



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Estrategias Pedagógicas Con Enfoque STEM Y ABP Para El Análisis Y Tratamiento Del Agua En Dos Instituciones Educativas Rurales De Colombia. Este proyecto aporta a la transformación social y ambiental de comunidades rurales mediante el empoderamiento estudiantil frente a la problemática del agua potable. Este proyecto es innovador porque articula ABP como metodología activa y tecnologías de impresión 3D para resolver problemas reales del entorno.

Elizabeth Pérez Porras¹

Linda Elizabeth Vargas Campos²

Liseth Johana Sarmiento Contreras³

Pedro Eliseo Ramírez

Asesor

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN STEM PARA EL DESARROLLO SOCIAL

Noviembre de 2025

¹elizabethperezp@usantotomas.edu.co ²linda.vargas@usantotomas.edu.co ³lisethsarmiento@usantotomas.edu.co



Resumen

Este proyecto integra el enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para promover procesos educativos contextualizados e innovadores que permitan a los estudiantes comprender y proponer soluciones sostenibles frente a la problemática del agua no potable en sus instituciones.

La iniciativa se desarrolla en dos instituciones rurales con realidades contrastantes pero una necesidad común: el acceso limitado a agua segura. En la Institución Educativa Rural El Yarumito (Barbosa, Antioquia), el agua proviene de un acueducto artesanal sin tratamiento, mientras que en el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI), ubicado en la Reserva Thomas van der Hammen (Bogotá), el agua se usa solo con fines sanitarios y la de consumo se adquiere externamente. Estas condiciones, según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS (2000), no garantizan potabilidad.

La propuesta incluyó el diseño de filtros escolares mediante impresión 3D, el análisis fisicoquímico del agua y acciones de sensibilización. Con un enfoque mixto (Creswell & Plano Clark, 2018), se combinaron técnicas cualitativas y cuantitativas. Los resultados evidenciaron mejoras en la calidad del agua: en el CIEDI, la turbidez disminuyó un 81 % y los sólidos disueltos totales un 79 %, mientras que en El Yarumito se logró la eliminación de coliformes. El proyecto fortaleció el pensamiento crítico, la conciencia ambiental y la participación estudiantil, alineándose con el ODS 6 (UNESCO, 2021) y generando un modelo pedagógico replicable en comunidades rurales (Johnson et al., 2016; Buffington et al., 2020). Asimismo, la investigación evidenció que la educación STEM, articulada con metodologías activas, fomenta la formación de ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad y el cambio de sus comunidades.

Palabras clave: Educación STEM, Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), agua no potable, sostenibilidad, impresión 3D.

Abstract

This project integrates the STEM approach (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) and Problem-Based Learning (PBL) to promote contextualized and innovative educational processes that enable students to understand and propose sustainable solutions to the issue of non-potable water in their schools.

The initiative was developed in two rural institutions with contrasting realities but a common need: limited access to safe water. At the El Yarumito Rural School (Barbosa, Antioquia), water is supplied by a community-built artisanal aqueduct without treatment, while at the International School of Integral Education (CIEDI), located within the Thomas van der Hammen



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Reserve in Bogotá, water is used only for sanitary purposes and drinking water is externally supplied. According to the Technical Regulation for the Drinking Water and Basic Sanitation Sector – RAS (2000), these conditions do not ensure potability.

The proposal included the design of school filters using 3D printing, physicochemical water analysis, and awareness-raising activities. Using a mixed-methods approach (Creswell & Plano Clark, 2018), qualitative and quantitative techniques were combined. The results showed significant improvements in water quality: at CIEDI, turbidity decreased by 81% and total dissolved solids by 79%, while at El Yarumito, coliforms were eliminated. The project strengthened critical thinking, environmental awareness, and student participation, aligning with SDG 6 (UNESCO, 2021) and generating a pedagogical model replicable in rural communities (Johnson et al., 2016; Buffington et al., 2020). Furthermore, the study demonstrated that STEM education, when integrated with active methodologies, promotes the formation of citizens committed to sustainability and community change.

Keywords: STEM education, Problem-Based Learning (PBL), non-potable water, sustainability, 3D printing.



Introducción

El acceso al agua potable representa uno de los retos más urgentes del siglo XXI. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015), asegurar la disponibilidad y manejo sostenible del agua y el saneamiento para todos, tal como lo plantea el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 (ODS 6), es una condición esencial para el bienestar humano y el desarrollo social. Sin embargo, en Colombia, esta meta enfrenta limitaciones relevantes en contextos rurales, donde la infraestructura, la cobertura de los acueductos y los procesos de potabilización resultan insuficientes (UNESCO, 2021). La escasez de agua potable perjudica de manera directa la salud, la permanencia escolar y la calidad de vida de comunidades vulnerables, lo que exige estrategias educativas que vinculen la ciencia y la tecnología con la acción comunitaria.

En este marco, el presente proyecto surge como una propuesta educativa e investigativa orientada a generar soluciones contextualizadas a la problemática del agua no potable en dos instituciones rurales: la Institución Educativa Rural El Yarumito (Barbosa, Antioquia) y el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI), ubicado dentro de la Reserva Thomas van der Hammen, en el norte de Bogotá. Ambas instituciones, aunque presentan contextos socioculturales y económicos diferentes, comparten una necesidad común: el acceso restringido a agua apta para el consumo humano.

En la vereda El Yarumito, el suministro de agua proviene de un acueducto multiveredal de carácter artesanal, construido por la comunidad, que capta el recurso directamente de la quebrada Sincoriales. Este sistema carece de procesos de cloración o potabilización, lo que representa riesgos sanitarios para los estudiantes y docentes. En contraste, el CIEDI se localiza dentro de una zona de protección ambiental declarada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR No. 11 de 2011 y No. 21 de 2014), lo que limita el acceso a una red pública de agua potable. La institución dispone de un sistema básico de tratamiento para fines sanitarios, mientras que el agua destinada al consumo humano se adquiere a proveedores externos bajo control logístico. En las dos instituciones, de acuerdo con



el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2000), las condiciones no garantizan los parámetros exigidos para el consumo seguro.

Frente a esta realidad, la educación se convierte en un escenario idóneo para promover la reflexión, la investigación y la acción renovadora en torno al agua. El enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) promueve la integración de conocimientos científicos y tecnológicos para abordar problemas reales mediante la investigación y el diseño de soluciones. Este enfoque no solo desarrolla competencias cognitivas, sino también habilidades de innovación, colaboración y pensamiento crítico. Cuando se articula con el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), según Zhang y Ma (2023), potencia la motivación estudiantil y promueve aprendizajes significativos al situar los contenidos en contextos auténticos y vinculados con la vida cotidiana.

La pertinencia del enfoque STEM en entornos rurales ha sido documentada en investigaciones recientes. Buffington, Vitelli y Neumayer DePiper (2020) destacan que la implementación de proyectos STEM en comunidades rurales impulsa el pensamiento científico y el potencial de los estudiantes para resolver problemas contextualizados, fortaleciendo su sentido de pertenencia y liderazgo local. De igual modo, Gavari, et al. (2024) sostienen que las iniciativas STEM y STEAM en zonas rurales latinoamericanas generan impactos positivos en la sostenibilidad ambiental y la formación de ciudadanía responsable.

El presente proyecto asume como punto de partida la comprensión de que la gestión del agua no es únicamente un problema técnico, sino también educativo, social y ético. Desde esta perspectiva, la propuesta integra la pedagogía activa del ABP con el enfoque STEM con el fin promover experiencias de aprendizaje colaborativo, interdisciplinar y situado. Los estudiantes de las instituciones participaron en procesos de indagación científica, formulación de hipótesis, experimentación y diseño de prototipos de filtración, aplicando los principios del ciclo de diseño del Bachillerato Internacional (IB). De esta manera,



se busca no solo mejorar la calidad del agua disponible, sino también fortalecer competencias científicas, tecnológicas, ambientales y ciudadanas orientadas al desarrollo sostenible.

Metodológicamente, el estudio adopta un enfoque mixto (Creswell & Plano Clark, 2018), que combina técnicas cuantitativas y cualitativas para ofrecer un enfoque integral del fenómeno. En la fase cuantitativa, se realizaron análisis fisicoquímicos del agua, incluyendo parámetros como turbidez, pH, sólidos disueltos totales (TDS), cloro residual y presencia de coliformes, antes y después del uso de los prototipos escolares. En la fase cualitativa, se aplicaron entrevistas semiestructuradas, observaciones participantes y diarios de campo para comprender la perspectiva de los estudiantes y docentes respecto a la problemática del recurso hídrico y al impacto pedagógico de la experiencia. Esta triangulación de datos permitió analizar tanto la efectividad técnica de las soluciones propuestas como el desarrollo de competencias STEM en los participantes.

Los hallazgos preliminares reflejan avances significativos en ambos escenarios educativos. En el CIEDI, el prototipo de filtración diseñado mediante impresión 3D, denominado *Bivalvito*, redujo la turbidez del agua en un 81 % y los sólidos disueltos totales en un 79 %, demostrando su eficacia pedagógica y funcional. En la I.E.R. El Yarumito, el modelo artesanal desarrollado por los estudiantes, construido con materiales reciclados y accesibles, logró la eliminación completa de coliformes, evidenciando la pertinencia del aprendizaje contextualizado. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Honey, Pearson y Schweingruber (2014), quienes afirman que los proyectos STEM contextualizados fomentan aprendizajes más duraderos y relevantes para los estudiantes.

En síntesis, este proyecto no solo busca analizar y mejorar la calidad del agua en contextos escolares rurales, sino también demostrar que la educación, cuando se fundamenta en la ciencia, la tecnología y la innovación pedagógica, puede convertirse en un agente de transformación social. La combinación del enfoque STEM y el ABP permite formar estudiantes críticos, creativos y comprometidos con su entorno, capaces de liderar procesos sostenibles en sus comunidades. Así, el proyecto se erige



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

como un ejemplo de cómo la escuela puede ser laboratorio de aprendizaje, investigación y cambio para construir una cultura del agua responsable y equitativa en Colombia.

Justificación

El acceso limitado a agua potable constituye una de las problemáticas más urgentes en el contexto rural colombiano, afectando de forma directa la salud, la educación y el bienestar de las comunidades. Según el *United Nations World Water Development Report 2024* de la UNESCO, cerca de 2.2 mil millones de personas en el mundo aún carecen de acceso a agua segura, y el 80 % de las aguas residuales se vierten sin tratamiento, lo que agrava las desigualdades socioambientales. En Colombia, de acuerdo con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2024), aunque en las cabeceras municipales la cobertura de acueducto alcanza cerca del 97 %, en los municipios rurales la cobertura promedio no supera el 40 %, y en más de 400 municipios es igual o inferior al 30 %. Estas cifras evidencian una desigualdad estructural que limita el progreso sostenible de las poblaciones rurales y compromete el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 (ODS 6), orientado a garantizar agua limpia y saneamiento para todos (UN-Water, 2023).

La Institución Educativa Rural El Yarumito, ubicada en Barbosa (Antioquia), y el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI), localizado en el suelo rural del norte de Bogotá, dentro de la Reserva Thomas van der Hammen, ejemplifican esta situación. En El Yarumito, el agua proviene de un acueducto multiveredal artesanal que capta directamente de la quebrada Sincoriales, sin procesos de cloración o tratamiento. En el CIEDI, aunque se dispone de mayores recursos, el agua se utiliza solo con fines sanitarios, mientras que la destinada al consumo se compra a proveedores externos. En ambos casos, el suministro no cumple con los estándares de potabilidad – RAS (2000), lo que refleja la necesidad de promover soluciones sostenibles desde la educación.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

El proyecto se justifica en la urgencia de reforzar una educación científica y ambiental que fomente la intervención activa de los estudiantes en la resolución de problemas reales. El enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ha confirmado ser un medio eficaz para articular el conocimiento con la acción al desarrollar habilidades de pensamiento crítico, creatividad y colaboración (Buffington, Vitelli & Neumayer DePiper, 2020). A su vez, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) fomenta la reflexión y el aprendizaje fundamental al situar los contenidos académicos en desafíos auténticos (Zhang & Ma, 2023). Integrar ambos enfoques convierte la escuela en un laboratorio de innovación social y ambiental, donde los estudiantes construyen soluciones tangibles que benefician a su comunidad.

El propósito de este proyecto trasciende el ámbito escolar para generar impacto social, ambiental y académico. El producto final, un modelo pedagógico replicable para el análisis y tratamiento del agua en contextos rurales, contribuirá a la transformación educativa y comunitaria, fortaleciendo la cultura científica y el compromiso con el cuidado ambiental, en coherencia con los objetivos del ODS 6.

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

Diagnóstico de la realidad:

El diagnóstico de la realidad constituye un componente fundamental en este proyecto, dado que permite comprender de manera objetiva y contextualizada el estado actual en las que se desarrolla el acceso y uso del recurso hídrico en las instituciones educativas participantes. A través de este ejercicio se identifican no solo las limitaciones técnicas y ambientales relacionadas con la calidad del agua, sino también las implicaciones pedagógicas, sociales y culturales que atraviesan a las comunidades educativas. Realizar este diagnóstico es indispensable para sustentar la pertinencia del enfoque STEM y la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), en tanto asegura que las estrategias diseñadas respondan a necesidades reales y promuevan aprendizajes relevantes. Asimismo, permite reconocer las



brechas existentes entre los contextos rurales y urbanos, visibilizando desigualdades en infraestructura, recursos y oportunidades de formación, lo que fortalece la relevancia social y académica del proyecto. En este sentido, el diagnóstico no se limita a un levantamiento descriptivo de información, sino que se convierte en una herramienta analítica y formativa que orienta la toma de decisiones, legitima la intervención pedagógica y potencia la construcción colectiva de soluciones sostenibles frente a la problemática del agua.

Identificación

La presente investigación se enfoca en la problemática del acceso a agua potable en dos instituciones educativas ubicadas en contextos rurales con condiciones sociales y estructurales contrastantes: la Institución Educativa Rural El Yarumito, localizada en el municipio de Barbosa (Antioquia), y el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI), ubicado en el suelo rural del norte de Bogotá, dentro de la Reserva Thomas van der Hammen. En ambas instituciones, el agua disponible no es idónea para el consumo humano, aunque por causas diferenciadas. En El Yarumito, la comunidad escolar se abastece a través de un acueducto multiveredal artesanal sin planta de tratamiento ni control sanitario. En el caso del CIEDI, si bien se cuenta con mayor capacidad institucional y recursos económicos, el agua distribuida se destina exclusivamente a fines sanitarios, y el consumo humano es garantizado mediante mecanismos alternativos de abastecimiento externo.

El objeto de estudio del proyecto es el diseño e implementación de una estrategia pedagógica con enfoque STEM y metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), orientada a fortalecer el pensamiento crítico, el análisis contextual y la formulación de soluciones sostenibles frente a la problemática del agua no potable. El contexto espacial comprende las dos instituciones educativas mencionadas, y el contexto temporal corresponde al periodo comprendido entre abril y noviembre del año 2025.



La propuesta busca que los estudiantes de la media y ciclo superior se involucren activamente en la comprensión de las condiciones particulares de su entorno, identifiquen las causas y consecuencias de la problemática, y diseñen alternativas educativas y técnicas para el manejo del recurso hídrico. El alcance del proyecto es educativo y comunitario, y se enmarca en una propuesta formativa, crítica, situada y transformadora, que impulsa el desarrollo de competencias STEM en articulación con los principios del ODS 6: Agua limpia y saneamiento desde la escuela.

Descripción:

La situación abordada en este proyecto se manifiesta en dos instituciones educativas rurales que enfrentan una misma problemática: la disponibilidad de agua no apta para el consumo humano. En el caso de la Institución Educativa Rural El Yarumito, el suministro proviene de un acueducto artesanal sin tratamiento, mientras que en el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI), la red interna de distribución no incluye procesos de potabilización. Aunque las causas específicas difieren, ambas realidades reflejan un problema fundamental que compromete la calidad de vida de las comunidades escolares.

El análisis de la situación permite identificar diversos factores que contribuyen a la persistencia del problema en ambas instituciones, aunque con matices particulares. En El Yarumito, las limitaciones se relacionan con la ausencia de infraestructura de tratamiento del agua, la carencia de recursos técnicos como laboratorios o equipos de análisis, y un bajo nivel de apropiación comunitaria sobre el cuidado del recurso. En el CIEDI, aunque se dispone de mejores condiciones logísticas, la ubicación en una zona ambientalmente restringida impide el acceso a una red pública de agua potable, lo que obliga a recurrir a soluciones externas para el consumo. En ambos casos, se evidencia una limitada cultura ambiental y escasa participación estudiantil en la gestión del recurso hídrico.

Estas condiciones, aunque derivadas de causas distintas, generan efectos similares: riesgos para la salud de la comunidad educativa, dependencia de soluciones externas, reproducción del problema en el



tiempo y oportunidades desaprovechadas para fortalecer competencias científicas y ciudadanas desde el contexto escolar.

Ante esta realidad, se propone una estrategia pedagógica que combine el enfoque STEM con el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), orientada a promover la comprensión crítica del problema y la construcción de soluciones contextualizadas. A través de actividades como el diseño de prototipos escolares de filtración con impresión 3D, y acciones de diagnóstico y sensibilización, se busca que los estudiantes desempeñen un papel activo en la transformación de su entorno.

La población beneficiaria está integrada por estudiantes de la media y ciclo superior de ambas instituciones, quienes desarrollarán el proyecto de forma paralela, compartiendo resultados y aprendizajes. El diseño metodológico contempla análisis fisicoquímicos adaptados a las condiciones de cada sede, entrevistas, grupos focales y la construcción colectiva de propuestas pedagógicas y técnicas vinculadas al uso responsable del agua.

Para analizar las causas que limitan el acceso al agua potable en ambas instituciones, se diseñó un diagrama de causa-efecto (ver Figura 1), también conocido como espina de pescado, que organiza los factores identificados en categorías clave como infraestructura, gestión institucional y participación escolar.

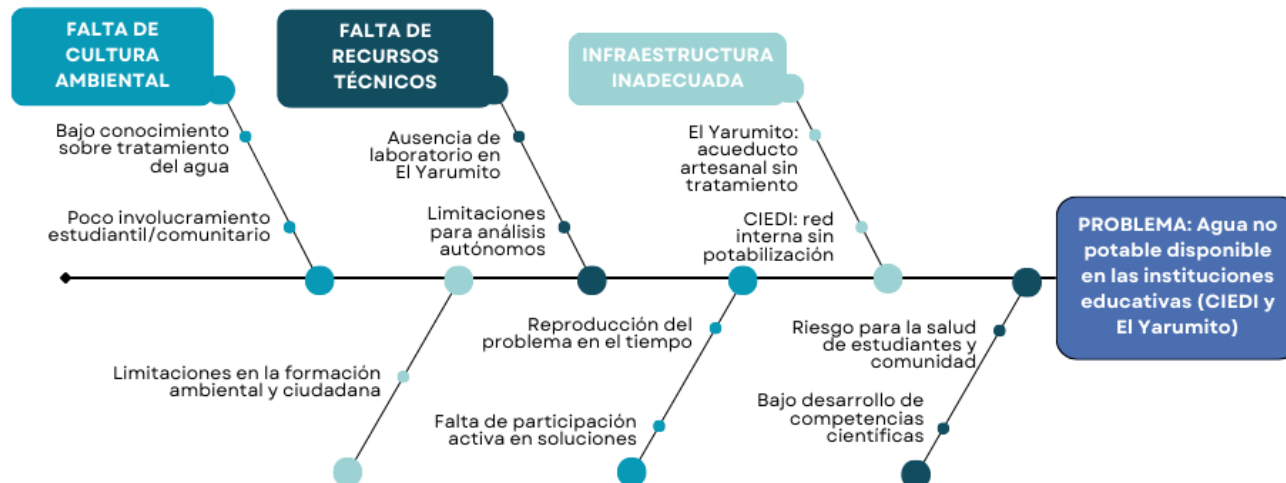
Figura 1

Diagrama de causa – efecto sobre el acceso limitado al agua potable en el CIEDI y la I.E.R. El Yarumito.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA



Nota. Elaboración propia a partir del diagnóstico institucional (2025).

Formulación:

¿De qué manera una estrategia pedagógica que integre el enfoque STEM y el Aprendizaje basado en problemas puede favorecer que los estudiantes de ciclo cuatro del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito comprendan su contexto hídrico y formulen alternativas sostenibles frente a la falta de acceso a agua potable en sus instituciones?

Oportunidades de innovación:

El diagnóstico realizado en las instituciones educativas I.E.R. El Yarumito y el CIEDI pone en evidencia una problemática común: la disponibilidad de agua no potable para el consumo humano. Si bien las causas que originan esta situación difieren; en un caso, un acueducto artesanal sin tratamiento; en el otro, limitaciones derivadas del entorno ambientalmente regulado, ambas instituciones enfrentan restricciones que afectan el desarrollo de la comunidad educativa y la calidad de la experiencia escolar.

Este escenario compartido, pero con condiciones técnicas y normativas distintas, constituye una oportunidad valiosa para el desarrollo de una propuesta pedagógica innovadora, que integre la comparación de contextos con el diseño de soluciones colaborativas. La articulación del enfoque STEM



con la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) permite transformar un problema cotidiano en una experiencia educativa significativa, donde los estudiantes no solo adquieren saberes científicos y tecnológicos, sino que desarrollan competencias para actuar críticamente frente a los desafíos de su entorno.

A partir de este análisis, se proponen tres alternativas de solución:

Intervención técnica directa sobre los sistemas de agua.

Consistiría en proponer una solución ingenieril que modifique la infraestructura del acueducto en El Yarumito o del sistema de distribución interna en el CIEDI, incluyendo la instalación de plantas de tratamiento o sistemas avanzados de potabilización.

Ventajas:

- Impacto directo sobre el estado del agua de toda la comunidad.
- Mejora de condiciones de salud y bienestar.

Limitaciones:

- Alta inversión económica.
- Requiere permisos y estudios técnicos complejos.
- Poco protagonismo de la comunidad educativa.
- No se vincula directamente con el enfoque pedagógico del proyecto.

Evaluación de viabilidad. Baja en el contexto educativo actual del proyecto.

Propuesta de educación ambiental convencional.

Esta opción plantea una intervención pedagógica enfocada exclusivamente en la sensibilización ambiental y el fomento del cuidado del agua, mediante campañas, charlas, murales o jornadas comunitarias, sin integrar herramientas tecnológicas ni procesos científicos prácticos.



Ventajas:

- Bajo costo de implementación.
- Posibilidad de ejecución con recursos existentes.
- Genera conciencia ambiental básica.

Limitaciones:

- Bajo desarrollo de competencias STEM.
- Débil impacto en la solución técnica del problema.
- No se promueve la innovación ni el pensamiento crítico.

Evaluación de viabilidad. Moderada, pero limitada en alcance e innovación.

Implementación de un plan educativo con enfoque STEM y ABP (alternativa seleccionada).

Consiste en diseñar e implementar una estrategia educativa basada en el enfoque STEM y la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), en la que los estudiantes de ambas instituciones trabajen en paralelo para diagnosticar sus contextos, diseñar prototipos escolares de purificación de agua y liderar acciones de sensibilización ambiental en sus comunidades.

Ventajas:

- Promueve habilidades del siglo XXI (pensamiento crítico, creatividad, resolución de problemas).
- Articula la realidad escolar con el currículo y con los ODS.
- Flexibilidad para adaptarse a los recursos de cada institución.
- Fomenta la comparación de realidades rurales.
- Estimula el protagonismo estudiantil, la investigación y el trabajo colaborativo.

Limitaciones:

- Requiere acompañamiento docente constante y formación inicial en STEM.



- Es una intervención parcial, no estructural, al problema del agua.
- Evaluación de viabilidad: Alta. Se adapta a las condiciones institucionales, fomenta la innovación y puede replicarse en otros contextos rurales.

Evaluación de viabilidad

Alta. La propuesta es flexible y adaptable a las condiciones de ambas instituciones. Permite el desarrollo de competencias clave mediante metodologías activas, con recursos accesibles y apoyo externo en el caso del CIEDI. Además, articula el currículo con la realidad local, promueve el protagonismo estudiantil y tiene potencial de réplica en otros contextos educativos.

