RICESO
Revista Interdisciplinaria de Ciencias de la Educación, Salud y Sociología

Hawa Chakra: huertos verticales para la educación ambiental en la escuela urbana. Estudio piloto de aceptabilidad

Elian Jamil Hernández Cueva.
Geovanna Paulina Reinoso Recalde.
María Angélica Idrobo Gutiérrez.
María Gabriela Gutiérrez Sánchez.

https://doi.org/10.66136/9a6tsq17

Universidad Nacional de Loja y UNICEF Ecuador.

Ecuador.

Hawa Chakra: huertos verticales para la educación ambiental en la escuela urbana. Estudio piloto de aceptabilidad

	Elian Jamil Hernández Cueva. **Geovanna Paulina Reinoso Recalde.** **María Angélica Idrobo Gutiérrez.** **María Gabriela Gutiérrez Sánchez.**
	https://orcid.org/0009-0000-1007-9929 https://orcid.org/0009-0003-7359-6247 https://orcid.org/0000-0003-4127-9143 https://orcid.org/0009-0001-3571-6397
	elian.hernandez@unl.edu.ec greinoso@unicef.org maidrobog@unl.edu.ec maria.g.guiterrez@unl.edu.ec
	Universidad Nacional de Loja y UNICEF Ecuador.
	Ecuador.
	https://doi.org/10.66136/9a6tsq17

Resumen

Los huertos escolares son un recurso consolidado en la enseñanza de las ciencias, pero su implementación en escuelas urbanas sin suelo y su articulación con el conocimiento indígena siguen poco documentadas en el contexto andino. Este estudio piloto de factibilidad y aceptabilidad evaluó Hawa Chakra, intervención de ocho semanas basada en módulos de cultivo vertical hidropónico construidos con material reciclado, articulados con categorías relacionales del pueblo kichwa saraguro y registro en una plataforma de ciencia ciudadana. Se empleó un diseño preexperimental de grupo único con medición antes y después, en 167 estudiantes de quinto a séptimo grado de una institución fiscal urbana de Loja, Ecuador. El resultado primario fue la aceptabilidad; los secundarios, la factibilidad, las propiedades psicométricas del instrumento y los parámetros para un ensayo posterior. Completaron ambas mediciones 155 estudiantes (retención del 92.8 %). La subescala de motivación científico-ambiental mostró consistencia interna adecuada (alfa de Cronbach de .89 y .88); la puntuación total pasó de una mediana de 23.00 a 30.00 ($Z = -10.93$; $p < .001$). El 100 % del estudiantado se manifestó de acuerdo o totalmente de acuerdo con los tres indicadores de aceptabilidad. La implementación resultó viable: seis módulos instalados, asistencia media del 94 % y 115 observaciones registradas. Ahora bien, la ausencia de descensos individuales, un marcado efecto techo y una atrición diferencial restringen la interpretación causal. La intervención es implementable y muy bien recibida; estimar su eficacia exige grupo de comparación y medidas menos dependientes del autoinforme.

Palabras clave: huerto escolar; hidroponía; educación ambiental; estudio piloto; Ecuador.

Received: 10/10/2026
Accepted: 13/10/2026
Published: 13/10/2026

Revista Interdisciplinaria de Ciencias de la Educación, Salud y Sociología https://www.riceso.org

editor@riceso.org

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.**

Hawa Chakra: Vertical gardens for environmental education in the urban school. An acceptability pilot study

Abstract

School gardens are an established resource in science teaching, yet their implementation in urban schools without available soil, and their articulation with Indigenous knowledge, remain poorly documented in the Andean context. This feasibility and acceptability pilot study assessed Hawa Chakra, an eight-week intervention based on low-cost vertical hydroponic modules built from recycled materials, articulated with relational categories of the Kichwa Saraguro people and with records submitted to a citizen science platform. A single-group pre-experimental design with before and after measurement was used, involving 167 fifth to seventh grade students from an urban public school in Loja, Ecuador. The primary outcome was acceptability; secondary outcomes were feasibility, the psychometric properties of the instrument, and parameters for a subsequent trial. A total of 155 students completed both measurements, a retention rate of 92.8 %. The science and environmental motivation subscale showed adequate internal consistency (Cronbach's alpha of .89 and .88); total scores rose from a median of 23.00 to 30.00 ($Z = -10.93$; $p < .001$). All students, 100 %, agreed or strongly agreed with the three acceptability indicators. Implementation proved feasible: six modules installed, mean attendance of 94 %, and 115 observations recorded. However, the absence of individual decreases, a marked ceiling effect and differential attrition constrain causal interpretation. The intervention is implementable and very well received; estimating its efficacy requires a comparison group and outcome measures less dependent on self-report.

Keywords: school garden; hydroponics; environmental education; pilot study; Ecuador.

1. Introducción

La enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación básica enfrenta una tensión persistente entre la formulación curricular de contenidos sobre ecosistemas, fotosíntesis y biodiversidad, y la disponibilidad real de espacios donde esos contenidos puedan observarse y manipularse. En instituciones urbanas densamente edificadas, esa tensión se agudiza: el currículo prescribe el estudio de los seres vivos, pero el establecimiento carece de un solo metro cuadrado de suelo cultivable. La consecuencia habitual es una enseñanza declarativa, sostenida en la ilustración y el texto, que aleja el aprendizaje de la experiencia directa.

Los huertos escolares constituyen la respuesta más documentada a este problema. La revisión sistemática de prácticas de educación ambiental en escuelas realizada por Zhang et al. (2025) muestra un cuerpo consolidado de investigación sobre intervenciones basadas en el contacto directo con entornos vivos, al tiempo que identifica vacíos persistentes en la evaluación rigurosa de sus efectos. En el ámbito iberoamericano, Veloz-Ronquillo (2024) sitúa el huerto escolar entre las estrategias didácticas con mayor capacidad para mejorar el aprendizaje ambiental y la actitud hacia la conservación, y García-Vera y Guerra-Castellanos (2024) argumentan que los enfoques que incorporan interacción directa con el entorno resultan más eficaces que la instrucción tradicional en el aula para el desarrollo de la conciencia ambiental en la niñez. La revisión de alcance de Medina-Arboleda y Páramo (2024) sobre educación ambiental y climática en América Latina, así como la revisión sistemática de Ayala Gómez y Gómez Bautista (2025), coinciden en señalar el predominio de diseños descriptivos y la escasez de evaluaciones con grupo de comparación en la región, y Pulido-López y García-Vinuesa (2025) documentan un patrón equivalente en la investigación sobre cambio climático con estudiantado de secundaria. En cuanto a la evidencia acumulada sobre huertos escolares, la revisión sistemática de Chan et al. (2022) y la síntesis realista de Holloway et al. (2023) reportan efectos consistentes sobre el conocimiento y las actitudes, y más heterogéneos sobre las conductas efectivas, mientras que el metaanálisis de Vasilaki et al. (2025) documenta beneficios del aprendizaje en entornos naturales con certeza baja precisamente en los desenlaces de conciencia ambiental. Trabajos recientes muestran además que el aprendizaje activo modifica la intención de actuar de la niñez frente al cambio ambiental (Granato et al., 2025), que las propuestas experienciales mejoran actitudes autoinformadas

(Douglas et al., 2024) y que, en el propio contexto ecuatoriano, las estrategias centradas en problemas ambientales locales resultan pertinentes para el estudiantado de educación básica y bachillerato (Camacho Castillo et al., 2024).

Ahora bien, el huerto convencional requiere suelo, y ese es precisamente el recurso ausente en la escuela urbana. La hidroponía de bajo costo ofrece una vía alternativa: permite el cultivo sin sustrato edáfico, en superficies verticales, con materiales reciclados y sin dependencia de energía eléctrica. Su potencial pedagógico es considerable, ya que hace visibles procesos que en el suelo permanecen ocultos, como el desarrollo radicular o la relación entre el pH de la solución y el crecimiento foliar. Sin embargo, la evidencia empírica sobre implementaciones hidropónicas escolares evaluadas con instrumentos estandarizados es todavía escasa, y más aún en contextos latinoamericanos de recursos limitados. Wang et al. (2026) describen la implementación de plataformas hidropónicas con fines docentes e investigativos, aunque en educación superior, y las revisiones sobre integración de STEM y sostenibilidad escolar (Kopbossyn et al., 2025) y sobre economía circular en educación primaria (Kosta et al., 2025) muestran que el aprendizaje basado en proyectos es el enfoque predominante, sin que la hidroponía escolar figure entre las aplicaciones documentadas. Esta ausencia contrasta con la expansión de propuestas basadas en herramientas digitales, ampliamente revisadas por Hajj-Hassan et al. (2024).

A esta primera brecha se suma una segunda, de naturaleza distinta. La integración de sistemas de conocimiento indígena en la enseñanza de las ciencias ha ganado legitimidad académica sostenida. La revisión sistemática de Wan Razab et al. (2026) sobre la incorporación de sistemas de conocimiento indígena en la educación STEM, y la de Latip et al. (2024) sobre conocimiento local e indígena en el aprendizaje de las ciencias, coinciden en que estas aproximaciones favorecen la pertinencia cultural y el compromiso del estudiantado, y en que predominan los diseños cualitativos y los estudios de caso frente a las evaluaciones cuantitativas. En Ecuador, esta discusión se inscribe en el marco del Sistema de Educación Intercultural Bilingüe y en el principio de diálogo de saberes, cuyo proceso metodológico describen Quichimbo Saquichagua et al. (2023), y se apoya en un cuerpo de trabajo sobre la incorporación de saberes ancestrales al modelo educativo nacional (Carranza Patiño et al., 2021; Sanipatin, 2023). Su traducción a intervenciones concretas, evaluadas con instrumentos cuantitativos, en aulas urbanas que reciben población indígena por migración interna, permanece sin embargo escasamente documentada. Una excepción cercana en el contexto ecuatoriano es el trabajo de

Zambrano Zambrano et al. (2025), que evaluó una secuencia didáctica interdisciplinaria de educación ambiental con diseño cuasiexperimental en bachillerato.

