



AutoGrow como estrategia pedagógica ambiental mediante el uso de herramientas STEAM+ en contextos educativos

Rafael Enrique Ávila Rodríguez

Claudia Helena Arandia

Silvia Patricia Villegas Barreiro

Tesis de maestría presentada para optar al título de
Magíster en Educación y Transformación Digital

Asesor

Carlos Betancur Correa, Doctor (PhD) en Educación

Asesores de recursos académicos: Luz Andrea Sepúlveda Escobar (asesora bibliográfica),
Claudia Marcela Cerón Rubio (asesora del Centro de Escritura) y Elvia Lucía Sánchez García
(asesora de integridad académica)

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Maestría en Educación y Transformación Digital - Virtual

Manizales, Caldas, Colombia

2026

Citar/How to cite	(Ávila Rodríguez et al., 2022)
Referencia/Reference	Ávila Rodríguez, R. E., Arandia, C. H., & Villegas Barreiro, S. P. (2026). <i>AutoGrow como estrategia pedagógica ambiental mediante el uso de herramientas STEAM+ en contextos educativos</i> [Tesis de maestría]. Universidad de Manizales. RIDUM: Repositorio Institucional Universidad de Manizales.
Estilo/Style: APA 7ma ed. (2020)	



Maestría en Educación y Transformación Digital - Virtual, VII

Declaración de inteligencia artificial: el o los autores de este trabajo de grado declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), tales como [mencionar herramientas utilizadas, por ejemplo, ChatGPT, Grammarly, Turnitin, Copilot, Gemini, entre otras], de manera ética y responsable, tal como se establece en el Acuerdo UManizales 002 (julio 26 de 2023) sobre propiedad intelectual e IA. Estas herramientas son empleadas como apoyo en la redacción, revisión gramatical y generación de ideas, pero en ningún caso sustituyen el análisis crítico, la argumentación académica ni la originalidad del trabajo. Asimismo, cualquier contenido generado con asistencia de IA está citado y referenciado adecuadamente, garantizando la integridad académica y el cumplimiento de los principios éticos de la investigación.

Biblioteca y Centro de Recursos: biblioteca.umanizales.edu.co

Repositorio Institucional: ridum.umanizales.edu.co

Universidad de Manizales: umanizales.edu.co

Revistas: revistasum.umanizales.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Manizales ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un modelo pedagógico y didáctico basado en la programación física y en el uso de software educativo, que permita a los estudiantes aprender a partir de la experiencia directa, explorar su entorno, comprender las problemáticas ambientales de su contexto y fortalecer la educación ambiental y el pensamiento crítico. La metodología implementada se basó en un enfoque cualitativo, enmarcado en un paradigma sociocrítico de carácter integral e interpretativo, desde la perspectiva de la Investigación-Acción pedagógica. Se trabajó con estudiantes de grado tercero de primaria de la Institución Educativa Marco Fidel Suárez (Riosucio, Caldas) y de grado décimo de la Institución Educativa Juan XXIII (Yumbo, Valle del Cauca). Los resultados permitieron reconocer que la implementación de estrategias como AutoGrow posibilita el desarrollo de competencias digitales, el trabajo colaborativo y el reconocimiento del contexto como parte del ejercicio de la formación integral. Además, promovió la articulación entre los procesos de enseñanza y aprendizaje, el contexto educativo y la realidad del estudiante, demostrando que es posible potenciar estrategias que favorezcan la participación de la comunidad educativa en pro de una formación integral y pertinente. Se concluye entonces que, el desarrollo e implementación de estrategias STEAM+ son una alternativa viable para promover el cuidado del ambiente y el desarrollo de habilidades para la vida; no obstante, se requiere de cualificación docente constante y del acceso a recursos para que la estrategia sea duradera y sostenible en el tiempo.

Palabras clave: cuidado ambiental, educación propia, STEAM+, AutoGrow, innovación educativa.

Abstract

In this context, the present research aimed to design and implement a pedagogical and didactic model based on physical programming and educational software that allows students to learn through direct experience, explore their environment, understand local environmental issues, and enhance environmental education and critical thinking. The methodology used was a qualitative approach within a comprehensive and interpretive sociocritical paradigm, from the perspective of Pedagogical Research-Action. We worked with third-grade students at the Marco Fidel Suárez Educational Institution (Ríosucio, Caldas) and tenth-grade students at the Juan XXIII Educational Institution (Yumbo, Valle del Cauca). The results indicated that implementing

strategies like AutoGrow supports the development of digital skills, collaborative work, and an understanding of the context as part of comprehensive training. Additionally, it facilitated connections among teaching and learning processes, the educational environment, and students' realities, showing that strategies can be improved to enable active participation by the educational community in meaningful training. Therefore, it can be concluded that developing and implementing STEAM+ strategies are effective ways to promote environmental awareness and life skills. However, ongoing teacher training and access to resources are necessary to ensure the long-term sustainability of these strategies.

Keywords: environmental care, self-education, STEAM+, AutoGrow, educational innovation.

1. Introducción

En muchos contextos escolares, la educación ambiental también se enfrenta al desafío de limitarse con frecuencia a experiencias informativas y de acción, sin alcanzar una comprensión integral de las interrelaciones entre el medio ambiente, la sociedad, la cultura y la tecnología. Además, la integración de recursos digitales en el aula no promueve una verdadera innovación pedagógica, sino que se limita a una serie de experiencias de uso instrumental de las tecnologías, sin consolidar procesos de indagación, diseño, reflexión crítica y apropiación contextual del conocimiento (Largo-Taborda et al. 2025).

Desde esta perspectiva, el problema no radica únicamente en la existencia de problemas ambientales en el entorno escolar, sino también en la falta de modelos pedagógicos y didácticos que faciliten la integración efectiva de la programación física, el software educativo y STEAM+ para promover el aprendizaje situado sobre el medio ambiente y el reconocimiento de las capacidades críticas del alumnado. Esta brecha es crucial, dado que la literatura reciente respalda el potencial de las tecnologías digitales para mejorar la educación ambiental, siempre que ofrezcan un diseño pedagógico de calidad, formación docente, un vínculo con un problema real del contexto y oportunidades para que el alumnado participe en experiencias activas e interdisciplinarias (Largo-Taborda y Hurtado-Vinasco, 2024; Gutiérrez-Giraldo y Largo-Taborda, 2024).

Con base en lo anterior, se establece como pregunta de investigación: ¿Cómo promueve AutoGrow, como estrategia pedagógica ambiental mediada por herramientas STEAM+, la educación ambiental y el fortalecimiento del pensamiento crítico en dos poblaciones estudiantiles

mediante un modelo pedagógico-didáctico basado en la programación física y en software educativo? En consecuencia, el problema científico señala una brecha entre el potencial formativo de la programación física y los recursos digitales para la educación ambiental, así como la ausencia de un modelo pedagógico-didáctico contextualizado que permita integrar estas mediaciones tecnológicas con experiencias de aprendizaje activo, la apropiación de problemas locales y el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes. Por esta razón, el estudio no solo busca describir una experiencia, sino también diseñar, implementar y analizar una propuesta de capacitación comprensible, mejorable y transferible a contextos similares.