Propósito y objetivos

Propósito

Diseñar e implementar estrategias pedagógicas fundamentadas en el enfoque STEM y en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), que permita a los estudiantes de ciclo cuatro del Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI) y de la Institución Educativa Rural El Yarumito analizar las condiciones del agua en sus instituciones, formular alternativas de tratamiento accesibles y contextualizadas, y fortalecer competencias científicas, tecnológicas, sociales y ciudadanas orientadas al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (agua limpia y saneamiento) desde el contexto escolar.

Objetivo General

Diseñar estrategias pedagógicas basadas en el enfoque STEM y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), que permita a los estudiantes de ciclo cuatro del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas, ambientales y ciudadanas, a través de la comprensión crítica del acceso limitado al agua potable y el ODS 6 en contextos rurales y la formulación de soluciones sostenibles desde el entorno escolar.



Objetivos específicos

- Diseñar e implementar estrategias pedagógicas basadas en STEM y ABP para caracterizar las condiciones del recurso hídrico en el CIEDI y la I.E.R. El Yarumito, mediante la toma de muestras, el análisis de parámetros físicoquímicos (pH, cloro residual, turbidez, TDS y coliformes) y la identificación de riesgos sanitarios, ambientales y educativos asociados al uso de agua no potable.
- Desarrollar prototipos escolares de filtros de purificación de agua, utilizando tanto herramientas de manufactura aditiva e impresión 3D como medios alternativos accesibles, adaptados a las condiciones pedagógicas, técnicas y contextuales de las instituciones participantes.
- Promover la sensibilización y el compromiso de las comunidades educativas del CIEDI y la I.E.R. El Yarumito mediante talleres y actividades pedagógicas que fortalezcan el uso responsable del agua y la apropiación del ODS 6

Matriz de medición de impacto educativo y social

Con el fin de asegurar la coherencia entre los objetivos específicos del proyecto y los resultados esperados, se plantea la matriz de medición de impacto educativo y social. Esta matriz constituye un instrumento metodológico que facilita el seguimiento y la evaluación del nivel de cumplimiento de cada objetivo, a partir de la definición de su contexto de impacto, los indicadores de logro e impacto, y los medios de verificación asociados.

De esta manera, se integran dimensiones educativas —relacionadas con el fortalecimiento de competencias STEM, la apropiación de saberes científicos y la formación de actitudes responsables frente al recurso hídrico— y dimensiones sociales, vinculadas con la contribución de la comunidad escolar, la generación de conciencia ambiental y la construcción de soluciones colectivas en torno al acceso y uso sostenible del agua.

Objetivos específicos	Contexto de impacto	Indicadores de cumplimiento e impacto	Medios de verificación
-----------------------	---------------------	---------------------------------------	------------------------



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Diseñar e implementar estrategias pedagógicas basadas en STEM y ABP para caracterizar las condiciones del recurso hídrico en el CIEDI y la I.E.R. El Yarumito, mediante la toma de muestras, el análisis de parámetros fisicoquímicos (pH, cloro residual, turbidez, TDS y coliformes) y la identificación de riesgos sanitarios, ambientales y educativos asociados al uso de agua no potable.	Educativo y científico: desarrollo de competencias STEM en estudiantes. Social: identificación de peligros para la salud y el ambiente escolar.	Estudiantes aplican protocolos básicos de análisis de agua. Registros comparativos de parámetros fisicoquímicos antes y después de filtración. Identificación de riesgos sanitarios, ambientales y educativos en informes escolares.	Planillas de registro de resultados. Diarios de campo. Informes de laboratorio y análisis comunitario. Fotografías y videos del proceso.
Desarrollar prototipos escolares de filtros de purificación de agua, utilizando tanto herramientas de manufactura aditiva e impresión 3D como medios alternativos accesibles, adaptados a las condiciones pedagógicas, técnicas y contextuales de las instituciones participantes.	Educativo: fortalecimiento de la creatividad, innovación y trabajo colaborativo. Social y ambiental: acceso a agua más segura mediante prototipos escolares.	- Prototipos construidos y probados en ambas instituciones. Nivel de reducción de turbidez y coliformes tras la filtración. intervención activa de estudiantes en diseño, cálculo, documentación y socialización.	Bitácoras de diseño y construcción. Registro fotográfico y audiovisual. Pruebas comparativas de calidad de agua Exposiciones escolares de resultados.
Promover la sensibilización y el compromiso de las comunidades educativas del CIEDI y la I.E.R. El Yarumito mediante talleres y actividades pedagógicas que fortalezcan el uso responsable del agua y la apropiación del ODS 6	Comunitario y educativo: cambio de actitudes y prácticas frente al agua. Social: conciencia ambiental y corresponsabilidad.	- Número de talleres realizados y actores participantes. Incremento en el nivel de conocimiento y valoración del ODS 6.- Propuestas comunitarias de acción para el cuidado del agua.	Listas de asistencia. Encuestas de percepción y conocimiento antes y después de talleres. Productos elaborados por estudiantes y comunidad (carteleros, campañas, prototipos).

La matriz de medición de impacto educativo y social permite vincular cada objetivo específico con indicadores y medios de verificación concretos, facilitando el seguimiento del proyecto. En lo educativo, orienta la valoración de competencias STEM y aprendizajes significativos en torno al agua; en lo social, evidencia cambios en actitudes y prácticas comunitarias frente a su uso responsable. De este



modo, se convierte en una herramienta práctica para evaluar logros y orientar la toma de decisiones durante la implementación.

Marco de referencia

El marco de referencia de este proyecto se orienta a fundamentar conceptualmente la investigación sobre el acceso y tratamiento del agua en el CIEDI y la I.E.R. El Yarumito, desde una perspectiva educativa con enfoque STEM y Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Este apartado permite situar la propuesta en un escenario académico y social más amplio, reconociendo las particularidades de las comunidades involucradas y las condiciones que configuran la problemática del recurso hídrico en sus entornos escolares. Asimismo, integra referentes teóricos, conceptuales y normativos que brindan soporte a la pertinencia del estudio, y que orientan la comprensión de cómo la escuela puede convertirse en un escenario de transformación frente a los desafíos ambientales. De esta manera, el marco de referencia no solo sustenta la propuesta pedagógica, sino que también visibiliza su relevancia para la formación de habilidades científicas, tecnológicas y sociales, y para el fortalecimiento de una cultura del agua en contextos rurales y urbanos.

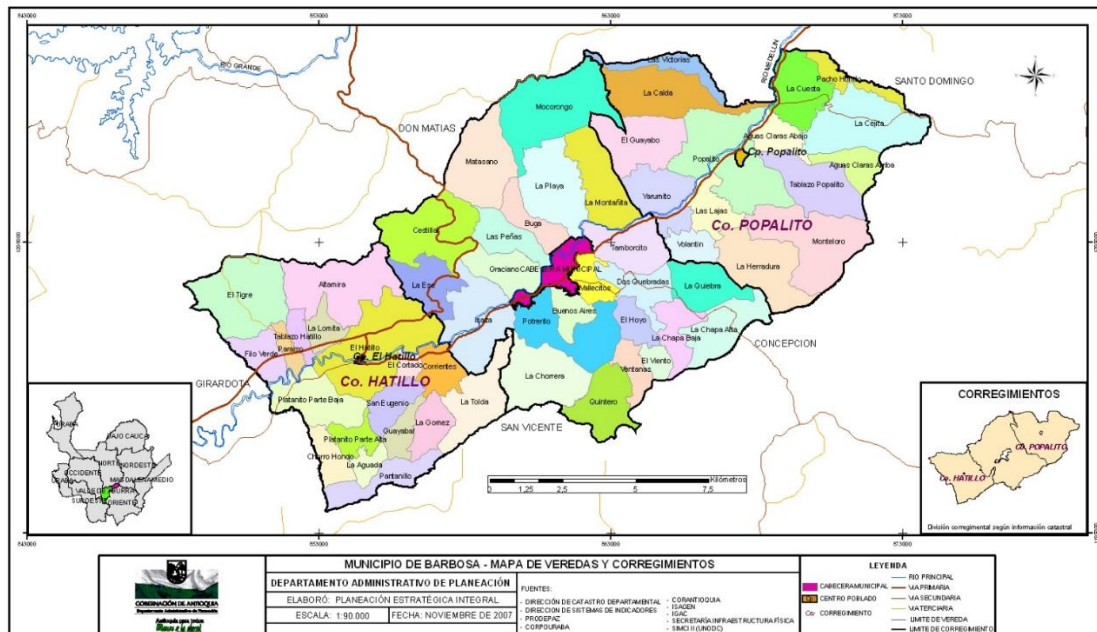
Marco contextual

La I.E.R. YARUMITO está ubicada en la vereda el Yarumito, municipio de Barbosa (Antioquia), a cuatro kilómetros de la cabecera municipal. Atiende a estudiantes de familias campesinas en condiciones de vulnerabilidad social y económica. Según el DANE (2023), la pobreza multidimensional en áreas rurales dispersas supera ampliamente la urbana, reflejando brechas en acceso a servicios básicos. El acueducto artesanal que abastece a la institución capta agua sin tratamiento, representando un riesgo sanitario permanente (UNESCO, 2024).



Figura 2

Municipio Barbosa

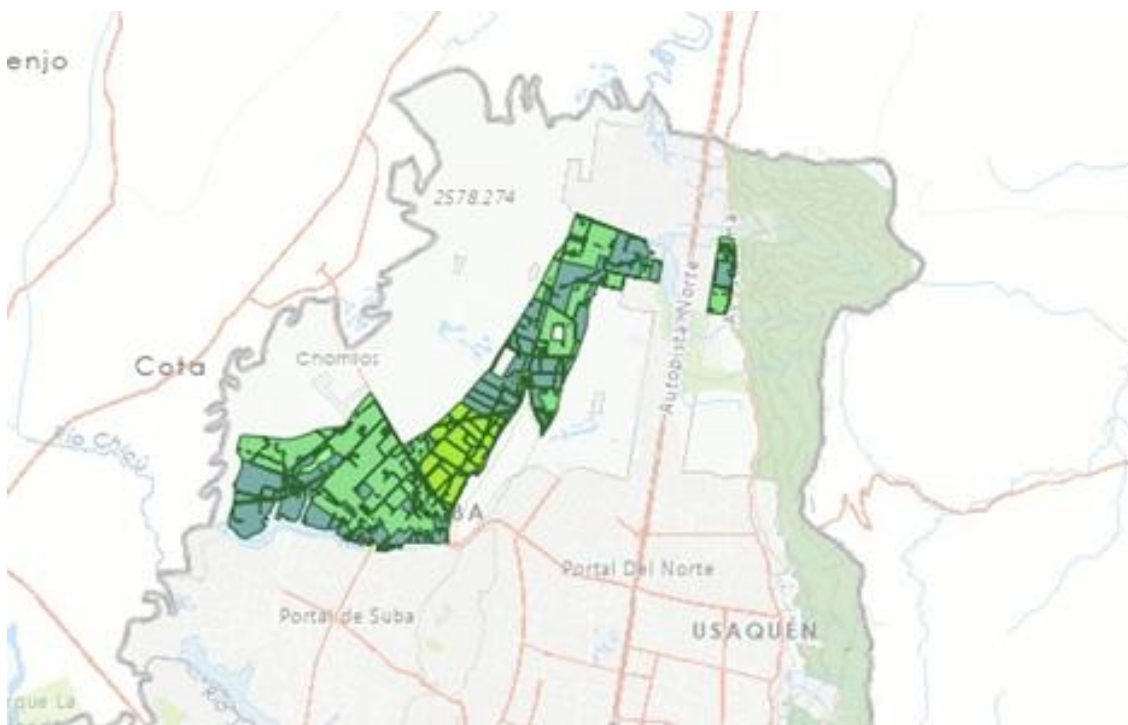


Nota. Elaboración propia, datos - Departamento Administrativo de Planeación –(2025).

Por su parte, el Colegio Internacional de Educación Integral (*CIEDI*) se localiza en la localidad de Suba, al norte de Bogotá, en la Reserva Thomas van der Hammen, en un área de 35 999 m² de protección ambiental. Institución privada con infraestructura moderna, programas internacionales y alianzas universitarias. Sin embargo, su condición ambiental impide conectarse a la red pública de acueducto, lo que restringe el uso del agua a fines sanitarios y obliga a recurrir a proveedores externos para el consumo humano. Esto refleja la paradoja de un entorno privilegiado con limitaciones hídricas estructurales.

Figura 3

Reserva Thomas Van der Hammen



Nota. Tomado de *IDEA –UNAL*, 2024. Reproducido con fines académicos.

Revisión de Estado del Arte

Antecedentes internacionales

El informe de Naciones Unidas sobre el ODS 6 (UN-Water, 2023) expone un panorama preocupante en torno al acceso universal al agua potable y el saneamiento, especialmente en zonas rurales y comunidades vulnerables. Señala que, a nivel global, cerca de 2.2 mil millones de personas aún no tienen acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura, lo cual representa una amenaza directa para la salud, el bienestar y el crecimiento sostenible. En el documento se hace énfasis en que, aunque existen avances en infraestructura e innovación, la brecha educativa en relación con la gestión del recurso hídrico continúa siendo significativa. El informe plantea como prioridad la implementación de enfoques integrales que incluyan la participación comunitaria, la formación ambiental y la apropiación de tecnologías de bajo costo. Esta información resulta fundamental para el proyecto, pues sustenta la necesidad de diseñar estrategias pedagógicas que, desde un enfoque STEM y mediante el trabajo escolar



con el agua, contribuyan tanto al desarrollo de habilidades científicas como a la conciencia social y ambiental en contextos rurales como el de El Yarumito.

En Italia, Scaffaro et al. (2021) realizaron un estudio centrado en el uso de la impresión 3D de nanomateriales poliméricos para aplicaciones en el tratamiento ambiental, entre ellas la purificación del agua. La investigación analizó los avances en la fabricación de dispositivos con propiedades mejoradas de adsorción y filtración, destacando la versatilidad de la impresión 3D para diseñar soluciones adaptadas a diferentes problemáticas ambientales. Los autores concluyen que estas tecnologías emergentes constituyen una herramienta prometedora para desarrollar métodos innovadores y sostenibles que contribuyan a mitigar la contaminación del agua. Este trabajo resulta pertinente al presente proyecto, pues evidencia cómo la incorporación de la impresión 3D puede optimizar el esquema de sistemas de tratamiento de agua a bajo costo.

En Estados Unidos, Farrell et al. (2022) desarrollaron un proyecto de ciencia ciudadana escolar con el fin de involucrar a estudiantes de secundaria en el monitoreo de pozos de agua para detectar arsénico, en un contexto condicionado por la pandemia de COVID-19. El estudio adaptó metodologías participativas para mantener el compromiso estudiantil y la validez científica a pesar de las restricciones sanitarias, permitiendo a los jóvenes recolectar y analizar muestras reales desde sus hogares o en entornos controlados. Los resultados evidenciaron no solo el progreso de competencias científicas en los estudiantes, sino también una mayor conciencia sobre los riesgos sanitarios del consumo de agua contaminada. Este antecedente resulta pertinente para el proyecto, ya que demuestra cómo la contribución activa de estudiantes en el análisis del agua, aun en contextos adversos, fortalece el aprendizaje significativo y contribuye al empoderamiento comunitario en la gestión del recurso hídrico.

En Estados Unidos, D'Alessio et al. (2021) llevaron a cabo un estudio orientado a la educación ambiental y la salud pública, empleando tiras reactivas como herramienta accesible para analizar la calidad del agua. La investigación, desarrollada bajo el enfoque STEM, evidenció que el uso de estas



pruebas rápidas permite a los estudiantes relacionar conceptos científicos con problemáticas sociales y ambientales concretas, al tiempo que promueve destrezas como el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Los resultados demostraron que la implementación de metodologías prácticas y de bajo costo no solo refuerza la comprensión de los procesos de contaminación, sino que también fomenta la participación en la búsqueda de soluciones sostenibles en sus comunidades. Este antecedente resulta relevante, ya que resalta la utilidad de herramientas sencillas como las tiras reactivas para el monitoreo del agua en contextos educativos con limitados recursos tecnológicos, similar a lo planteado en el presente proyecto.

Sari et al. (2025) desarrollaron en Indonesia un material didáctico basado en el enfoque STEAM y el aprendizaje basado en problemas (PjBL), con el fin de fortalecer el pensamiento crítico de estudiantes de secundaria frente a problemáticas como la contaminación del agua. El diseño del material se fundamentó en el modelo ADDIE y se validó a través de entrevistas, cuestionarios y pruebas pre y post. Los resultados evidenciaron que el material era válido, práctico y eficaz, pues permitió mejorar significativamente las etapas de pensamiento crítico de los estudiantes después de su implementación. Este antecedente resulta clave para el presente proyecto, ya que demuestra cómo la integración del enfoque STEAM en contextos educativos puede generar transformaciones significativas en la manera en que los estudiantes abordan y comprenden problemáticas reales como el agua contaminada. Además, destaca la viabilidad de emplear metodologías activas y materiales contextualizados para promover el análisis crítico desde edades escolares.

En Estados Unidos, Krall et al.(2023) realizaron un estudio de caso con docentes de ciencias en formación, con el objetivo de comprender cómo desarrollaban unidades de enseñanza bajo el enfoque de aprendizaje basado en problemas (ABP), centradas en la calidad del agua en cuencas hidrográficas. La investigación se realizó en un instituto de verano donde los participantes, primero como estudiantes y luego como diseñadores, implementaron unidades didácticas contextualizadas. Los resultados



evidenciaron una evolución significativa en la comprensión de los elementos clave del ABP, aunque también revelaron desafíos en su aplicación práctica, especialmente en lo relacionado con la autonomía del estudiante en la formulación de preguntas investigativas. Este estudio cobra especial relevancia para el proyecto, ya que articula la metodología ABP con una problemática socioambiental, como el acceso a agua segura, en contextos educativos reales. Lo anterior ofrece referentes valiosos para el diseño de experiencias de aula en instituciones como el CIEDI y la I.E.R. El Yarumito, donde se busca precisamente fortalecer el pensamiento crítico y el aprendizaje significativo a partir de situaciones locales.

Antecedentes nacionales

En el marco de un estudio comparativo latinoamericano, Gaibor Bustamante et al. (2025) analizaron el acceso a la educación STEM en regiones rurales, destacando las brechas estructurales que persisten en países como Colombia, Ecuador y Perú. Los autores evidencian desigualdades en infraestructura tecnológica, formación docente y participación estudiantil, especialmente entre las niñas y jóvenes rurales. Este estudio resulta relevante para el presente proyecto, ya que ofrece una mirada actual sobre las condiciones del acceso a la educación STEM en el contexto colombiano, evidenciando la necesidad de fortalecer políticas y prácticas pedagógicas que fomentan la equidad y la sostenibilidad educativa.

De manera complementaria, Franco et al. (2019) desarrollaron el proyecto “*Cunning: From play to wit*”, un club de ciencias en Túquerres (Nariño) orientado al desarrollo de competencias en ciencia, tecnología y emprendimiento social en niños y jóvenes rurales. Utilizando el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), los participantes fortalecieron su razonamiento lógico, habilidades tecnológicas y confianza para resolver desafíos reales. Este ejemplo evidencia que, en comunidades rurales, la educación práctica combinada con la innovación social puede generar impactos significativos en los procesos formativos.



En la misma línea, Marín et al. (2023) realizaron una inspección sistemática de trabajos de grado y encontraron que la apropiación de la educación STEM/STEAM en Colombia se ha dado principalmente en contextos urbanos, especialmente en niveles básicos de escolaridad, con escasa representación en zonas rurales. No obstante, los autores resaltan experiencias que vinculan ciencia, sostenibilidad y ciudadanía, lo cual indica una tendencia creciente hacia enfoques educativos integrales que responden a problemáticas sociales. Este análisis evidencia un vacío académico en torno al desarrollo de propuestas STEM orientadas al análisis y tratamiento del agua en comunidades rurales, lo que refuerza la pertinencia y el carácter innovador del presente proyecto.

Finalmente, Avendaño-Uribe et al. (2022), en su artículo sobre *makerspaces* en comunidades rurales de Colombia, argumentan que estos espacios pueden ser catalizadores de cambio, pues fomentan la agencia, la creatividad y la identidad en niños y jóvenes mediante actividades STEM/STEAM. El estudio muestra que, cuando se integran narrativas locales y recursos accesibles, se generan procesos de aprendizaje significativos que conectan lo técnico con lo social. Este enfoque dialoga directamente con los objetivos del presente proyecto, al buscar soluciones contextualizadas y sostenibles para el tratamiento del agua a partir de la apropiación comunitaria del conocimiento.

Antecedentes regionales

A nivel regional, se han identificado experiencias relevantes en los departamentos de Cundinamarca y Antioquia, las cuales evidencian cómo el enfoque STEM puede adaptarse a contextos rurales y de educación ambiental, en conexión con los objetivos del presente proyecto.

En Cundinamarca, Ramírez, Jurado y Ávila (2020) desarrollaron una propuesta didáctica con enfoque STEM en la Institución Educativa Departamental El Carmen, sede Salitre, del municipio de Guasca. El proyecto, dirigido a estudiantes de primaria entre siete y once años, implementó los marcos metodológicos CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar y Operar) y PAR (Investigación-Acción Participativa) para diseñar un sistema lúdico de refuerzo escolar orientado al cuidado del ambiente, la



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

equidad de género y el interés por carreras científico-tecnológicas. Esta experiencia demuestra la posibilidad de activar procesos STEM en entornos rurales de Cundinamarca mediante metodologías estructuradas y contextualizadas, orientadas con los principios del desarrollo sostenible.

Por su parte, en Antioquia, la Gobernación del departamento, en alianza con la Fundación SURA y ProAntioquia, implementó el programa *Antioquia Challenge (2025)*, una iniciativa educativa orientada a que estudiantes y docentes rurales propongan soluciones a problemáticas territoriales a través de metodologías activas y el enfoque STEM+. El programa promueve la innovación pedagógica, la apropiación tecnológica y el desarrollo sostenible, abordando temas como el acceso al agua, la gestión ambiental y la equidad educativa. Este antecedente resulta de gran relevancia para el presente proyecto, ya que demuestra la posibilidad de articular políticas públicas, innovación educativa y sostenibilidad ambiental en contextos rurales del departamento, fortaleciendo la formación científica y la participación comunitaria.

En conjunto, estas experiencias regionales evidencian avances en la aplicación del enfoque STEM y del Aprendizaje Basado en Problemas en escenarios rurales de Cundinamarca y Antioquia. Asimismo, refuerzan la pertinencia de proyectos educativos que integran la sostenibilidad ambiental y la cooperación activa de las comunidades en la búsqueda de soluciones contextualizadas, como el que se desarrolla en la I.E.R. El Yarumito y el CIEDI.

Antecedentes locales

A nivel local, se han identificado investigaciones relevantes que integran la educación ambiental, la sostenibilidad urbana y rural, y enfoques pedagógicos innovadores como el STEM, particularmente en las regiones de Bogotá y Barbosa (Antioquia). Estas experiencias evidencian cómo los procesos educativos contextualizados pueden promover la conciencia ambiental y fortalecer competencias científicas en comunidades escolares diversas.



En Bogotá, Tuay et al. (2023) analizaron las ideas y experiencias de docentes sobre la sostenibilidad ambiental urbana. A partir de cuestionarios cualitativos abiertos, el estudio permitió comprender cómo los maestros construyen representaciones sobre el desarrollo sostenible y su aplicación en el aula. Se evidenció una creciente conciencia sobre los problemas ambientales urbanos, aunque también se detectaron retos relacionados con la formación docente y la integración curricular. Este trabajo aporta una base conceptual y metodológica útil para diseñar propuestas educativas con enfoque socioambiental crítico en contextos urbanos.