Entre los pueblos kichwa del sur andino ecuatoriano se han documentado categorías relacionales sobre el cultivo que no se reducen a un inventario de especies. Nociones como allpa, que designa la tierra; yaku, el agua; muyu, la semilla; y uyway, que puede traducirse como crianza recíproca entre la persona y aquello que cultiva, han sido descritas como expresión de una comprensión de la relación con el entorno distinta de la orientación productivista dominante. Conviene advertir que estas nociones admiten variaciones locales y generacionales, y que ninguna experiencia escolar aislada autoriza a presentarlas como descripción general de la cultura kichwa saraguro. En este estudio se emplean con el alcance acotado que se precisa en el apartado 2.3.3. Investigaciones recientes en los Andes ecuatorianos han documentado la especificidad de estos sistemas de conocimiento, tanto en la percepción campesina de la entomofauna asociada al cultivo (Cardenas et al., 2025) como en el uso tradicional de plantas entre poblaciones kichwa (Chávez Velásquez et al., 2024). Conviene precisar, para evitar una folclorización frecuente, que las especies hortícolas de crecimiento rápido habitualmente empleadas en hidroponía escolar son introducciones posteriores a la conquista y carecen de denominación kichwa ancestral. La integración intercultural pertinente, por tanto, no reside en traducir nombres de especies, sino en incorporar las categorías relacionales y las prácticas que sí son propias del sistema de conocimiento andino.

Antes de estimar la eficacia de una intervención que combine estos elementos, es necesario establecer si puede implementarse en las condiciones reales de una escuela fiscal urbana y si resulta aceptable para el estudiantado destinatario. Bond et al. (2023), al extender el marco conceptual de los estudios piloto y de factibilidad, sostienen que estos diseños cumplen una función propia dentro del proceso de investigación, orientada a examinar la viabilidad de los procedimientos, la aceptabilidad de la intervención y la estimación de parámetros necesarios para dimensionar un ensayo posterior, y no a producir estimaciones de efecto. Asumir esa función explícitamente evita la sobreinterpretación de resultados obtenidos con diseños que no permiten atribución causal.

En ese marco, el presente estudio se define explícitamente como piloto de factibilidad y aceptabilidad, y se propuso tres objetivos. Ninguno de ellos es estimar la eficacia de la intervención, pregunta que el diseño empleado no está en condiciones de responder y que se reserva para el ensayo posterior. El primero, determinar la factibilidad de implementar módulos de cultivo vertical hidropónico de bajo costo, con integración de saber kichwa saraguro, en una institución fiscal urbana sin áreas verdes activas. El segundo, evaluar la aceptabilidad de la propuesta entre el estudiantado del subnivel medio. El tercero, examinar el comportamiento psicométrico del instrumento construido y estimar los parámetros distribucionales requeridos para el diseño de un estudio cuasiexperimental posterior con grupo de comparación.

2. Método

2.1. Diseño

Se empleó un diseño preexperimental de grupo único con medición antes y después, sin grupo de comparación, con enfoque cuantitativo y alcance descriptivo y exploratorio. Siguiendo la conceptualización de Bond et al. (2023), el estudio se define explícitamente como piloto de factibilidad y aceptabilidad. En consecuencia, el resultado primario es la aceptabilidad estudiantil de la metodología, y los contrastes entre momentos se reportan como información descriptiva del comportamiento del instrumento y de la dirección del cambio observado, sin pretensión de establecer eficacia. Esta precisión es necesaria porque la ausencia de un grupo de comparación impide descartar la maduración, el efecto del propio testeo, la historia, la regresión a la media y la deseabilidad social como explicaciones alternativas del cambio registrado.

2.2. Contexto y participantes

El estudio se realizó en la Unidad Educativa Matilde Hidalgo de Procel, institución de sostenimiento fiscal ubicada en la parroquia Punzara del cantón Loja, provincia de Loja, Ecuador, perteneciente a la Zona 7 del Ministerio de Educación. La institución funciona en zona urbana, con modalidad presencial, jornada matutina y régimen Sierra; atiende los niveles de Educación Inicial y Educación General Básica, con aproximadamente 735 estudiantes matriculados y 23 docentes. De acuerdo con los registros de matrícula, el 18 % del estudiantado del subnivel medio se

autoadscribe como kichwa saraguro, en condición de primera o segunda generación en contexto urbano por migración interna.

Antes de la intervención, la institución contaba con dos camas de suelo directo de tres por cuatro metros, en desuso desde hacía tres años, con suelo arcilloso severamente compactado y empleadas informalmente como depósito de residuos. No existía huerto activo ni experiencia previa de cultivo escolar.

Participó la totalidad del estudiantado del subnivel medio, distribuido en seis grupos intactos correspondientes a los paralelos A y B de quinto, sexto y séptimo grado, con un total de 167 estudiantes de entre 9 y 12 años. No se aplicó muestreo: la población completa del subnivel fue incorporada, lo que constituye un censo del subnivel y no una muestra probabilística. Las características de quienes completaron ambas mediciones se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Características de la muestra analítica

Variable	***Categoría***	***n***	***%***
Sexo	Femenino	76	49.0
	Masculino	79	51.0
Etnia autoadscrita	Mestizo	106	68.4
	Kichwa Saraguro	30	19.4
	Otro	19	12.3
Huerto o plantas en casa	Sí	37	23.9
	No	118	76.1
Grado	Quinto de EGB	51	32.9
	Sexto de EGB	53	34.2
	Séptimo de EGB	51	32.9
Total		155	100.0

Nota. N = 155. EGB = Educación General Básica. Los porcentajes se calculan sobre la muestra analítica, es decir, sobre quienes completaron ambas mediciones.

2.3. Intervención

La intervención se describe siguiendo la lista de verificación TIDieR, con el fin de permitir su replicación.

2.3.1. Denominación y fundamento

Hawa Chakra, expresión kichwa que puede traducirse como chakra elevada, designa un sistema de cultivo vertical instalado sobre superficies murales sin uso. La propuesta se fundamenta en el aprendizaje experiencial y en el aprendizaje basado en proyectos, cuya eficacia sobre el rendimiento académico y las actitudes ha sido documentada en el metaanálisis de Ma y Zhang (2023), y se articula con el principio de diálogo de saberes propio del modelo intercultural ecuatoriano.

2.3.2. Materiales y procedimientos

Se emplearon botellas de tereftalato de polietileno recuperadas, esponjas de germinación, solución nutritiva comercial, cintas de medición de pH y herramientas menores. El sistema siguió el método Kratky de hidroponía pasiva, que no requiere bombas ni suministro eléctrico. Se instalaron seis módulos verticales, uno por paralelo, conformados por veinte botellas cada uno, lo que totalizó 120 puntos de siembra activos. Las especies cultivadas fueron Lactuca sativa L., Coriandrum sativum L., Mentha spicata L. y Raphanus sativus L., esta última cosechada a las cuatro semanas exclusivamente por sus hojas jóvenes, como variante pedagógica destinada a mostrar que la raíz no es la única parte comestible. Adicionalmente se rehabilitaron las dos camas de suelo en desuso.

La secuencia didáctica se organizó en ocho sesiones semanales. La primera abordó el diagnóstico ecológico del establecimiento y la noción andina de allpa, con mapeo de las áreas verdes existentes. La segunda desarrolló los principios físicos del método Kratky. La tercera se destinó a la construcción y el aislamiento lumínico de los módulos. La cuarta trabajó la germinación y el trasplante al sistema. La quinta abordó la química del agua, con medición de pH y nivel y aplicación de solución nutritiva. La sexta se centró en la integración del saber kichwa saraguro. La séptima introdujo el registro en la plataforma de ciencia ciudadana y el mapeo de biodiversidad asociada. La octava comprendió la cosecha, la evaluación y una degustación comunitaria bajo la modalidad de pamba mesa.

Figura 1

Construcción de los módulos verticales con material recuperado



Nota. (a) Estudiantes de séptimo grado fijan las botellas al bastidor de listones. (b) Trabajo simultáneo de varios grados sobre el mismo módulo. Los rostros han sido difuminados de forma irreversible para preservar el anonimato.

El trasplante al sistema se realizó en la cuarta sesión. Cada estudiante preparó su propio punto de siembra, colocó la esponja de germinación y registró la fecha en el diario de aula, procedimiento que se ilustra en la Figura 2.

Figura 2

Germinación y trasplante al sistema hidropónico



Nota. (a) Preparación del sustrato y colocación de plántulas. (b) Trasplante individual acompañado. Los rostros han sido difuminados de forma irreversible para preservar el anonimato.

2.3.3. Componente intercultural

El componente kichwa saraguro se concentró en la sexta sesión y se organizó en torno a la noción de uyway, entendida como crianza recíproca. Frente a la representación de la planta como recurso productivo, se introdujo la comprensión de una relación de cuidado mutuo entre la persona y el cultivo. Un yachakk de la comunidad, abuelo de dos estudiantes del plantel, participó durante treinta minutos exponiendo la relación de reciprocidad con la planta y la incidencia del ciclo lunar en la siembra, y adaptando el principio tradicional de colocación en suelo al sistema de

agua, yaku. Las categorías allpa, yaku y muyu se emplearon de manera transversal en las restantes sesiones. Conforme a lo señalado en la introducción, no se atribuyeron denominaciones kichwa a las especies cultivadas, dado que todas son introducciones posteriores a la conquista y carecen de nombre ancestral en esa lengua.

La procedencia y la validación de estos contenidos requieren precisión, por tratarse de conocimiento que no pertenece al equipo investigador. Las nociones trabajadas en el aula no fueron definidas por el investigador: provienen de transmisión oral y fueron revisadas y validadas por representantes de la comunidad kichwa saraguro, quienes verificaron la pertinencia cultural de la información incluida en el guion de la sesión antes de su aplicación y acordaron el alcance con que cada noción sería presentada a estudiantes de 9 a 12 años. De manera complementaria se consultaron fuentes documentales sobre saberes ancestrales y uso tradicional de plantas en pueblos kichwa del Ecuador (Carranza Patiño et al., 2021; Chávez Velásquez et al., 2024), empleadas para contextualizar y contrastar la información obtenida por vía oral, sin sustituirla como referencia principal. Conviene señalar que ninguna de esas fuentes se refiere específicamente al pueblo saraguro, circunstancia que refuerza el carácter primario de la transmisión oral en este estudio y que es, en sí misma, indicativa del vacío documental sobre este pueblo en la literatura disponible. El consentimiento comunitario para la difusión de estos contenidos se detalla en el apartado 2.7.

