REVISTA INVECOM
ISSN en línea: 2739-0063

Programa de sostenibilidad y comportamiento sostenible en estudiantes de secundaria

Sustainability program and sustainable behavior among high school students

Recibido: 03/08/2026 - **Aceptado:** 09/10/2026

Wilian Quispe Layme
https://orcid.org/0000-0002-2581-6810
Wquispe@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Puerto Maldonado, Perú

Jaime Cuse Quispe
https://orcid.org/0000-0001-6424-4934
jcuseq@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Puerto Maldonado, Perú

Jimmy Nelson Paricahua Peralta
https://orcid.org/0000-0001-9399-5956
jparicahua@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Puerto Maldonado, Perú

Ignacio Paucar Melendez
https://orcid.org/0000-0001-5724-8179
Ipaucar@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Puerto Maldonado, Perú

Marleny Quispe Layme
https://orcid.org/0000-0002-5255-6794
maquispe@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Puerto Maldonado, Perú

Luis Urbina Puma
https://orcid.org/0000-0002-0021-3474
lurbina@unamad.edu.pe
Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Puerto Maldonado, Perú

Cómo citar este artículo:
Quispe Layme, W., Cuse Quispe, J., Paricahua Peralta, J. N., Paucar Melendez, I., Quispe Layme, M. & Urbina Puma, L. (2026). Programa de sostenibilidad y comportamiento sostenible en estudiantes de secundaria. *Revista InveCom*, *6*(Núm. Especial 3), 1-15. https://doi.org/10.5281/zenodo.23711247

Resumen

La educación para la sostenibilidad busca fortalecer el conocimiento ambiental y promover comportamientos responsables orientados a reducir residuos, optimizar recursos y proteger el entorno escolar. Sin embargo, la evidencia disponible sobre los cambios observados después de estos programas en escuelas secundarias amazónicas es limitada. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de un programa educativo sobre sostenibilidad en el comportamiento sostenible de estudiantes de Tambopata, Perú. Se desarrolló una investigación cuantitativa, aplicada y explicativo-evaluativa, con diseño preexperimental de un grupo con pretest y postest, en una muestra de 310 estudiantes seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. El comportamiento sostenible se evaluó mediante un cuestionario Likert en cuatro dimensiones: cuidado ambiental del entorno escolar,

uso responsable de recursos, gestión de residuos y consumo responsable, y participación en acciones sostenibles. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, pruebas de normalidad, comparación de muestras, prueba de Wilcoxon, tamaños del efecto y modelamiento de ecuaciones estructurales. Los resultados evidenciaron un incremento significativo del comportamiento sostenible global, pasando de una media de 39.95 en el pretest a 51.71 en el postest, con una diferencia media de 11.76 puntos y un efecto estandarizado (d_z = 1.94). Todas las dimensiones presentaron mejoras significativas, destacando el uso responsable de recursos y la gestión de residuos. Se confirmó un cambio positivo y ausencia de colinealidad entre indicadores formativos (VIF < 3). Se concluye que los programas contextualizados de sostenibilidad favorecen mejoras significativas en el comportamiento ambiental estudiantil, aunque requieren validación mediante diseños cuasiexperimentales.

Palabras clave: educación, sostenibilidad, estudiantes.

Abstract

Education for sustainability seeks to strengthen environmental knowledge and promote responsible behaviors aimed at reducing waste, optimizing resources, and protecting the school environment. However, the available evidence on the changes observed following these programs in Amazonian secondary schools is limited. The objective of the study was to evaluate the effect of a sustainability education program on the sustainable behavior of students in Tambopata, Peru. A quantitative, applied, and explanatory-evaluative study was conducted using a pre-experimental single-group design with pre- and post-tests, involving a sample of 310 students selected through non-probabilistic convenience sampling. Sustainable behavior was assessed using a Likert-scale questionnaire across four dimensions: environmental stewardship of the school environment, responsible use of resources, waste management and responsible consumption, and participation in sustainable actions. The data were analyzed using descriptive statistics, normality tests, sample comparisons, the Wilcoxon test, effect sizes, and structural equation modeling. The results showed a significant increase in overall sustainable behavior, rising from a mean of 39.95 on the pretest to 51.71 on the posttest, with a mean difference of 11.76 points and a standardized effect size (d_z = 1.94). All dimensions showed significant improvements, particularly in the responsible use of resources and waste management. A positive change was confirmed, and there was no multicollinearity among the formative indicators (VIF < 3). It is concluded that context-specific sustainability programs promote significant improvements in students' environmental behavior, although they require validation through quasi-experimental designs.

Keywords: education, sustainability, students.