Por su parte, en el municipio de Barbosa (Antioquia), Ramírez y Sosa (2022) caracterizaron las condiciones de saneamiento ambiental y calidad del agua en la vereda La Carrilera. Mediante un enfoque mixto y participativo, identificaron percepciones comunitarias sobre el agua y la salud, lo que permite fundamentar intervenciones educativas contextualizadas en las necesidades territoriales reales. Este estudio es particularmente relevante para proyectos educativos que abordan el tratamiento del agua y la conciencia ambiental en zonas rurales, como el que se desarrolla en la I.E.R. El Yarumito.

De igual modo, Manrique González (2023) diseñó una propuesta pedagógica con enfoque STEM dirigida a estudiantes de primaria en una institución rural del mismo municipio. Su propuesta integró problemáticas ambientales del entorno con metodologías activas, como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), logrando fomentar la conciencia ecológica, el pensamiento crítico y la participación estudiantil. Este trabajo demuestra la viabilidad de adaptar el enfoque STEM a contextos con recursos limitados, manteniendo la pertinencia territorial y educativa.

En conjunto, estos antecedentes locales evidencian la articulación entre educación ambiental, innovación pedagógica y sostenibilidad, ofreciendo referentes valiosos para el diseño del presente proyecto, que busca fortalecer la formación científica y ciudadana desde una perspectiva contextualizada y comprometida con el cuidado del agua.



Marco Teórico

El presente marco teórico proporciona apoyo conceptual para el proyecto al examinar y tratar el agua en dos instituciones que son dos grupos contrastantes; es decir, el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI) y la Institución Educativa Rural El Yarumito. En ambos casos, sin embargo, a pesar de tener diferentes caras, destacó un único problema: no tenían acceso directo al agua potable y los estudiantes necesitaban comprender los elementos como el agua potable física, química y social que contribuyen a su acceso. Desde la práctica diaria del uso de agua embotellada en CIEDI hasta la dependencia de sistemas rurales básicos en Yarumito, ambos pueblos tienen un contexto educativo para conectar el aprendizaje escolar con un problema ambiental desafiante y local. Desde enfoques contemporáneos que dialogan directamente entre sí, se construyeron estos marcos: educación STEM, Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Enfoque STEM e interdisciplinariedad, el ciclo de diseño del Bachillerato Internacional (IB), Educación para la Sostenibilidad (ESD) y modelos de evaluación formativa y sumativa.

La elección de estas categorías no fue arbitraria. Más bien, respondieron a la necesidad de explicar por qué se aplicaron ciertos métodos y describieron el método utilizado como pautas para este proyecto que involucró investigación científica, diseño de prototipos y pensamiento ambiental. Especialmente, la combinación de estos métodos permitió equilibrar las falencias tanto en contexto como en el aspecto de recursos de los dos contextos educativos. Mientras que CIEDI estaba armado con herramientas que incluían software de modelado e impresoras 3D, la I.E.R. El Yarumito tenía limitaciones de infraestructura y tuvo que optar por materiales locales y trabajo manual. Tal diversidad significó que la inclusión de una especie de enfoque STEM integrado por decirlo de esta manera, según OECD (2019), *Future of Education and Skills 2030* que afirma que este enfoque es una vía que sirve de conector para reducir brechas socio económicas a la hora de establecer conexiones creativas y de pensamiento científico adicional que el ABP



permitió a los estudiantes no solo pensar en la solución como un único producto de tal manera que ellos necesitaban acceder al enfoque de maneras flexibles y contextualizadas.

De esta manera, las decisiones metodológicas se argumentan, no solo empíricamente y desde la teoría, sino también a la luz de las circunstancias reales para su implementación. Este capítulo está organizado en categorías teóricas con un doble objetivo: proporcionar una base sólida para cada enfoque y proporcionar algún tipo de puente teórico que vincule cómo se implementó. Así se introducen los fundamentos de la educación STEM en contextos rurales: métodos de aprendizaje activo que se centran en la resolución de problemas reales; ABP como un paraguas para dar forma a experiencias con sentido, el ciclo de diseño del IB como marco para la investigación, ideación, creación y evaluación; articulación interdisciplinaria requerida entre ciencias, matemáticas y tecnología y estudios ambientales; EDS como un horizonte ético vinculado al ODS 6; evaluación formativa y sumativa en mecanismos para monitorear el aprendizaje en proyectos a largo plazo. Por lo tanto, la teoría no se restringe a la descripción de temas individuales si no que proporciona una visión integrada hasta tal punto de asociarlo a un STEM integrado que permite reconocer avances y la acción integradora de las experiencias de aprendizaje trabajadas a lo largo de la aplicación y desarrollo del proyecto es por ello que esto se hizo necesario para comprender la lógica de estos enfoques, su interrelación y la base pedagógica para el proyecto de filtración de agua en ambas instituciones educativas.

Método STEM para educación rural en Colombia

Tiene barreras estructurales que tienen consecuencias directas en la calidad del aprendizaje. La dispersión geográfica, las limitaciones de infraestructura, las barreras tecnológicas y las inequidades de recursos que impactan las oportunidades de instrucción científica y tecnológica que se brindan a los estudiantes. Bajo esta condición, STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) se ha consolidado como una opción pedagógica que puede conectar el aprendizaje escolar con problemas ambientales genuinos, mejorar las habilidades científicas que resultan en la evidencia de crecimiento ya



que se pueden ver a los estudiantes más comprometidos involucrados en abordar desafíos comunitarios (Roehrig et al., 2021; UNESCO, 2023).

En áreas rurales, por ejemplo, cuando los estudiantes están involucrados en el contexto de su entorno ambiental inmediato, el enfoque STEM es más relevante. El problema del agua se convirtió en un catalizador para esta integración entre disciplinas en los casos de CIEDI y la I.E.R. El Yarumito. Mientras que los recursos materiales que existían en CIEDI y Yarumito eran notablemente diferentes (el acceso a dispositivos de modelado 3D en CIEDI es relativamente más costoso que los recursos disponibles en Yarumito), este enfoque de STEM facilitó el diseño de experiencias únicas para cada entorno sin sacrificar la profundidad conceptual. Mientras que los estudiantes de CIEDI pudieron usar software como Tinkercad para modelar prototipos de filtros, en Yarumito, tal tarea involucró el uso de productos de bajo costo como tubos de PVC, carbón activado y zeolitas, lo que mejoró aún más la experiencia y fue un gran ejemplo de cómo se puede desarrollar la ingeniería escolar con recursos mínimos en mente, y en contexto se puede decir incluso que el aprendizaje se vuelve un poco más significativo.

Por ejemplo, el diseño de ingeniería actúa como una interfaz crítica en el diseño STEM ya que conecta la comprensión científica con procesos tecnológicos que requieren creatividad, pensamiento crítico y toma de decisiones (Roehrig et al., 2021). Este punto fue validado con el desarrollo del proyecto. En ambas instituciones, los estudiantes fueron desafiados por un problema cotidiano, por ejemplo, cuán buena es el agua y cómo es la obtención en cada institución, para transformar eso en un problema de diseño en el que los estudiantes formularon hipótesis, recopilaron datos, probaron materiales, repitieron prototipos y validaron evidencia lo cual ocurrió en CIEDI cuando la impresión 3D del filtro falló debido a que el filamento no era compatible con el proceso de diseño del modelo, lo que llevó a un proceso de rediseño y remodelación similar al que se enfrentó Yarumito, ya que sus primeros prototipos hechos a mano no lograron reducir la turbidez del agua. Y a pesar de las diferencias en el contexto, ambos escenarios mostraron que STEM es un proceso de prueba, error, reflexión y Re-aplicación.



Varios estudios demuestran que la implementación de STEM en áreas rurales beneficia la motivación de los estudiantes, cuando los proyectos están asociados con problemas reales en el contexto local (Nadelson & Seifert, 2017; Buffington et al., 2020). Eso también fue evidente en el proyecto. Los estudiantes de Yarumito, que observaron que el agua para los procesos tradicionales de purificación de agua que consumen proviene de un acueducto artesanal, abordaron la tarea con urgencia. Consciente de esta dependencia, la institución en CIEDI recibía agua potable embotellada cada semana; sin embargo, su motivación surgió de la posibilidad de que la dependencia generara costos económicos y un posible impacto ambiental debido al uso de plástico adicional que si bien se tiene una planta de filtrado en el colegio esta agua no se consume y a ciencia cierta no se sabe aún por qué si la secretaria de salud realiza prueba a la misma y todo sale bajo la norma se persiste en seguir comprando incluso para cocinar ya que en el restaurante también se compra agua. En ambos casos, el vínculo entre el aprendizaje y la vida cotidiana privilegiaba el compromiso y la participación. Implementar proyectos STEM en contextos rurales también implica decisiones pedagógicas adecuadas a las limitaciones y oportunidades del entorno. Como sugieren estudios previos (Johnson, Peters-Burton y Moore, 2016), adaptar la forma en que se implementa el enfoque en contexto es crítico para su éxito cuando las instituciones enfrentan limitaciones tecnológicas o curriculares. En consonancia con eso, el proyecto también tuvo variaciones metodológicas, basadas en los recursos disponibles: CIEDI se ha centrado en el modelado digital y la prototipación de alta precisión dentro del ámbito de la manufactura aditiva, mientras que Yarumito utilizó medios locales y procesos manuales, indicando que el valor de STEM no reside en la tecnología en juego, sino en cómo los estudiantes traducen principios científicos y de ingeniería en soluciones reales a problemas de su contexto.

Por último, pero no menos importante, la perspectiva STEM en la educación rural no solo solidifica la perspectiva académica sobre ciencia y tecnología, sino que también enriquece habilidades sociales y emocionales como la cooperación, la comunicación y la creatividad (English, 2016; Thibaut et al., 2018). De varias tareas se observaron estas capacidades de trabajos en equipos de tal manera que se tomó como bandera el manejo de grupos mixtos, al hablar sobre la calidad del agua y construir prototipos



juntos. Confirmamos la utilidad si se diseña contextualmente y se acompaña de un sentido objetivo de la misión del enfoque STEM para reducir las brechas educativas en áreas rurales y cultivar estudiantes dispuestos y capaces de mirar hacia su entorno para interpretarlo y cambiarlo.

Metodologías activas y Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

Alinear la filosofía STEM con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) requiere métodos de aprendizaje que vayan más allá de las cuatro paredes e involucren preguntas del mundo real. Entre estos enfoques, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) junto con varias otras estrategias activas están consolidando el enfoque crítico en el aprendizaje auténtico, interdisciplinario y centrado en la acción. Con respecto a los estudiantes que son motivados a planear soluciones de problemas científicos, particularmente desde una perspectiva ambiental, que pueden centrarse en aspectos de la calidad del agua, estas técnicas son particularmente aplicables debido a la complejidad del estudiante como eje para analizar críticamente fenómenos científicos, evidencias y sugerir soluciones informadas contextualmente (Walker & Leary, 2009; English, 2016; Thibaut et al., 2018).

El ABP pone al estudiante frente a un desafío real que requiere investigación, toma de decisiones y cooperación. A diferencia de las metodologías convencionales que se concentran en la transmisión de contenido, este método ofrece un medio para combinar la inteligencia científico-tecnológica y la reflexión social y ética juntas. En CIEDI y I.E.R. El Yarumito, el problema del agua presentó un catalizador natural para adoptar el ABP porque los estudiantes no veían este tema como contenido cerrado, sino más bien como un problema abierto, que afectaba su vida personal y la de su comunidad. La conexión con la realidad ayudó a hacer el aprendizaje relevante y responsable, incluso cuando los experimentos producían resultados inconsistentes, también permitió a los estudiantes construir indagación científica, interpretación de datos y diseño de soluciones tecnológicas, competencias centrales del enfoque STEM.

Esto fue evidente cuando la toma de decisiones sobre materiales de filtro, etapas del proceso de filtración o la evaluación de la eficiencia del prototipo se colocó en grupos. Por ejemplo, en Yarumito, los



estudiantes hicieron combinaciones alternativas de arena, carbón activado y zeolitas y probaron los resultados experimentalmente. En CIEDI, el proceso de decisión incluyó combinar modelado digital con ingeniería de diseño en el que el diálogo se dirigió hacia una discusión de viabilidad técnica y precisión del prototipo.

Ambos casos tuvieron a los estudiantes argumentando, justificando y revisando sus decisiones de primera mano. La revisión de la literatura del proyecto muestra que el ABP puede aumentar la motivación, la participación y el aprendizaje profundo al abordar el aprendizaje desde una perspectiva interdisciplinaria y a través del aprendizaje auténtico basado en problemas (Chen et al., 2019; Sancho et al., 2020). Además, que este APB no se cierra a un solo producto, incluso solo con la indagación ya se está cumpliendo en el desarrollo de la creatividad asociada a la capacidad del desarrollo de las competencias y habilidades que requiere el enfoque STEM, en el proyecto, esta afirmación se reflejó particularmente en las fases de prototipo y refinamiento del filtro. Los estudiantes fueron llevados a reevaluar su diseño cuando el primer modelo de impresión 3D en CIEDI falló durante la prueba de incompatibilidad de filamentos. Ese proceso de proporcionar retroalimentación no ocurrió por un requisito del profesor, sino como una necesidad inherente al problema que estaban abordando.

En Yarumito también, varios grupos vieron que su prototipo hecho a mano no disminuía la turbidez del agua y decidieron cambiar la proporción de materiales utilizados o la disposición de la estructura del filtro. Esto aporta aún más valor al ABP, que es sostenible. Los estudiantes en este proyecto reconocieron que la calidad del agua no es solo un problema científico, sino también un problema social y ambiental. Las reflexiones sobre el acceso desigual al agua potable, sobre la conciencia ambiental del consumo de agua embotellada, sobre la responsabilidad comunitaria para su mantenimiento hicieron posible que el trabajo fuera más que un ejercicio técnico. Esta perspectiva conecta con las propuestas de Sterling (2014) y UNESCO (2017), quienes plantean que la sostenibilidad debe ser un eje transversal de las prácticas educativas, capaz de generar conciencia, acción y pensamiento crítico en los estudiantes.



Autores como Buffington et al. (2020) han destacado la relevancia del ABP en contextos rurales, lo que, según ellos, solidifica que la agencia estudiantil, la comprensión científica y la identidad territorial se desarrollan cuando los estudiantes se involucran resolviendo problemas que encuentran en su vida diaria. La experiencia en Yarumito hace este punto más que un poco específico: los estudiantes aprendieron sobre filtración, pero reflexionaron sobre el sistema de agua de su vereda, en CIEDI sobre el pozo profundo del colegio, la conexión entre infraestructura y salud comunitaria, y cómo la gestión del sistema de agua de esas comunidades afecta a las poblaciones. Por último, las metodologías activas facilitaron una integración auténtica de STEM y los ODS. El ODS 6, elegido para enfatizar en el proyecto, se refiere al agua limpia y el saneamiento y no se discutió como un documento teórico; no se discutió de manera abstracta, sino que actúa como una guía para evaluar el impacto del proyecto, evaluar la calidad del agua, diseñar soluciones y, al analizar la interacción entre las prácticas científicas y el bienestar social, en entornos educativos.

Así, el ABP y el enfoque STEM ayudaron a estructurar el proceso pedagógico y establecieron un marco ético para informar la investigación y el desarrollo de prototipos. Como práctica fundamental de inclusión educativa incluso la diferenciación se ve marcada en el ciclo del diseño estrategia bandera de este proyecto. El Ciclo del diseño IB, desde un enfoque pedagógico, se ha desarrollado para garantizar que todos los estudiantes participen y aprendan sin que el entorno o las barreras metodológicas condicionen su desempeño, es decir a su propio ritmo sin perder la rigurosidad y el objetivo del proyecto los estudiantes se ven motivados y vinculados con estas distintas formas de presentar sus propuestas, Meyer, Rose y Gordon (2014) argumentan que se recomienda ajustar métodos, medios y mecanismos de evaluación según la diversidad real en el aula. Esto es particularmente relevante cuando los estudiantes avanzan en proyectos STEM y actividades de investigación científica, desarrollando una mayor comprensión a su propio ritmo, necesitando apoyos diferenciados para captar conceptos y tomar decisiones sensatas.



El ciclo del diseño del Bachillerato internacional se utilizó como pedagogía necesaria tras observar el aprendizaje continuo de los estudiantes a través de la lente de CIEDI ya que al ser modelos en educación IB con sus programas del continuo del IB en la práctica se nutre a los proyectos STEM dada la formación de los docentes y al mismo tiempo de los estudiantes desde edades tempranas en contraste en la I.E.R. El Yarumito se trata de proponer este modelo sin embargo es un poco más difícil la adaptabilidad dado que es evidente que los docentes aún no están preparados y capacitados en este tipo de metodologías. En ambos entornos (urbano-rural dada su ubicación y con acceso a tecnologías avanzadas, y rural con recursos limitados y diversidad evidente): los estudiantes estaban más entusiasmados con la modelización digital, otros preferían el trabajo manual, y algunos solo podían comprender el proceso de filtración cuando podían manipular directamente los materiales.

Este reconocimiento de diferencias hizo que las elecciones metodológicas fueran más adaptadas a los estudiantes. Algunos estudiantes, como en CIEDI, solo pudieron aprender la función del carbón activado y las zeolitas al observar diagramas ampliados y modelos 3D, después de lo cual se realizó una discusión por parte del profesor de química de la escuela, quien explicó que antes se propuso trabajar en un sistema que purificaría el agua extraída del pozo profundo solo conectándose a tanques donde solo estaba presente el carbón activado, pero esto solo se confirmó a través de pruebas internas y un estudio, adoptado por un estudiante de undécimo grado en 2019, que sugirió que una planta que solo tenía carbón activado necesitaba trabajo, eligiéndose las zeolitas debido a su uso en trabajos de filtración; los estudiantes pudieron adaptar la tecnología basándose en su propia experiencia.

Las visualizaciones digitales fueron, para ellos, facilitadas para el laboratorio de tecnología con una adaptación coherente con el principio de "múltiples formas de representación". Yarumito, sin embargo, por otro lado, tuvo a otros estudiantes tocando los materiales y luego comparando muestras de agua reales para que los estudiantes entendieran el concepto de filtración. Allí las docentes eligieron usar contenedores transparentes en un inicio para observar el cambio de color y valdes blancos con



sedimentación, objetos un tanto visibles y el agua de la llave que viene del acueducto veredal por lo tanto fueron motivados por el valor "múltiples formas de acción y expresión".

El Ciclo del diseño IB fue evidente en la manera en que los grupos estructuraron sus ideas también. Por ejemplo, crear mapas conceptuales o rutinas de pensamiento permitió a algunos estudiantes ilustrar cómo funcionaba el filtro, mientras que otros comunicaron sus hallazgos a través de sketch básicos, dibujos según la imaginación de cada grupo. El proyecto no homogeneizó, sino que emuló la capacidad de cada estudiante para aprovechar el contenido y adaptarlo a su estilo cognitivo, en línea con el principio que proporciona "múltiples formas de concebir el producto final". Esto fue crucial para mantener alta la motivación, especialmente cuando los resultados iniciales no resultaron como fue con el piloto inicial de impresión 3D fallido en CIEDI. La frustración técnica fue un gran obstáculo emocional para algunos estudiantes, por lo que el proyecto incluyó descansos activos, apoyo verbal y reorientación para evitar que los estudiantes perdieran el sentido en el proceso. En ambos colegios, el ciclo facilitó el proceso de aprendizaje para aquellos menos familiarizados con la base de evidencia científica. Por ejemplo, en Yarumito, una cantidad de personas no comprendió de inmediato por qué necesitábamos evaluar la turbidez, el pH y la presencia de sedimentos. Se utilizaron comparadores visuales y descripciones paso a paso para ayudar a entender los cambios en el agua sin contar números para apoyar la lectura de esta dificultad. Tal adaptación no amenazó el rigor del proceso; los participantes pudieron participar de manera justa, un principio integral del ciclo del diseño donde las propuestas variadas y el manejo didáctico del error, juegan un papel fundamental en los proyectos STEM. En este proyecto, se demuestra cómo el ciclo puede aplicarse al contexto de la ciencia para garantizar la inclusión total de los estudiantes que a menudo son descuidados por enfoques experimentales excesivamente formales (Rao et al., 2021).

Es evidente que la flexibilización del contenido y los caminos de aprendizaje mejoran la comprensión conceptual y mejoran la inclusión académica, con un énfasis específico en la presentación del contenido. Este proyecto requirió esa flexibilidad porque integró trabajo práctico y colaborativo,



diseño tecnológico y reflexión ambiental sin que cada estudiante se sintiera abrumado por el ritmo, el estilo o el acceso a los recursos. Por último, pero no menos importante, la diferenciación en productos ítem propuesto en el ciclo del diseño IB permitió que la diversidad en los estudiantes se relacionara con los principios éticos del trabajo. Al estudiar un tema sensible como el acceso al agua potable, el objetivo era que las diferencias entre los estudiantes no se interpretaran como disparidades, sino como oportunidades para mejorar el proceso de investigación. En el CIEDI, al igual que en Yarumito, la variación cognitiva, social y cultural permeo el desarrollo de soluciones más innovadoras y contextualizadas. Tanto así que se puso nombre a cada filtro según las diferentes indagaciones realizadas por los estudiantes de esta manera se amplió las oportunidades de participación, pero también fue una herramienta para reforzar el componente humanista y comunitario de su enfoque, permitiendo una comprensión más matizada del ODS 6 y la responsabilidad colectiva por la conservación del agua.

La interdisciplinariedad y STEM en la educación científica escolar

La interdisciplinariedad es uno de los fundamentos del enfoque STEM, ya que permite expresar el conocimiento disciplinario que típicamente se enseña sin dimensión interdisciplinaria y debe integrarse en el problema real. En educación, esta fusión ayuda a profundizar la comprensión de los estudiantes sobre la complejidad de sus entornos y la naturaleza de los fenómenos, y destaca que no pueden explicar un fenómeno en un solo idioma o modo. La interdisciplinariedad, por lo tanto, contribuye a la transferencia de conocimiento, así como al pensamiento sistémico, dos capacidades críticas para abordar los desafíos contemporáneos que enfrenta el público (Larkin y Lowrie, 2022). Esto lo hace especialmente relevante en CIEDI y en la I.E.R. El Yarumito, la interdisciplinariedad no se diseñó como un requisito formal sino como una necesidad que surge del problema de investigación en cuestión: el acceso al agua potable.

Debido a este proyecto, los estudiantes se ubicaron entre diferentes áreas de su experiencia. El conocimiento químico del proceso de filtración, el modelado matemático que registró la turbidez y comparó muestras, la interpretación biológica de los riesgos asociados con el consumo de agua no tratada,



y la construcción tecnológica del prototipo se interrelacionaron a lo largo de un continuo coherente durante el proceso. Esta convergencia proporcionó a los estudiantes la comprensión de que el conocimiento científico no se produce en silos, sino más bien como redes que los vinculan para abordar problemas del mundo real. La sección transversal de contenido fomentó habilidades transversales: habilidades de pensamiento crítico, creatividad, colaboración y comunicación, y, en paralelo, una comprensión más profunda del problema del agua a medida que los estudiantes encontraban formas de relacionar el contenido académico con la vida real.

Esta conexión solidificó para ellos una semblanza de identidad, una obligación de ser 'uno de ellos' en una sociedad muy sostenible. Además, la coordinación entre los profesores de diversas áreas facilitó una planificación más coherente y significativa en lugar de una construcción hacia el marco de aprendizaje integrado. Pero este trabajo conjunto sirvió tanto al estudiante como para reforzar la cultura de la institución que se ha construido en torno a la innovación pedagógica. Buffington et al dice que el conocimiento comunitario fue honrado a través de la integración de esta manera y se puso este conocimiento en una forma de ciencia escolar (una acción pedagógica estratégica en entornos rurales) (2020). En ambos entornos, la interdisciplinariedad permitió que el proyecto se expandiera más allá de la mera reproducción de un filtro de agua.