El alcance de lo aquí documentado es deliberadamente limitado. Las formulaciones recogidas corresponden a la manera en que una persona mayor de la comunidad transmitió estas nociones en un contexto escolar urbano concreto, y no constituyen ni pretenden constituir una caracterización del conocimiento kichwa saraguro en general. Las afirmaciones del manuscrito sobre este componente se circunscriben a esa experiencia.

El acompañamiento durante las sesiones prácticas combinó la orientación técnica del investigador con la mediación didáctica del docente de aula, modalidad que se recoge en la Figura 3.

Figura 3

Acompañamiento durante las sesiones prácticas



Nota. (a) Orientación individual durante el trasplante. (b) Trabajo en grupo pequeño sobre un mismo módulo. Los rostros han sido difuminados de forma irreversible para preservar el anonimato.

2.3.4. Dosis, responsables y fidelidad

La intervención se desarrolló entre el 20 de julio y el 11 de septiembre de 2026, con una sesión semanal de noventa minutos por paralelo durante ocho semanas, lo que representa doce horas cronológicas efectivas por estudiante. Las sesiones técnico-prácticas estuvieron a cargo del investigador principal, acompañado en todo momento por el docente de Ciencias Naturales, responsable de la transposición didáctica al currículo. Los seis paralelos recibieron el mismo protocolo en intensidad y materiales; la única variación fue el nivel de complejidad del lenguaje empleado por el docente según el grado. Se llevó registro de asistencia por sesión y estudiante, con una asistencia media del 94 %. Se incorporaron al análisis únicamente los casos con asistencia igual o superior al 75 %, es decir, un mínimo de seis de las ocho sesiones.

2.4. Instrumento

Se construyó el Cuestionario de Actitud y Aceptabilidad Hawa Chakra, adaptado a partir de las dimensiones del Environmental Attitudes Inventory en su versión reducida para población infantil y del Science Motivation Questionnaire II, con adaptación transcultural y lingüística al contexto ecuatoriano. La decisión de construir un instrumento propio, en lugar de emplear escalas ya validadas en español como las descritas por Serpa-Barrientos et al. (2023) o Randler et al. (2024), respondió a la necesidad de cubrir simultáneamente motivación científica y disposición hacia el saber ancestral, combinación no contemplada en los instrumentos disponibles. La literatura sobre motivación científica escolar respalda la pertinencia de estas dimensiones (Basileo et al., 2024; Meulenbroeks et al., 2024; Valenzuela-Peñuñuri et al., 2024). El instrumento se organiza en dos partes. La parte A, integrada por siete ítems, evalúa la motivación científico-ambiental y se aplicó en ambos momentos con redacción estrictamente idéntica. La parte B reúne tres indicadores de aceptabilidad percibida, aplicados únicamente en el postest porque interrogan sobre una experiencia que en la línea base aún no había ocurrido. Conviene precisar que estos tres reactivos no constituyen una escala: cada uno indaga un constructo distinto, a saber, la utilidad pedagógica percibida (ítem 8), la facilidad de uso del sistema (ítem 9) y la intención de continuidad del dispositivo (ítem 10). Se conciben, por tanto, como indicadores independientes de aceptabilidad, conforme a la recomendación de reportar por separado las dimensiones de este constructo en estudios de factibilidad (Bond et al., 2023), y no se agregan en una puntuación total. El ítem 2 está redactado en sentido negativo y se recodificó para el análisis, de modo que en todos los casos una puntuación mayor indica una disposición más favorable.

Las respuestas se registraron en una escala Likert de cinco puntos, apoyada visualmente con pictogramas faciales para facilitar la comprensión en el rango etario. Los anclajes verbales fueron: 1, totalmente en desacuerdo; 2, en desacuerdo; 3, ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4, de acuerdo; y 5, totalmente de acuerdo.

Siguiendo las recomendaciones de Maldonado Suárez y Santoyo Telles (2024) sobre validez de contenido, el instrumento fue sometido a dos filtros previos. Un juicio de personas expertas, integrado por dos docentes de Ciencias Naturales de bachillerato y un psicólogo educativo de la institución, evaluó la claridad del lenguaje. Posteriormente se aplicó una prueba piloto mediante entrevista cognitiva a diez estudiantes de octavo año, excluidos de la muestra final, a quienes se

solicitó leer los ítems en voz alta y explicar su comprensión, lo que permitió ajustar los términos de mayor dificultad. Conviene señalar que no se calcularon índices formales de acuerdo entre jueces, como el coeficiente V de Aiken, lo que constituye una limitación del proceso de validación de contenido.

Se registraron además tres covariables: la autoadscripción étnica, la existencia de huerto o plantas en el domicilio y la calificación del quimestre anterior en Ciencias Naturales.

2.5. Procedimiento

El pretest se aplicó los días 13 y 14 de julio de 2026, y el postest el 14 de septiembre de 2026, tres días después del cierre de la intervención. Ambas aplicaciones se realizaron en papel, en formato A5, durante los primeros quince minutos de la hora de tutoría, y estuvieron a cargo del docente tutor de cada paralelo y no del investigador, con el propósito de atenuar la deseabilidad social asociada a la presencia de la persona responsable del proyecto.

El emparejamiento entre mediciones se realizó mediante un código alfanumérico único por estudiante, compuesto por la sigla del proyecto, el curso y el paralelo, y el número de lista. La matriz maestra de correspondencia permaneció bajo custodia del docente tutor, de modo que el investigador recibió únicamente cuestionarios codificados. La digitalización se efectuó mediante doble digitación cruzada: dos personas ingresaron los datos en hojas independientes y las discrepancias se identificaron mediante fórmula condicional y se resolvieron por revisión del cuestionario físico.

2.6. Análisis de datos

El análisis se realizó en Python 3.11, con las bibliotecas pandas, SciPy y statsmodels. La consistencia interna se estimó mediante el alfa de Cronbach y un omega ordinal aproximado a partir de la matriz de correlaciones de Spearman, procedimiento recomendado para datos ordinales frente al uso exclusivo del alfa (Malkewitz et al., 2023), y se examinó la correlación ítem-total corregida de cada reactivo. La normalidad de las diferencias se evaluó con la prueba de Shapiro-Wilk. Dada la naturaleza ordinal de las respuestas y el incumplimiento del supuesto de normalidad, los contrastes intrasujeto se realizaron con la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, y los contrastes entre grupos independientes con la U de Mann-Whitney y la prueba de Kruskal-Wallis.

Los tamaños del efecto se reportan mediante el coeficiente r, calculado como el cociente entre el valor absoluto de Z y la raíz cuadrada del número de casos, y se acompañan, para el contraste global, de la d intrasujeto y de la correlación biserial por rangos, con el fin de ofrecer una caracterización más completa de la magnitud observada. Los intervalos de confianza al 95 % de las diferencias medias se obtuvieron por remuestreo bootstrap con 5 000 réplicas. Para los contrastes por ítem se aplicó la corrección de Holm para comparaciones múltiples.

Se examinó la atrición diferencial comparando a quienes completaron ambas mediciones con quienes causaron baja, en la puntuación basal y en la calificación previa. Se reportan dos análisis en paralelo: uno de casos completos y uno por intención de tratar, este último con arrastre de la línea base para los casos perdidos, lo que constituye el supuesto conservador de ausencia de cambio.

2.7. Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética y Bioética de la Investigación de la Universidad Nacional de Loja mediante Oficio Nro. UNL-CEI-2026-0412-S, de 11 de mayo de 2026, con anterioridad al inicio de la recolección de datos. Se obtuvo consentimiento informado escrito de los padres, madres o representantes legales de la totalidad de participantes, así como asentimiento del estudiantado, a quienes se explicó en lenguaje adecuado a su edad los objetivos, procedimientos y alcances de la investigación. La institución educativa otorgó autorización formal para la ejecución del estudio. La participación fue voluntaria y los datos fueron anonimizados con anterioridad al análisis, conforme a los principios de la Declaración de Helsinki. La participación del yachakk de la comunidad se realizó con su consentimiento expreso y en coordinación con las familias de los estudiantes vinculados. La autorización para publicar el material cultural se tramitó de manera separada y con anterioridad a cualquier difusión, mediante consentimiento informado otorgado por la comunidad del Paraíso de Celén, en Saraguro. Esa autorización comprendió de forma expresa el uso y la publicación de la información cultural recopilada, con respeto a la identidad y a los aportes de quienes la compartieron y conforme a las condiciones establecidas por la instancia comunitaria participante.

Posicionamiento del investigador. Quien suscribe mantiene un vínculo cultural y territorial con la comunidad kichwa saraguro. Esa condición facilitó el acercamiento a personas portadoras de conocimiento y el establecimiento de relaciones de confianza para la recopilación de la

información, y permitió acceder a saberes transmitidos principalmente por vía oral y comprenderlos desde una perspectiva situada. Durante todo el proceso se procuró sostener una postura reflexiva, diferenciando de manera explícita las experiencias y los conocimientos comunitarios de las interpretaciones propias del investigador. Explicitar esta posición permite al lector valorar bajo qué condiciones se accedió al conocimiento comunitario y con qué legitimidad se lo reporta.

El registro fotográfico que acompaña este informe se obtuvo durante las sesiones ordinarias del proyecto. Todos los rostros identificables, tanto de estudiantes como de personas adultas, fueron difuminados de forma irreversible mediante pixelado y desenfoque previo a la preparación del manuscrito, y se suprimió cualquier rótulo que permitiera identificar a personal de la institución. No se difunden imágenes sin tratar. Las fotografías cumplen una función documental de la intervención y no constituyen material de análisis.