Ahora bien, el estudio se sitúa en un paradigma sociocrítico de carácter integral e interpretativo, puesto que busca analizar una práctica pedagógica concreta, comprender el significado que los participantes le atribuyen y, al mismo tiempo, transformar la experiencia educativa mediante el diseño e implementación de una propuesta didáctica. Lo hacemos de manera similar a como se hace en trabajos en los que se entiende la práctica pedagógica como un espacio de innovación y reflexión, en el que se adopta una perspectiva de la educación ambiental que trasciende una visión reduccionista y limitada del entorno, y en el que se presentan diseños contemporáneos que articulan la intervención pedagógica, el análisis del proceso y la mejora progresiva de la experiencia (Velásquez-De Los Ríos y Parra-Bernal, 2025).

Yumbo es reconocido como uno de los principales centros industriales del país; convive diariamente con una serie de problemas ambientales que afectan directamente la calidad del aire y las condiciones de vida de sus habitantes (Alfonso, 2018). Las emisiones de gases, la presión industrial y la transformación del entorno natural no solo impactan en los ecosistemas, sino que también configuran la manera en que las comunidades se relacionan con su territorio y con el ambiente que las rodea. En este contexto, la escuela no puede permanecer al margen de esta realidad.

La propuesta AutoGrow surge como una respuesta pedagógica que busca convertir esta problemática en una oportunidad de aprendizaje significativo. Para ello, se plantea la creación de un modelo didáctico móvil basado en un prototipo de madera reciclada, que integra programación física, sensores ambientales, energías limpias y recursos computacionales interactivos. Este modelo está pensado para fortalecer competencias STEAM+ y promover el pensamiento crítico desde una mirada tecnológica y ambiental (Castro, 2022) en estudiantes de grado tercero de primaria de la

Institución Educativa Marco Fidel Suárez (Riosucio, Caldas) y de grado décimo de la Institución Educativa Juan XXIII (Yumbo, Valle del Cauca).

El objetivo general de este estudio es diseñar e implementar un modelo pedagógico y didáctico basado en la programación física y en el uso de software educativo, que permita a los estudiantes aprender a partir de la experiencia directa, explorar su entorno y comprender las problemáticas ambientales de su contexto, y fortalecer la educación ambiental y el pensamiento crítico en ambas poblaciones estudiantiles. Esta visión se alinea con investigaciones contemporáneas, como las de Largo-Taborda et al. (2022a), quienes sostienen que los proyectos tecnológicos aplicados al cuidado del medio ambiente constituyen un eje fundamental para la proyección social y la transformación comunitaria desde la escuela.

Para alcanzar dicha propuesta, se establecen los siguientes objetivos específicos. En primera instancia, se caracterizaron las concepciones iniciales de los estudiantes sobre el medio ambiente, los problemas ambientales en su contexto y el uso de herramientas digitales, así como su experiencia previa con la programación física (lo cual sentó las bases para comprender los puntos de partida de ambos grupos). El segundo objetivo fue diseñar un modelo pedagógico y didáctico, basado en STEAM+, en programación física y en software educativo, adaptado a las particularidades del contexto y a los resultados de la evaluación inicial. El tercero consistió en implementar este modelo mediante secuencias didácticas de experiencia directa, en las que se exploró el medio ambiente y se resolvieron problemas ambientales.

En la cuarta etapa, se intentó describir cómo las tecnologías modificaron progresivamente nuestro conocimiento sobre ellas o nuestra comprensión del problema ambiental que dichas tecnologías buscaban evitar, y cómo se manifestó el pensamiento crítico, permeado por la tecnología. Finalmente, se llevó a cabo una quinta etapa en la que se evaluó el carácter pedagógico de AutoGrow, integrando todos los resultados mediante la triangulación de datos empíricos, referencias teóricas y la experiencia de los docentes investigadores, para establecer las contribuciones, limitaciones y posibilidades de proyectar la estrategia en entornos similares.

2. Desarrollo conceptual

2.1 Educación ambiental contextualizada y el enfoque STEAM+

La educación ambiental cobra verdadero sentido cuando se conecta con la realidad que viven los estudiantes. Autores como Brailovsky (2023); Reyes (2010) y Simões et al. (2019),

señalan que no se trata solo de aprender conceptos, sino de comprender lo que ocurre en el propio entorno. En un municipio como Yumbo, donde la industria incide directamente en la calidad del aire y de los ecosistemas, la escuela tiene el reto de ayudar a leer esa realidad con una mirada crítica y propositiva.

El enfoque STEAM+ propone aprender integrando ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas para resolver problemas reales (Hernández y Rengifo, 2025). Esta integración favorece el trabajo colaborativo, la creatividad y el pensamiento crítico y convierte al estudiante en protagonista de su propio aprendizaje. En AutoGrow, este enfoque se vive a través de la construcción de la huerta móvil, el uso de sensores y paneles solares, la programación y el diseño de aplicaciones interactivas.

Competencias tecnológicas, recursos digitales y pensamiento computacional

La propuesta se concreta en una huerta ancestral móvil equipada con sensores de temperatura, humedad del suelo, luminosidad y calidad del aire, además de paneles solares conectados a tarjetas programables como Arduino y Micro:bit. Para Caballero (2018) y Muñoz et al. (2023), la computación física permite que los estudiantes se acerquen a la programación desde lo tangible. Los sensores y dispositivos convierten variables del entorno en datos reales que pueden ser observados, interpretados y analizados. Este proceso fortalece el pensamiento computacional, ya que los estudiantes aprenden a organizar información, diseñar algoritmos, analizar resultados y tomar decisiones.

Como parte del componente educativo y divulgativo, se desarrollan aplicaciones didácticas en Scratch y/o MBlock que integran juegos, cuentos animados, simuladores y actividades interactivas (Espino y González, 2016; Puraivan et al. 2021). Estas herramientas permiten que los estudiantes de primaria se acerquen al cuidado del ambiente mediante una experiencia lúdica, mientras construyen una relación temprana con la tecnología y la sostenibilidad. La integración de estas herramientas digitales genera un cambio de paradigma en la enseñanza de las ciencias, promoviendo entornos interactivos que facilitan la comprensión de fenómenos complejos en contextos reales (Largo-Taborda et al., 2022b).

Diálogo con los saberes ancestrales

Los saberes ancestrales ligados a la agricultura y al cuidado de la tierra son una fuente profunda de aprendizaje. La huerta escolar se convierte en un espacio donde estos conocimientos dialogan con la tecnología, permitiendo que los estudiantes reconozcan la sabiduría de sus comunidades. Este puente entre tradición e innovación científica cobra aún más relevancia al entender que los saberes indígenas y comunitarios fungen como un vínculo fundamental para el desarrollo de la argumentación y la gestión de las emociones en los procesos educativos en ciencias (Largo Taborda & Ruiz-Ortega, 2025).

3. Metodología

Enfoque y tipo de metodología

AutoGrow se desarrolla a partir de una lógica de comprensión de la experiencia vivida. El proyecto se apoya en la sistematización de experiencias y en la investigación-acción pedagógica, enfoques que permiten reflexionar sobre la práctica mientras se desarrolla, ajustarla de manera continua y aprender del proceso, no solo de los resultados finales. Metodológicamente, se asume un enfoque tecno-pedagógico en el que la tecnología no es un fin, sino un medio. Los sensores, las tarjetas programables, los paneles solares y el software educativo funcionan como herramientas para interpretar la realidad.