Introducción

La educación para el desarrollo sostenible (EDS) se ha convertido en una estrategia central para ayudar a los jóvenes a comprender los problemas ambientales, evaluar las consecuencias de sus decisiones cotidianas y participar de manera responsable en su entorno. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible enfatizan que los estudiantes deben adquirir los conocimientos y las capacidades necesarias para promover el desarrollo sostenible, los estilos de vida sostenibles, la ciudadanía global y la valoración de la diversidad cultural (United Nations, 2015; UNESCO, 2017). En este sentido, la educación para la sostenibilidad no se limita a transmitir información ecológica, sino que implica el desarrollo progresivo de valores, capacidades de acción y hábitos coherentes con el cuidado ambiental y la responsabilidad social. Sin embargo, en el presente estudio este enfoque amplio se delimita a su dimensión ambiental dentro del contexto escolar, debido a que el instrumento evalúa principalmente prácticas concretas y observables relacionadas con el uso responsable de los recursos, el manejo de residuos, el cuidado de los espacios y otras conductas ambientales cotidianas. Por tanto, dichas prácticas se consideran manifestaciones específicas de la educación para el desarrollo sostenible, sin pretender abarcar todas sus dimensiones sociales, económicas y culturales.

A pesar de esta relevancia normativa y pedagógica, un desafío persistente de la educación escolar para la sostenibilidad es la brecha entre conciencia y acción. Muchos estudiantes reconocen problemas como el cambio climático, la generación de residuos, la deforestación o el uso ineficiente de los recursos; sin embargo, este reconocimiento no siempre se traduce en comportamientos sostenidos. Revisiones y metaanálisis han señalado que la educación ambiental puede favorecer mejoras en los conocimientos, las actitudes, las intenciones y las conductas ambientales, aunque la magnitud de estos cambios varía según las características de las intervenciones y los métodos de evaluación empleados (van de Wetering et al., 2022; Ardoin et al., 2020). En este contexto, resulta pertinente desarrollar estudios aplicados que permitan identificar, mediante instrumentos de autorreporte, cambios en las prácticas ambientales declaradas por los estudiantes y no únicamente en sus conocimientos o actitudes. La

incorporación de técnicas de observación directa podría constituir una estrategia complementaria en futuras investigaciones para contrastar los comportamientos reportados con las prácticas efectivamente realizadas.

Este problema adquiere especial relevancia durante la adolescencia, etapa en la que la autonomía personal, las normas de pares, la construcción de la identidad y la participación colectiva cobran mayor importancia. La investigación sobre comportamiento proambiental en niños y adolescentes ha señalado que las conductas ambientales pueden estar asociadas con factores como las actitudes, las normas sociales y personales, el control conductual percibido, la autoeficacia y las condiciones externas que facilitan o restringen la acción (Ma et al., 2026; Liu & Green, 2024). En el presente estudio, estos factores se consideran únicamente como fundamentos teóricos que orientan el diseño de la intervención y no como variables evaluadas ni como mecanismos explicativos comprobados. A partir de este marco, los programas de sostenibilidad implementados en las escuelas pueden integrar información con estrategias de aprendizaje activo, resolución contextualizada de problemas, compromisos colectivos y prácticas ambientales concretas, como el reciclaje, la reducción de materiales descartables, el cuidado de áreas verdes y las rutinas de ahorro de recursos.

La Amazonía peruana constituye un escenario especialmente relevante para este tipo de investigación. Tambopata, en la región Madre de Dios, La Amazonía peruana constituye un escenario especialmente relevante para este tipo de investigación. Tambopata, en la región Madre de Dios, forma parte de un territorio de elevada biodiversidad y valor ecológico que, al mismo tiempo, enfrenta diversas presiones ambientales. En particular, los reportes de monitoreo han documentado procesos de deforestación asociados con actividades antrópicas y mineras en Madre de Dios, incluyendo sectores vinculados con la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata (MAAP, 2025; Asimismo, la Municipalidad Provincial de Tambopata ha reportado denuncias ambientales correspondientes a su jurisdicción, lo que evidencia la presencia de problemáticas ambientales que requieren atención institucional (Municipalidad Provincial de Tambopata, 2025). Estas condiciones corresponden al contexto territorial más amplio y no implican que las instituciones educativas participantes estén directamente expuestas a cada una de dichas problemáticas. Sin embargo, permiten comprender que, para los estudiantes de esta región, la sostenibilidad se desarrolla en un entorno donde la conservación de los bosques, el uso de los recursos y la gestión ambiental constituyen asuntos de relevancia local. En consecuencia, estudiar las prácticas ambientales escolares en este contexto puede aportar evidencia tanto a la discusión sobre educación para el desarrollo sostenible como a la planificación de intervenciones educativas contextualizadas.