3. Resultados

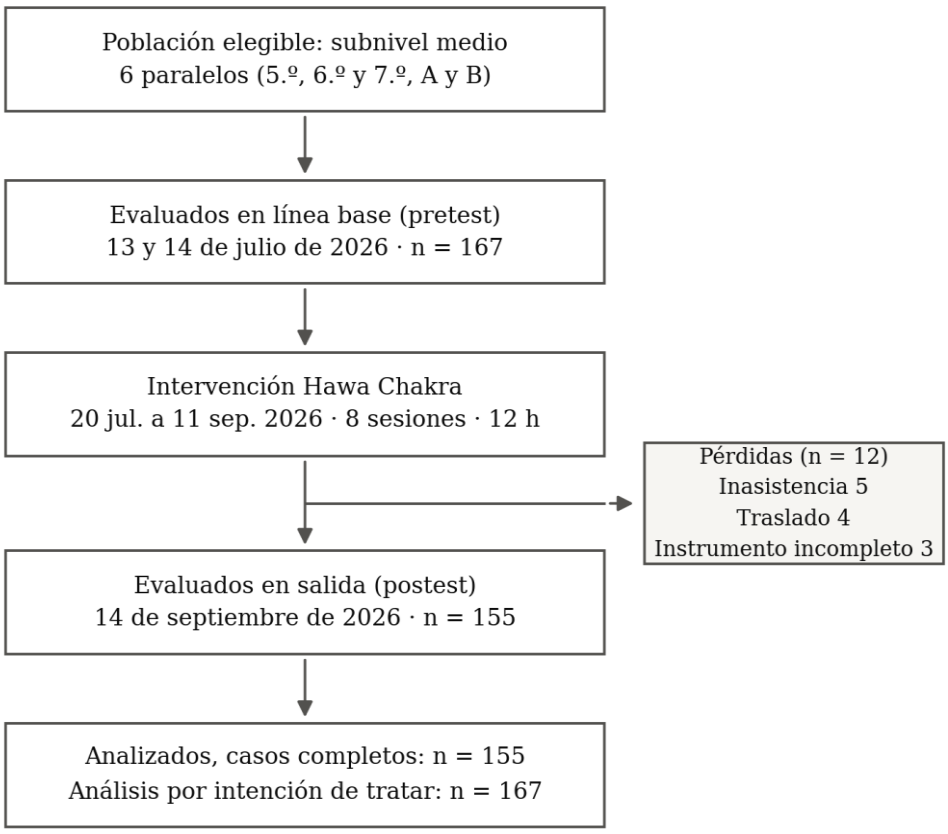
Los resultados se ordenan conforme a la jerarquía propia de un estudio piloto. El apartado 3.5 presenta el resultado primario, la aceptabilidad percibida, y el 3.7 los indicadores de factibilidad de implementación. Los apartados 3.2 a 3.4 reportan el comportamiento del instrumento y el cambio observado entre momentos, que se presentan como información descriptiva destinada a dimensionar un ensayo posterior y no como estimaciones de eficacia. El apartado 3.6 documenta tres características distributivas que condicionan la lectura de todo lo anterior.

3.1. Flujo de participantes y análisis de atrición

De los 167 estudiantes evaluados en la línea base, 155 completaron la medición de salida, lo que representa una retención del 92.8 %. Las doce bajas obedecieron a inasistencia el día de la evaluación en cinco casos, traslado de institución en cuatro y cumplimentación incompleta del instrumento, con más del 20 % de celdas vacías, en tres. La pérdida se distribuyó de manera uniforme, con dos casos en cada uno de los seis paralelos. La Figura 4 presenta el flujo de participantes.

Figura 4

Flujo de participantes



Nota. Elaboración propia.

A diferencia de lo que suele asumirse en estudios de un solo grupo, la atrición no fue aleatoria. Quienes causaron baja presentaban puntuaciones basales sustancialmente menores que quienes completaron el estudio, tanto en la puntuación total del pretest (Mdn de 18.50 frente a 23.00; U = 1474.0; Z = 3.37; p < .001; d = 1.10) como en la calificación previa de Ciencias Naturales (M de 7.38 frente a 7.97; d = 0.99). La magnitud de estas diferencias, cercana a una desviación estándar, indica que el subconjunto perdido correspondía de manera sistemática al estudiantado con menor disposición inicial y menor rendimiento previo.

Esta circunstancia tiene una consecuencia directa sobre la interpretación: la salida selectiva de los casos con puntuación basal más baja infla mecánicamente la diferencia observada entre momentos en el análisis de casos completos. Por esa razón se reporta en paralelo un análisis por intención de tratar con arrastre de la línea base, cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.

3.2. Propiedades psicométricas del instrumento

La subescala de motivación científico-ambiental, integrada por siete ítems, mostró una consistencia interna adecuada en ambos momentos: alfa de Cronbach de .89 en el pretest y de .88 en el postest, con valores de omega ordinal aproximado de .91 y .90 respectivamente. Las correlaciones ítem-total corregidas oscilaron entre .58 y .85 en el pretest, y entre .58 y .82 en el postest, sin que la eliminación de ningún reactivo incrementara la fiabilidad del conjunto. Este comportamiento respalda el tratamiento de los siete ítems como una escala unitaria.

Los tres indicadores de aceptabilidad percibida, en cambio, arrojaron un alfa de Cronbach de .46. Este valor no debe leerse como una deficiencia del instrumento, sino como la confirmación empírica de que los reactivos no conforman una escala unidimensional: el ítem 8 indaga utilidad pedagógica percibida, el ítem 9 facilidad de uso y el ítem 10 intención de continuidad, tres constructos relacionados pero distintos, cuya covariación no tiene por qué ser alta. A ello se suma la restricción del rango de respuesta documentada en el apartado 3.6. En consecuencia, los tres indicadores se analizan e interpretan por separado, y en ningún caso se agregan en una puntuación total ni se presentan como una subescala consolidada.

La prueba de Shapiro-Wilk aplicada a las diferencias entre momentos rechazó la hipótesis de normalidad ($W = 0.91$; $p < .001$), lo que justifica el uso de estadística no paramétrica en los contrastes posteriores.

3.3. Cambio en la motivación científico-ambiental

La puntuación total de la subescala, con un rango teórico de 7 a 35 puntos, pasó de una mediana de 23.00 en el pretest a una mediana de 30.00 en el postest. La prueba de rangos con signo de Wilcoxon indicó que la diferencia es estadísticamente significativa ($Z = -10.93$; $p < .001$). La Tabla 2 presenta el detalle por ítem y la Figura 5 lo representa gráficamente.

Tabla 2

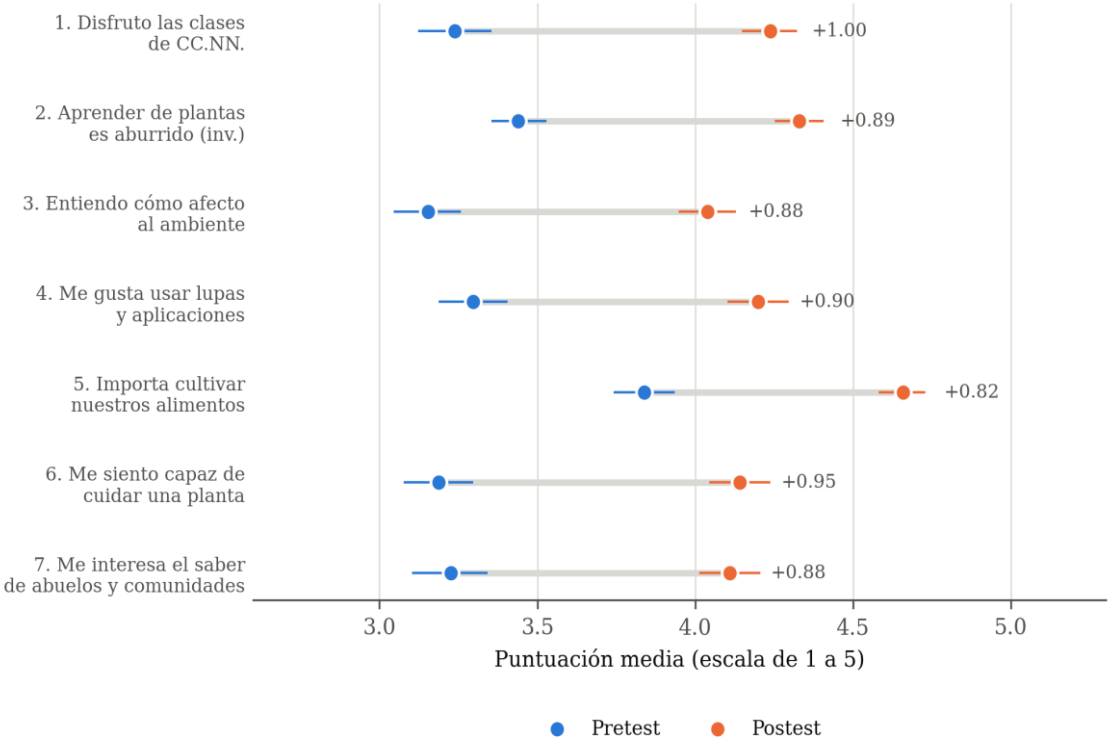
Comparación pretest y postest por ítem de la subescala de motivación científico-ambiental

Ítem	*M pre*	*M post*	*Dif.*	*IC 95 %*	*R. neg.*	*Emp.*	*R. pos.*	*Z*	*r*
1	3.24	4.24	1.00	[0.90, 1.10]	0	12	143	-11.53	.93
2	3.44	4.33	0.89	[0.81, 0.97]	0	19	136	-11.58	.93
3	3.15	4.04	0.88	[0.80, 0.97]	0	20	135	-11.54	.93
4	3.30	4.20	0.90	[0.82, 0.99]	0	18	137	-11.58	.93
5	3.84	4.66	0.82	[0.74, 0.90]	0	28	127	-11.27	.91
6	3.19	4.14	0.95	[0.87, 1.04]	0	11	144	-11.84	.95
7	3.23	4.11	0.88	[0.80, 0.97]	0	20	135	-11.54	.93

Nota. n = 155. M pre = media en el pretest; M post = media en el postest; Dif. = diferencia de medias; IC 95 % = intervalo de confianza bootstrap de la diferencia, con 5 000 réplicas; R. neg. = número de rangos negativos, es decir, estudiantes cuya puntuación descendió; Emp. = empates; R. pos. = rangos positivos. Todas las pruebas de Wilcoxon resultaron significativas con $p < .001$, y así se mantienen tras la corrección de Holm. El coeficiente r se calculó como el valor absoluto de Z dividido por la raíz cuadrada de n. El ítem 2 se presenta ya recodificado.

Figura 5

Medias por ítem en el pretest y el postest, con intervalos de confianza al 95 %



Nota. n = 155. Las barras horizontales representan intervalos de confianza bootstrap con 5 000 réplicas. Las cifras a la derecha indican la diferencia de medias. Escala de respuesta de 1 a 5.