El trabajo desarrollado parte de un enfoque cualitativo, enmarcado en un paradigma sociocrítico de carácter integral e interpretativo, y opta por un diseño metodológico que consiste en sistematizar experiencias mediante elementos de investigación basados en el diseño. Se eligió esta opción porque el objetivo del trabajo no era solo describir una intervención, sino también diseñar una propuesta pedagógica, implementarla en un contexto real, documentar su desarrollo, prestar atención a los significados que surgen en la práctica y establecer pautas para su mejora. La combinación de la sistematización con la investigación basada en el diseño resulta relevante cuando el propósito es intervenir, aprender del proceso y generar conocimiento pedagógico útil a partir de una experiencia situada.

Desde el punto de vista operacional, el diseño se dividió en cuatro momentos: un momento de diagnóstico y contextualización, orientado a detectar posibles concepciones, condiciones institucionales y problemas en el entorno del contexto; un momento de diseño pedagógico-didáctico, dedicado a la estructuración de secuencias de aprendizaje, recursos, actividades de programación física y criterios de seguimiento; un momento de implementación, en el que se

desarrollaron las experiencias con ambas poblaciones estudiantiles; y un momento de análisis, retroalimentación y ajuste, donde se interpretan los hallazgos y se comprenden las contribuciones, tensiones y posibilidades de mejora del modelo. Esta opción metodológica corresponde a trabajos recientes que vinculan la educación para el medio ambiente con STEAM, mediante ciclos de análisis, diseño, aplicación y reflexión, y, con esta elección, resulta más fácil mostrar la lógica interna de la investigación.

Unidad de análisis

La intervención y el análisis se focalizan en dos grupos poblacionales que conforman la propuesta interinstitucional: por un lado, los estudiantes de grado tercero de primaria de la Institución Educativa Marco Fidel Suárez, del municipio de Riosucio, Caldas; por otro, los estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa Juan XXIII, del municipio de Yumbo, Valle del Cauca. El análisis busca comprender cómo los estudiantes transforman su forma de pensar, de relacionarse con la naturaleza y de usar la tecnología como herramienta de cuidado ambiental a lo largo del proceso.

Técnicas e instrumentos

En coherencia con un estudio orientado a comprender el fortalecimiento de las competencias tecnológicas mediante el uso de recursos digitales en la experiencia AutoGrow, las técnicas de recolección de información se estructuran desde una perspectiva cualitativa apoyada en la sistematización de experiencias. En este sentido, se propone la observación participante como técnica central, dado que permite registrar, de manera situada, las interacciones de los estudiantes con los dispositivos, las plataformas digitales, los entornos de computación física y las actividades mediadas por tecnología.

De manera complementaria, se incorporan la entrevista semiestructurada para recuperar las percepciones, significados y valoraciones de los participantes respecto al proceso formativo, así como el análisis documental de las evidencias producidas durante la experiencia, tales como bitácoras, guías de trabajo, prototipos, registros fotográficos, reportes de actividades y productos digitales elaborados. En correspondencia con estas técnicas, los instrumentos más pertinentes serían: una guía de observación con categorías asociadas al uso pedagógico de herramientas digitales, un guion de entrevista orientado a indagar sobre la apropiación tecnológica y el

aprendizaje, un diario de campo para el registro reflexivo del proceso y una matriz de análisis documental que facilite la organización e interpretación de las evidencias recopiladas.

Análisis de la información recopilada

En cuanto al análisis de la información, se emplea un procedimiento de análisis de contenido temático, desarrollado mediante fases de organización, codificación, categorización e interpretación. Inicialmente, la información recolectada mediante entrevistas, observaciones y documentos se transcribe, clasifica y depura para construir un corpus analítico consistente. Posteriormente, se establecen categorías a priori vinculadas con las competencias tecnológicas, el uso de recursos digitales, la resolución de problemas, la creatividad, la colaboración y la apropiación de herramientas tecnológicas, lo que, al mismo tiempo, permite la emergencia de categorías inductivas derivadas de la experiencia de los participantes (Bingham, 2017).

Este proceso se fortalece mediante la triangulación de técnicas, instrumentos y actores, con el fin de aumentar la validez interpretativa y reconocer convergencias o tensiones en los hallazgos (Coulston et al. 2025). Desde esta lógica, el análisis no solo describiría cómo se emplearon los recursos digitales, sino que también permitiría comprender cómo esas mediaciones incidieron en la construcción de saberes tecnológicos, en la participación activa de los estudiantes y en la resignificación pedagógica de la experiencia AutoGrow en el contexto educativo.

La información se interpretó mediante un análisis de contenido temático en cinco etapas: organización del corpus; revisión de todo el material y preparación de notas analíticas; codificación deductiva inicial basada en categorías teóricas y conceptuales; exploración del ensamblaje de códigos inductivos; y creación de matrices de relaciones e interpretación final mediante triangulación (Flórez-Espinosa y Ruiz-Ortega, 2022). Este procedimiento es, sin duda, coherente con las propuestas recientes para el análisis cualitativo que combinan la codificación deductiva e inductiva, la redacción analítica y la elaboración de los hallazgos, respectivamente.

Es posible delimitar a priori las categorías analíticas, basadas en la teoría, en un mínimo de cuatro, en las que se pueden agrupar las tareas. La primera, competencias tecnológicas y digitales, incluyó indicadores como el uso de software educativo, la programación básica, el uso de sensores o dispositivos, la creación de contenido digital, la colaboración mediada y la resolución de problemas con apoyo tecnológico. La segunda, la mediación pedagógica STEAM+, en la que se consideraron la integración interdisciplinaria, el aprendizaje basado en problemas, la relación entre

tecnología y contexto y el rol del docente como facilitador del proceso (Mejías-Acosta et al. 2024; Flórez-Espinosa y Ruiz-Ortega, 2022).

En la tercera, la educación ambiental contextualizada, se evidenciaron: la identificación de problemas ambientales; la relación entre la sociedad, la cultura y el medio ambiente; y las respuestas o acciones situadas. La cuarta, el pensamiento crítico, permitió identificar: argumentación, comparación de información, formulación de preguntas, toma de decisiones y evaluación de alternativas. La operacionalización conceptual permitió robustecer el análisis dado que para cada categoría se generaron varias subcategorías, fuentes de evidencia e indicadores de análisis. La categoría de habilidades tecnológicas, por ejemplo, se analizó a partir de evidencia de la creación de prototipos, del uso de software específico para un propósito, de la lectura de datos y de la depuración (Chappell et al. 2025). La categoría de educación ambiental se evaluó mediante explicaciones de problemas locales, relaciones de causa y efecto, propuestas de mejora y de apropiación del medio ambiente (Fernández-Cárdenas y Santillán-Rosas, 2025). El pensamiento crítico se observó en las preguntas formuladas, la evidencia utilizada, la argumentación durante el trabajo colaborativo y las decisiones tomadas, lo que permitió un análisis más profundo de los resultados para responder al objetivo general y a la pregunta problema.