Cada equipo necesitaba tomar decisiones lógicas: elegir materiales, justificar las capas de filtrado, fundamentar sus hipótesis con mediciones y explicar sus hallazgos de manera comprensible. Estas eran habilidades de escritura (lenguaje), análisis numérico (matemáticas), exploración experimental (ciencia) y diseño técnico (tecnología), todo lo cual está de acuerdo con las pautas contemporáneas del enfoque STEM. La investigación sugiere que la naturaleza interdisciplinaria de un proyecto basado en la investigación refuerza las conexiones conceptuales entre conceptos, ya que los estudiantes hacen conexiones entre ideas en lugar de memorizar (Akerson & Buck, 2020).



Esta conexión apoya la progresión de un modelo mental sólido y habilidades científicas aplicadas.

Eso fue particularmente evidente en los ejemplos comparando las muestras de ambas escuelas por el análisis de datos de los estudiantes; cuando necesitaban analizarlos, interpretar gráficos y conectar los resultados con una estructura interna del prototipo, y con el sistema (Observación, cálculo y argumentación juntos). Pedagógicamente, la interdisciplinariedad también significa desempeñar un papel docente colaborativo y coordinado. A lo largo del proyecto, los profesores con asignaturas en ciencia, matemáticas, tecnología y educación ambiental necesitaban acordar tiempos, herramientas y los criterios utilizados para la evaluación. Este esfuerzo compartido apoyó un monitoreo de aprendizaje coherente y previno la fragmentación de actividades, un problema común cuando las actividades operan de manera aislada.

En conclusión, la interdisciplinariedad del enfoque STEM permitió que el proyecto no solo respondiera a un problema aplicado de mejoras en la calidad del agua, sino que también construyera una comprensión científica en múltiples dimensiones. En CIEDI y Yarumito, la integración del conocimiento fue fundamental para que los estudiantes entendieran este complejo problema como un sistema y diseñaran una resolución contextualizada, creativa y socialmente responsable.

Educación para la sostenibilidad y evaluación formativa en proyectos escolares de ciencias.

Al considerar estas iniciativas educativas, la educación para la sostenibilidad se presenta como un ingrediente clave dentro de proyectos que se preocupan por los desafíos ambientales y la degradación ambiental que pueden tener un impacto significativo en el sustento de la comunidad. La UNESCO (2017) destaca que la sostenibilidad educativa no debe ser solo la difusión de conocimientos sobre ecología, sino que, para una comunidad específica, debe ayudar a los ciudadanos a analizar mediante el pensamiento crítico los problemas socioambientales de su contexto inmediato y tomar acciones en consecuencia. Para este proyecto sobre acceso y tratamiento del agua en 2 instituciones con valores opuestos, la sostenibilidad se convirtió en un principio rector que articulaba preguntas científicas, elecciones técnicas y el



razonamiento ético de los estudiantes. Tanto en CIEDI como en I.E.R. El Yarumito, la sostenibilidad se manejó en un nivel de contexto diferente bajo las mismas condiciones es decir bajo las mismas estrategias.

En CIEDI, que cuenta con una infraestructura tecnológica consolidada y un equipo de laboratorio más especializado, el trabajo en sostenibilidad se centró en analizar el consumo de agua embotellada, pasar agua de pozo profundo por la planta de tratamiento y así intentar cambiar sus características físicoquímicas, aunque con todo esto, el agua de la escuela no puede ser potable para el consumo humano. Los estudiantes no solo entendieron los mecanismos físicoquímicos de la filtración, sino que en las discusiones en el aula también reflexionaron sobre la compra de agua embotellada, la huella hídrica de la escuela además que resaltando la ubicación geográfica del colegio.

Evaluación formativa y el ABP

La sostenibilidad en este sentido podría extenderse mucho más allá de la construcción del prototipo del “Bivalvito”, cuestionando hábitos cotidianos y facilitando conversaciones sobre la adopción de prácticas más responsables. A través de este proceso, la evaluación formativa fue clave. Basándose en el trabajo de Black y Wiliam (2018), la evaluación se ha visto como un medio de retroalimentación sobre el aprendizaje y no como un dispositivo de calificación separado. Los registros, rúbricas compartidas, discursos grupales y comparaciones entre las propuestas de los distintos filtros permitieron a los estudiantes revisar cómo lo estaban haciendo, reconocer errores y adaptarse.

La evaluación se convirtió más en un producto de implementación y gestión de errores didácticos: los maestros y sus estudiantes construyeron criterios comunes sobre los cuales se basó el proceso y que significaron que sus logros pueden celebrarse desde un punto de vista integrado. Además, la sostenibilidad se potenció en los espacios de metacognición. Se alentó a los estudiantes a analizar las implicaciones sociales y ambientales de sus prototipos, conectando la ciencia escolar con sus propias vidas. Estas reflexiones ayudaron a consolidar actitudes sobre responsabilidad ambiental, un componente central del aprendizaje para permitir un aprendizaje duradero y contextualizado (Palmer 2020).



Además, se incorporaron partes del ciclo de diseño del Bachillerato Internacional a medida que los estudiantes planifican, evalúan y reflexionan sobre el problema, trabajan en resumen, esto mejora el trabajo colaborativo y las habilidades sociales, socioemocionales y de apoyo grupal al establecer soluciones a situaciones en su entorno. A su vez, la evaluación sumativa sirve como una responsabilidad auténtica de verificar lo que los individuos lograron al completar la experiencia educativa. Para los proyectos STEM y ABP, generalmente se pudo ver que esta evaluación resulta en productos finales, incluidos prototipos funcionales, informes escritos, presentaciones orales y documentos que muestran la documentación de nuestro proceso. De esta manera, Botero Espinosa (2018; 2023) enfatiza que la evaluación en la educación STEM necesita hacer uso tanto del producto final como del proceso recorrido, permitiendo la evaluación de la coherencia de la búsqueda de soluciones, diseño, experimentación y reflexión.

Esta perspectiva aborda la necesidad de evaluar no solo "lo que se logró" sino "cómo se logró". En el proyecto del filtro, la evaluación sumativa hizo posible la evaluación en ambas instituciones:

- La funcionalidad del prototipo construido
- La coherencia entre el diseño y los resultados obtenidos.
- La argumentación científica utilizada por los estudiantes.
- La claridad en la presentación de conclusiones.
- La integración de criterios de sostenibilidad.
- ✓ La revisión teórica realizada nos permite entender que la identificación y articulación

desde STEM hacia enfoques activos de sostenibilidad configuran un marco pedagógico bien arraigado y coherente para resolver problemas reales en diversos entornos de aprendizaje. Específicamente, los problemas de acceso al agua potable, tal como existen en instituciones con realidades opuestas, necesitan un enfoque que combine el pensamiento científico, la creatividad, la reflexión ética y los procesos de diseño iterativos, los componentes distintivos de los enfoques analizados. STEM crea el telón de fondo



conceptual en el que la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas pueden estar todas vinculadas a un desafío auténtico. Está bien documentado que el aprendizaje en estas áreas se enriquece y contextualiza a través de métodos interdisciplinarios (Thibaut et al., 2018; English, 2016).

✓ CIEDI y Yarumito, no solo fusionan contenido, sino también como un medio para aprender más sobre el entorno, analizar las complejidades allí incrustadas y recomendar soluciones más veraces, sin embargo, por su poder, cada una de esas entidades pudo movilizar este punto de vista: donde CIEDI aprovechó al máximo los recursos digitales y las herramientas de diseño, Yarumito recurrió al conocimiento local y a experimentos manuales para conocer y experimentar con la calidad del agua y desarrollar opciones viables. Este marco se enriqueció con metodologías activas, en particular el Aprendizaje Basado en Problemas, como un medio para integrar el proceso educativo en una experiencia fundamentada y socialmente significativa.

✓ Según Walker y Leary (2009), el ABP promueve la participación, la motivación y la toma de decisiones informadas. En estos dos contextos escolares, este enfoque no solo creó preguntas científicas, sino que también creó un espacio para que los estudiantes estuvieran abiertos a su relación con el agua, las prácticas y las disparidades en el acceso. Esta fusión de comprensión científica y conciencia social sirvió para reforzar la posición de los estudiantes como participantes activos en la creación de su mundo.

✓ La visión de un STEM integrado y la reflexión de una metodología práctica que diera lugar a un componente inclusivo que permitió entender que para que un proyecto sea completamente significativo debe estar disponible para todos los estudiantes. Se tomaron no como eje fundamental, pero si revisando también otra mirada hacia estrategias de diferenciación e inclusivas como los principios de DUA (CAST, 2018) que recomendaban expandir representaciones, modos de acción y formas de participación. En términos prácticos, esto implicó analizar la medida en que se podía proporcionar múltiples medios de trabajo, análisis o presentación de contenido de tal manera que fomentara la



participación de los estudiantes en diferentes espacios de aprendizaje (y estilos). Por su parte, en CIEDI, varios estudiantes dependían del material digital y algunos querían ser más hacia la parte física, o hacer modelos físicos que permitieran no solo modelar en manufactura aditiva. En cambio, en Yarumito, esta flexibilidad se vio en el hecho de que había recursos disponibles limitados pues la docente y los estudiantes reciclaron parte de los componentes del filtro para ser utilizados y para que cada grupo presentara una solución adaptada a su conocimiento inicial del problema.

✓ El ciclo de diseño del IB sirvió como el eje metodológico que permitió la organización de experiencias de aprendizaje. Las fases de indagación, desarrollo, creación y evaluación proporcionaron una guía concisa para los estudiantes en su viaje con reflexión organizada (IB, 2025). Además de ser una secuencia técnica, este ciclo priorizó la iteración y la eventual mejora del prototipo, apoyando la noción de que el diseño no es un producto terminado, sino más bien un proceso abierto y fluido. Esta forma de pensar resonó particularmente bien con el enfoque del proyecto en la sostenibilidad: a través de CIEDI y Yarumito, los estudiantes se dieron cuenta de que los prototipos necesitaban moldearse según las necesidades y las condiciones que estaban cambiando y que eso significaba revisar y reconstruir regularmente las ideas.

✓ La educación para la sostenibilidad fue una capa transversal que dio sentido ético y contextual a todo el proceso. Aunque el proyecto estaba orientado técnicamente —la idea era la filtración de agua, enmarcaron las discusiones como oportunidades para explorar la solución a un problema social, cultural y ambiental. Según lo entendido por la UNESCO (2017), la sostenibilidad no era solo contenido; más bien, era una perspectiva sobre el mundo y acciones a tomar sobre él. En Yarumito, por ejemplo, examinaron el derecho al agua y las condiciones de vida rurales; en CIEDI, debatieron sobre la potabilización del agua. Estas reflexiones consolidaron en los estudiantes una comprensión más integral de este problema más allá de la dimensión puramente científica.

Por último, la evaluación formativa contribuyó a la coherencia pedagógica del proyecto, ya que proporcionó la posibilidad de rastrear el progreso, detectar brechas y ajustar estrategias al menos hasta una



evaluación final. El análisis de registros diarios de campo, rúbricas y rutinas de pensamiento destacó que esta evaluación era más predictiva para la autorregulación y el pensamiento crítico (Black & Wiliam, 2018; Abd Halim et al., 2022). Especialmente, la evaluación demostró ser una herramienta para mantener la motivación e informar las elecciones técnicas que llevaron a mejores prototipos.

Las diferencias entre dos contextos importaban: donde CIEDI utilizó las herramientas digitales para trabajar en el diseño, en Yarumito la retroalimentación se centró en experimentar y probar materiales de la manera abierta que podía. En ambos casos, la evaluación formativa sirvió como un vínculo entre teoría, diseño y acción. Resumiendo, esta teoría, el modelo indica que STEM, ABP, el ciclo de diseño del IB, la interdisciplinariedad y la educación para la sostenibilidad son los componentes esenciales de proyectos que fomentarán experiencias de aprendizaje transformadoras, relevantes y profundamente contextualizadas a través de la práctica y el diseño entrelazados. Es en esta etapa que los estudios muestran que estas estrategias no solo fortalecen el aprendizaje académico, desarrollan el pensamiento crítico y la conciencia ambiental, sino también su capacidad para hacer de su propia comunidad un lugar mejor. Los hallazgos de los casos de CIEDI y Yarumito demuestran cómo cuando estos enfoques se utilizan de manera flexible y situacional pueden generar un aprendizaje significativo que incorpora solidez científica, un sentido de propiedad social y una inversión ética en el desarrollo comunitario.

Marco conceptual

Enfoque STEM

El enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ha surgido como una alternativa educativa que enfrenta a la escuela con problemas del mundo real. En lugar de combinar cuatro campos, este sistema sugiere un tipo de aprendizaje combinado con investigación, diseño y resolución de problemas que es una forma de entender. Según Larkin y Lowrie (2022), el principal propósito de STEM es equipar a los estudiantes para pensar críticamente sobre fenómenos complejos y hacer algo al respecto en la sociedad y el medio ambiente. Esto significa que el aula en realidad ya no debería ser un área



puramente teórica y convertirse en una especie de laboratorio donde los estudiantes prueben cosas, las discutan y tomen decisiones. Según Akerson y Buck (2020), STEM mejora habilidades clave como la creatividad, la comunicación y el pensamiento crítico necesarios para prosperar en nuestra era. En un contexto rural, este método tiene un significado adicional: los estudiantes comienzan a encontrar algo de valor en su propia tierra. Buffington, Vitelli y Neumayer DePiper (2020) señalan que STEM hace que los problemas locales sean más visibles e involucra a los estudiantes en la búsqueda de soluciones realistas y sostenibles, por ejemplo, obtener acceso al agua.

Agua Potable

El agua potable bajo el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS, 2000) constituye toda el agua que puede ser consumida sin riesgo para la salud humana. Aunque esta definición puede sonar técnica, realmente indica que, en la práctica, el agua está fuertemente entrelazada con el entorno social, ambiental y económico de un territorio. Dansie et al. (2024) advierten que proporcionar agua segura es vital para combatir la pobreza y permitir la sostenibilidad.

Pero no todas las personas tienen el mismo nivel de disponibilidad de agua potable. Gleick y Allen (2023) advierten que la calidad del agua está cada vez más amenazada por el cambio climático, la desigualdad y la contaminación, particularmente en áreas rurales. En tales casos, la escuela es esencial y también es un punto central donde los estudiantes pueden aprender cómo funcionan los procesos químicos y físicos involucrados en el tratamiento del agua, pero también donde desarrollarían una actitud responsable hacia la conservación del agua.

Objetivo 6 Agua Limpia y Saneamiento

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 busca facilitar la disponibilidad de agua limpia y saneamiento para todos. Más allá de una misión global, dice que es una preocupación directa: una comunidad no tiene nada que hacer sin agua segura, ya sea en salud, equidad o economía. Gleick et al. (2023) argumenta que cuando este recurso es accesible hay menos desigualdades, y Dansie et al. (2024)



advierten sobre la creciente presión de las presiones ambientales y demográficas sobre las fuentes de agua. También hay claras disparidades territoriales en Colombia. Según Navarro Jiménez (2023), surgen más problemas de cobertura y calidad en áreas rurales. En vista de esto, el paso urgente de reforzar la conciencia sobre el agua a través de proyectos escolares en los que se integren la ciencia y la participación comunitaria mediante la creación de entornos escolares es esencial.

Educación Ambiental

La educación ambiental es más que contarles a los estudiantes sobre el medio ambiente; significa ayudar a los estudiantes a entender la relación entre las cosas; actuar desde este conocimiento con valores éticos. Palmer (2020) lo llama un proceso para desarrollar actitudes responsables sobre los problemas ambientales. La educación ambiental de la UNESCO (2017) enfatiza que la educación ambiental vincula amenazas globales, como el cambio climático o la escasez de agua, con problemas locales. Esto sugiere que la escuela es un espacio para desarrollar soluciones colectivamente producidas. El proyecto actual utiliza la educación ambiental como un eje transversal de la enseñanza para un modelo reflexivo del agua, la sostenibilidad y el papel que cada estudiante asume en las comunidades.

ABP: Aprendizaje Basado en Problemas

El Aprendizaje Basado en Problemas convierte a los estudiantes en investigadores de situaciones auténticas. Más que ejercicios de resolución de problemas de memoria, tienen que entender un problema, argumentar sobre él, hacer predicciones y planificar sus soluciones. El ABP favorece la integración colaborativa e interconocimiento, que son elementos fundamentales de proyectos que abordan desafíos ambientales (Thomas 2000). En este estudio, el ABP permitió a los estudiantes explorar la calidad del agua de su institución y sugerir alternativas para la filtración o tratamiento. Esto naturalmente fue una conexión natural de los principios del proceso STEM con los objetivos del ODS 6: tener un aprendizaje significativo y crear una actitud de cuidado hacia los recursos hídricos.



STEM y educación STEM en áreas rurales

La implementación de STEM en la comunidad rural tiene un doble desafío: los recursos limitados y la necesidad de experiencias adaptadas al estudiante rural, por un lado, en diseñarlas y la realidad del mundo real. Buffington et al. (2020) confirman que STEM en las escuelas rurales refuerza la identidad territorial y la participación comunitaria, particularmente cuando la naturaleza en la que los proyectos se involucran con preocupaciones ambientales reales es real. En organizaciones como el I.E.R. El Yarumito o CIEDI, trabajar con STEM y agua hizo que los estudiantes pudieran conectar su conocimiento científico con cosas que los afectan cada día, como cuando a veces están sin agua potable. Fue suficiente para dejar de ver la ciencia como un tema abstracto y convertirla en una herramienta útil para investigar e intervenir en su mundo.

ABP y Educación Ambiental

El ABP combinado con la educación ambiental permite a los estudiantes pensar en problemas reales, buscar las causas y proponer alternativas, y evaluar el efecto. El ABP no solo avanza el conocimiento sobre el agua, sino que promueve un compromiso ético con el medio ambiente. Este método de aprendizaje sirve para profundizar la conciencia ecológica, ya que los estudiantes no memorizan los datos, sino que reconocen lo que observan, comentan, experimentan y actúan a través de observaciones y experiencias en su escuela y comunidad.

Educación Ambiental y ODS 6 Una articulación del ODS 6 dentro del medio ambiente, para que los estudiantes aprendan que la gestión del agua no es solo dominio de las instituciones, sino también de la comunidad. Esta escuela en las áreas rurales proporciona la oportunidad de identificar problemas de agua, investigar sus fuentes y sugerir soluciones localmente contextualizables que abarquen el entorno educativo. Ciencia, sostenibilidad y acción social se combinan en esta perspectiva, que ayudará a formar a los estudiantes como seres compasivos que saben cómo cuidar el territorio y la Agenda 2030.



Marco Legal

El marco legal del presente proyecto establece las disposiciones normativas nacionales e internacionales que respaldan el derecho al acceso al agua potable, la protección del ambiente y la inclusión de la educación ambiental en el ámbito escolar. Estas leyes y reglamentos proporcionan sustento jurídico a las acciones pedagógicas, investigativas y comunitarias propuestas, garantizando que su implementación se desarrolle conforme a los principios de sostenibilidad, participación infantil, y protección de datos. A continuación, se presenta la tabla 1 con las principales normas aplicables al contexto del proyecto.

Tabla 1
Marco legal del proyecto

Ley o norma	Año	Descripción general	Artículo(s) que aplican	Aplicabilidad para el proyecto
Resolución ONU 64/292	2010	Reconoce el acceso al agua potable como un derecho humano esencial.	Resolución completa	Obliga al Estado a garantizar disponibilidad, calidad y accesibilidad del agua, fundamento clave para abordar el tratamiento del agua en contextos escolares.
Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (Agenda 2030)	2015	Promueve garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y saneamiento.	Meta 6.1 – 6.6	Justifica el desarrollo de proyectos escolares orientados a la conciencia ambiental y al uso responsable del agua.
Constitución Política de Colombia	1991	Establece el derecho a un ambiente sano y el acceso al agua como servicio público esencial.	Art. 79, 365, 366	Fundamenta la necesidad de que el Estado y la educación promuevan proyectos de análisis y protección del agua.
Ley 115 - Ley General de Educación	1994	Orienta la educación formal, incluyendo enfoques ambientales y científicos.	Art. 14 y 23	Justifica la inclusión de contenidos de educación ambiental y científica en proyectos escolares contextualizados.
Ley 1098 - Código de Infancia y Adolescencia	2006	Reconoce el derecho de niños y adolescentes a un ambiente sano y participación activa.	Art. 41, 42	Avala la participación estudiantil en proyectos escolares como agentes de transformación ambiental.
Ley 1549	2012	Fortalece la institucionalización	Art. 2 y 4	Establece que los PRAE son herramientas pedagógicas



		de la educación ambiental mediante los PRAE.		prioritarias para desarrollar conciencia ecológica.
Ley 1581	2012	Regula la protección de datos personales en Colombia.	Art. 5, 8, 9 y 10	Garantiza el uso ético de los datos recolectados durante el proyecto, respaldando protocolos de consentimiento y asentimiento.
Decreto 1575	2007	Crea el sistema de vigilancia de calidad del agua para consumo humano.	Art. 9 al 15	Establece los lineamientos técnicos para analizar el agua y comparar resultados obtenidos por los estudiantes.
Resolución 2115	2007	Define los valores máximos permitidos de parámetros físicoquímicos del agua potable.	Anexo I y II	Permite interpretar si el agua analizada cumple condiciones óptimas, guiando las propuestas de mejora escolar.
Resolución 1541	2013	Reglamenta el plan de gestión del riesgo para garantizar agua potable en zonas rurales.	Art. 3, 4 y 5	Apoya el componente diagnóstico en contextos rurales donde se desarrolla el proyecto.
Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS	2000	Define criterios técnicos para diseño y operación de sistemas de abastecimiento de agua.	Título B y C	Sirve como guía para comprender e interpretar el diagnóstico escolar y proponer alternativas sostenibles.

Metodología

Categorización de la realidad educativa a abordar

La realidad educativa abordada en este proyecto se encuentra definida por las condiciones de acceso al agua en dos instituciones rurales de Colombia: el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI), ubicado en la Reserva Thomas Van Der Hammen en Bogotá, y la Institución Educativa Rural El Yarumito, localizada en Barbosa, Antioquia. Ambas instituciones enfrentan problemáticas relacionadas con el recurso hídrico, aunque en contextos distintos: mientras en el CIEDI el agua no es apta para el consumo humano y se utiliza principalmente en servicios básicos, en la I.E.R. El Yarumito el abastecimiento proviene de un acueducto multiveredal con procesos artesanales de potabilización.



Estas condiciones constituyen el escenario para el diseño de estrategias pedagógicas con enfoque STEM y Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), orientadas al análisis y tratamiento del agua como un problema educativo contextualizado. A partir de esta situación, se definen como categorías de análisis:

Tabla 2

Categorización de la realidad educativa del proyecto

Categoría	Descripción en el proyecto
Acceso al agua potable en contextos rurales	El CIEDI y la I.E.R. El Yarumito enfrentan limitaciones en la calidad y disponibilidad de agua, lo que impacta la salud y el aprendizaje.
Educación STEM	Promueve competencias científicas, tecnológicas y ciudadanas mediante el abordaje de problemas reales vinculados con el recurso hídrico.
Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)	Favorece la participación activa de los estudiantes en retos contextualizados, como el análisis y tratamiento del agua.
Gestión sostenible del agua	Incorpora la reflexión ambiental y la articulación con el ODS 6 (agua limpia y saneamiento).
Innovación pedagógica	Se concreta en la construcción de prototipos de filtros escolares, el uso de herramientas tecnológicas (impresión 3D, kits de medición) y acciones de sensibilización comunitaria.

Nota. La categorización se realizó con base en el contexto rural de las instituciones educativas participantes y en la relación entre educación STEM, ABP y gestión sostenible del agua.

Estas categorías orientan tanto la construcción de los instrumentos de recolección de información como el análisis de los datos, permitiendo identificar transformaciones en el conocimiento, las prácticas y la percepción de los participantes respecto a la problemática del agua y su importancia desde la educación.

Enfoque de Investigación

El presente proyecto se enmarca en un enfoque mixto de investigación, dado que combina técnicas cualitativas y cuantitativas para responder de manera integral al problema planteado. Según Johnson y Onwuegbuzie (2004), la investigación de métodos mixtos representa un movimiento metodológico que busca aprovechar las fortalezas de ambos enfoques, cualitativo y cuantitativo, para obtener una visión más amplia y profunda del fenómeno estudiado.