Tabla 3

Contraste global en la puntuación total según estrategia de análisis

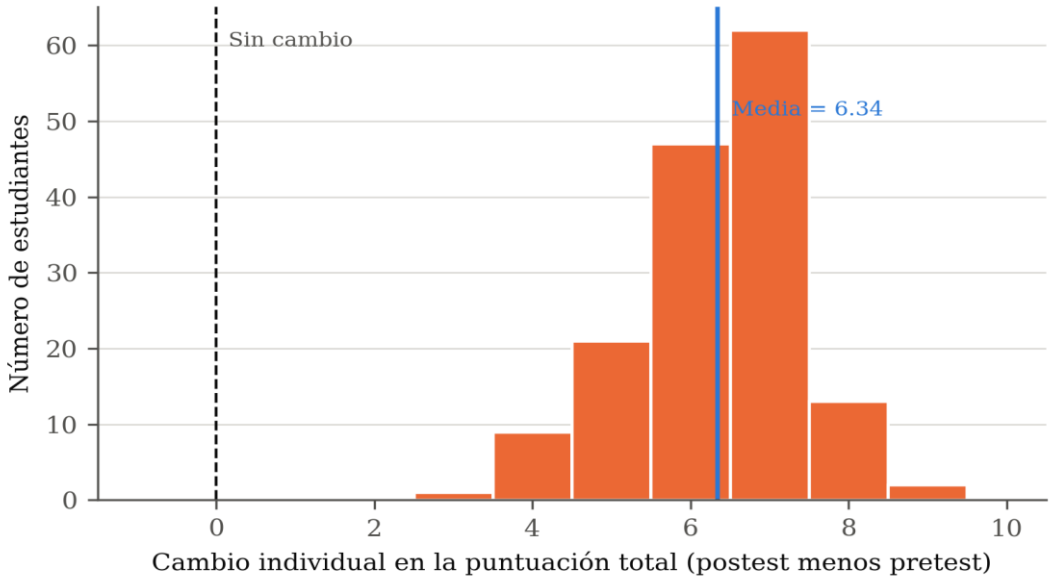
Análisis	*n*	*Mdn pre*	*Mdn post*	*Dif. M (DE)*	*IC 95 %*	*Z*	*r*	*d*
Casos completos	155	23.00	30.00	6.34 (1.08)	[6.17, 6.51]	-10.93	.88	5.85
Intención de tratar	167	23.00	29.00	5.88 (1.94)	[5.59, 6.17]	-10.93	.85	3.02

Nota. El análisis por intención de tratar arrastra la línea base para los doce casos perdidos, lo que equivale a asumir ausencia de cambio en ellos. Dif. M = diferencia de medias; d = d intrasujeto. En ambos análisis p < .001.

Estas cifras requieren una advertencia inmediata. En los dos análisis el número de rangos negativos fue de cero: ninguna persona participante obtuvo una puntuación total inferior en el postest, y tampoco se registraron empates. Esa característica, y no la magnitud del cambio pedagógico, es lo que produce los indicadores de tamaño del efecto reportados, que alcanzan una correlación biserial por rangos de 1.00. Una distribución sin un solo descenso en 155 casos excede lo que cabe esperar del error de medición en autoinformes aplicados a población infantil, de modo que el resultado se presenta aquí como un patrón que exige verificación en una muestra independiente y no como evidencia de un efecto uniforme de la intervención. El apartado 3.6 documenta esta característica junto con otras dos del mismo orden.

Figura 6

Distribución del cambio individual en la puntuación total



Nota. n = 155. El eje horizontal representa la diferencia entre la puntuación del postest y la del pretest. La línea discontinua marca la ausencia de cambio.

3.4. Análisis por subgrupos

Se examinaron tres agrupaciones definidas a priori. Los resultados difieren en aspectos relevantes de lo que cabría esperar.

En cuanto al sexo, se registraron diferencias significativas en ambos momentos, con puntuaciones más altas en el grupo femenino tanto en el pretest (M de 24.95 frente a 21.87; Z = 4.93; p < .001; r = .40) como en el postest (M de 30.92 frente a 28.56; Z = 4.75; p < .001; r = .38). Dado que la diferencia ya estaba presente en la línea base y su magnitud se mantuvo estable, se interpreta como una característica preexistente de la población y no como un efecto diferencial de la intervención.

Respecto de la experiencia previa con plantas en el domicilio, quienes declararon tenerla iniciaron con una ventaja considerable (M de 27.89 frente a 21.97; Z = 8.42; p < .001; r = .68) y la conservaron en el postest (M de 33.24 frente a 28.61; Z = 8.17; p < .001; r = .66). Es decir, la brecha no se cerró. No obstante, la ganancia fue mayor en quienes carecían de experiencia previa (M de 6.64 frente a 5.35; Z = -5.64; p < .001; r = .45), lo que sugiere un gradiente compensatorio en la magnitud del cambio, aunque insuficiente para igualar los niveles finales. Parte de este patrón es atribuible al efecto techo que afecta al grupo con mayor puntuación basal.

En relación con la pertinencia cultural, el ítem 7, relativo al interés por el saber de las personas mayores y las comunidades indígenas, mostró puntuaciones significativamente superiores en el estudiantado kichwa saraguro frente a sus pares mestizos en el postest (M de 4.77 frente a 3.90; Z = 6.00; p < .001; r = .51). La prueba de Kruskal-Wallis confirmó diferencias entre los tres grupos de autoadscripción (H = 51.15; p < .001; épsilon cuadrado = .32). Ahora bien, esa diferencia ya existía en la línea base con magnitud equivalente (M de 4.03 frente a 2.94; Z = 6.06; p < .001; r = .52), por lo que debe leerse como expresión de una disposición cultural previa y no como resultado del componente intercultural de la intervención.

3.5. Aceptabilidad percibida de la intervención

El resultado primario del estudio arrojó valores muy elevados en las tres dimensiones evaluadas, que se reportan por separado por las razones expuestas en el apartado 3.2. La utilidad pedagógica percibida (ítem 8) alcanzó una media de 4.75; la facilidad de uso del sistema (ítem 9), de 4.47; y la intención de continuidad del dispositivo (ítem 10), de 4.88, con un 87.7 % de respuestas en la categoría máxima. La totalidad del estudiantado se manifestó de acuerdo o totalmente de acuerdo con los tres indicadores. La Tabla 4 y la Figura 7 presentan el detalle.

Tabla 4

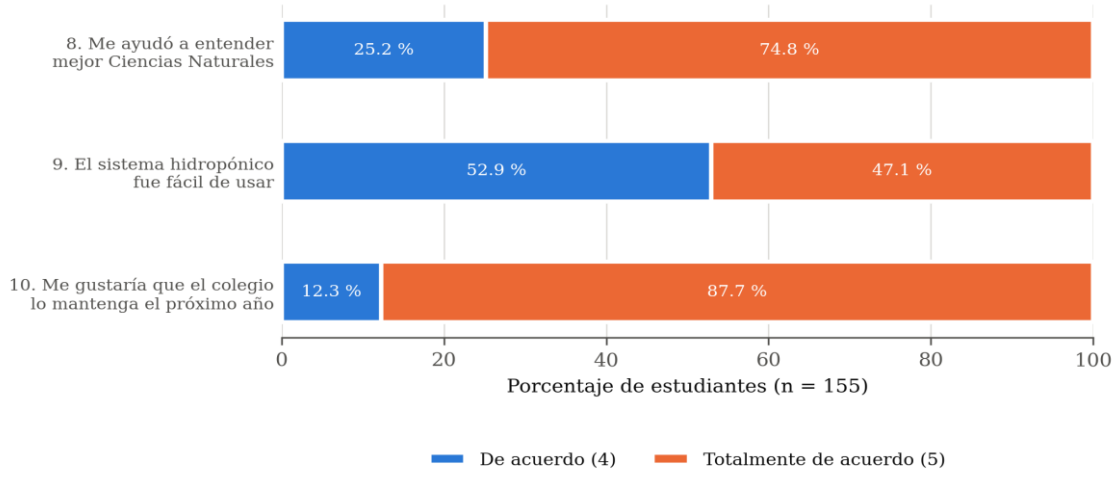
Indicadores de aceptabilidad percibida, reportados por separado

Ítem	*M*	*DE*	*Mdn*	*% cat. 4*	*% cat. 5*	*% 4 y 5*
8. Me ayudó a entender mejor Ciencias Naturales	4.75	0.44	5	25.2	74.8	100.0
9. El sistema hidropónico fue fácil de usar	4.47	0.50	4	52.9	47.1	100.0
10. Me gustaría que el colegio lo mantenga	4.88	0.33	5	12.3	87.7	100.0

Nota. n = 155. Cat. 4 = de acuerdo; cat. 5 = totalmente de acuerdo. Ninguna respuesta se situó en las categorías 1, 2 o 3 en estos tres reactivos. Los indicadores corresponden a constructos distintos y no se agregan en una puntuación total.

Figura 7

Distribución de respuestas en los indicadores de aceptabilidad



Nota. n = 155. No se registraron respuestas en las categorías 1, 2 ni 3.

3.6. Características distributivas que condicionan la interpretación

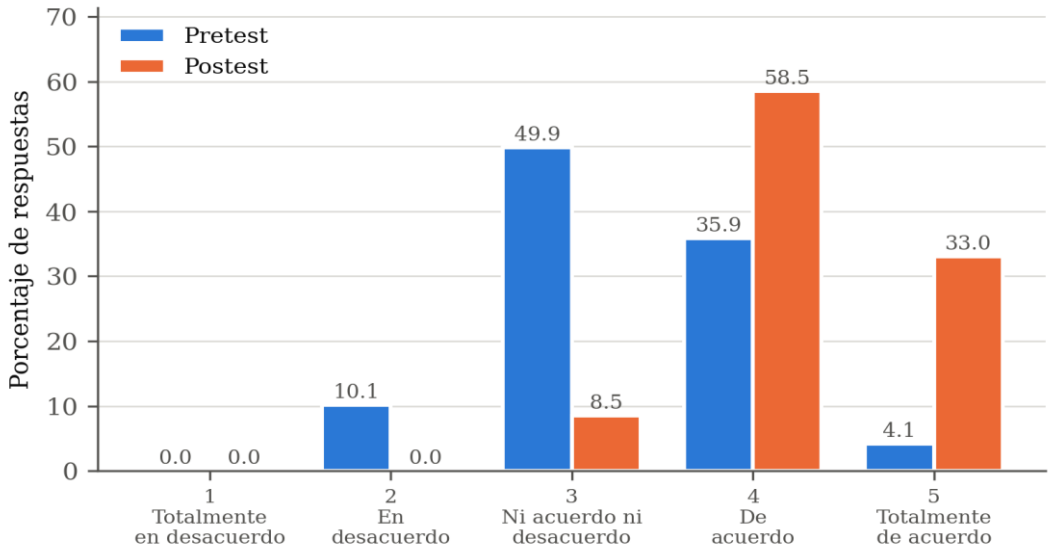
El análisis identificó tres rasgos de la distribución de los datos que deben explicitarse, ya que restringen de manera sustantiva las inferencias admisibles y son, en sí mismos, un resultado del estudio piloto.