4. Resultados y Discusión

En el presente apartado, se muestran los resultados de acuerdo con las cuatro fases que componen el proceso de investigación: diagnóstico y contextualización, diseño pedagógico-didáctico, implementación de la estrategia y análisis y evaluación del alcance pedagógico, lo que nos permitió enunciar los objetivos específicos propuestos para este estudio y cómo un recorrido como AutoGrow puede integrar la educación ambiental contextualizada, la apropiación tecnológica, la programación física, los recursos digitales y el diálogo con los antiguos. En la tabla 1 se recopilan los resultados de cada fase y los respectivos hallazgos sintéticos para su posterior análisis.

Tabla 1.
Síntesis de fases, objetivos y hallazgos principales

Fase	Objetivo(s)	Evidencias consideradas	Hallazgo sintético
Diagnóstico y contextualización	OE1	Observación inicial, entrevistas diagnósticas, revisión del documento base del proyecto y registros de contexto.	Se identificaron concepciones fragmentadas sobre ambiente, uso instrumental de la tecnología y débil integración de saberes ancestrales.
Diseño pedagógico-didáctico	OE2	Planeación de secuencias, definición de categorías, organización de recursos digitales y trazado del prototipo.	Se estructuró un modelo STEAM+ articulado con educación ambiental contextualizada, programación física y diálogo de saberes.
Implementación de la estrategia	OE3	Talleres de programación, construcción del prototipo, experimentos con plantas, charlas comunitarias y campañas.	Se observó apropiación progresiva del prototipo, trabajo colaborativo y relación entre tecnología y cuidado ambiental.
Análisis y valoración del alcance	OE4 y OE5	Diarios de campo, entrevistas finales, productos digitales, registros audiovisuales y socialización escolar.	Se reconocieron avances en competencias tecnológicas, comprensión ambiental y pensamiento crítico, junto con retos de sostenibilidad y escalamiento.

Fuente: elaboración propia.

Fase 1. Diagnóstico y contextualización de la propuesta

Durante la fase de diagnóstico, ambos grupos de estudiantes reconocieron la existencia de problemas ambientales en su entorno inmediato, especialmente la contaminación del aire, la reducción de áreas verdes, el desperdicio de agua y el descuido en el trabajo de jardinería en las instituciones educativas. Este reconocimiento inicial se manifestó de forma dispersa y descriptiva; el medio ambiente se percibía principalmente en términos de contaminación, basura o deterioro de la naturaleza. Aún no existían relaciones entre el ambiente, la tecnología, el territorio, la cultura y la vida cotidiana. La evaluación inicial confirmó la necesidad de un enfoque pedagógico que trascendiera las nociones limitadas de educación ambiental y vinculara la enseñanza con la realidad del municipio de Yumbo, un centro urbano-industrial donde las tensiones entre el desarrollo económico y la sostenibilidad resultaban evidentes.

En cuanto a las habilidades tecnológicas, el diagnóstico reveló que los estudiantes se sentían cómodos con los dispositivos digitales cotidianos, pero no dominaban la tecnología para resolver problemas en su entorno. La programación parecía mantenerse aislada en la escuela, mientras que

la robótica se refería más a objetos lejanos o futuristas que a una forma de involucrarse en la conservación del agua, en el monitoreo de plantas o en ayudar a la escuela a fomentar mejores hábitos sostenibles. El conocimiento ancestral les pareció un recurso útil, aunque aún superficial en las conversaciones de los estudiantes, y no se consideraba válido para comprender el ambiente ni las prácticas de enseñanza.

Figura 1.

Trabajo con los estudiantes en el desarrollo de AutoGrow



Fuente: los autores.

Esta fase permitió identificar tres necesidades cruciales. Por un lado, la necesidad de orientarnos hacia una concepción del entorno históricamente más compleja que permitiera articular las dimensiones ecológica, social y cultural. Por otro lado, la necesidad de reformular el uso de los recursos y la programación digitales, considerándolos no solo como instrumentos, sino también como mediadores de la investigación, del seguimiento y de la toma de decisiones. Finalmente, la necesidad de incorporar el diálogo con la sabiduría ancestral para enriquecer la relación pedagógica de la escuela con el territorio y la comunidad. Así, el diagnóstico no solo definió el punto de partida del proceso, sino que también permitió construir un modelo pedagógico-didáctico contextualizado.

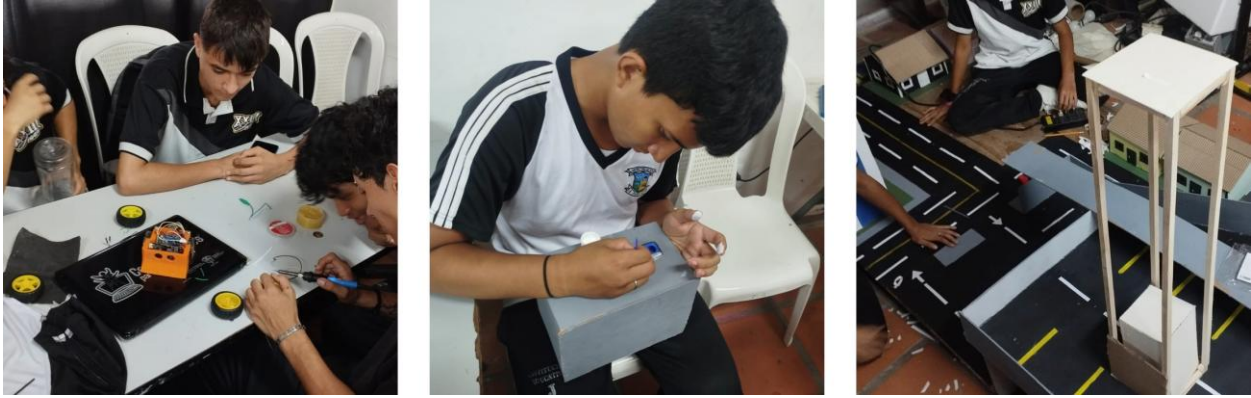
Fase 2. Diseño del modelo pedagógico y didáctico

A partir de esta caracterización, se elaboró un modelo pedagógico y didáctico que utiliza herramientas STEAM+, la programación física y digital, y se articula con las problemáticas ambientales en el ámbito escolar. El diseño se estructuró en torno a cuatro ejes de mediación: Educación Ambiental Contextualizada; Competencias Tecnológicas y Pensamiento Computacional; Diálogo con los Ancestros; y apropiación social del conocimiento. Esta estructura permitió que la propuesta trascendiera el mero ensamblaje de un prototipo y reuniera la

comprensión del problema ambiental, la exploración de los aspectos tecnológicos, el diálogo con los ancestros y el intercambio de lo aprendido en la escuela.

Figura 2.

Presentación de la propuesta AutoGrow



Fuente: los autores.