Estudios previos realizados en Perú y otros países de América Latina han aportado evidencia sobre distintos componentes del comportamiento ambiental en población escolar. En Lima, Yangali Vicente et al. (2021) analizaron el comportamiento ecológico y la cultura ambiental promovidos mediante educación virtual, mientras que Barrera-Hernández et al. (2020), en México, examinaron la relación entre la conexión con la naturaleza, los comportamientos sostenibles y la felicidad en niños. Estos antecedentes muestran que las conductas vinculadas con la sostenibilidad pueden estudiarse desde perspectivas educativas y psicosociales diversas, aunque no todos corresponden a intervenciones realizadas con estudiantes de educación secundaria. Asimismo, existen antecedentes preexperimentales en el contexto peruano; por ejemplo, Quilca-Castro et al. (2023) evaluaron mediante pretest y postest los cambios en las actitudes ambientales de estudiantes de secundaria después de la difusión de programas ecológicos radiales. En consecuencia, la contribución del presente estudio no radica únicamente en utilizar un diseño pretest-postest ni en incorporar PLS-SEM, sino en integrar la evaluación de cambios autorreportados en prácticas ambientales escolares con el análisis de la estructura multidimensional del constructo. Esta aproximación permite examinar de manera conjunta dimensiones como el cuidado del entorno escolar, el uso responsable de recursos, la gestión de residuos, el consumo responsable y la participación colectiva, considerando que pueden representar componentes complementarios de un perfil global de prácticas ambientales y no necesariamente manifestaciones intercambiables de un único rasgo.

Para responder a esta problemática, el presente estudio evalúa un programa educativo sobre sostenibilidad implementado con estudiantes de secundaria en Tambopata, Perú. El análisis integra estadística descriptiva, pruebas inferenciales para muestras relacionadas, procedimientos no paramétricos de contraste, estimación de tamaños del efecto y modelamiento de ecuaciones estructurales mediante mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM), empleado como un enfoque basado en compuestos para examinar la estructura multidimensional de las prácticas ambientales escolares antes y después de la intervención. En este marco, la investigación estuvo orientada por la siguiente pregunta: ¿En qué medida un programa educativo escolar sobre sostenibilidad mejora las prácticas ambientales autorreportadas de los estudiantes de secundaria de Tambopata, Perú?

Metodología

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo y aplicado, con un diseño preexperimental de un solo grupo con pretest y postest. El diseño se representó como O_1–X–O_2, donde O_1 corresponde a la medición inicial de las prácticas ambientales autorreportadas, X al programa educativo sobre sostenibilidad y O_2 a la medición realizada después de la intervención. El pretest se aplicó el 01/12/25, la intervención educativa se desarrolló entre el 04/12/25 y el 19/12/25, y el postest se administró el 19/12/25. Este diseño permitió comparar las mediciones obtenidas antes y después del programa en condiciones escolares reales y estimar la magnitud de los cambios registrados durante el periodo de intervención. Sin embargo, debido a la ausencia de un grupo control y de asignación aleatoria, las diferencias entre el pretest y el postest no pueden atribuirse exclusivamente al programa, ya que no es posible descartar explicaciones alternativas asociadas con factores externos, maduración u otros acontecimientos ocurridos durante el periodo de estudio. Esta limitación fue considerada en la interpretación de los resultados y en el alcance de las conclusiones.

El estudio se realizó en 3 instituciones educativas de nivel secundario de la provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios, Perú, de gestión pública, ubicadas en zonas urbanas. Participaron estudiantes de 1ero a 5to de educación secundaria. La intervención se desarrolló durante el periodo comprendido entre el 01 diciembre de 2025 y 19 de diciembre de 2025. El contexto territorial resultó relevante debido a que los estudiantes residían en una región amazónica donde diversas problemáticas ambientales forman parte de su entorno cotidiano. En este marco, la intervención articuló contenidos relacionados con la sostenibilidad con prácticas escolares y problemáticas ambientales propias del contexto local.

La muestra estuvo conformada por 310 estudiantes de secundaria. Los participantes fueron seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando el acceso institucional, la autorización de las autoridades escolares, la disponibilidad de horarios y la participación voluntaria. Los criterios de inclusión fueron estar matriculado en educación secundaria durante el periodo de estudio, asistir a una institución participante y completar tanto el pretest como el postest. Los cuestionarios con respuestas incompletas no fueron considerados en el análisis final.