El primero es la ausencia completa de descensos individuales. Sobre un total de 1 085 comparaciones ítem-persona, correspondientes a 155 estudiantes en siete reactivos, se registraron 957 incrementos, 128 empates y ningún descenso. En la puntuación total, los 155 casos mejoraron, sin empates ni retrocesos. Una distribución de esta naturaleza es infrecuente en mediciones de autoinforme aplicadas a población infantil, donde el error de medición suele producir fluctuaciones en ambas direcciones, y constituye la explicación directa de la magnitud extrema de los indicadores de tamaño del efecto reportados en la Tabla 3. Este hallazgo se reporta de manera deliberada como una característica de los datos pendiente de verificación: su confirmación o refutación en una cohorte independiente, con instrumentos y administradores distintos, es un objetivo específico del estudio posterior que se propone en las conclusiones.

El segundo es un marcado efecto techo. En el postest, el 65.8 % de las respuestas al ítem 5 y el 87.7 % de las respuestas al ítem 10 se situaron en la categoría máxima, y el 7.1 % del estudiantado alcanzó la puntuación total máxima posible. Adicionalmente, la categoría 1 de la escala no fue empleada en ningún reactivo ni en ningún momento de medición, y en el postest la categoría 2 tampoco registró uso. La Figura 8 presenta la distribución de respuestas en ambos momentos. Esta restricción de rango contribuye al bajo coeficiente alfa de los indicadores de aceptabilidad y limita la capacidad del instrumento para detectar variación en el extremo superior.

Figura 8

Distribución de respuestas por categoría en el pretest y el postest



Nota. n = 155. Porcentajes calculados sobre el conjunto de respuestas a los siete ítems de la subescala de motivación.

El tercero es la magnitud de la asociación entre la calificación previa de Ciencias Naturales y la puntuación basal del cuestionario, que alcanzó una correlación de Spearman de .97. Un valor de esta magnitud entre una calificación escolar y un autoinforme de motivación excede ampliamente lo documentado en la literatura sobre la relación entre rendimiento y variables actitudinales, e indica que ambas mediciones no funcionaron como indicadores independientes en esta muestra. La calificación previa también se asoció inversamente con la ganancia (rho = -.66), patrón esperable en presencia de efecto techo pero que, combinado con la asociación anterior, aconseja cautela en el uso de esta covariable.

Estos tres rasgos se reportan de manera explícita porque un estudio piloto tiene, entre sus funciones declaradas, la de identificar el comportamiento real de los instrumentos y procedimientos antes de comprometer recursos en un ensayo de mayor escala (Bond et al., 2023). Su implicación práctica se desarrolla en los apartados de discusión y limitaciones.

3.7. Factibilidad de implementación y evidencia complementaria

Los indicadores de factibilidad resultaron favorables. Se instalaron los seis módulos previstos, uno por paralelo, con veinte botellas cada uno y un total de 120 puntos de siembra

activos. La asistencia media a las sesiones alcanzó el 94 %, y la totalidad de los grupos completó las ocho sesiones programadas. Se rehabilitaron además las dos camas de suelo en desuso. La cosecha del 11 de septiembre produjo 14.8 kilogramos de biomasa foliar de lechuga y 3.2 kilogramos de hierbabuena y cilantro. El pH de la solución nutritiva se mantuvo en el rango de 6.0 a 6.5 durante todo el periodo, y la longitud radicular media final de la lechuga fue de 18.4 centímetros (DE = 3.2).

En el componente de ciencia ciudadana se registraron 115 observaciones correspondientes a 18 especies. Por las restricciones de edad de la plataforma, se emplearon seis cuentas de aula y el docente consignó en bitácora física la autoría individual de cada fotografía. Los registros incluyeron tanto las especies cultivadas como la entomofauna asociada a los módulos, entre ella Hippodamia convergens, Apis mellifera, Pieris rapae y áfidos de la familia Aphididae. La disponibilidad de este registro conductual, independiente del autoinforme, constituye uno de los activos metodológicos del proyecto, si bien en el presente estudio se reporta de manera descriptiva y a escala de grupo, sin vinculación individual con las puntuaciones del cuestionario.

La Figura 9 documenta el estado final de uno de los módulos y la rehabilitación del área de suelo que la institución mantenía en desuso.

Figura 9

Módulo instalado y rehabilitación del área de suelo en desuso



Nota. (a) Módulo de doce puntos de siembra en su emplazamiento definitivo, durante la presentación a la comunidad educativa. (b) Rehabilitación de una de las dos camas de suelo que permanecían en desuso desde hacía tres años. Los rostros han sido difuminados de forma irreversible para preservar el anonimato.

4. Discusión

El propósito de este estudio piloto fue determinar si una intervención de cultivo vertical hidropónico con integración de saber kichwa saraguro resulta implementable y aceptable en una escuela fiscal urbana sin áreas verdes activas. En ambos aspectos la respuesta es afirmativa y con márgenes amplios. La discusión que sigue se organiza en torno a esas dos preguntas, que son las que el diseño permite responder, y trata todo lo relativo al cambio en la motivación como material para el diseño de un estudio posterior.

Respecto de la factibilidad, la instalación de seis módulos funcionales con materiales recuperados, una asistencia media del 94 % y la obtención de cosecha en las ocho semanas previstas indican que el dispositivo es viable con recursos mínimos y sin infraestructura especializada. Este hallazgo tiene relevancia práctica directa, ya que la principal barrera para el huerto escolar convencional, la disponibilidad de suelo, queda efectivamente sorteada. La rehabilitación adicional de las camas en desuso sugiere, además, un efecto colateral sobre el uso del espacio escolar que merecería documentación específica.

Respecto de la aceptabilidad percibida, el respaldo unánime a los tres indicadores, y en particular el 87.7 % de respuestas en la categoría máxima al indicador de continuidad, constituye el resultado primario del estudio. Conviene precisar que se trata de tres dimensiones diferenciadas y no de una medida única: el estudiantado valoró de forma consistentemente alta la utilidad pedagógica, la facilidad de uso y la continuidad deseada, pero cada juicio responde a una pregunta distinta y así debe leerse. La disposición del estudiantado a mantener el dispositivo el año siguiente es un indicador de sostenibilidad percibida que resulta pertinente para la toma de decisiones institucionales. Este resultado se alinea con la literatura que atribuye a las intervenciones basadas en contacto directo con el entorno una mayor capacidad de involucramiento que la instrucción declarativa (García-Vera y Guerra-Castellanos, 2024; Veloz-Ronquillo, 2024), y con la evidencia metaanalítica sobre aprendizaje basado en proyectos en educación primaria y secundaria (Ma y Zhang, 2023) y sobre aprendizaje por indagación (Morris, 2025). Resultados convergentes se han reportado en propuestas ambientales de base proyectual con estudiantado escolar en otros contextos (Kosherbayeva et al., 2026).

Ahora bien, la interpretación del cambio observado en la subescala de motivación exige prudencia considerable. La magnitud registrada excede en un orden de magnitud lo reportado

habitualmente en intervenciones educativas de duración comparable, y la ausencia total de descensos individuales sobre 1 085 comparaciones constituye un patrón que no admite lectura directa como estimación de eficacia. La lectura que aquí se sostiene es la siguiente: no se afirma que la intervención produjera una mejora uniforme en todo el estudiantado, sino que los datos presentan una regularidad poco habitual cuyo origen este diseño no permite discriminar y cuya replicabilidad está por establecer. Se identifican al menos cuatro explicaciones plausibles que el diseño empleado no permite discriminar. La primera es la deseabilidad social, particularmente intensa en un contexto en el que el estudiantado participó en una experiencia novedosa, celebrada con una feria de cierre, y respondió un cuestionario tres días después de esa celebración; se trata de un sesgo bien documentado en autoinformes y cuya medición presenta dificultades propias en contextos colectivistas (Nurumov et al., 2022). La segunda es el efecto del propio testeo, dado que los reactivos fueron idénticos en ambos momentos. La tercera es el efecto de novedad asociado a cualquier innovación introducida en una rutina escolar establecida. La cuarta es la ausencia de contrafactual, que impide descartar maduración o eventos concurrentes. La coincidencia temporal del postest con la feria de cierre representa, en retrospectiva, una decisión de diseño que debería modificarse en estudios posteriores. A ello se suma que los patrones de respuesta uniforme en el extremo superior de la escala, como los aquí observados, constituyen una causa reconocida de efecto techo en instrumentos de autoinforme (Meier, 2022).

Los análisis por subgrupos aportan dos matices de interés teórico. El primero es que la diferencia favorable al estudiantado con autoadscripción kichwa saraguro en el ítem sobre saberes tradicionales ya estaba presente antes de la intervención y con magnitud equivalente. Lejos de debilitar el argumento de pertinencia cultural, este hallazgo lo precisa: en esta muestra existía una disposición previa hacia el conocimiento de los mayores que la escuela urbana no estaba capitalizando, y que una propuesta como la descrita permite incorporar como recurso didáctico en lugar de dejarla al margen del currículo. La afirmación se limita a los treinta estudiantes de este grupo y no se extiende a la población saraguro en general. Esta observación resulta coherente con lo señalado por Wan Razab et al. (2026) y Latip et al. (2024) sobre la contribución de los sistemas de conocimiento indígena a la pertinencia del aprendizaje científico. El segundo matiz es que la brecha asociada a la experiencia doméstica previa no se cerró, aunque la ganancia fue mayor entre quienes carecían de ella. La lectura compensatoria, por tanto, solo se sostiene en términos de magnitud del cambio y no de igualación de niveles.