El modelo se organizó en una secuencia de trabajo progresiva. Se incluyeron actividades de sensibilización y de análisis contextual para obtener la percepción de los estudiantes sobre el medio ambiente, la sostenibilidad y la tecnología. Seguidamente, se impartieron talleres básicos de programación con placas programables y sensores para comenzar a reconocer variables como la humedad, la luz y la temperatura. A modo de cierre, se planificaron sesiones de construcción colaborativa para el prototipo AutoGrow, así como la experimentación con plantas que crecían en diferentes condiciones, los encuentros con portadores de conocimientos ancestrales, las campañas de sensibilización ambiental y la grabación de documentación audiovisual del proceso. Se buscó constantemente la coherencia entre el aprendizaje técnico, el análisis contextual y la construcción de un sentido pedagógico.

Como resultado de la fase de diseño, surgieron criterios para la observación y el seguimiento de las actividades, centrados en la participación, el trabajo colaborativo, la apropiación de la tecnología, el conocimiento del entorno, la argumentación y la relación entre el conocimiento escolar y el conocimiento local. De esta manera, el diseño de la metodología se orienta a un enfoque reproducible y evaluable. Como resultado, la propuesta adquiere coherencia como modelo, puesto que no solo se definen las actividades a realizar, sino también la transformación que conllevarán para el alumnado.

Fase 3. Implementación de la Propuesta de AutoGrow

Durante la implementación, se produjo una asimilación gradual de la lógica del trabajo propuesto. En los talleres de programación, los estudiantes pasaron de concebir el proyecto como una serie de instrucciones individuales a uno más útil, enfocado en la programación para resolver problemas específicos del huerto escolar. La interacción con sensores de humedad, luz y temperatura les ayudó a comprender que los datos obtenidos podían utilizarse para tomar decisiones sobre las plantas. Al principio, surgieron dificultades para manejar variables, calibrar y comprender la lógica condicional del riego automático, pero el trabajo en grupo y la guía del profesor facilitaron la superación de los problemas mediante ensayo y error, ajuste y mejora.

Figura 3.

Implementación de la propuesta



Fuente: los autores.

La construcción colaborativa de prototipos consolidó el trabajo en equipo y la asignación de roles: los grupos comenzaron a asumir funciones diferenciadas relacionadas con la programación, el ensamblaje, el monitoreo de variables, la documentación de observaciones y la presentación de informes sobre el progreso. Esta sutil división del trabajo permitió que la experiencia trascendiera la actividad manual y se convirtiera en una de negociación, de intercambio argumentativo y de construcción colectiva. La oportunidad de reflexionar sobre el funcionamiento del sistema de riego automático, asociado a la conservación del agua, propició la comprensión de la tecnología como un recurso de cuidado, no solo como un recurso técnico.

Los experimentos con plantas se llevaron a cabo con un valor didáctico especial, ya que evidenciaron la conexión entre observar, registrar, comparar y decidir. Al observar plantas regadas

por una máquina mediante una palanca y plantas regadas manualmente, los estudiantes comprendieron que las plantas no crecen simplemente por un suministro mecánico de agua, sino que la automatización de la atención humana a un factor de la naturaleza simplifica dicha atención. A partir de esto, fue fácil interpretar la programación física como una ayuda para el proceso vital, y no como la muerte de la experiencia directa de la realidad. El experimento confirmó la unidad entre teoría y práctica de otra manera: cuando los estudiantes tuvieron que explicar por qué las variaciones en la luz o en la humedad afectaban a ciertos cultivos de manera específica.

Las conversaciones con los sabedores del entorno (ancianos, agricultores, líderes, cabildantes, gobernadores, etc.) fueron fundamentales para establecer el diálogo con los ancestros. Fue entonces cuando se empezó a comprender que el cuidado de la tierra, el agua y las semillas dependía de ciertos elementos, herramientas y demás requerimientos, en cierto modo, enmarcados en el orden histórico de observación, respeto y conexión con la tierra. Al asimilar este conocimiento, la sensibilidad ambiental se amplió y el proyecto evitó convertirse en una especie de autocomplacencia tecnocéntrica. Las campañas de sensibilización y la documentación del proceso mediante fotos, vídeos y registros reflexivos fomentaron la apropiación social de la experiencia y fortalecieron la dimensión comunicativa del aprendizaje.

Fase 4. Análisis de la transformación y el alcance pedagógico

El análisis integrado de la evidencia reveló transformaciones en tres dimensiones. La primera fue mejorar las habilidades. Al finalizar el proyecto, los estudiantes comprendieron mejor el funcionamiento básico de los sensores y artefactos, así como las secuencias de programación pertinentes para el prototipo. Desarrollaron habilidades para capturar y registrar digitalmente el proceso, así como una mayor disposición para aprovechar la tecnología con fines didácticos y medioambientales. En lugar de ser vista como un tema ajeno, la programación pasó a ser reconocida como una práctica accesible para resolver problemas cotidianos en su propio entorno escolar.

La segunda transformación se relacionó con la educación ambiental contextualizada. Los resultados sugirieron un cambio de una concepción general y abstracta del cuidado del medio ambiente hacia una comprensión más contextualizada del derroche de agua, del abandono de las zonas verdes, de los residuos contaminantes del contexto industrial y de la desaparición de las prácticas tradicionales de siembra y cultivo. Esta reinterpretación se hizo evidente cuando los

estudiantes asociaron el funcionamiento del prototipo con preguntas como: "¿Es esto sostenible?", "¿Somos responsables con el uso de los recursos?", "¿La escuela realmente se preocupa por el medio ambiente?", etc. La educación ambiental dejó de entenderse simplemente como un discurso normativo y comenzó a materializarse como una práctica reflexiva vinculada a la experiencia vivida.

La tercera transformación se relacionó con el pensamiento crítico. A lo largo del proceso, se observó una considerable disposición a cuestionar, comparar resultados, justificar, reconocer fallos en los diseños y sugerir mejoras. El pensamiento crítico se desarrolló no solo durante las conversaciones verbales, sino también cuando los estudiantes consideraron las fallas del sistema y las diferencias entre los tipos de riego, debatieron la relevancia de las soluciones diseñadas y valoraron el conocimiento de la comunidad. Partiendo de esa lógica, el análisis final sugirió que AutoGrow proporcionaba un entorno de aprendizaje interdisciplinario, contextualizado y formativamente significativo para ambos tipos de estudiantes.

En general, la evaluación dio como percepción que era relevante, innovadora y transferible a otras escuelas con ajustes contextuales, pero el análisis señaló áreas de mejora: la continuidad de la experiencia a lo largo del tiempo para facilitar la consolidación; las ventajas de un protocolo técnico para el mantenimiento y la documentación de prototipos; la necesidad de una mayor participación comunitaria; y una integración más sistemática con los proyectos institucionales de educación ambiental. La experiencia fue, por lo tanto, pedagógicamente poderosa, pero también dejó claras las condiciones organizativas y didácticas que habría que cumplir para aprovechar ese potencial en el futuro.

5. Discusión Crítica de los Resultados

El diálogo crítico se construyó mediante la triangulación del análisis en tres niveles: el de los resultados de la intervención pedagógica, el de la literatura académica consultada y el de los juicios de los tres docentes-investigadores. En aras de la coherencia del análisis, se realiza un proceso comparativo entre los hallazgos y la percepción de los estudiantes, todo ello a la luz de los referentes teóricos y de los autores relacionados con el desarrollo conceptual.