Desde la perspectiva cualitativa, el estudio pretende comprender las percepciones, experiencias y prácticas de la comunidad educativa frente al acceso, uso y tratamiento del agua en contextos rurales. Flick (2018) destaca que la investigación cualitativa permite explorar significados y perspectivas en escenarios naturales, lo que resulta relevante para analizar realidades educativas complejas. En este proyecto, las entrevistas semiestructuradas, grupos focales, cuestionarios abiertos y diarios de campo permiten indagar en los saberes previos y en el conocimiento de los estudiantes frente al recurso hídrico.

Desde la perspectiva cuantitativa, se realizan mediciones de parámetros fisicoquímicos del agua (pH, cloro residual, turbidez, TDS, coliformes, entre otros) mediante kits escolares y dispositivos digitales validados en el mercado. Como señalan Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), la investigación cuantitativa busca describir fenómenos y analizar relaciones entre variables a partir de datos medibles, lo cual permite contrastar percepciones con resultados objetivos sobre la calidad del agua.

El enfoque mixto posibilita la triangulación de datos, al integrar la interpretación cualitativa de las percepciones con los resultados cuantitativos de las pruebas. Creswell y Plano Clark (2018) enfatizan que esta integración fortalece la validez de los hallazgos y aporta una comprensión holística del problema educativo y ambiental. En este caso, el diseño metodológico responde a la necesidad de atender una problemática de múltiples campos, tanto académicos, sociales, técnicos y comunitarios, en concordancia con el ODS 6 (Naciones Unidas, 2015), que orienta a garantizar agua limpia y saneamiento como derecho fundamental.

Tipo de Investigación

Este proyecto corresponde a una investigación aplicada, dado que busca generar soluciones prácticas a un problema educativo y social identificado en dos instituciones rurales: el acceso limitado a agua potable y la necesidad de fortalecer competencias STEM en los estudiantes. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), la investigación aplicada se caracteriza por utilizar el



conocimiento científico para transformar realidades específicas y atender problemáticas concretas del contexto.

Asimismo, se configura como un estudio de caso comparativo, puesto que analiza dos escenarios particulares, el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI) en Bogotá y la Institución Educativa Rural El Yarumito en Barbosa, Antioquia; con el propósito de identificar similitudes y diferencias en la gestión del recurso hídrico y en la implementación de estrategias pedagógicas basadas en STEM y ABP. Yin (2018) plantea que el estudio de caso permite un análisis profundo de fenómenos contemporáneos en su contexto real, lo que en este proyecto resulta fundamental para comprender la relación entre educación, innovación pedagógica y sostenibilidad ambiental.

La elección de este tipo de investigación responde a la necesidad de producir conocimiento situado que, además de enriquecer la práctica educativa, pueda replicarse en otros contextos rurales del país. De este modo, se articula con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (Naciones Unidas, 2015), orientado a garantizar agua limpia y saneamiento, y con la formación de competencias científicas, tecnológicas, ambientales y ciudadanas en los estudiantes.

Tipo de Estudio

El proyecto se basó en un estudio de caso comparativo de carácter exploratorio-descriptivo, centrado en dos instituciones rurales de Colombia, el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI), en Bogotá, y la Institución Educativa Rural El Yarumito, en Barbosa, Antioquia, con el propósito de analizar la problemática del agua y la implementación de estrategias pedagógicas STEM y ABP en contextos diferenciados.

De acuerdo con Yin (2018), el estudio de caso resulta pertinente cuando se busca comprender acontecimientos en su contexto real, a través de un análisis profundo de variables y partes interesadas. En este proyecto, la elección de un estudio comparativo permitió identificar tanto las diferencias de cada



institución como los puntos comunes, lo que conlleva a la formulación de estrategias aplicables en otros escenarios educativos rurales.

Asimismo, el carácter exploratorio-descriptivo del estudio respondió a la necesidad de indagar en una problemática poco estudiada en el entorno local, describir las condiciones del recurso hídrico en ambas instituciones y caracterizar el impacto de las estrategias pedagógicas aplicadas. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) señalan que los estudios exploratorios permiten abrir camino en temáticas novedosas, mientras que los descriptivos se orientan a detallar las características y dimensiones de los fenómenos investigados.

Este tipo de estudio es coherente con la finalidad de la investigación aplicada, ya que no se limitó a describir la realidad, sino que busca transformarla mediante la innovación pedagógica y la contribución al cumplimiento del ODS 6 (Naciones Unidas, 2015).

Tabla 3
Características del estudio de caso aplicado en el proyecto

Característica	Descripción
Contextualización específica	Se aborda la problemática del agua en dos instituciones rurales con condiciones contrastantes (CIEDI en zona rural de Bogotá y El Yarumito en Barbosa, Antioquia).
Análisis holístico	Se utilizan diversas fuentes de información (entrevistas, observaciones, pruebas fisicoquímicas, portafolios y grupos focales) para obtener una visión integral.
Intervención directa	Se implementa una estrategia pedagógica basada en STEM y ABP que busca transformar tanto el aprendizaje como la realidad ambiental de las comunidades.
Estudio comparativo entre instituciones	Cada institución se analiza como una unidad de caso diferente, permitiendo contrastar resultados y enriquecer la comprensión del fenómeno educativo-contextual.
Producción de conocimiento situado	Los hallazgos buscan generar aprendizajes contextualizados, útiles para otras experiencias en entornos rurales similares, sin pretensión de generalización.

Nota. Elaboración propia, adaptado al contexto del proyecto de grado.



Finalmente, este estudio de caso aplicado permitió examinar en profundidad la interacción entre la educación STEM, la participación estudiantil, la solución de problemas reales y la transformación del entorno. Su carácter exploratorio y aplicativo lo hace coherente con los objetivos del proyecto y con el compromiso de vincular en la educación los desafíos de sostenibilidad local.

Técnicas de análisis de información seleccionadas

El análisis de la información se planteó de manera coherente con el enfoque mixto adoptado, incorporando procedimientos cualitativos y cuantitativos que permitieron abordar la problemática desde diferentes panoramas. En el componente cualitativo, se incorporaron entrevistas semiestructuradas y cuestionarios abiertos dirigidos a docentes, estudiantes y directivos, los cuales fueron diseñados a partir de las categorías de análisis previamente definidas y se incluyen en el Anexo A. Adicionalmente, se utilizaron las observaciones y diarios de campo como herramientas para consignar de forma continua las experiencias escolares vinculadas con el proyecto, cuyos formatos se presentan en el Anexo D.

Asimismo, se incluyeron técnicas pedagógicas de análisis que fortalecieron la dimensión cualitativa. Entre ellas, las rutinas de pensamiento, especialmente “*Veó, pienso y me pregunto*”, la cual se implementó como recurso para promover el análisis crítico de los estudiantes frente a las características fisicoquímicas del agua y su relación con la sostenibilidad (Anexo F). De igual manera, el trabajo colaborativo por roles STEM permitió organizar a los estudiantes en equipos con funciones diferenciadas tales como: ingeniero de diseño, ingeniero de cálculos y documentador; generando registros útiles para analizar el desempeño, la participación y la construcción de competencias (Anexo G). Mediante la rutina de pensamiento “*El pulpo*” los estudiantes evaluaron el diseño del prototipo del filtro escolar, teniendo en cuenta los recursos disponibles y la eficacia de este, alineándolos con los criterios de sostenibilidad y aplicabilidad (Anexo E).

En el componente cuantitativo, se definieron plantillas de análisis fisicoquímico del agua (Anexo B), que sistematizan la medición de parámetros como pH, cloro residual, turbidez, sólidos disueltos totales



y coliformes. Estas mediciones se desarrollaron bajo condiciones diferentes: mediante kits escolares en la I.E.R. El Yarumito y a través de pruebas de laboratorio con apoyo universitario en el CIEDI, lo que garantizó el cumplimiento de los rangos permitidos para el agua potable (RAS 2000). De igual manera, se aplicaron cuestionarios estructurados de tipo pre y postintervención (Anexo H), diseñados para evaluar conocimientos en tres dimensiones específicas: ciencia del agua, pensamiento STEM y sostenibilidad.

Aplicación de análisis de información seleccionada

De acuerdo con el enfoque mixto aplicado en este proyecto, el proceso de recolección de información se desarrolló en tres momentos clave: diseño y validación de instrumentos, aplicación en campo y análisis de resultados. Estos instrumentos se construyeron a partir del análisis definido y alineado con los objetivos del proyecto.

Construcción de los instrumentos

Las entrevistas semiestructuradas dirigidas a docentes y estudiantes se elaboraron a partir de la necesidad de indagar sobre las condiciones del recurso hídrico (Anexo A). La validación de estas se realizó mediante juicio de expertos, quienes evaluaron coherencia, claridad y pertinencia (Anexo C). Asimismo, se diseñaron cuestionarios pre y post intervención para valorar el conocimiento en tres dimensiones: ciencia del agua, pensamiento STEM y sostenibilidad (Anexo H). Adicionalmente, se utilizaron diarios de campo para documentar de forma continua el avance de cada fase del proyecto (Anexo D).

En el ámbito cuantitativo, se diseñaron plantillas de análisis fisicoquímico del agua (Anexo B), ajustadas a los recursos de cada institución. En la I.E.R. El Yarumito se emplearon kits escolares con indicadores básicos (pH, turbidez y cloro residual), mientras que en el CIEDI se complementaron con pruebas de laboratorio en alianza con una universidad. Por otra parte, se elaboraron rutinas de pensamiento asociadas con los resultados de los parámetros con el fin de evaluar el diseño y la eficacia de los prototipos escolares de filtros de agua construidos por los estudiantes (Anexo E).



Muestreo y aplicación

Se adoptó un muestreo no probabilístico por conveniencia. En la I.E.R. El Yarumito participaron estudiantes de la media y ciclo superior junto con docentes de ciencias naturales, mientras que en el CIEDI la muestra correspondió a estudiantes de los mismos niveles educativos. La aplicación de los instrumentos se desarrolló en un periodo planificado de seis semanas, combinando sesiones presenciales y virtuales según la disponibilidad institucional.

Sistematización y análisis

La información cualitativa proveniente de entrevistas, observaciones y diarios de campo fue organizada para su codificación temática (Flick, 2018). Los datos cuantitativos, obtenidos de cuestionarios y mediciones fisicoquímicas, se estructuraron en tablas comparativas entre las instituciones. Finalmente, ambos tipos de datos fueron integrados mediante la triangulación de datos, lo que permitió contrastar percepciones, prácticas pedagógicas y registros técnicos.

Procedimiento

El procedimiento se estructuró en cinco fases secuenciales, con actividades diferenciadas para cada una de las dos instituciones participantes: el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI), ubicado en la Reserva Thomas Van Der Hammen (zona rural de Bogotá), y la Institución Educativa Rural El Yarumito, en Barbosa, Antioquia.

Fase 1. Diagnóstico inicial

En la primera fase se aplicaron cuestionarios diagnósticos a los estudiantes y docentes (Anexo A) con el fin de explorar conocimientos y percepciones respecto al agua. De manera complementaria, se realizó una revisión del estado del recurso hídrico en cada institución, considerando tanto la infraestructura disponible como las condiciones de calidad existentes. Asimismo, se efectuó la recolección de muestras de agua para el análisis fisicoquímico, ajustado a las capacidades técnicas de cada institución (Anexo B).



Fase 2. Planeación pedagógica y diseño metodológico

Con base en la información recopilada en la primera fase, se seleccionó y organizó los contenidos STEM vinculados al ODS 6. Se planificaron las estrategias pedagógicas y las actividades de aprendizaje basadas en problemas, integrando momentos de indagación, experimentación y prototipado con enfoque STEM. Igualmente, se definieron y ajustaron los instrumentos de recolección de información, entre ellos diarios de campo, protocolos de trabajo y formatos de laboratorio, los cuales se presentan en los Anexos D, E, F y H.

Fase 3. Implementación del proyecto educativo

La tercera fase correspondió a la puesta en marcha de las estrategias pedagógicas. Se llevaron a cabo sesiones de clase con enfoque STEM y ABP, integrando ciencias, matemáticas y tecnología. En este proceso, los estudiantes participaron en talleres de diseño y construcción de prototipos de filtros escolares, utilizando tanto manufactura aditiva (impresión 3D) como medios alternativos accesibles. Asimismo, se realizaron encuentros entre las instituciones involucradas para recoger apreciaciones sobre las actividades desarrolladas y se promovió el trabajo interdisciplinar con el acompañamiento de docentes de distintas áreas.

Fase 4. Evaluación técnica y educativa

En esta etapa se planificó la comparación de la calidad del agua antes y después del uso de los prototipos de filtros elaborados, aplicando nuevamente mediciones fisicoquímicas (Anexo B). También se aplicaron cuestionarios finales a los estudiantes (Anexo H), con el fin de validar el conocimiento adquirido. Para la evaluación de los prototipos se utilizó la rúbrica establecida en la estrategia pedagógica “*agua para todos*” (Anexo I) que consideran criterios como funcionamiento, sostenibilidad y aplicabilidad local. Finalmente, se recolectaron percepciones de estudiantes y docentes mediante entrevistas, fortaleciendo la perspectiva cualitativa del estudio.



Fase 5. Sistematización y socialización de resultados

La última fase contempló la organización y análisis de la información a través de triangulación entre los datos cualitativos y cuantitativos. A partir de este ejercicio, se elaboraron informes preliminares por institución y se planificaron espacios de socialización con la comunidad educativa.

Producto o resultado esperado

El principal producto esperado de este proyecto es el diseño, implementación y evaluación de una estrategia pedagógica interdisciplinar con enfoque STEM y Aprendizaje basado en problemas (ABP), centrada en la problemática del tratamiento del agua en contextos rurales. Los resultados esperados incluyen:

- Una estrategia pedagógica estructurada con actividades integradoras entre ciencia, tecnología y sostenibilidad, enfocadas en el tratamiento del agua.
- Prototipos escolares de filtración de agua, diseñados y elaborados por los estudiantes mediante impresión 3D y materiales accesibles, adaptados a las condiciones y recursos de cada institución.
- Informe de resultados que incluya: el análisis fisicoquímico del agua antes y después de la intervención, documentación de experiencias pedagógicas, percepción de estudiantes y comunidad local.

Este producto busca responder a una problemática ambiental contextualizada, fomentar la conciencia social en torno al derecho al agua y fortalecer el aprendizaje significativo de los estudiantes desde la innovación educativa rural.

Descripción de la población y muestras

El proyecto se desarrolló en dos instituciones educativas con características específicas, ubicadas en zonas rurales de Colombia:



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI) – Bogotá, D.C.

- Institución privada con enfoque internacional.
- Ubicada en suelo rural, dentro de la Reserva Thomas Van Der Hammen.
- Cuenta con infraestructura adecuada, acceso a tecnologías educativas y acompañamiento

universitario para procesos de investigación escolar.

- La calidad del agua no es apta para el consumo humano, por lo que solo se utiliza para servicios generales (como baños).
- Participación de estudiantes del ciclo cuatro, así como docentes del área de ciencias y tecnología.

Institución Educativa Rural El Yarumito – Barbosa, Antioquia

- Institución pública ubicada en zona rural.
- Presenta limitaciones en infraestructura y recursos tecnológicos.
- El agua se obtiene de fuentes naturales y se somete a un filtrado artesanal para su consumo.
- Participación de estudiantes de la media y ciclo superior, docentes del área de ciencias naturales y algunos miembros de la comunidad educativa.

Muestreo

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, dada la disponibilidad de los grupos escolares y el interés de las instituciones por participar en el proyecto. La muestra estuvo conformada por:

- Aproximadamente 15 estudiantes por institución, quienes participaron en las actividades STEM y en la construcción de prototipos.
- 4 a 6 docentes en total (2–3 por institución), que acompañaron la implementación del enfoque ABP.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- Miembros de la comunidad educativa (padres de familia, líderes locales), especialmente en El Yarumito, quienes participaron en actividades comunitarias.

Este diseño muestral permitió trabajar de forma colaborativa en el entorno educativo, considerando las condiciones rurales y la disponibilidad institucional, garantizando así la implementación y el análisis contextualizado de los resultados.

Esta fase cierra el ciclo de investigación, garantizando resultados a las comunidades participantes y la evaluación del impacto educativo y ambiental alcanzado.

Matriz de interesados y beneficiarios

Tabla 4

Matriz de interesados y beneficiarios del proyecto

Grupo de interesados / beneficiarios	Intereses	Expectativas	Problemas previstos	Predisposición	Estrategia de vinculación
Estudiantes de la media y ciclo superior del CIEDI y El Yarumito	Mejorar la calidad del agua que consumen. Aprender sobre ciencia y tecnología.	Desarrollar prototipos útiles. Aplicar el conocimiento a problemas reales.	Falta de motivación o desconocimiento del enfoque STEM y ABP.	Comprometido	Actividades lúdicas, experimentación directa, acompañamiento docente.
Docentes de ciencias y tecnología	Fortalecer prácticas pedagógicas. Implementar metodologías activas.	Integrar ABP y STEM en su planificación. Generar impacto en sus estudiantes.	Falta de formación específica o resistencia al cambio metodológico.	Ambivalente / comprometido	Formación previa, acompañamiento continuo, co-diseño de la estrategia pedagógica.
Directivos de ambas instituciones	Mejorar la calidad educativa e innovación pedagógica.	Lograr reconocimiento institucional y sostenibilidad del proyecto.	Limitaciones logísticas o curriculares.	Solidario / comprometido	Socialización de resultados, articulación con el PEI y currículos.
Padres y madres de familia	Garantizar el bienestar de sus hijos.	Acceso a agua de mejor calidad y educación contextualizada.	Desconocimiento técnico o desconfianza en el proceso.	Neutral / solidario	Inclusión en encuentros comunitarios, comunicación clara.
Grupo de interesados / beneficiarios	Intereses	Expectativas	Problemas previstos	Predisposición	Estrategia de vinculación
Comunidad de la vereda El Yarumito	Acceso a soluciones sostenibles frente al agua.	Involucrarse en acciones educativas y ambientales.	Poca participación o limitaciones en tiempos y recursos.	Ambivalente	Invitación a grupos focales.
Universidad aliada	Apoyar la validación técnica del proyecto.	Fomentar la proyección social y académica.	Dificultades logísticas en el acompañamiento permanente.	Comprometido	Definición de roles claros y cronograma compartido.

Nota. Elaboración propia (2025)

Fuente: Adaptado del formato institucional de matriz de interesados y beneficiarios

Recursos previstos

Tabla 5

Recursos previstos para la implementación del proyecto educativo en ambas instituciones

Tipo de recurso	Detalle
Económicos	Compra de tirillas reactivas para pH, cloro, dureza y otros parámetros básicos en El Yarumito. Adquisición del reactivo específico para detección de coliformes. Materiales para prototipos de filtros (arena, carbón activado, botellas, mangueras, etc.).
Tecnológicos	Impresora 3D (en el CIEDI) para diseño de piezas de prototipos. Acceso a plataformas digitales para sistematización y análisis de datos. Computadores portátiles y tabletas (uso institucional).
Materiales	Insumos para actividades didácticas (papelería, carteles, marcadores). Recipientes para recolección de muestras de agua. Elementos de protección básica (guantes, tapabocas, gafas). Termómetros, cronómetros, frascos plásticos, embudos.
Talento humano	Equipo docente de ciencias y tecnología de ambas instituciones. Acompañamiento de una universidad aliada para el análisis fisicoquímico más avanzado en el CIEDI. Coordinador del proyecto y pasantes o practicantes pedagógicos (si aplica). Apoyo eventual de líderes comunitarios en El Yarumito.



Resultados y análisis de resultados

Fase 1. Diagnóstico inicial

El diagnóstico permitió establecer el conocimiento y la percepción relacionadas con el recurso hídrico en ambas instituciones. En el CIEDI, ubicado en la Reserva Thomas Van Der Hammen, y en la I.E.R. El Yarumito, en Barbosa (Antioquia), se aplicaron entrevistas semiestructuradas y visitas de campo para explorar la comprensión del agua y su uso. Los resultados mostraron que la mayoría de los estudiantes asociaba la calidad del agua solo con su apariencia o sabor. En el CIEDI, el 64 % desconocía los procesos de potabilización y el 72 % no relacionaba la escasez con problemas globales; en El Yarumito, el 80 % consumía agua filtrada artesanalmente sin conocer su calidad.

El análisis técnico reveló diferencias notables. En el CIEDI, el agua presentó 4.8 NTU de turbidez y 480 mg/L de TDS, excediendo los límites del RAS (2000); en El Yarumito, la turbidez fue superior a 8 NTU y se detectaron coliformes totales positivos, confirmando riesgo sanitario. Estos resultados evidenciaron la necesidad de fortalecer el conocimiento científica y ambiental sobre la calidad del agua, justificando la implementación de una estrategia pedagógica con enfoque STEM y ABP orientada a la comprensión y transformación del problema.

Fase 2. Planeación pedagógica y diseño metodológico

Con base en el diagnóstico, la estrategia pedagógica titulada “*Agua para todos*” (Anexo I) integró el enfoque STEM con la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), con el fin de desarrollar las competencias científicas, tecnológicas, ambientales y ciudadanas en los participantes. El principio pedagógico que orientó esta estrategia se basó en el estudio de caso que permitió promover el análisis crítico y la toma de decisiones a partir de una situación real del entorno, por medio de la investigación aplicada con un producto tangible, el prototipo del filtro de agua artesanal.



En esta fase, el trabajo colaborativo entre los participantes mediante rutinas de pensamiento como parte de las estrategias pedagógicas, consolidó la problemática a enfrentar, proponiendo un plan de trabajo para la elaboración del prototipo artesanal. Mientras una institución incorporó un proceso de manufactura aditiva (impresión 3D), la otra priorizó la construcción con materiales reciclados e implementos de bajo costo. De esta forma se mantuvo la equidad y enfoque pedagógico en cada escenario.

Las actividades realizadas integraron el enfoque STEM de manera natural, la ciencia a partir de la apropiación del conocimiento del recurso hídrico, su disponibilidad y potabilidad, la tecnología por medio del uso de herramientas como la impresión 3D y los kits de medición de los parámetros físicoquímicos del agua, la ingeniería a través de la construcción del filtro con materiales accesibles y la matemática en cada registro de datos, comparaciones y análisis de resultados.

Fase 3. Implementación del proyecto educativo

El análisis de las entrevistas y los datos de los parámetros físicoquímicos estudiados permitieron la apropiación del enfoque STEM y el ABP en relación con el ODS 6 a través de la implementación de la estrategia pedagógica, donde los estudiantes identificaron que el agua debe cumplir unos rangos (RAS, 2000) para ser potable y que por medio de las actividades clave los participantes pudieron dar solución a la problemática.