Conviene destacar el valor metodológico del componente de ciencia ciudadana. Las 115 observaciones registradas constituyen evidencia conductual independiente del autoinforme, y su incorporación como variable de resultado, con vinculación individual y análisis de persistencia posterior al retiro del acompañamiento, representa la vía más prometedora para superar la limitación central de este estudio. La literatura sobre ciencia ciudadana en contextos formativos ha documentado precisamente la utilidad de estos registros como indicadores objetivos, así como la presencia de efectos techo en las medidas de autoeficacia autoinformada (Tillotson-Chavez y Weber, 2024). La revisión sistemática de Finger et al. (2023) sintetiza los desenlaces educativos y científicos de estas iniciativas, mientras que Smith et al. (2025) proponen un marco teórico específico para la ciencia participativa de base escolar y Simms et al. (2024) muestran cómo derivar resultados de aprendizaje de un proyecto de ciencia ciudadana articulado al currículo.

Finalmente, la decisión de no atribuir denominaciones kichwa a las especies cultivadas merece comentario. Las cuatro especies empleadas son introducciones posteriores a la conquista y carecen de nombre ancestral en esa lengua; asignárselo habría constituido una invención de patrimonio fácilmente identificable por un lector saraguro. La integración intercultural se sostuvo, en cambio, sobre categorías relacionales transmitidas y validadas por una persona mayor de la comunidad, según el procedimiento descrito en el apartado 2.3.3. Esta distinción entre integración sustantiva y folclorización terminológica constituye, a juicio de quien suscribe, una consideración de diseño relevante para futuras propuestas interculturales en enseñanza de las ciencias.

5. Limitaciones

La limitación principal es el diseño. Un estudio de grupo único con medición antes y después no permite atribución causal, ya que carece de contrafactual y no controla la maduración, el efecto del testeo, la historia, la regresión a la media ni la deseabilidad social. El presente trabajo no estima, en consecuencia, la eficacia de la intervención.

La segunda limitación es la atrición diferencial documentada en el apartado 3.1. La salida selectiva del estudiantado con menor puntuación basal, con diferencias cercanas a una desviación estándar, infla la diferencia observada en el análisis de casos completos. El análisis por intención de tratar atenúa parcialmente este sesgo, pero no lo elimina.

La tercera limitación se refiere a las características distributivas descritas en el apartado 3.6. La ausencia de descensos individuales, el efecto techo y la magnitud de la asociación entre la calificación previa y la puntuación basal restringen la capacidad interpretativa de los contrastes y aconsejan que las estimaciones aquí reportadas no se empleen como parámetros de referencia sin verificación independiente. En particular, la correlación de .97 entre la calificación de Ciencias Naturales y el puntaje pretest requiere examen antes de utilizar esa covariable en análisis posteriores.

La cuarta limitación es instrumental. La validación de contenido se apoyó en juicio de personas expertas y entrevista cognitiva, sin cálculo de índices formales de acuerdo. Los tres indicadores de aceptabilidad percibida, al corresponder a constructos distintos y presentar rango restringido, no admiten tratamiento agregado y se reportan por separado; medir cada dimensión con varios reactivos exigiría un instrumento más extenso. Tampoco se examinó la invarianza factorial longitudinal, requisito para comparar medias entre momentos con plena garantía métrica y cuya omisión puede distorsionar las estimaciones de cambio (Choi, 2024).

La quinta limitación es la dependencia del autoinforme como fuente principal. Los registros de ciencia ciudadana y las mediciones biométricas se recogieron a escala grupal y no permiten triangulación individual.

La sexta limitación atañe a la naturaleza de los desenlaces. El estudio se centró en cambios actitudinales y en la percepción del estudiantado, sin incorporar indicadores ambientales objetivos. No se evaluó, por tanto, si la intervención modificó prácticas ambientales observables, ni se midió su contribución efectiva a la conservación de agrobiodiversidad más allá del registro descriptivo de especies. La aportación ambiental del dispositivo, a diferencia de su viabilidad y su recepción, queda sin establecer.

La séptima limitación concierne al componente intercultural. Se documenta una experiencia única, de treinta minutos de participación comunitaria directa dentro de una secuencia de doce horas, en un contexto escolar urbano. Ese alcance no permite evaluar la profundidad del diálogo de saberes alcanzado ni extraer conclusiones sobre la transmisión intergeneracional del conocimiento kichwa saraguro, y las formulaciones recogidas corresponden a una sola voz de la comunidad.

Por último, el estudio se realizó en una sola institución, lo que restringe la generalización. Los seis paralelos constituyen conglomerados anidados en un único centro, de modo que no es posible separar el efecto de la intervención del efecto del contexto institucional.

6. Conclusiones

La intervención Hawa Chakra es implementable en una escuela fiscal urbana sin áreas verdes activas, con materiales recuperados, sin suministro eléctrico y en un plazo de ocho semanas, y alcanza niveles de aceptabilidad muy elevados entre el estudiantado del subnivel medio. Ambos hallazgos, que constituyen los objetivos declarados de un estudio piloto, quedan establecidos con claridad.

El instrumento de motivación científico-ambiental presentó consistencia interna adecuada y un comportamiento ítem-total satisfactorio, por lo que resulta utilizable en estudios posteriores previa incorporación de reactivos que amplíen el rango en el extremo superior y previo examen de invarianza longitudinal. Los indicadores de aceptabilidad percibida requieren reformulación: medir utilidad pedagógica, facilidad de uso e intención de continuidad como dimensiones diferenciadas demanda al menos tres reactivos por dimensión.

El cambio observado en la motivación no debe interpretarse como evidencia de eficacia. Las características distributivas documentadas, junto con la ausencia de grupo de comparación, obligan a tratar esa diferencia como información descriptiva y no como estimación de efecto.

De lo anterior se desprende una agenda concreta. El siguiente paso es un estudio con grupo de comparación, para el cual existen condiciones favorables: una institución de perfil sociodemográfico similar se ubica a 800 metros del centro participante y podría incorporarse como control de lista de espera. Se recomienda un diseño con al menos tres olas de medición, asignación escalonada entre conglomerados, preinscripción del protocolo, verificación de la invarianza longitudinal del instrumento (Choi, 2024) y aplicación del postest en un momento desvinculado de las actividades de celebración.

Ese estudio debería, además, desplazar el peso de la medición desde el autoinforme hacia indicadores ambientales objetivos. Cuatro resultan viables con los recursos ya disponibles y convierten en verificable lo que aquí solo se describe. El primero es la biodiversidad efectivamente registrada, con las observaciones de ciencia ciudadana vinculadas a cada estudiante, el número de

especies distintas documentadas y la proporción que alcanza grado de investigación en la plataforma. El segundo es la permanencia de los módulos, medida como proporción de puntos de siembra activos a los seis y doce meses del retiro del acompañamiento externo, que es la prueba real de sostenibilidad frente a la intención declarada. El tercero es la reutilización de materiales, cuantificada como masa de residuo plástico incorporada al dispositivo y mantenida fuera del flujo de desecho durante el periodo de seguimiento. El cuarto son las prácticas ambientales observables en el establecimiento, como la separación de residuos o el uso del agua, registradas mediante observación estructurada y no mediante declaración del estudiantado. La verificación de la ausencia de descensos individuales documentada en el apartado 3.6 constituye un objetivo específico adicional de ese estudio. Un diseño con esas características permitiría estimar el efecto de la propuesta y, en particular, discriminar la contribución específica del componente intercultural mediante una condición que lo excluya.

Declaraciones

Aprobación ética y consentimiento

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética y Bioética de la Investigación de la Universidad Nacional de Loja mediante Oficio Nro. UNL-CEI-2026-0412-S, de 11 de mayo de 2026, con anterioridad al inicio de la recolección de datos. Se obtuvo consentimiento informado escrito de los representantes legales, asentimiento del estudiantado y autorización institucional. La publicación del material cultural kichwa saraguro cuenta con consentimiento informado de la comunidad del Paraíso de Celén, en Saraguro, obtenido con anterioridad a cualquier difusión.

Disponibilidad de datos

La base de datos anonimizada, el libro de códigos y las salidas completas del análisis se encuentran disponibles como material suplementario y pueden solicitarse a la persona autora de correspondencia.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento de agencias públicas, comerciales ni de entidades sin fines de lucro.

Agradecimientos

El proyecto se desarrolló en el marco de la Academia Climática y de Biodiversidad de UNICEF Ecuador, cuyos espacios de formación aportaron a la preparación del autor en participación juvenil y acción climática. Se agradece a la comunidad educativa de la institución participante, y de manera particular al docente de Ciencias Naturales que asumió la transposición didáctica de las sesiones, así como al yachakk que compartió su conocimiento sobre la crianza recíproca y el ciclo lunar en la siembra. Se agradece de manera particular a la comunidad del Paraíso de Celén, en Saraguro, por la revisión de los contenidos culturales y por la autorización para difundirlos.

Conflicto de intereses

La persona autora declara no tener conflictos de interés.