AutoGrow y la reinterpretación de la educación ambiental contextualizada.

Los resultados mostraron que AutoGrow ayudó a pasar de un ambiente sin un sitio donde lo practicaban los docentes a una comprensión más contextualizada del entorno escolar. Flórez

Espinosa y Ruiz Ortega (2022) señalan que uno de los obstáculos de la educación ambiental escolar es la simplificación de las concepciones sobre el medio ambiente y de su enseñanza. En la experiencia analizada, trabajar con el cultivo, los sensores y las variables de observación, y pensar en Yumbo como municipio y entorno, ayuda a transformar el entorno de un objeto externo de la naturaleza en una red de relaciones entre territorio, escuela, prácticas de cuidado y atención social. En ese sentido, se considera que el mayor beneficio de la estrategia radica en que su discurso ambiental se convirtió en una experiencia de interpretación y de acción para la escuela.

En adición, esta interpretación coincidió con la de Pino-Perdomo y Velásquez-Mosquera (2026), quienes indicaron que las tecnologías digitales contribuyen a la educación ambiental cuando se integran mediante decisiones pedagógicas explícitas y no solo como adiciones instrumentales. La experiencia de AutoGrow demostró precisamente que el uso de herramientas STEAM+ tiene sentido cuando se asocia a problemas del mundo real en el contexto local, como el desperdicio de agua o la pérdida de prácticas de cultivo tradicionales. De igual modo, Mylvaganam et al. (2021) propusieron que STEAM+ debería incorporar objetivos relacionados con la sostenibilidad y el compromiso social. Del análisis de triangulación se interpretó que el signo "+" de la propuesta adquirió un contenido pedagógico al articular tecnología, educación ambiental, territorio y reflexión crítica. Sin embargo, de la discusión se comprendió que, para consolidar esto, se requiere una integración más profunda con el proyecto ambiental institucional, a fin de no convertir la experiencia en una intervención esporádica, sino en una intervención duradera.

Competencias tecnológicas, recursos digitales y pensamiento computacional

Los hallazgos sugieren que las competencias tecnológicas aumentaron cuando los estudiantes utilizaron programación física y recursos digitales para interactuar con situaciones concretas de agricultura escolar. Esto coincide con Mejías-Acosta et al. (2024), quienes afirman que la competencia digital se refiere a la combinación de habilidades técnicas y cognitivas, así como al uso significativo de los medios. Se observó que, en esta experiencia, la apropiación de sensores, variables, automatización y documentación audiovisual no se limitó al dominio técnico, sino que se complementó con el análisis ambiental y con los procesos de trabajo en equipo. Adicionalmente, se identificó que uno de los cambios más significativos se debió a que la tecnología dejó de considerarse un fin en sí misma y pasó a ser un recurso útil para interpretar y transformar una situación ambiental familiar.

La experiencia se alinea con Largo-Taborda et al. (2021) y Largo-Taborda et al. (2022), quienes sugieren que la innovación en TIC gana valor si facilita procesos de aprendizaje significativos y aborda necesidades reales. El alcance propuesto, así como la experiencia de AutoGrow, fue confirmado por investigaciones como las de Vergara et al. (2025), mostrando que la computación física en la educación escolar contribuye a fomentar la programación, el diseño e incluso el pensamiento computacional cuando esto se vincula a experiencias de la vida real: el ensayo y error entró en juego, depurando y refinando el prototipo, lo cual fue corroborado por la experiencia de Stupurienė et al. (2022) y Sáez-López et al. (2026), en el que los proyectos de robótica y computación física que abordan problemas ambientales actúan como un mecanismo de palanca para la motivación, la creatividad y la resolución de problemas, pero al mismo tiempo la triangulación mostró cómo este fortalecimiento está condicionado por la mediación del profesor y las condiciones mínimas de funcionamiento técnico del prototipo.

Diálogo con el conocimiento ancestral y ampliación de la comprensión ambiental.

Uno de los aspectos más importantes de la experiencia es cómo el diálogo con los sabedores y sabedoras amplió el alcance de la apreciación que cada persona tiene de su entorno. En la propuesta, este aspecto evitó reducirlo todo a la comprensión técnica del funcionamiento del cuidado de las plantas y el uso del agua. La triangulación reveló que los mayores, agricultores y miembros de la comunidad que participaron en la experiencia AutoGrow tendieron a integrar la siembra y el cultivo en una matriz de relaciones éticas y culturales con la tierra. Esto coincide con Ibáñez et al. (2022): "La integración del conocimiento indígena y local en la educación para la sostenibilidad promueve experiencias educativas más inclusivas, culturalmente contextualizadas y epistemológicamente justas" (p. 192). Con base en lo anterior, se aborda la comprensión de que la innovación educativa no depende necesariamente de más tecnología, sino de mejores diálogos entre los conocimientos.

Un aspecto de vital importancia que se resaltó en los hallazgos desde esta perspectiva fue el modelo STEAM+ de contribución al aprendizaje (Mylvaganam et al., 2021), que sostiene que si la educación STEAM+ incluye problemas complejos y propósitos educativos más amplios, se fortalece la conciencia sobre la sostenibilidad. En la presente investigación, el diálogo con el conocimiento ancestral profundizó en el significado pedagógico del símbolo "+", porque los estudiantes pudieron descubrir que el medio ambiente se aprende a través de la memoria, la

tradición y la experiencia en la comunidad (Zuluaga-Giraldo y Largo-Taborda, 2021). Aquí se observa la fortaleza, pero también una limitación en este aspecto que, en primer lugar, tiene una presencia imperante y, en segundo lugar, aún es incipiente. Esta experiencia logró establecer un diálogo, pero aún no constituye un verdadero codiseño curricular con las comunidades que poseen este conocimiento. Las futuras implementaciones podrían aspirar a formas de colaboración y de compartición de conocimiento más estables, en lugar de una simple invitación (Largo-Taborda y Ruiz-Ortega, 2025).

Pensamiento crítico, práctica pedagógica innovadora y proyección de la experiencia.

La identificación de una transacción de pensamiento crítico fue otro eje central de nuestro análisis. Los resultados muestran que esto se evidenció cuando los estudiantes compararon las condiciones de riego, interpretaron las variables de los cultivos, justificaron las decisiones de programación y defendieron la pertinencia de las soluciones desarrolladas. Este comportamiento concuerda con Fernández-Cárdenas y Santillán-Rosas (2025), quienes sostienen que las actividades STEAM con énfasis en el diálogo brindan mayor espacio para la argumentación, la toma de decisiones y la reflexión crítica. En concordancia con lo anterior, se subraya que el pensamiento crítico se desarrolló especialmente cuando se les pidió a los estudiantes que explicaran por qué la tecnología era o no la opción adecuada para el entorno escolar.

En un plano más general, Parra Bernal et al. (2021) argumentaron que la práctica pedagógica constituye un espacio privilegiado para la innovación educativa cuando modifica la relación entre la enseñanza, el contexto y la experiencia. La triangulación permitió ubicar a AutoGrow en este tipo de práctica, dado que integraba la mediación tecnológica, la exploración ambiental, el trabajo colaborativo y el diálogo de conocimiento. Sin embargo, el análisis crítico también reveló que el potencial innovador de la estrategia dependerá de su capacidad para mantenerse a lo largo del tiempo, documentar sus modificaciones y ampliar su difusión institucional.