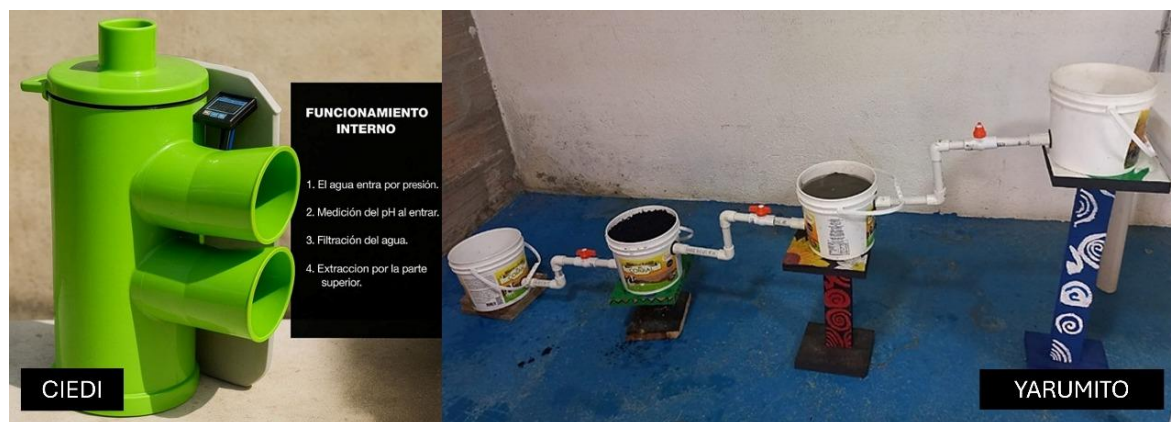
El ABP y la rutina “*veo, pienso y me pregunto*” permitió generar el diseño y elaboración del prototipo, fomentando el trabajo colaborativo, el análisis de datos y el pensamiento crítico, consolidando el aprendizaje y generando una comprensión más amplia del impacto social sobre el acceso al recurso hídrico. El trabajo interdisciplinar bajo el enfoque STEM logró que los docentes de las diferentes áreas orientaran los procesos de construcción de los filtros de acuerdo con el entorno, en el CIEDI el filtro escolar Bivalvito se diseñó de manera digital en el software Ultimaker Cura y se utilizó manufactura aditiva, mientras que en el Yarumito realizó el diseño conceptual con el fin de identificar las capas y la posterior construcción del filtro con materiales alternativos y reciclados (figura 4). Esto demuestra que es



posible aplicar el enfoque STEM cuando se tiene la capacidad de contextualizar soluciones accesibles y sostenibles.

Figura 4

Prototipo de filtro CIEDI y Yarumito



Nota. Elaboración propia (2025)

Fase 4. Evaluación técnica y educativa

La evaluación integró mediciones experimentales y análisis reflexivos. Los resultados confirmaron la eficacia de los prototipos frente a los parámetros del RAS (2000): el agua tratada alcanzó turbidez menor a 2 NTU y pH entre 6.5 y 8.5 rangos aptos para consumo humano. Estos logros demostraron apropiación científica y habilidades técnicas en los estudiantes, quienes relacionaron los resultados con los procesos de filtración y la calidad del agua.

En el componente educativo, el 90% reportó mayor comprensión sobre el recurso hídrico y su vínculo con la sostenibilidad, evidenciado el cambio de concepciones en la rutina “*Antes pensaba, ahora pienso*”, como cuando expresaron “Antes pensaba que el agua clara era segura, ahora pienso que se deben analizar parámetros invisibles”. Los participantes confirmaron avances en pensamiento crítico, resolución de problemas y trabajo colaborativo. Esta fase validó el impacto educativo y la viabilidad técnica del proyecto como modelo replicable.

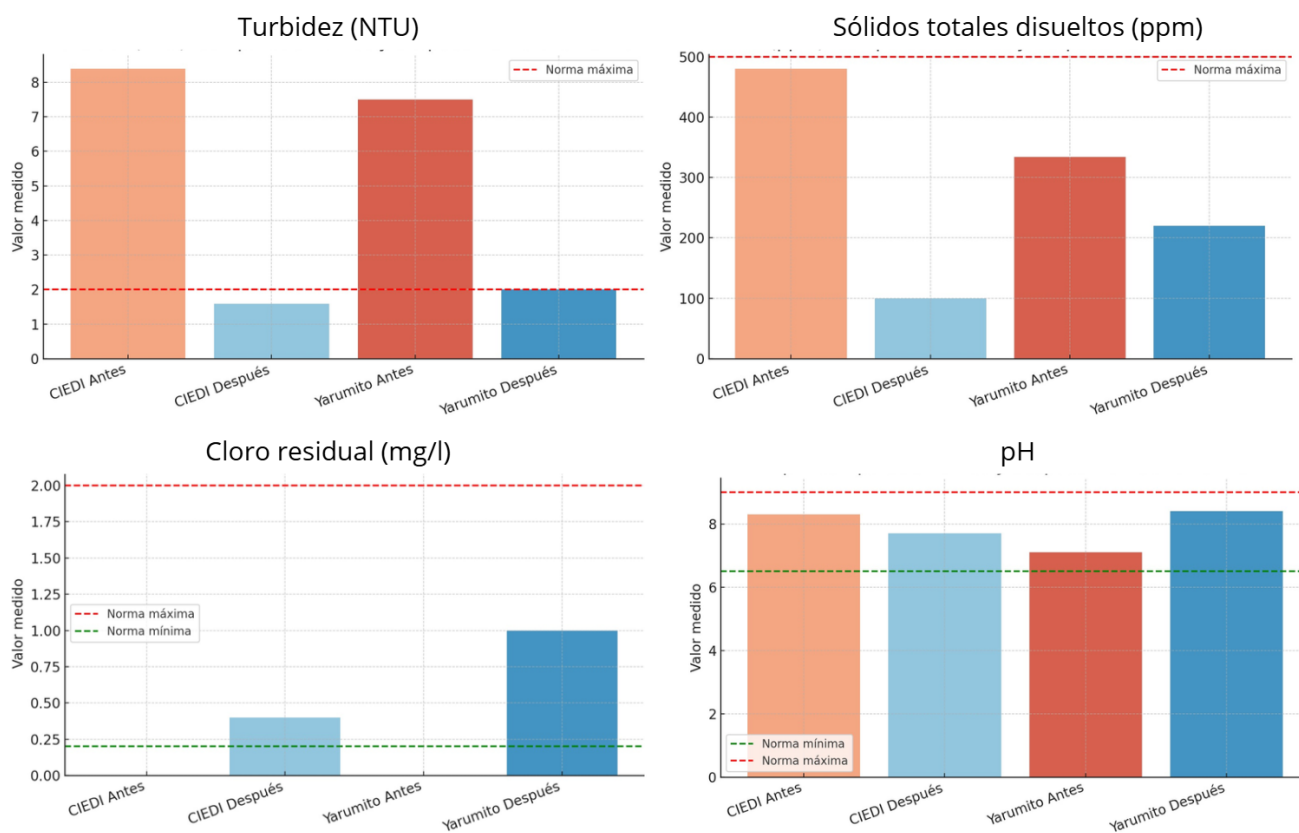


Fase 5. Sistematización y socialización de resultados

En el análisis comparativo entre ambas instituciones mostró mejoras sostenidas en la calidad del agua, figura 5 evidenciando el aprendizaje técnico alcanzado por los estudiantes.

Figura 5

Parámetros fisicoquímicos del agua (turbidez, sólidos disueltos, cloro residual y pH) en CIEDI y Yarumito antes y después del filtrado frente a la norma



Nota. Elaboración propia (2025). Los valores de referencia corresponden a la Resolución 2115 de 2007 (RAS), máximo de 2 NTU para turbidez, 500 ppm sólidos disueltos totales, entre 0.2–2.0 mg/L cloro residual libre y un rango de 6.5–9.0 pH.

En el plano formativo, el 92 % reconoció la relación entre ciencia y acción social y el 87 % reportó cambios de hábito en el uso del agua. La socialización involucró a la comunidad educativa y local, fortaleciendo la apropiación social del conocimiento y el liderazgo estudiantil. En conjunto, los resultados demostraron que la educación STEM contextualizada genera transformaciones medibles, sostenibles y transferibles a otros entornos rurales.



Conclusiones

El desarrollo del proyecto permitió integrar la ciencia, la tecnología y la educación ambiental como medios de transformación pedagógica y social en contextos rurales. A través de la práctica, se evidenció que las estrategias pedagógicas basadas en el enfoque STEM y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) pueden aplicarse en diversos entornos con resultados exitosos, fortaleciendo en los estudiantes competencias científicas, tecnológicas, ambientales y ciudadanas. Estas metodologías proporcionaron espacios de aprendizaje significativo donde los estudiantes del ciclo cuatro del CIEDI y la I.E.R. El Yarumito analizaron una problemática real, el acceso al agua potable para consumo humano, vinculada con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6. A partir de ello, exploraron alternativas sostenibles desde su contexto escolar, fomentando el pensamiento crítico, la conciencia ambiental y una visión comprometida con la gestión responsable del recurso hídrico.

- La implementación de las estrategias pedagógicas sustentadas en el enfoque STEM y el ABP permitió fortalecer la apropiación de las competencias científicas, tecnológicas, ambientales y ciudadanas de los estudiantes. Respecto a las competencias científicas, a través de la experimentación, indagación y el análisis de los parámetros fisicoquímicos (pH, turbidez, TDS, coliformes) del recurso hídrico, los participantes comprendieron el concepto de la calidad del agua en relación con la salud y el ambiente. En cuanto a las tecnológicas se destacaron por medio del uso de herramientas y procedimientos adaptados según recursos disponibles, en el CIEDI impresión 3D y en el Yarumito uso de materiales reciclados. Las competencias ambientales se reforzaron mediante las rutinas de pensamiento vinculados a la aplicación del ODS 6 como eje transversal, y las ciudadanas que surgieron del trabajo en equipo, la responsabilidad, sentido de pertenencia y la participación comunitaria consolidando el compromiso por transformar el entorno desde el aula. El éxito de esta propuesta metodológica se sustentó en el desarrollo del pensamiento crítico, una visión más responsable del recurso hídrico y la solución a problemáticas del entorno con alternativas sostenibles para cada contexto.



- El desarrollo de prototipos de filtros para la purificación del recurso hídrico integró el enfoque STEM mediante la aplicación práctica de conocimientos científicos, tecnológicos y de ingeniería. El uso de manufactura aditiva en el CIEDI, junto con la utilización de materiales alternativos y accesibles en la I.E.R. El Yarumito, evidenció la posibilidad de adaptar los recursos a las condiciones pedagógicas, técnicas y contextuales de cada institución. Esta experiencia promovió la creatividad, la innovación y el trabajo colaborativo, fortaleciendo el aprendizaje significativo y la comprensión de la tecnología como herramienta para proponer soluciones sostenibles frente a los desafíos del acceso al agua potable.
- El impacto social y ambiental que obtuvo el proyecto se reflejó gracias a las estrategias utilizadas en el desarrollo del proyecto que fortalecieron la conciencia ambiental, permitiéndoles tener una visión más profunda sobre la realidad del entorno y como desde el aula es posible generar soluciones de acuerdo a cada contexto y recursos disponibles, tanto el filtro artesanal desarrollado en el Yarumito, como el filtro realizado a partir de impresión 3D, mejoraron la calidad del recurso hídrico, disminuyendo la turbidez en un 81%, los TDS en 79% y los coliformes completamente eliminados. Demostrando que la escuela puede ser un escenario de transformación social y ambiental.

Visión prospectiva del proyecto

A partir de la implementación del proyecto en el Colegio Internacional de Educación Integral (CIEDI) y la Institución Educativa Rural El Yarumito, se proyecta su aplicabilidad y expansión a otros escenarios educativos, considerando los aprendizajes, logros y retos que surgieron durante su desarrollo.

Lecciones aprendidas

- La integración del enfoque STEM con el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) favorecieron la motivación y el aprendizaje activo de los estudiantes cuando se relaciona con situaciones reales de su entorno.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

- El diseño y desarrollo de prototipos de filtros de agua fortalecieron las competencias científicas y tecnológicas, promoviendo la curiosidad y el pensamiento crítico.
- La vinculación entre docentes, estudiantes y comunidad educativa consolidó el trabajo colaborativo y la apropiación del proyecto como una experiencia compartida.

Fortalezas

- La adaptación del modelo pedagógico a diferentes condiciones institucionales, tanto rurales como urbanas.
- El enfoque interdisciplinario que integra la enseñanza de las ciencias con la educación ambiental, promoviendo aprendizajes orientados a la sostenibilidad y la comprensión de los problemas reales del entorno.
- La participación de los estudiantes en todas las etapas del proceso, lo que consolidó su sentido de pertenencia y responsabilidad social.

Oportunidades de mejora

- Ampliar el uso de herramientas tecnológicas y digitales para el seguimiento de los parámetros del agua y la difusión de resultados.
- Fortalecer la formación docente en metodologías activas y en el uso de la experimentación como estrategia para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Generar más espacios de intercambio entre instituciones educativas para socializar experiencias y aprendizajes.

Recomendaciones

- Establecer alianzas interinstitucionales con universidades, entidades ambientales y organizaciones comunitarias para enriquecer la continuidad del proyecto.



- Promover la divulgación de experiencias pedagógicas a través de diferentes escenarios como: Colombia aprende, vinculación con semilleros de investigación y replicación en otras instituciones.
- Incorporar estrategias metodológicas con enfoque STEM y ABP en las mallas curriculares y en el proyecto ambiental escolar, PRAE.

Ideas de nuevos proyectos

- Implementación de huerto vertical inteligente con sensores de humedad y temperatura, riego e iluminación automática y controlada. Mediante el enfoque STEM se abarca la ciencia con el análisis de variables bióticas. La tecnología a través del uso de sensores y visualización de datos. La ingeniería diseñando el sistema de riego automático, montaje de estructura e integración electrónica y sistema hidráulico. Las matemáticas calculando las variables relacionadas.
- Implementación de biodigestor a partir de residuos orgánicos. Se basa en la construcción de un biodigestor mediante la transformación de los residuos en un ambiente anaeróbicamente controlado que genera gas metano. Integrando el enfoque STEM. Ciencia a partir de la microbiología, química y procesos biológicos. Tecnología mediante el uso de sensores de temperatura, presión y nivel. Ingeniería en el diseño del biodigestor. Matemáticas en el cálculo de volumen y variables, eficiencia del sistema y generación de modelos de emisión no generada de CO₂.

Consideraciones éticas

El desarrollo del proyecto se basa en los principios de la responsabilidad y transparencia, cumpliendo las normas éticas que se aplican en el ámbito educativo e investigativo.

Recolección de datos

La recolección de información tuvo como propósito indagar en los presaberes y percepciones de los estudiantes con respecto al recurso hídrico. Se emplearon instrumentos como entrevistas



semiestructuradas, registros en bitácoras, evidencias fotográficas y productos elaborados durante las actividades.

Antes de su aplicación, se realizó una socialización institucional del proyecto con docentes, estudiantes y acudientes. Se solicitó el consentimiento a los acudientes y el asentimiento a los estudiantes, asegurando que comprendieran los objetivos, procedimientos y derechos asociados a su participación. Las actividades se realizaron en cada institución educativa y dentro del horario escolar.

Tratamiento de los datos

El manejo de la información se desarrolló conforme a los principios de confidencialidad, anonimato y protección de datos personales, según la Ley 1581 de 2012.

Las entrevistas fueron grabadas y transcritas, las imágenes o grabaciones audiovisuales se utilizaron con autorización previa, evitando divulgar información que comprometiera la privacidad de los participantes. La presentación de resultados se realizó de forma general, sin mencionar nombres propios ni datos sensibles.

Análisis e interpretación de la información

El análisis de los resultados se desarrolló bajo criterios de objetividad, rigurosidad y respeto por la diversidad, garantizando la interpretación de los hallazgos. La interpretación de estos se elaboraron desde una perspectiva formativa y pedagógica, orientada a la mejora de las prácticas educativas y no a la evaluación individual de los participantes.

Compromiso ético institucional y social

Desde la concepción del desarrollo del proyecto como una práctica educativa, enmarcada en la formación con valores mediante la conciencia ambiental y la responsabilidad social, aplicando un enfoque STEM relacionado con el ODS 6: Agua limpia y saneamiento, para promover una cultura educativa centralizada en el respeto y cuidado del entorno, el trabajo en equipo y la participación informada..



Referencias bibliográficas

- Akerson, V. L., & Buck, G. A. (2020). Critical questions in STEM education. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-57646-2>
- Avendaño-Uribe, B. E., Ojeda-Ramírez, S., & Pérez-Barón, J. (2022). *Resourcefulness, narratives, and identity in science, technology, engineering, arts and mathematics education: A perspective of makerspaces for rural communities in Colombia*. *Frontiers in Education*, 7, 1055722.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1055722>
- Black, P., & Wiliam, D. (2018). *Developing the theory of formative assessment*. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31. <https://doi.org/10.1007/s11092-008-9068-5>
- Botero Espinosa, J. (2018). Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender. STEM Educación Colombia.
- Botero Espinosa, J. (2023). Educación STEM: Marco de referencia para América Latina. STEM Educación Colombia.
- Buffington, P., Vitelli, S., & Neumayer DePiper, J. (2020). Igniting STEM Education in Rural Communities. Recuperado de Web of Science.
- CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*. CAST, Inc.
<https://udlguidelines.cast.org>
- Chang, C.-C., & Chen, Y.-K. (2022). Educational values and challenges of i-STEM project-based learning: A mixed-methods study with data-transformation design. *Frontiers in Psychology*, 13, 976724.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.976724>



Chen, X., Wang, Z., & Chen, Y. (2019). Project-based learning in STEM: Impacts on creativity and problem-solving. *Journal of Educational Research*, 112(2), 250–263.

<https://doi.org/10.1080/00220671.2018.1442852>

Congreso de la República de Colombia. (1994). *Ley 115 por la cual se expide la Ley General de Educación*.

Congreso de la República de Colombia. (2006). *Ley 1098 por la cual se expide el Código de Infancia y Adolescencia*.

Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley 1549 por la cual se fortalece la institucionalización de la política nacional de educación ambiental*.

Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley 1581 por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales*.

Constitución Política de Colombia. (1991).

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). SAGE Publications.

Dansie, A., Alleway, H. K., & Böer, B. (2024). The water, energy, and food security nexus in Asia and the Pacific. UNESCO. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-25463-5>

English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(3), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>

Farrell, A., Buckman, K., Hall, S. R., Muñoz, I., Bieluch, K., Zoellick, B., & Disney, J. (2022). Adaptations to a secondary school-based citizen science project to engage students in monitoring well water for arsenic during the COVID-19 pandemic. *Journal of STEM Outreach*, 4(2).



<https://www.jstemoutreach.org/article/25822-adaptations-to-a-secondary-school-based-citizen-science-project-to-engage-students-in-monitoring-well-water-for-arsenic-during-the-covid-19-pandemic>

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

Franco, J. P., Tovar, M., Avendaño Uribe, B., Guerrero González, N., Quiroga, D. F., Brunal Ramírez, S., ... & Rodriguez-Velasquez, E. (2019). Cuning: From play to wit, a STEM science club for technological and social entrepreneurship. *2019 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, 117-120. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8882094>

Gleick, P. H., & Allen, L. (2023). The future of global water resources: Challenges and opportunities. *Water Resources Research*, 59(5), 123-140. <https://doi.org/10.1029/wr123456>

Gobernación de Antioquia. (2025, agosto 15). *Estudiantes y maestros buscarán soluciones a problemáticas en sus territorios con el programa Antioquia Challenge*. Antioquia Cuenta. <https://www.antioquia.gov.co/index.php/antioquiacuenta/estudiantes-y-maestros-buscaran-soluciones-a-problematicas-en-sus-territorios-con-el-programa-antioquia-challenge>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (1ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>

Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (2016). STEM in rural contexts: Considerations for teachers and students. *Journal of Research in Rural Education*, 31(6), 1–15.

Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. Recuperado de Web of Science.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Krall, R. M., Wilhelm, J. A., & LeVaughn, J. M. (2023). *Project-based unit development by middle school science teachers: Investigations on watershed water quality*. Education Sciences, 13(1), 11. <https://www.mdpi.com/2227-7102/13/1/11>

Larkin, K., & Lowrie, T. (2022). STEM education in the early years: Thinking about tomorrow. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-2810-9>

Marín-Ríos, A., Cano-Villa, J. y 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>

Ministerio de Ambiente y Ministerio de la Protección Social. (2007). *Resolución 2115 por la cual se señalan las características físicas, químicas y microbiológicas del agua potable*.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2000, noviembre). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000: Título E. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf

Navarro Jiménez, L. E. (2023). Aportes de la regulación a la transición hídrica inclusiva y sostenible en Colombia. Revista Técnica ACODAL, 257, 18-23.

OECD. (2019). *Future of Education and Skills 2030*. Organisation for Economic Co-operation and Development

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible – Agenda 2030*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

Palmer, J. A. (2020). Education, environmental. In P. W. Jackson (Ed.), *Encyclopedia of Education and Learning* (pp. 389-402). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38948-2_78-1



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Presidencia de la República de Colombia. (2007). *Decreto 1575 por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano*.

Ramírez Santa, J y Sosa Hernández, M. (2022). Caracterización de las condiciones de saneamiento ambiental y morbilidad sentida de la comunidad del sector, la carrilera de la vereda Yarumito del municipio de Barbosa y la calidad de sus nacimientos de agua para el año 2021. Universidad de Antioquia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10495/28480>

Rose, D. H., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal Design for Learning*. ASCD.

Sari, S. P., Nugraheni, D., Hamimi, E., Pratiwi, N., & Habiddin, H. (2025). Development of project-based learning STEAM-based water purifier educational kit on water pollution to train critical thinking skills. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 13(1), 233–253. <https://jurnal.usk.ac.id/JPSI/article/view/42151/24690>

Scaffaro, R., Mistretta, M. C., & Balsamo, M. (2021). 3D printing of polymer nanocomposites for environmental applications: Current status and perspectives. *Science of the Total Environment*, 777, 146048. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721011153?via%3Dihub>

Sterling, S. (2014). Transformative learning and sustainability: Sketching the conceptual ground. *Learning and Teaching in Higher Education*, (5), 17–33.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2024). *Informe nacional de coberturas de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. Vigencia 2023*. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-Nacional-de-Coberturas-AAA-2023.pdf>



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. Retrieved from https://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf

Tuay-Sigua, R. N., Pérez-Mesa, M. R., & Porras-Contreras, Y. A. (2023). Teachers' Ideas and Educational Experiences Regarding Urban Environmental Sustainability in Bogotá, Colombia. *Sustainability*, 15(15), 11882. <https://doi.org/10.3390/su151511882>

UNESCO. (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>

UNESCO. (2020). Reimagining our futures together: A new social contract for education. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>

UNESCO. (2024). *United Nations World Water Development Report 2024: Water for prosperity and peace*. UNESCO Publishing. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390183>

Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. (2014). Calidad del agua en la Reserva Forestal Regional productora del norte de Bogotá, Thomas Van der Hammen. *Revista de Ingeniería y Región*, 11(1), 17-27.