Referencias

Ayala Gómez, X. M., & Gómez Bautista, K. V. (2025). Estrategias de mejora en la educación ambiental escolar: Una revisión sistemática. *Aula Virtual, 6*(13). https://doi.org/10.5281/zenodo.17298893

Basileo, L. D., Otto, B., Lyons, M., Vannini, N., & Toth, M. D. (2024). The role of self-efficacy, motivation, and perceived support of students' basic psychological needs in academic achievement. *Frontiers in Education, 9*, 1385442. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1385442

Bond, C., Lancaster, G. A., Campbell, M., Chan, C., Eddy, S., Hopewell, S., Mellor, K., Thabane, L., & Eldridge, S. (2023). Pilot and feasibility studies: Extending the conceptual framework. *Pilot and Feasibility Studies, 9*, 24. https://doi.org/10.1186/s40814-023-01233-1

Camacho Castillo, B. del R., Maza Guamán, M. P., Pizarro Duran, T. de J., Chapi Aguirre, X. P., Calle Calle, R. C., & Ochoa Malhaber, C. D. (2024). Conciencia ambiental en estudiantes de básica y bachillerato: Estrategias para abordar la escasez de agua. *Revista InveCom, 5*(2), 1-7. https://doi.org/10.5281/zenodo.13826192

Cardenas, T., Teixidor-Toneu, I., Navarrete, I., Montufar, R., & Dangles, O. (2025). Divergent knowledge and perceptions of insects by organic and non-organic farming in the Ecuadorian Andes. *Agriculture and Human Values, 42*(3), 2093-2109. https://doi.org/10.1007/s10460-025-10755-8

Carranza Patiño, H. M., Tubay Moreira, M. F., Espinoza Briones, H. B., & Chang Muñoz, W. L. (2021). Saberes ancestrales: Una revisión para fomentar el rescate y revalorización en las comunidades indígenas del Ecuador. *Journal of Science and Research, 6*(3), 112-128. https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/es/article/view/1205

Chan, C. L., Tan, P. Y., & Gong, Y. Y. (2022). Evaluating the impacts of school garden-based programmes on diet and nutrition-related knowledge, attitudes and practices among the school children: A systematic review. *BMC Public Health, 22*, 1251. https://doi.org/10.1186/s12889-022-13587-x

Chávez Velásquez, C. R., Sinaluisa Pilco, A. M., Lema Palaquibay, L. F., Velasteguí Arévalo, P. A., Ureña Moreno, J. E., Yépez Noboa, A. M., Latimer, J. B., & Sarmiento, F. O. (2024). The heritagescape of Kichwa people of Nizag built upon traditional plant usage along a Chimborazo variant of the Andean Road System or Qhapaq Ñan. *Geographies, 4*(3), 537-562. https://doi.org/10.3390/geographies4030029

Choi, I.-H. (2024). The impact of measurement noninvariance across time and group in longitudinal item response modeling. *Asia Pacific Education Review, 25*(4), 911-924. https://doi.org/10.1007/s12564-023-09907-4

Douglas, F., Beasy, K., Sollis, K., & Flies, E. J. (2024). Online, experiential sustainability education can improve students' self-reported environmental attitudes, behaviours and wellbeing. *Sustainability, 16*(6), 2258. https://doi.org/10.3390/su16062258

Finger, L., van den Bogaert, V., Schmidt, L., Fleischer, J., Stadtler, M., Sommer, K., & Wirth, J. (2023). The science of citizen science: A systematic literature review on educational and scientific outcomes. *Frontiers in Education, 8*, 1226529. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1226529

García-Vera, O. Y., & Guerra-Castellanos, Y. B. (2024). Empoderamiento de la conciencia ambiental en estudiantes de primaria. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 9*(17), 411-427. https://doi.org/10.35381/r.k.v9i17.3263

Granato, C., Campera, M., & Bulbert, M. (2025). Active learning affects children's intention to act and awareness of the importance of nature and understanding environmental change. *World, 6*(2), 36. https://doi.org/10.3390/world6020036

Hajj-Hassan, M., Chaker, R., & Cederqvist, A.-M. (2024). Environmental education: A systematic review on the use of digital tools for fostering sustainability awareness. *Sustainability, 16*(9), 3733. https://doi.org/10.3390/su16093733

Holloway, T. P., Dalton, L., Hughes, R., Jayasinghe, S., Patterson, K. A. E., Murray, S., Soward, R., Byrne, N. M., Hills, A. P., & Ahuja, K. D. K. (2023). School gardening and health and well-being of school-aged children: A realist synthesis. *Nutrients, 15*(5), 1190. https://doi.org/10.3390/nu15051190

Kopbossyn, A., Laiskhanov, S., Aksoy, B., Tokbergenova, A., Nametkulov, M., & Kozybakova, A. (2025). Integrated STEM for sustainability in school and early teacher education: A systematic review (2019-2025). *Frontiers in Education, 10*, 1697058. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1697058

Kosherbayeva, S., Karbaeva, S., Umirzakova, N., Amirasheva, B., Tulenova, U., & Amantayeva, A. (2026). Project-based environmental education for developing socio-ecological values and sustainable behaviour among Kazakhstani school students. *Frontiers in Education, 11*, 1794619. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1794619

Kosta, A. D., Keramitsoglou, K. M., & Tsagarakis, K. P. (2025). Circular economy and sustainable development in primary education. *Frontiers in Sustainability, 6*, 1414055. https://doi.org/10.3389/frsus.2025.1414055

Latip, A., Hernani, & Kadarohman, A. (2024). Local and indigenous knowledge (LIK) in science learning: A systematic literature review. *Journal of Turkish Science Education, 21*(4), 651-667. https://doi.org/10.36681/tused.2024.035

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

Maldonado Suárez, N., & Santoyo Telles, F. (2024). Validez de contenido por juicio de expertos: Integración cuantitativa y cualitativa en la construcción de instrumentos de medición. *REIRE. 17* (2), 4-19. https://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/view/46238

Malkewitz, C. P., Schwall, P., Meesters, C., & Hardt, J. (2023). Estimating reliability: A comparison of Cronbach's alfa, McDonald's omega t and the greatest lower bound. *Social Sciences & Humanities Open, 7*(1), 100368. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2022.100368

Medina-Arboleda, I. F., & Páramo, P. (2024). La educación ambiental y para el cambio climático en Latinoamérica: Una revisión de alcance. (1), 63-93. https://doi.org/10.14349/sumapsi.2024.v31.n1.8

Meier, S. T. (2022). Investigation of causes of ceiling effects on working alliance measures. *Frontiers in Psychology, 13*, 949326. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.949326

Meulenbroeks, R., van Rijn, R., & Reijerkerk, M. (2024). Fostering secondary school science students' intrinsic motivation by inquiry-based learning. *Research in Science Education, 54*(3), 339-358. https://doi.org/10.1007/s11165-023-10139-0

Morris, D. L. (2025). Rethinking science education practices: Shifting from investigation-centric to comprehensive inquiry-based instruction. *Education Sciences, 15*(1), 73. https://doi.org/10.3390/educsci15010073

Nurumov, K., Hernández-Torrano, D., Ait Si Mhamed, A., & Ospanova, U. (2022). Measuring social desirability in collectivist countries: A psychometric study in a representative sample from Kazakhstan. *Frontiers in Psychology, 13*, 822931. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.822931

Pulido-López, P. C., & García-Vinuesa, A. (2025). Investigación educativa sobre el cambio climático en estudiantes de secundaria adelantada en América Latina. *Revista Mexicana de Investigación Educativa, 30*(107), 1123-1155. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662025000401123

Quichimbo Saquichagua, F. F., Cabrera Mogrovejo, T. P., Arichabala Castro, J. A., & Verdugo Guamán, M. E. (2023). Proceso metodológico del modelo de Educación Intercultural Bilingüe en el Ecuador: Construcción del diálogo de saberes, la interculturalidad y la diversidad. *Chakiñan. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 20*, 178-195. https://doi.org/10.37135/chk.002.20.10

Randler, C., Härtel, T., & de Almeida Barbosa, R. (2024). Development and psychometric validation of a brief scale to measure environmental perception based on the 2-major environmental values model in adolescents and adults. BMC Psychology, 12, 300. https://doi.org/10.1186/s40359-024-01788-5

Sanipatin, Y. (2023). Los saberes ancestrales como parte del modelo educativo actual en el Ecuador: Análisis. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 4*(2), 3772-3783. https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.869

Serpa-Barrientos, A., Pérez-Flores, E. G., Bellido-Figueroa, G. M., & Saintila, J. (2023). Evidence of validity and reliability of the environmental action scale in Peruvian university students. *Frontiers in Psychology, 14*, 1232397. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1232397

Simms, W., DeMattia, E., Watson, J., McClelland, E., Parker, E., & Dudas, S. (2024). Using design-based research to develop the learning outcomes of a curriculum-based environmental citizen science project. *Citizen Science: Theory and Practice, 9*(1), 21. https://doi.org/10.5334/cstp.730

Smith, P. S., Goforth, C. L., Carrier, S. J., Hayes, M. L., & Safley, S. E. (2025). An emerging theory of school-based participatory science. *Citizen Science: Theory and Practice, 10*(1), 1. https://doi.org/10.5334/cstp.755

Tillotson-Chavez, K., & Weber, J. (2024). A new generation of citizen scientists: Self-efficacy and skill growth in a voluntary project applied in the college classroom setting. *Citizen Science: Theory and Practice, 9*(1), 7. https://doi.org/10.5334/cstp.641

Valenzuela-Peñuñuri, R., Tapia-Fonllem, C. O., Fraijo-Sing, B. S., & Manríquez-Betanzos, J. C. (2024). Academic motivation and affective engagement toward science and math: The mediating role of self-efficacy. *Frontiers in Education, 9*, 1385848. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1385848

Vasilaki, M.-M., Zafeiroudi, A., Tsartsapakis, I., Grivas, G. V., Chatzipanteli, A., Aphamis, G., Giannaki, C., & Kouthouris, C. (2025). Learning in nature: A systematic review and meta-analysis of outdoor recreation's role in youth development. *Education Sciences, 15*(3), 332. https://doi.org/10.3390/educsci15030332

Veloz-Ronquillo, V. X. (2024). Mejoras significativas de la educación ambiental mediante estrategias didácticas. Cienciamatria. *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología, 10*(18), 327-340. https://doi.org/10.35381/cm.v10i18.1274

Wan Razab, W. N., Alias, N., & Bajuri, M. R. (2026). A systematic literature review on the integration of Indigenous Knowledge Systems (IKS) into STEM education. *Humanities and Social Sciences Communications, 13*, 1076. https://doi.org/10.1057/s41599-026-07227-7

Wang, A., Duncan, B., Duncan, E., Johnson, E., Wang, K., & Meade, B. (2026). Implementation of hydroponic teaching and research platforms at primarily undergraduate institutions. *Frontiers in Education, 11*, 1808562. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1808562

Zambrano Zambrano, E. V., Vera Delgado, J. M., & Ureta Zambrano, M. I. (2025). Secuencia didáctica interdisciplinaria para fortalecer la educación ambiental en estudiantes de bachillerato. *Revista San Gregorio, 1*(63), 60-66. https://doi.org/10.36097/rsan.v1i63.3609

Zhang, X., Jung, W., & Asari, M. (2025). Systematic review of environmental education teaching practices in schools: Trends and gaps (2015-2024). *Sustainability, 17*(19), 8561. https://doi.org/10.3390/su17198561