En este sentido, la investigación señala que AutoGrow cumplía las condiciones para proyectarse como un modelo transferible, pero que su consolidación futura requeriría formación docente continua, rutinas de diagnóstico técnico, modalidades de incorporación curricular y mecanismos de evaluación cualitativa y formativa a largo plazo. En la tabla 2 se presentan, a modo

de síntesis, los hallazgos y la relación entre los referentes teóricos y la perspectiva de los docentes investigadores, como parte del proceso de formación educativa y de la propuesta pedagógica.

Tabla 2.
Matriz de triangulación de resultados

Eje de triangulación	Resultados de la experiencia	Diálogo con la literatura	Lectura de docentes investigadores
Educación ambiental contextualizada	La experiencia conectó contaminación, cuidado del agua, siembra y contexto escolar con acciones concretas del prototipo.	Flórez Espinosa y Ruiz Ortega (2022) y Pino-Perdomo y Velásquez-Mosquera (2026) sostuvieron que la educación ambiental requiere contextualización y mediación pedagógica intencional.	DI-2 interpretó que el mayor avance estuvo en pasar del discurso ambiental general a prácticas de lectura situada del entorno.
Competencias tecnológicas y recursos digitales	Los estudiantes usaron sensores, registro de variables y programación básica para resolver problemas del cultivo.	Mejías-Acosta et al. (2024), Largo-Taborda et al. (2021, 2022) y Vergara et al. (2025) señalaron que la apropiación tecnológica se fortalece cuando responde a fines pedagógicos y problemas reales.	DI-1 destacó que el error técnico se transformó en oportunidad de aprendizaje y pensamiento computacional.
Diálogo con saberes ancestrales	Las charlas comunitarias ampliaron la comprensión del ambiente y relativizaron una visión exclusivamente tecnocéntrica.	Ibáñez et al. (2022) y Mylvaganam et al. (2021) mostraron que la sostenibilidad educativa se enriquece con conocimientos locales y finalidades formativas amplias.	DI-3 valoró este eje como el componente más distintivo de la propuesta y como condición de justicia epistemológica.
Pensamiento crítico e innovación pedagógica	Se observó mayor capacidad para argumentar decisiones, comparar resultados y	Fernández-Cárdenas y Santillán-Rosas (2025) y Parra Bernal et al. (2021)	Los tres docentes coincidieron en que la estrategia fue transferible,

proponer ajustes al prototipo.	destacaron el potencial del diálogo, la innovación y las prácticas situadas para fortalecer pensamiento crítico.	aunque dependiente de continuidad, acompañamiento y articulación institucional.
-----------------------------------	--	--

Fuente: elaboración propia.

6. Conclusiones

Mediante la caracterización, se observó que las concepciones de los estudiantes sobre el medio ambiente, la tecnología y el conocimiento ancestral estaban en gran medida desconectadas y poco integradas con el contexto, la vida escolar y la resolución de problemas. Si bien existía una conciencia inicial sobre los problemas ambientales, la comprensión y la apropiación didáctica de la tecnología para su protección aún no se habían consolidado.

Una posible consecuencia del modelo pedagógico y didáctico diseñado es la demostración de la pertinencia de organizar de manera coherente una propuesta que articule la educación ambiental contextualizada, la programación física, los itinerarios digitales y el diálogo con el saber ancestral. Así, AutoGrow trasciende la lógica de las actividades aisladas para convertirse en una estrategia STEAM+ con un propósito formativo, una secuencia de trabajo clara y criterios de seguimiento definidos.

El uso de AutoGrow con ambos grupos de estudiantes indicó que la experiencia directa, la creación colaborativa de prototipos, la experimentación con plantas y el acompañamiento docente propiciaron un aprendizaje contextualizado y una participación activa. La estrategia demostró que la programación tangible y el uso de software educativo pueden ser útiles en el aula cuando se vinculan a problemas reales y a una pedagogía basada en la exploración, la creación, la reflexión y la socialización.

El análisis de las transformaciones sugirió que la experiencia reforzó el uso funcional de la tecnología, replanteó la comprensión del entorno y mejoró el pensamiento crítico. Los estudiantes perfeccionaron el manejo de sensores y autómatas, concibieron la tecnología como una forma de responsabilidad ambiental en lugar de una necesidad, y se convirtieron en mejores observadores, jueces, justificadores y correctores, basándose en la evidencia recopilada durante su trabajo.

Al evaluar el impacto pedagógico de AutoGrow, se concluye que la estrategia adoptada era una práctica innovadora, relevante y potencialmente transferible a otros contextos escolares. Sin

embargo, la sostenibilidad y la escalabilidad de una práctica dentro de una escuela dependen de factores como la continuidad, la cooperación institucional, el apoyo al profesorado, la vigilancia técnica en el mantenimiento del prototipo y una mayor conexión con comunidades que poseen conocimientos ancestrales. Por lo tanto, concebimos la experiencia como un punto de partida para la investigación y la implementación, más que como la culminación de un modelo.

7. Referencias

- Ahmed, S. K. (2024). The pillars of trustworthiness in qualitative research. *Journal of medicine, surgery, and public health*, 2, 100051. <https://doi.org/10.1016/j.glmedi.2024.100051>
- Alfonso, A. (2018). *Por los caminos de Colombia: paisajes, economía, sociedades y cultura*. Universidad del Bosque.
- Álvarez-Herrero, J. F. (2023). Urban itineraries with smartphones to promote an improvement in environmental awareness among secondary school students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(3), 2009. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032009>
- Ardoin, N. M., Bowers, A. W., & Gaillard, E. (2020). Environmental education outcomes for conservation: A systematic review. *Biological conservation*, 241, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Bingham A. J. (2017). Personalized learning in high technology charter schools. *Journal of Educational Change*, 18(4), 521–549. <https://doi.org/10.1007/s10833-017-9305-0>
- Bingham, A. J. (2023). From data management to actionable findings: A five-phase process of qualitative data analysis. *International journal of qualitative methods*, 22. <https://doi.org/10.1177/16094069231183620>
- Brailovsky, A. E. (2023). *Proyectos de educación ambiental: la utopía en la escuela: Naturaleza y sociedad*. Noveduc.
- Caballero, S. D. (2018). *Computación Ubicua, una opción de igualdad*. Universidad Nacional del Nordeste.
- Castro, P. (2022). Reflexiones sobre la educación STEAM, alternativa para el siglo XXI. *Praxis*, 18(1), 158-175. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8897805>
- Chappell, K., Hetherington, L., Juillard, S., Aguirre, C., & Duca, E. (2025). A framework for effective STEAM education: Pedagogy for responding to wicked problems. *International*