Universidad Externado de Colombia. (2019). *El río Bogotá y la reserva forestal Thomas van der Hammen*. Repositorio Institucional. <https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/6c026d7c-7896-491e-8510-4264bfaa2914>

Universidad Politécnica de Cataluña. (s.f.). Territorios híbridos metropolitanos: transformaciones urbanas en Bogotá [PDF]. UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/182140/TMRM2de3.pdf>

Yin, R. K. (2018). Case Study Research and Applications: Design and Methods. Recuperado de Web of Science.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Zhang, Y., & Ma, X. (2023). Digital tools and STEM learning in environmental education. *Journal of Science Education and Technology*, 32(2), 234–250. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10005-7>



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

ANEXOS



Anexo A. Entrevistas para docentes y estudiantes

TRANSCRIPCION ENTREVISTA DOCENTES IER YARUMITO				
Objetivo que desarrolla	Subcategoría que espera evaluar	Pregunta	CIENCIAS SOCIALES Juliana	Diana Naranjo lengua castellana
Diseñar e implementar estrategias pedagógicas para caracterizar las condiciones del recurso hídrico en las instalaciones del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito.	Percepción docente sobre el acceso y calidad del agua.	1. ¿Desde su experiencia en la institución, ¿cómo describiría las condiciones del agua que se utiliza en las actividades escolares (consumo, aseo, preparación de alimentos, laboratorios)? ¿Qué efectos ha tenido esta situación en las rutinas escolares (clases, deportes, higiene)?	En el sector rural de Barbosa y especialmente en la vereda la montaña el problema del agua ha sido contante, y es agua que no es apta para el consumo humano.	Es un agua de muy baja calidad, no cumple con los requerimientos óptimos para la salud humana. Respecto a los efectos, en la higiene es preocupante porque los chicos no pueden acceder a lavarse los dientes, igual los docentes y nos toca traer agua des nuestras casas, así mismo para la preparación de alimentos debemos comprar agua.
	Aplicación pedagógica de temas ambientales.	2. ¿Ha abordado en clase temas relacionados con la calidad del agua o los riesgos de su consumo? ¿Cómo lo ha hecho?	No	No
		3. Si no lo ha hecho, ¿qué obstáculos identifica para trabajar este tema (falta de tiempo, materiales, formación, apoyo institucional)?	Lo que pasa es que el área de ciencias naturales es la que siempre se ha enfocado en esto y en ciencias sociales le he dado prioridad a otras cosas.	No se ha implementado como una temática específica, pero si se podría hacer articulando desde mi área este saber (agua), solo necesitaría organizarme.
	Identificación de puntos críticos en el acceso y uso	4. Desde su experiencia, ¿cuáles considera que son los puntos más críticos en el acceso, calidad o uso del agua dentro de la	La calidad, porque es un agua que se toma de la bocatoma de una quebrada arriba y aunque suple las necesidades de las comunidades tiene falencias en la	El acceso, dado que en ocasiones no hay agua, y cuando hay no es potable, llega muy turbia, no es fácil establecer pautas de higiene con los estudiantes, es un tema que no se nombra y se



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

	del agua en la institución.	institución? ¿Qué estrategias pedagógicas cree que podrían servir para visibilizar y trabajar esos problemas con los estudiantes?	calidad y esto incide en la salud. Hay muchas estrategias, está la de la observación donde muchos compañeros de ciencias naturales realizaban salidas pedagógicas y tomaban fotos, trabajos muy interesantes.	debería tener más en cuenta. Como estrategia se podrían aplicar muchas lecturas, analizar contenidos y hablar desde el cuidado y la salud
Diseñar prototipos escolares de filtros de purificación de agua, utilizando herramientas de manufactura aditiva e impresión 3D o medios alternativos accesibles.	Disposición e innovación en el aula.	5. ¿Qué disposición tiene para participar en el diseño e implementación de prototipos escolares de tratamiento de agua como estrategia didáctica? Considere factores como carga laboral, tiempo disponible, formación técnica, recursos institucionales y pertinencia pedagógica.	Tengo toda la disponibilidad	Pienso que sería muy complejo para mí, ya que no tengo mucho conocimiento y mi especialidad son las humanidades
	Conocimiento y uso de herramientas tecnológicas.	6. ¿Ha tenido experiencias previas con herramientas tecnológicas o materiales alternativos (kits escolares, sensores, recursos locales, TIC)? ¿Cómo cree que podrían integrarse en su práctica pedagógica?	No, estas herramientas las podría vincular dándole otra mirada desde las ciencias sociales, por ejemplo, mirar como las actividades económicas afecta este recurso.	No, muy poco han sido las experiencias con estas herramientas, pero se podrían utilizar para orientar a los estudiantes en la formulación de proyectos y realizando análisis crítico de estas problemáticas.
Sensibilizar a las comunidades educativas a través de actividades pedagógicas	Prácticas de aula y conciencia ambiental.	7. ¿Qué actividades ha implementado o considera pertinentes para fomentar el uso responsable del agua entre los estudiantes? ¿Qué impacto cree que han tenido estas actividades en el	Se podría hacer a través del estudio de casos, el impacto es interesante; la única falencia es que las actividades se realizan por una nota y no se ponen en práctica en la vida diaria	Frente al impacto, en la medida que se les habla a los estudiantes sobre esto, pienso que se ha hecho un buen trabajo porque permite que los estudiantes analicen el mundo que los rodea.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

que promuevan el uso responsable del agua y el cumplimiento del ODS 6.		aprendizaje o en la conciencia ambiental de los estudiantes?		
	Conocimiento y apropiación de los ODS.	8. ¿Qué tanto conoce sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento)?	No	No
		9. ¿Cómo cree que podría integrarse este objetivo en su área de enseñanza?	Primero debo investigar sobre este objetivo, pero tengo toda la voluntad de integrarlo.	Se tendría que estudiar y se podrían hacer talleres, lecturas de textos, exposiciones, encuestas porque desde el área de lengua castellano se podría trabajar mucho la comunidad.

TRANSCRIPCION ENTREVISTA ESTUDIANTES IER YARUMITO							
Objetivo que desarrolla	Subcategoría que espera evaluar	Pregunta	Pérez Franco Izan Dahiana	ZAPATA CAÑAS SEBASTIAN	RUIZ GUERRA MANUELA	CASTRO RIVERA EMILY	ACEVEDO ORTEGA TOMAS
Diseñar e implementar estrategias pedagógicas para caracterizar las condiciones del recurso	Percepción estudiantil sobre el agua en su colegio	1. ¿Qué sabes sobre el agua que usan en tu colegio (origen, ¿cómo llega, si se trata o no)?	Proviene de una quebrada, pero no recuerdo el nombre	Proviene de una quebrada llamada SINCORIALES	Uno la ve a simple vista limpia, pero está contaminada por heces fecales pues hasta donde tengo entendido el agua viene de una quebradita de una vereda por acá me parece	Viene de un nacimiento de agua, creo que en la vereda la montaña y llega al colegio. Esta agua no viene	Viene de una quebrada que está en la vereda la montaña, ahí hay varios tanques



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

hídrico en las instalaciones del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito .					en buenas condiciones.	que reciben el agua de la quebrada y se reparte a todos los sectores.
	2. ¿La considera limpia y segura para usarla? ¿Por qué?	Está contaminada con ese fecales	El agua no es tan limpia y llega con partículas que nos pueden hacer daño	No, pues uno la ve limpia siempre va estar contaminada	se puede usar únicamente para hacer aseo, pero para tomar no.	No es tan limpia ni segura, el color se ve limpia y no es segura porque en la quebrada debe haber animales que hacen sus necesidades en la quebrada y contami



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

						nan el agua.
Identificación de problemas asociados al agua	3. ¿Has notado problemas con el agua en tu colegio (olor, color, cortes, suciedad, escasez)? ¿Qué consecuencias has visto en clases, deportes o actividades diarias?	sí, muchas veces no hay agua, algunas veces llega el agua color café. Esto nos puede enfermar y contaminar con bacterias.	Olor en algunos momentos, el agua que llega al colegio siempre es clara El agua nos puede generar daños estomacales, diferentes tipos de enfermedades en el organismo y en el cuerpo	eh siento el caso del olor no, pero de la suciedad porque algunas veces se pone turbia y a veces disminuye mucho el agua y a veces los baños se quedan sin agua u otras partes	Cuando hay mucha lluvia el agua llega turbia, respecto al olor no sé, y el color varia depende del clima. Esta agua puede traer consecuencias para la salud ya que esta agua arrastra bacterias.	Muchas veces cuando estamos en educación física o en juegos, terminamos cansados y tomamos de esta agua, lo que nos genera dolor de estómago, dolor de cabeza. El color cuando llueve el agua llega turbia y a veces



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

						siento mal olor, aunque no es muy frecuente.
Propuesta de mejora desde la experiencia estudiantil	4. Si pudieras cambiar algo relacionado con el agua en tu colegio (calidad, acceso, uso), ¿qué cambiarías y por qué?	Cambiaría el lugar y la manera como sacan el agua para el colegio.	Antes de que entren a las tuberías del colegio hacer un filtro grande que procese el agua para que llegue limpia por las tuberías del colegio.	que tuviera mejor tratamiento para que sea más limpia	Me gustaría que hubiera agua únicamente para el colegio, que el agua que llega aquí es compartida con toda la comunidad de la vereda, y también sería bueno implementar un filtro como el prototipo	Instalaría un filtro grande en la salida del tanque, que pueda abastecer todas las viviendas con agua muy limpia.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

						que estamos construyendo.	
Diseñar prototipos escolares de filtros de purificación de agua, utilizando herramientas de manufactura aditiva e impresión 3D o medios alternativos accesibles.	Participación en actividades prácticas o experimentales	5. ¿Te gustaría participar en la creación de un filtro con materiales locales para mejorar la calidad del agua? ¿De qué manera te gustaría hacerlo (construcción, pruebas, ideas, apoyo en clase)?	Si me gustaría y volvería asumir el rol de documentadora.	Sí, me gustaría estar en la construcción del filtro, en los cálculos, en donde pueda ayudar.	Sí puede ser, pues a mí me gusta mucho construir	Si me gustaría, eso es lo que estamos haciendo ahora, y me parece un proceso muy educativo y nos hace explotar nuestra creatividad. Me gustaría seguir en mi rol, realizar entrevistas	Si me gustaría y me reuniría con la comunidad para dar apoyo a esta situación.
	Uso de tecnologías en clase	6. ¿Has trabajado con	No he trabajado con	No he trabajado con impresoras 3D, con materiales reciclables en las	no nunca con reciclaje si pues con lo del filtro	No he trabajado con	Con impresoras 3D en



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

		impresoras 3D, kits escolares, materiales reciclables u otras herramientas tecnológicas en tus clases? ¿Cómo fue esa experiencia?	impresoras 3D, si he trabajado con materiales reciclables haciendo figuras con botellas, trabajos donde se reutilizan las hojas de papel. Es muy bueno porque siempre se busca la manera de no gastar en más materiales si no reutilizar o aprovechar lo que tenemos.	clases de artística haciendo figuras y en las clases de matemáticas para la construcción del filtro. La experiencia es chévere al ver unidos a los compañeros trabajando por un mismo objetivo.		impresora 3D Con material reciclaje si hemos trabajado respecto a lo tecnológico o lo vivimos cuando nos reunimos de manera virtual con la profesora del CIEDI Todo ha sido muy diferente con este proyecto	el colegio no, pero por fuera si y me parece una herramienta muy buena porque se hacen las cosas mucho más fáciles y tecnológicas. Con material reciclable si, y me a parecido muy bueno porque se hacen inventos que muchas veces son
--	--	--	--	--	--	--	---



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

							difíciles de crear, pero gracias a esto si se pueden sacar adelante .
	Reconocimiento de materiales y recursos accesibles	7. ¿Qué materiales o herramientas conoces que podrían usarse en tu colegio para ayudar a limpiar o cuidar el agua? ¿Crees que es posible utilizarlos aquí?	Un filtro	Filtros de agua	en el colegio no sé, pero podrían comprar	Se ha utilizado carbón activado, arena en el filtro, estos materiales nos pueden ayudar para limpiar el agua, y las tirillas de ph.	las canecas de basura que no se utilizan se podría usar para un filtro o venderlas y recoger recursos.



Sensibilizar a las comunidades educativas a través de actividades pedagógicas que promuevan el uso responsable del agua y el cumplimiento del ODS 6.	Hábitos de cuidado del agua	8. ¿Qué haces tú en el colegio o en tu casa para cuidar el agua?	se recoge agua lluvia y se reutiliza para trapear la casa y de igual manera en el colegio.	Recoger basuras cercanas a las quebradas	pues no gastar tanta agua	El colegio se está haciendo lo del proyecto y en mi casa también tenemos un filtro de agua y ahí se purifica el agua.	No gasto el agua en cosas innecesarias, separo en un valde agua para lavar sin gastar de más.
	Conocimiento del ODS 6	9. ¿Sabes qué es el ODS 6 (agua limpia y saneamiento) y por qué es importante cuidar el agua en el planeta?	No	No	no	no	No
	Participación en propuestas de acción escolar	10. ¿Qué idea propondrías para que tus compañeros y la	Realizar charlas, actividades talleres y con esto puedan	Realizar una caminata por la quebrada para ver si esta sucia, las partículas que bajan y hacer uso de conciencia de que en el colegio tenemos que hacer algo para tener	se podría hacer actividades relacionadas con la contaminación del agua y el entorno	Hacer una mesa redonda donde se puedan expresar	Hacer campañas donde se reúnan los



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

		comunidad de tu colegio aprendan a cuidar mejor el agua?	tener un punto de partida para cuidar el agua.	agua potable para la salud de todos los participantes de la institución		los conocimientos que se tienen en el agua y que este un experto que nos pueda orientar.	jóvenes y hacerles ver la importancia del agua y toma de conciencia.
--	--	--	--	---	--	--	--

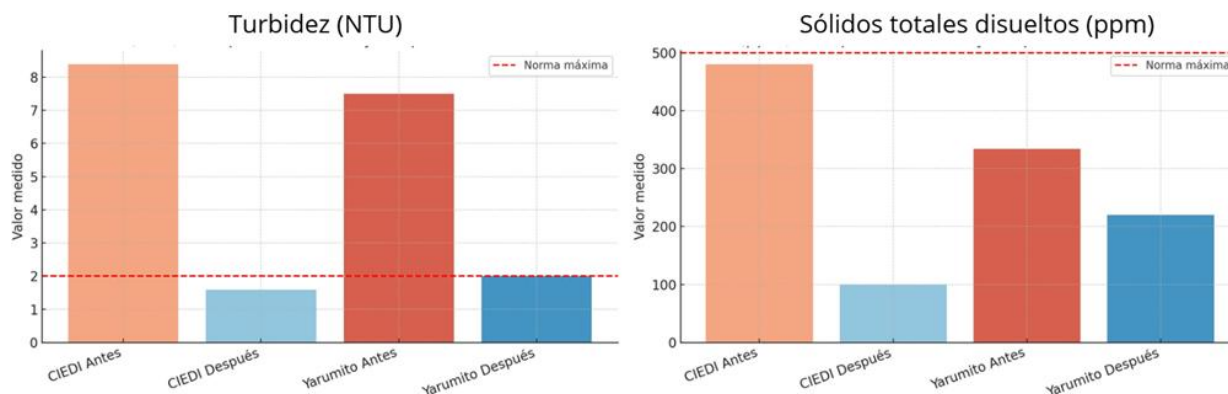
Anexo B. Análisis fisicoquímico del agua pre y post intervención

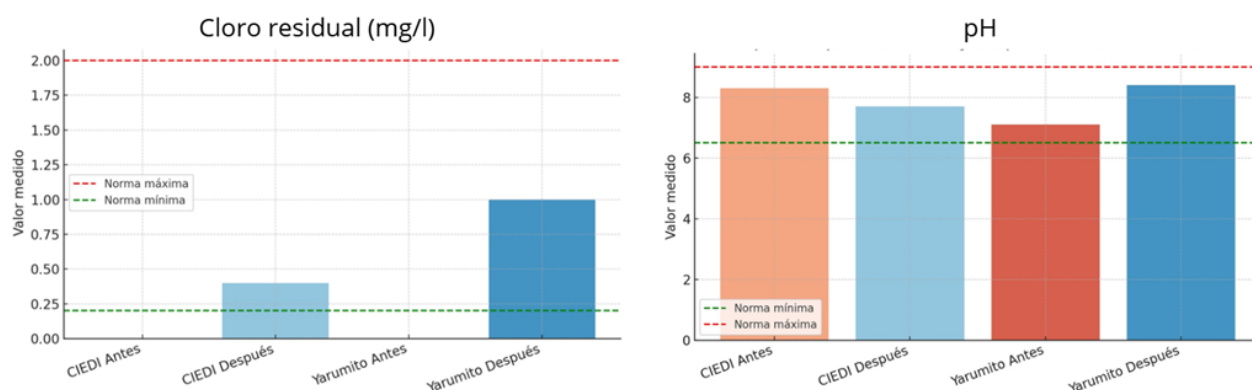
Análisis de los resultados de los parámetros fisicoquímicos

Los resultados de la investigación evidenciaron transformaciones significativas en los estudiantes y en las comunidades educativas de ambas instituciones. Uno de los hallazgos iniciales se relaciona con las percepciones: cerca del 70 % consideraba que el agua clara era potable. Esta idea, usada como punto de partida, mostró la necesidad de fortalecer la comprensión científica sobre la calidad del recurso. Al finalizar el proceso, más del 90 % reconocía que la apariencia no garantiza la inocuidad, lo que refleja un cambio conceptual relevante. Como señalan Ritchhart, Church y Morrison (2011), las rutinas de pensamiento hacen visible el cambio conceptual y favorecen la metacognición, lo cual se comprobó en este proceso.

Figura 1

Parámetros fisicoquímicos del agua (turbidez, sólidos disueltos, cloro residual y pH) en CIEDI y Yarumito antes y después del filtrado frente a la norma





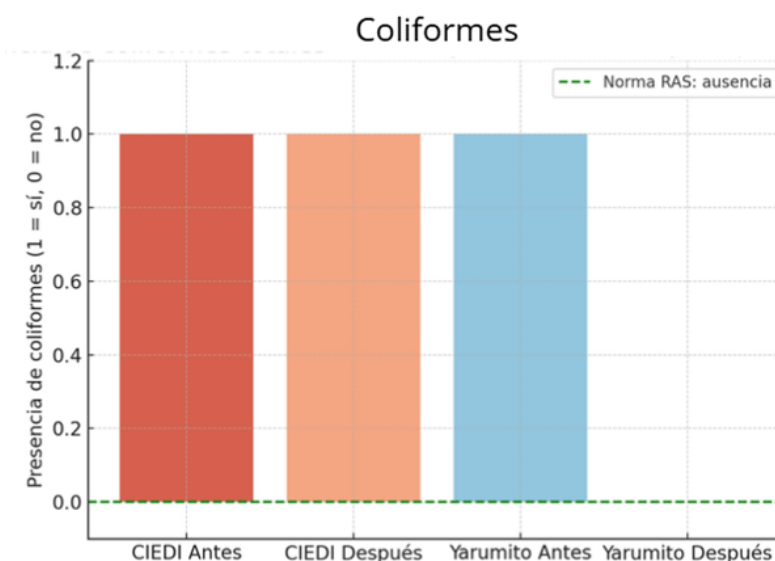
Nota. Elaboración propia (2025). Los valores de referencia corresponden a la Resolución 2115 de 2007 (RAS), que establece un máximo de 2 NTU para turbidez, 500 ppm para sólidos disueltos totales, entre 0.2–2.0 mg/L para cloro residual libre y un rango de 6.5–9.0 para pH.

En los parámetros fisicoquímicos se observaron mejoras notorias. Como se aprecia en la Figura 1, en el CIEDI la turbidez se redujo en un 81 % (de 8.39 a 1.59 NTU), cumpliendo la norma RAS (≤ 2 NTU). Los sólidos disueltos totales bajaron un 79 % (de 480 a 99.6 ppm) y se registró cloro residual de 0.37 mg/L, dentro del rango permitido (0.2–2.0 mg/L). En Yarumito, aunque las reducciones fueron menores, los valores finales también fueron aceptables: turbidez de 2 NTU, TDS de 220 ppm y cloro residual de 1.0 mg/L. El pH se mantuvo dentro de lo normado (6.5–9.0), con variaciones que no implican riesgo: de 8.3 a 7.7 en CIEDI y de 7.1 a 8.4 en Yarumito.

Estos resultados coinciden con investigaciones previas que destacan la importancia de la filtración en la reducción de turbidez y contaminantes visibles, pero advierten que no garantiza por sí sola la potabilidad del agua (World Health Organization [WHO], 2017).

Figura 2

Presencia de coliformes totales en CIEDI y Yarumito antes y después del filtrado



Nota. La presencia de coliformes se expresó de manera cualitativa (1 = presencia, 0 = ausencia). La Resolución 2115 de 2007 (RAS) establece la ausencia total de coliformes en 100 mL de muestra como requisito para agua de consumo humano.

La presencia de coliformes fue un hallazgo decisivo. Como se observa en la Figura 2, en el CIEDI el reactivo resultó positivo tanto antes como después del filtrado, aunque con menor intensidad, por lo cual el agua aún no es apta para consumo humano. En Yarumito, la prueba pasó de positiva intensa a negativa, lo que significa ausencia de coliformes y cumplimiento normativo (Resolución 2115 de 2007).

Estos resultados permitieron a los estudiantes comprender que, aunque los filtros mejoran parámetros visibles y medibles, la verdadera potabilidad depende de factores microbiológicos invisibles, hallazgo que coincide con lo planteado por Jiménez y Pérez-Foguet (2011), quienes señalan que la inocuidad microbiológica es el criterio más crítico en la calidad del agua.



Planilla resultados parámetros fisicoquímicos del agua en la I. E Yarumito

Parámetro	Significado / Indicador	Valor de referencia (RAS / Decreto 1575)	Instrumento sugerido	Resultado agua del grifo	Resultado agua filtrada
pH	Nivel de acidez o alcalinidad	6.5 – 9.0	Kit escolar / Medidor digital	7,1	8,4
Cloro libre residual	Eficiencia de desinfección	0.2 – 2.0 mg/L	Kit escolar	0	1
Turbidez	Claridad del agua	≤ 2 UNT	Método casero	visualmente se muestra oscura el agua.	visualmente se observa transparente
Nitratos (NO ₃ ⁻)	Contaminación por fertilizantes	≤ 10 mg/L	Kit escolar	0	0
Nitritos (NO ₂ ⁻)	Contaminación por materia orgánica	≤ 1 mg/L	Kit escolar	0	0
Fluoruros	Aditivo dental / contaminante	≤ 1.5 mg/L	Kit escolar	0	4
Hierro	Presencia de metales	≤ 0.3 mg/L	Kit escolar	0	0
Cobre	Presencia de metales	≤ 1.3 mg/L	Kit escolar	0,2	0
TDS (sólidos disueltos)	Cantidad de sales disueltas	≤ 500 mg/L	Medidor digital TDS	334 ppm	500 ppm
Coliformes totales / E. coli	Contaminación fecal	0 UFC / 100 mL	Kit WaterSafe	Positivo con partículas flotantes color verde	Sin trazas de coliformes



Resultados CIEDI

La fase de implementación en el CIEDI estuvo centrada en la experimentación escolar, con la finalidad de validar el desempeño del filtro diseñado por el grupo STEM, denominado **Bivalvito**, y de fortalecer las competencias científicas de los estudiantes bajo el enfoque del ciclo del diseño del IB.

Dadas las condiciones institucionales y la disponibilidad limitada de recursos, se priorizó el uso de metodologías seguras y accesibles que permitieran obtener **datos significativos** a nivel escolar, sin comprometer la rigurosidad pedagógica. La toma de muestras se realizó en distintos puntos de consumo del colegio, recolectando fracciones en frascos desinfectados para conformar muestras compuestas y asegurar mayor representatividad. El procedimiento incluyó el registro estandarizado de hora, lugar, responsables y observaciones ambientales, lo cual garantizó la trazabilidad del proceso.

En el análisis experimental, los estudiantes compararon parámetros de calidad del agua

antes y después del paso por el filtro Bivalvito. Para ello se utilizaron:

Medidor digital:

Tirillas multiparámetro, que permitieron registrar pH, cloro residual y sólidos disueltos totales (TDS).

Medidor digital portátil de TDS, empleado como instrumento complementario para obtener lecturas más precisas.

Pruebas visuales de turbidez y medidor digital, realizadas mediante frasco puesto en la máquina que mide el nivel.

Pruebas digitales de hierro

Pruebas digitales de cloro



Kits comerciales de presencia/ausencia para coliformes, que ofrecieron una alternativa segura para identificar la posible contaminación bacteriana, evitando los riesgos asociados al cultivo en laboratorio del colegio.

Con el fin de complementar la información y confirmar la potabilidad, se gestionó el envío de un número reducido de muestras representativas a un laboratorio universitario aliado, lo que permitió obtener un análisis microbiológico cuantitativo confiable.

El trabajo experimental se desarrolló de manera colaborativa: los estudiantes se organizaron en equipos responsables de la toma de muestras, el registro de datos, el manejo de reactivos y la interpretación de resultados, fomentando la **rotación de roles** para garantizar la participación equitativa y la comprensión integral del proceso. Este ejercicio fortaleció competencias como la **observación rigurosa, el trabajo en equipo, la comunicación científica y la argumentación basada en evidencias**.

Los resultados mostraron una mejora significativa en la turbidez, una reducción en los TDS y una lectura más estable de cloro residual después del paso por el filtro Vivalvito, lo que evidenció su potencial como alternativa de purificación escolar. Sin embargo, la prueba de coliformes señaló que todavía hay presencia bacteriana en la muestra, confirmando la necesidad de continuar con ajustes en el diseño del prototipo y reforzar la importancia de combinar la filtración con procesos complementarios de desinfección.

La implementación de esta fase en el CIEDI permitió a los estudiantes vivir un proceso de indagación científica auténtica, plenamente articulado al ODS 6: Agua limpia y saneamiento. El trabajo con el filtro *Bivalvito* evidenció que la ciencia escolar, cuando se integra con el enfoque STEM y el ciclo de diseño del IB, trasciende la teoría para convertirse en un espacio de aprendizaje riguroso, creativo y con impacto real en la comunidad educativa.



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Comparación de parámetros de calidad del agua antes y después del filtro Bivalvito (CIEDI)

Parámetro	Norma de referencia (RAS 2000 / OMS)	Agua sin filtrar (muestra compuesta)	Agua filtrada con Bivalvito	Interpretación técnica	Observaciones pedagógicas (Equipo STEM – CIEDI)
Color	Agua incolora	Ligero tono amarillento	Transparente	El filtro eliminó compuestos orgánicos y minerales responsables del color.	“Aprendimos que el color no siempre indica si el agua es potable, pero sí refleja la presencia de impurezas.”
Turbidez (NTU)	≤ 5 NTU	8.39 NTU (moderada, fuera de norma)	1.59 NTU (baja, dentro de norma)	Reducción del 81 %, garantizando agua clara y segura visualmente.	“Fue sorprendente ver cómo el agua se volvió clara; esto nos mostró la eficacia del diseño.”
pH	6.5 – 8.5	8.29 (ligeramente básico)	7.72 (cercano a neutro)	El filtro estabilizó el pH hacia condiciones óptimas de consumo.	“Comprobamos que el pH es importante porque afecta el sabor y la seguridad del agua.”
Cloro residual (mg/L)	0.2 – 2.0 mg/L	0.00 mg/L (inexistente)	0.37 mg/L (adecuado)	Se incorporó una barrera de desinfección dentro de los rangos de seguridad escolar.	“Entendimos que el cloro es necesario, pero debe estar en cantidades controladas para no ser dañino.”
TDS (ppm)	≤ 500 ppm	480 ppm (alto, límite superior)	99.6 ppm (muy bajo)	Reducción del 79 % en sales disueltas, mejorando sabor y aceptabilidad	“Nos dimos cuenta de que demasiadas sales cambian el sabor; con el filtro, el agua sabía más fresca.”
Coliformes (E. coli)	0 UFC / 100 mL	Presencia alta (reactivo positivo intenso)	Presencia baja (reactivo positivo tenue)	Reducción significativa de bacterias, pero el agua sigue sin ser potable.	“Aprendimos que, aunque el agua se ve clara, puede seguir teniendo bacterias invisibles.”
Temperatura (°C)	≤ 25 °C	17.9 °C	17.5 °C	Dentro del rango normativo, sin cambios significativos.	“Notamos que la temperatura no cambió mucho, lo que significa que el filtro no la afecta.”



Hierro (mg/L)	≤ 0.3 mg/L	1.29 mg/L (alto, fuera de norma)	0.05 mg/L (muy bajo, dentro de norma)	Remoción del 96 %, evidenciando alta eficacia del filtro en metales.	“Fue impactante ver cómo el filtro eliminó casi todo el hierro; eso nos motivó a mejorar el diseño.”
---------------	-----------------	----------------------------------	---------------------------------------	--	--

Resultados de la prueba con el filtro Bivalvito (CIEDI)

El análisis comparativo de las muestras de agua antes y después de la filtración con el prototipo escolar Bivalvito, diseñado por el equipo STEM del CIEDI bajo el ciclo del diseño IB, evidencia mejoras significativas en la calidad del recurso hídrico. La reducción de la turbidez en más del 80 %, la disminución de sólidos disueltos totales en un 79 % y la eliminación del 96 % del hierro confirman la eficacia del filtro en la remoción de partículas, sales y metales. Asimismo, la incorporación de cloro residual dentro de rangos normativos fortalece la acción desinfectante, logrando disminuir de forma considerable la presencia de coliformes.

No obstante, aunque el agua presenta parámetros fisicoquímicos acordes con la norma RAS 2000 y las recomendaciones de la OMS, la persistencia de trazas bacteriológicas impide catalogarla como completamente potable. Esto resalta tanto los avances alcanzados por los estudiantes en innovación escolar como la necesidad de continuar perfeccionando el prototipo para alcanzar estándares de potabilidad total.

En síntesis, el filtro Bivalvito representa un avance pedagógico y técnico que vincula la ciencia escolar con los desafíos reales del ODS 6, consolidando el liderazgo del grupo STEM del CIEDI en la construcción de soluciones sostenibles e innovadoras para el manejo responsable del agua.



Anexo C. Validación de instrumentos.

Formato de Validación

Universidad Santo Tomas

Respetado doctor(a);

Teniendo en cuenta su experticia investigativa en educación, se le solicita su colaboración en la revisión del presente instrumento relacionado con la investigación: **ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS STEM Y ABP: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN EN DOS INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES DE COLOMBIA PARA EL ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DEL AGUA.**

Para tal fin, por favor revisar las partes relacionadas con instrumentos dirigidos a docentes, directivos docentes, estudiantes y comunidad educativa. Todas ellas incluyen un encabezado general e igual y varían en la formulación de preguntas.

Nombre completo Yulieth Nayive Romero Rincón	Formación académica Doctora en Educación
Entidad de vinculación Secretaria de Educación Bogotá	Temas de investigación que lidera Habilidades científicas Educación con enfoque STEM Dimensión afectiva en la enseñanza de las ciencias Desarrollo profesional docente Educación Ambiental
Nombre completo Andrés Julián Carreño Díaz	Formación académica Doctor en Educación
Entidad de vinculación Red de Docentes Investigadores	Temas de investigación que lidera Educación en ciencias
Nombre completo Diana Carolina Acero Rodríguez	Formación académica Doctora en Educación. Universidad de La Salle
Entidad de vinculación SED Bogotá – Universidad de La Sabana	Temas de investigación que lidera Políticas públicas, mediación escolar, <i>Estrategias Lesson Studies.</i>

Datos de la investigación



Objetivo General

Diseñar estrategias pedagógicas basadas en el enfoque STEM y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), que permita a los estudiantes de ciclo cuatro del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas, ambientales y ciudadanas, a través de la comprensión crítica del acceso limitado al agua potable y el ODS 6 en contextos rurales y la formulación de soluciones sostenibles desde el entorno escolar.

Objetivos Específicos.

- Diseñar e Implementar estrategias pedagógicas para caracterizar las condiciones del recurso hídrico en las instalaciones del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y la identificación de riesgos sanitarios, ambientales y educativos asociados al uso de agua no potable en el contexto escolar.
- Diseñar prototipos escolares de filtros de purificación de agua, utilizando herramientas de manufactura aditiva e impresión 3D o medios alternativos accesibles, adaptados a las condiciones pedagógicas y técnicas del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito.
- Sensibilizar a las comunidades educativas del CIEDI y El Yarumito a través de talleres y actividades pedagógicas que promuevan el uso responsable del agua y el cumplimiento del ODS 6.

1. Instrumento a validar: Cuestionario de Entrevista dirigida a Directivos Docentes

Objetivo que desarrolla	Subcategoría que espera evaluar	Pregunta
Diseñar e implementar estrategias pedagógicas para caracterizar las condiciones del recurso hídrico en las instalaciones del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito.	Estado del recurso hídrico y riesgos escolares asociados.	¿Cómo describiría la calidad del agua en la institución? (fuente, tratamiento, color/olor/sabor, resultados o reportes conocidos). ¿Cuál es el nivel de disponibilidad del agua para las actividades escolares (continuidad, cortes, suficiencia)? ¿En qué usos se emplea actualmente el agua en la jornada escolar (consumo,



		alimentación, aseo, laboratorios, riego, otros)?
	Percepción institucional del riesgo.	¿Qué riesgos sanitarios, ambientales o educativos se han identificado por uso de agua no potable? ¿Qué protocolos y acciones se han implementado (p. ej., potabilización, protocolos de consumo, contingencias, comunicación)? ¿Qué impactos observados existen (asistencia, salud, actividades suspendidas, quejas, etc.)?
Diseñar prototipos escolares de filtros de purificación de agua, utilizando herramientas de manufactura aditiva e impresión 3D o medios alternativos accesibles.	Innovación técnica y pedagógica.	Considerando aspectos como infraestructura disponible, costos, seguridad, pertinencia pedagógica, tiempo docente y materiales accesibles, ¿qué tan viable considera la implementación de prototipos escolares artesanales o con recursos locales para el tratamiento del agua dentro de los procesos pedagógicos de la institución?
	Recursos y condiciones institucionales.	¿Con qué recursos o apoyos cuenta actualmente la institución para implementar proyectos de tratamiento del agua?
Sensibilizar a las comunidades educativas a través de actividades pedagógicas que promuevan el uso responsable del agua y el cumplimiento del ODS 6.	Cultura institucional y formación en sostenibilidad.	¿Qué acciones/actividades desarrolla hoy la institución para promover el cuidado del agua y el ODS 6? Indique frecuencia, cobertura, responsables y cómo se evalúa su impacto (evidencias).
	Compromiso de la comunidad educativa.	Indique experiencias previas (docentes/estudiantes/familias) en proyectos ambientales o de agua (qué funcionó, qué no). Con base en ello, ¿qué nivel de participación estima para una estrategia sobre uso responsable del agua y por qué?

2. Instrumento a validar: Cuestionario de Entrevista dirigida a docentes

Objetivo que desarrolla	Subcategoría que espera evaluar	Pregunta
Diseñar e implementar estrategias pedagógicas para caracterizar las condiciones del recurso hídrico en las instalaciones del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito.	Percepción docente sobre el acceso y calidad del agua.	Desde su experiencia en la institución, ¿cómo describiría las condiciones del agua que se utiliza en las actividades escolares (consumo, aseo, preparación de alimentos, laboratorios)? ¿Qué efectos ha tenido esta situación en las rutinas escolares (clases, deportes, higiene)?



	Aplicación pedagógica de temas ambientales.	¿Ha abordado en clase temas relacionados con la calidad del agua o los riesgos de su consumo? ¿Cómo lo ha hecho? Si no lo ha hecho, ¿qué obstáculos identifica para trabajar este tema (falta de tiempo, materiales, formación, apoyo institucional)?
	Identificación de puntos críticos en el acceso y uso del agua en la institución.	Desde su experiencia, ¿cuáles considera que son los puntos más críticos en el acceso, calidad o uso del agua dentro de la institución? ¿Qué estrategias pedagógicas cree que podrían servir para visibilizar y trabajar esos problemas con los estudiantes?
Diseñar prototipos escolares de filtros de purificación de agua, utilizando herramientas de manufactura aditiva e impresión 3D o medios alternativos accesibles.	Disposición e innovación en el aula.	¿Qué disposición tiene para participar en el diseño e implementación de prototipos escolares de tratamiento de agua como estrategia didáctica? Considere factores como carga laboral, tiempo disponible, formación técnica, recursos institucionales y pertinencia pedagógica.
	Conocimiento y uso de herramientas tecnológicas.	¿Ha tenido experiencias previas con herramientas tecnológicas o materiales alternativos (kits escolares, sensores, recursos locales, TIC)? ¿Cómo cree que podrían integrarse en su práctica pedagógica?
Sensibilizar a las comunidades educativas a través de actividades pedagógicas que promuevan el uso responsable del agua y el cumplimiento del ODS 6.	Prácticas de aula y conciencia ambiental.	¿Qué actividades ha implementado o considera pertinentes para fomentar el uso responsable del agua entre los estudiantes? ¿Qué impacto cree que han tenido estas actividades en el aprendizaje o en la conciencia ambiental de los estudiantes?
	Conocimiento y apropiación de los ODS.	¿Qué tanto conoce sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento)? ¿Cómo cree que podría integrarse este objetivo en su área de enseñanza?

3. Instrumento a validar: Cuestionario de Entrevista dirigida a Estudiantes

Objetivo que desarrolla	Subcategoría que espera evaluar	Pregunta
Diseñar e implementar estrategias pedagógicas para caracterizar las condiciones del recurso hídrico en las instalaciones del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito.	Percepción estudiantil sobre el agua en su colegio	¿Qué sabes sobre el agua que usan en tu colegio (origen, cómo llega, si se trata o no)? ¿La consideras limpia y segura para usarla? ¿Por qué?
	Identificación de problemas asociados al agua	¿Has notado problemas con el agua en tu colegio (olor, color, cortes, suciedad, escasez)? ¿Qué consecuencias has visto en clases, deportes o actividades diarias?



	Propuesta de mejora desde la experiencia estudiantil	Si pudieras cambiar algo relacionado con el agua en tu colegio (calidad, acceso, uso), ¿qué cambiarías y por qué?
Diseñar prototipos escolares de filtros de purificación de agua, utilizando herramientas de manufactura aditiva e impresión 3D o medios alternativos accesibles.	Participación en actividades prácticas o experimentales	¿Te gustaría participar en la creación de un filtro con materiales locales para mejorar la calidad del agua? ¿De qué manera te gustaría hacerlo (construcción, pruebas, ideas, apoyo en clase)?
	Uso de tecnologías en clase	¿Has trabajado con impresoras 3D, kits escolares, materiales reciclables u otras herramientas tecnológicas en tus clases? ¿Cómo fue esa experiencia?
	Reconocimiento de materiales y recursos accesibles	¿Qué materiales o herramientas conoces que podrían usarse en tu colegio para ayudar a limpiar o cuidar el agua? ¿Crees que es posible utilizarlos aquí?
Sensibilizar a las comunidades educativas a través de actividades pedagógicas que promuevan el uso responsable del agua y el cumplimiento del ODS 6.	Hábitos de cuidado del agua	¿Qué haces tú en el colegio o en tu casa para cuidar el agua?
	Conocimiento del ODS 6	¿Sabes qué es el ODS 6 (agua limpia y saneamiento) y por qué es importante cuidar el agua en el planeta?
	Participación en propuestas de acción escolar	¿Qué idea propondrías para que tus compañeros y la comunidad de tu colegio aprendan a cuidar mejor el agua?

4. Instrumento a validar: Cuestionario de Entrevista dirigida a Integrantes de la comunidad educativa

Objetivo que desarrolla	Subcategoría que espera evaluar	Pregunta
Diseñar e implementar estrategias pedagógicas para caracterizar las condiciones del recurso hídrico en las instalaciones del CIEDI y de la I.E.R. El Yarumito.	Percepción comunitaria sobre el acceso y calidad del agua	¿Cómo percibe usted la calidad del agua que consumen o usan sus hijos en la institución educativa (olor, color, sabor, continuidad del servicio)?
	Identificación de riesgos en el entorno escolar	¿Qué riesgos para la salud, el aprendizaje o el ambiente cree usted que genera el uso de agua no potable en la institución? ¿Ha visto casos o situaciones que lo evidencien?
Diseñar prototipos escolares de filtros de purificación de agua, utilizando herramientas de manufactura aditiva e impresión 3D o medios alternativos accesibles.	Conocimiento de alternativas comunitarias para el tratamiento del agua	¿Conoce usted formas caseras o comunitarias para purificar o filtrar el agua (ej. hervir, decantar, usar carbón, arena u otros materiales)? ¿Cómo se aplican en la comunidad?
	Apoyo a iniciativas escolares tecnológicas o ambientales	¿Estaría dispuesto(a) a apoyar o participar en proyectos escolares donde los estudiantes diseñen filtros de agua?



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

		¿De qué manera (aportando materiales, tiempo, conocimiento, acompañamiento)?
Sensibilizar a las comunidades educativas a través de actividades pedagógicas que promuevan el uso responsable del agua y el cumplimiento del ODS 6.	Hábitos familiares para el cuidado del agua	¿Qué acciones realiza usted y su familia en la casa o en la institución para ahorrar y cuidar el agua?
	Participación comunitaria en temas ambientales	¿Qué tipo de actividades comunitarias (talleres, campañas, jornadas ambientales) considera que podrían ayudar a que estudiantes y familias valoren más el agua y la cuiden mejor?

Anexo D. Diario de Campo

Diario de campo CIEDI

Fecha	Propósito de la jornada	Descripción de la actividad	Reflexión personal	Próximos pasos
20 de agosto de 2025	Identificar el problema y comprender la importancia de la potabilización del agua.	Los estudiantes analizaron la situación actual del CIEDI, donde el agua no es potable y se debe comprar semanalmente. Se debatieron causas y consecuencias, y se reflexionó sobre el impacto ambiental y económico.	Comprendí que este problema afecta directamente nuestra vida escolar y que podríamos crear una solución real.	Investigar métodos naturales y científicos de filtración de agua.
3 de septiembre de 2025	Investigar posibles soluciones y materiales para la filtración.	Se revisaron diferentes métodos de filtración (arena, carbón activado, grava, filtros naturales). Los equipos hicieron bocetos iniciales de posibles prototipos y discutieron sus ventajas.	Aprendí que hay muchas formas de filtrar agua y que combinar ciencia y diseño puede generar soluciones útiles.	Seleccionar los materiales más viables para construir un primer prototipo.
25 de septiembre de 2025	Construir el primer prototipo de filtro artesanal.	Cada grupo elaboró su propio diseño de filtro utilizando materiales reciclados. En esta etapa, uno de los grupos propuso la idea inspirada en los bivalvos, organismos que limpian el agua naturalmente.	Me pareció interesante cómo un elemento natural puede inspirar un diseño funcional.	Probar la eficiencia de los prototipos con muestras de agua.
10 de octubre de 2025	Realizar pruebas físicas y químicas del agua filtrada.	Se realizaron mediciones de pH, turbidez y color del agua antes y después de la filtración. Los resultados demostraron que el agua filtrada era más clara y presentaba mejores valores.	Fue satisfactorio comprobar que nuestro filtro realmente mejora la calidad del agua.	Registrar resultados, analizar errores y proponer mejoras.
30 de octubre de 2025	Comunicar los resultados y recibir retroalimentación.	Los grupos presentaron sus prototipos ante docentes y compañeros. Se destacó el modelo inspirado en los bivalvos, que mostró eficiencia y sostenibilidad. Se sugirieron ajustes estructurales y materiales más duraderos.	Me sentí orgulloso del trabajo en equipo y de cómo pasamos de una necesidad real a una propuesta innovadora.	Incorporar mejoras y documentar el proceso para la presentación final.

Diario de campo I. E. Yarumito

Fecha	Actividad realizada	Materiales utilizados	Resultados obtenidos	Dificultades encontradas	Acciones tomadas o propuestas
13 mayo 2025	Representación del proyecto Vídeo Rutina del pensamiento del pulpo	Cartelera Vídeo beam Recipientes con agua de la quebrada	Se conoció la problemática del agua Se generaron ideas	Desconocimiento de la problemática	Diseño e implementación de un prototipo de agua
15 mayo 2025	Asignación de roles: Ingeniero de diseño Ingeniero calculista		Sobre las causas consecuencias y soluciones asignación de roles	Funcionamiento de un filtro confusión frente a las funciones	Grupos de trabajo
15 de mayo	Documentador				
19 de mayo	Cada equipo se reunió e inició su investigación y documentación	Computador celulares internet	Propuesta del filtro datos del recipiente	Desconocimiento del tema problemáticas para aplicarlas	Se investigó a través de internet e ia para realizarlo
19 de mayo	Ingeniero de diseño - dibujo con propuesta de diseño		Fórmulas para los cálculos del filtro	Fórmulas matemáticas	Consultas y despegar dudas
20 de mayo	Ingeniero calculista medidas de filtro y cálculo matemático				
20 de mayo	Documentadores reflexión sobre la problemática del agua en yarumito				
26 de mayo	Hoy se aplicó la rutina de pensamiento: veo pienso y me pregunto	Celular Internet	Reflexión frente al cuidado y consumo del agua	Conflictos generar ideas	De manera individual cada estudiante aplicó la rutina analizando cada imagen



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

27 de mayo	Analizando las 3 imágenes dadas por la docente				
29 de mayo	Cada grupo presentó su exposición	Computador internet Diapositivas	Retroalimentación general del proyecto para todo el grupo	Solución de la evaluación	De manera individual cada estudiante respondió las preguntas planteadas por el docente
3 de junio	Exposición del grupo de documentadores	Cartelera fotos recipientes plásticos	Cartelera adelanto del sistema de filtración	Trabajo en equipo disposición organización	Hoy a través de los grupos se fueron desarrollando las actividades
5 de junio	Montaje de la cartelera y del filtro	Accesorios en pvc brocas tijeras etc	Se realizó la cartelera estructura del sistema de filtración	Falta de trabajo en equipo Falta de tiempo	Más compromiso Búsqueda de la broca adecuada de medición de los puntos
10 y 11 de junio	Recolección de medio filtrante	Piedras 3 mm cena fina arena gruesa anqueo	Montaje del filtro	Limpieza de los materiales	Lavado y secado de los insumos
17 y 18 de junio	Unión de tubería montaje del filtro decoración de las bases de madera	Pegan para PVC Accesorios PVC pintura y pinceles	Aclaración del arte en las bases estructura fija el sistema de fijación	Participación de los estudiantes hola medios exactos para piedra y recipientes	Organización por equipos toma de medidas con registro
24 julio	Grupos focales	Computador internet televisor cable HDMI	Los estudiantes de ciclo cuatro junto a los docentes de español, ciencias sociales y matemáticas estuvieron practicando con la ausente lizeth del CIEDI	Ella no nos escuchaba del todo bien timidez al participar	Conocer los estudiantes de otra institución
28 y 29 julio	Toma de muestras de agua	Agua trillas para medir los	Salió positivo para la bacteria e coli no hay presencia de cloro en el	Desorganización en el trabajo	Más compromisos grupos de trabajo más



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

		parámetros TDS reactivo para coliformes fetales	agua aparentemente el agua se veía limpia	desconocimiento en el manejo	pequeños y controles definidos
21 agosto	Prueba de funcionamiento del filtro	Agua valdes materiales de filtro pintura	El paso del agua es muy demorado la poca agua que salía se veía sucia	No se evidenciaba el agua por los pasos del filtro Nos anticipamos a pegar los tubos y dificultaba el movimiento de la estructura	Analizar mejor la estructura antes de pegar los tubos
1 septiembre	Ajuste del nivel de cloro	Agua Gotero Cloro Envases limpios	Se ajusta el nivel de cloro	Descubrimos que el agua no tiene presencia de cloro residual	Tener más conocimiento sobre porcentaje de cloro
2 y 4 de septiembre	Toma de muestras y mediciones de parámetros	Agua Parámetros Medidores	Se obtuvo los resultados del pH	Casi no tenemos conocimientos sobre los materiales del medidor	Visualizar mejor lo que nos proporcionan en loas tarros
29 de septiembre	Socialización con la comunidad educativa encuesta a los otros estudiantes	Computador Celular	Se obtuvo las opiniones de cada estudiante de su perspectiva del proyecto	Al momento de hacer la entrevista hubo mucho ruido externo	Mejorar el espacio y ruido externo
2 y 3 de octubre	Continuación sensibilización a la comunidad educativa frente al cuidado del agua	Computador Celular Disfraz	Que la comunidad se una al proyecto del agua Toma de conciencia de las personas	Dificultad de concentración de las personas Dificultad de reducción o comunicación	Datos curiosos Sabes qué Actuación de tomas Disposición

Anexo E. Desarrollo de los filtros

Proceso de desarrollo del Filtro artesanal- YARUMITO

Anexo	Contenido	Enlace
A	Entrevistas para docentes y estudiantes	<u>Anexo A. Entrevistas a docentes y estudiantes</u>
B		<u>Anexo B. Análisis fisicoquímicos pre y post intervención</u>
C	Validación de instrumentos	<u>Anexo C. Validación de instrumentos</u>
D	Diario de campo	<u>Anexo D. Diario de campo</u>
E	Desarrollo de los filtros	<u>Anexo E. Desarrollo de los filtros</u>
F	Rutinas de pensamiento	<u>Anexo F. Rutinas de pensamiento</u>
G	Roles STEM	<u>Anexo G. Roles STEM</u>
H	Cuestionarios pre y post intervención	<u>Anexo H. Cuestionarios pre y post intervención</u>
I	Estrategia pedagógica	<u>Anexo I. Estrategia pedagógica</u>