- Journal of Educational Research Open*, 9, 100474.
<https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2025.100474>
- Coulston, F., Lynch, F., & Vears, D. F. (2025). Collaborative coding in inductive content analysis: Why, when, and how to do it. *Journal of genetic counseling*, 34(3), e70030.
<https://doi.org/10.1002/jgc4.70030>
- Djam'an, N. (2025). Examining the implementation of environmental education in the STEAM approach for sustainability. *Discover Education*, 4(1), 410. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00837-4>
- Espino, E., & González, C. (2016). Estudio sobre pensamiento computacional y género. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 4(3), 119-128.
<http://oldrita.det.uvigo.es/VAEPRITA/201609/uploads/VAEP-RITA.2016.V4.N3.pdf#page=21>
- Fernández-Cárdenas, J. M., & Santillán-Rosas, I. M. (2025). Learning Critical Thinking Through Dialogic STEAM Educational Activities: A Case of High School Students in Northeastern Mexico During Pandemic Times. *Sage Open*, 15(4),
<https://doi.org/10.1177/21582440251388756>
- Flórez Espinosa, G. M., & Ruiz-Ortega, F. J. (2022). Retos de la formación y la reflexión crítica para mejorar las concepciones de ambiente y educación ambiental en profesores de educación básica. *Revista Paca*, (12). <https://doi.org/10.25054/2027257X.3493>
- Gavari-Starkie, E., Espinosa-Gutiérrez, P. T., & Lucini-Baquero, C. (2022). Sustainability through STEM and STEAM Education Creating Links with the Land for the Improvement of the Rural World. *Land*, 11(10), 1869. <https://doi.org/10.3390/land11101869>
- Gutiérrez-Giraldo, M. M., & Largo-Taborda, W. A. (2024). Fomentando el cuidado del medio ambiente a través de tecnología: resultados de la fase v del proyecto de apoyo pedagógico en la comunidad de San Sebastián, Manizales. *Revista Huellas*, 10(2).
<https://doi.org/10.22267/huellas.24102.13>
- Hernández, N. A. M., & Rengifo, Y. P. (2025). Implementación del enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) en la educación secundaria alta: revisión sistemática de metodologías, temáticas y formación de ciudadanos activos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (76), 254-294.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10451451>

- Ibáñez, S. D., Lara, R. S., & Jensen, L. C. (2024). Hacia una educación en justicia epistémica: Lecciones desde la Agroecología. *Foro de Educación*, 22(1), 191-214. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9708286>
- Largo-Taborda, W. A., & Hurtado-Vinasco, K. S. (2024). Fortalecimiento de la capacidad de autorregulación metacognitiva mediante el uso de la guía de interaprendizaje centrada en el cuidado del medio ambiente. *Praxis Pedagógica*, 24(36), 6-25. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.24.36.2024.6-25>
- Largo-Taborda, W. A., & Ruiz-Ortega, F. J. (2025). Los saberes indígenas como vínculo relevante de las emociones y la argumentación en ciencias. *Educación Química*, 36(4), 184. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.4.92152e>
- Largo-Taborda, W. A., Colorado Mesa, C. M. y Duque Morales, A. (2025). Learning about inorganic chemical functions by implementing eXeLearning as an educational strategy. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 14(2), 46–60. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v14n2.112226>
- Largo-Taborda, W. A., Gutiérrez-Giraldo, M. M., & Hurtado Vinasco, K. S. (2022a). Los proyectos tecnológicos y el cuidado del medio ambiente: una mirada desde la proyección social. En *La investigación científica en diversas ciencias* (Vol. 15, pp. X-X). <https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.24.36.2024.6-25>
- Largo-Taborda, W. A., López-Ramírez, M. X., Buendía, E. M. G., & Hincapié, C. A. P. (2021). Colombia y una educación en emergencia: innovación, pandemia y TIC. *Actualidades Pedagógicas*, (78), e1569-e1569. <https://doi.org/10.19052/ap.vol1.iss78.3>
- Largo-Taborda, W. A., Zuluaga-Giraldo, J. I., López Ramírez, M. X., & Grajales Ospina, Y. F. (2022b). Enseñanza de la química mediada por TIC: un cambio de paradigma en una educación en emergencia. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía (RIIEP)*, 15(2), 261-288. <https://doi.org/10.15332/25005421.6527>
- Mejías-Acosta, A., Regnault, D. A., Vargas-Cano, E., Cárdenas-Cobo, J., & Vidal-Silva, C. (2024). Assessment of digital competencies in higher education students: Development and validation of a measurement scale. In *Frontiers in Education* (Vol. 9, p. 1497376). Frontiers. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1497376>

- Muñoz, A., Pérez, S., Stefanoni, M., Carbonari, D., Roberti, B., & Facchini, H. (2023). Ambiente de Aprendizaje Inteligente desde la Gestión del Conocimiento. In *Simposio Internacional STEM Miami*. Broward International University.
- Mylvaganam, S., Timmerberg, J., Halvorsen, H. P., & Viumdal, H. (2021). Sustainability awareness through STEAM+. *Nordic Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.5324/njsteme.v5i1.3974>
- Pino-Perdomo, F. M., & Velásquez-Mosquera, A. F. (2026). Digital technologies in environmental education: Implications for teacher education and professional development. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 22(1), em2762. <https://doi.org/10.29333/ejmste/17673>
- Puraivan, E., Díaz, F. R. S., Levicoy, D. D., & Ferrada, C. F. (2021). Robótica aplicada al aula en Educación Primaria: un caso en el contexto español. *Sociología y tecnociencia: Revista digital de sociología del sistema tecnocientífico*, 11(2), 240-259. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8155408>
- Reyes, J. (2010). Educación ambiental: rumor de claroscuros. *Los Ambientalistas*, 1, 6-19.
- Sáez-López, J. M., Redondo-Duarte, S., & Cervigón, S. D. L. G. (2026). Educational robotics with interactive and environmental projects using “micro: bit” and “Nezha” in nine primary schools. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 22(3), em2802. <https://doi.org/10.29333/ejmste/18107>
- Simões Cacuassa, A. S., Yanes López, G., & Álvarez Díaz, M. B. (2019). Transversalidad de la educación ambiental para el desarrollo sostenible. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(5), 25-32. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000500025&script=sci_arttext
- Smestad, B., Hatlevik, O. E., Johannesen, M., & Øgrim, L. (2023). Examining dimensions of teachers’ digital competence: A systematic review pre-and during COVID-19. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16677>
- Stupurienė, G., Jevsikova, T., & Juškevičienė, A. (2022). Solving ecological problems through physical computing to ensure gender balance in STEM education. *Sustainability*, 14(9), 4924. <https://doi.org/10.3390/su14094924>
- Velásquez-De Los Ríos, G.-A., & Parra-Bernal, L.-R. (2025). El pensamiento crítico desde comunidades de aprendizaje rurales: una revisión de la literatura. *Cultura Educación Y Sociedad*, 16(1). <https://doi.org/10.17981/culteducosoc.16.1.2025.5373>

- Vergara, K., Rossel, P. O., & Herskovic, V. (2025). Understanding the use of physical computing in K-12 education: A systematic literature review. *Educational Research Review*, 100705. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100705>
- Zuluaga-Giraldo, J. I., & Largo-Taborda, W. A. (2020). Educación propia como rescate de la autonomía y la identidad cultural. *Praxis*, 16(2), 179–186. <https://doi.org/10.21676/23897856.3657>