La intervención estuvo conformada por ocho sesiones pedagógicas organizadas en torno al aprendizaje progresivo y la acción. El programa comenzó con actividades de diagnóstico y sensibilización; continuó con estilos de vida sostenibles, cuidado del entorno escolar, uso responsable del agua y la energía, gestión de residuos, consumo responsable y participación en acciones sostenibles; y finalizó con reflexión y evaluación de compromisos. Cada sesión incluyó una actividad de inicio, un proceso participativo de aprendizaje y un producto de cierre, como una ficha de reflexión, compromiso de aula, propuesta de mejora, guía de segregación o material para campaña escolar.

Tabla 1

Estructura del programa educativo sobre sostenibilidad

Sesión	Enfoque	Actividad central	Evidencia esperada
1	Diagnóstico y sensibilización	Mapeo de problemas y diálogo guiado	Compromisos iniciales
2	Sostenibilidad en la vida cotidiana	Análisis de casos sobre hábitos diarios	Ficha de reflexión personal
3	Cuidado ambiental en la escuela	Recorrido ambiental y propuesta de mejora	Lista de acciones para el cuidado escolar
4	Uso responsable del agua y la energía	Identificación de prácticas de desperdicio y soluciones	Plan de ahorro del aula
5	Gestión de residuos	Clasificación de residuos y diseño de punto de acopio	Guía escolar de segregación
6	Consumo responsable	Debate sobre consumo y reutilización	Compromiso de consumo responsable

Sesión	Enfoque	Actividad central	Evidencia esperada
7	Participación sostenible	Diseño de una minicampaña ambiental	Material de comunicación o campaña
8	Reflexión y cierre	Socialización de experiencias y autoevaluación	Portafolio breve de evidencias

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento sostenible se abordó mediante una intervención educativa estructurada en sesiones de aprendizaje orientadas al desarrollo de prácticas sostenibles en el contexto escolar. Las sesiones comprendieron contenidos relacionados con sostenibilidad en la vida cotidiana, cuidado ambiental en la escuela, uso responsable del agua y la energía, gestión de residuos, consumo responsable y participación sostenible. En cada sesión se desarrollaron actividades prácticas y reflexivas, entre ellas análisis de casos, recorridos ambientales, identificación de prácticas de desperdicio, clasificación de residuos, debates, elaboración de propuestas de mejora y diseño de campañas ambientales. Como evidencias de aprendizaje se consideraron fichas de reflexión personal, listas de acciones para el cuidado escolar, planes de ahorro, guías de segregación, compromisos de consumo responsable, materiales de comunicación y portafolios de evidencias. Estas actividades permitieron observar manifestaciones del comportamiento sostenible vinculadas con el cuidado del entorno escolar, el uso responsable de recursos, la gestión de residuos y el consumo responsable, así como la participación en acciones sostenibles.

Tabla 2
Dimensiones del cuestionario de comportamiento sostenible

Dimensión	Contenido conductual	Escala
Cuidado ambiental del entorno escolar	Limpieza, cuidado de espacios comunes y áreas verdes, y prevención de la contaminación en el entorno escolar.	Likert 1-5
Uso responsable de recursos	Ahorro de agua, electricidad, papel y materiales escolares; prevención del desperdicio de los recursos disponibles.	Likert 1-5
Gestión de residuos y consumo responsable	Reducción, separación, reutilización, reciclaje y decisiones orientadas a un consumo menos contaminante.	Likert 1-5
Participación en acciones sostenibles	Participación en campañas, comunicación de mensajes ambientales, propuestas de mejora y compromisos colectivos.	Likert 1-5

Fuente: elaboración propia.

Los datos se procesaron con Python 3.11 mediante las bibliotecas SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy. Antes del análisis inferencial se verificó la integridad de la base de datos, la presencia de datos faltantes, valores atípicos y posibles inconsistencias de codificación. Los datos faltantes se trataron mediante exclusión por caso completo, mientras que los valores atípicos se identificaron mediante puntuaciones estandarizadas y se conservaron o excluyeron. Posteriormente, se calcularon estadísticas descriptivas para las puntuaciones pretest, postest y para la diferencia individual definida como $\Delta CS = CS_POST - CS_PRE$.

La evaluación de los supuestos para la comparación pareada se realizó sobre la distribución de las diferencias pretest-postest, y no únicamente sobre las puntuaciones de cada momento por separado. La normalidad de ΔCS se examinó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov [o sustituir por Shapiro-Wilk si esa fue la prueba efectivamente aplicada], complementada con la inspección de histogramas y gráficos Q-Q. Cuando la distribución de las diferencias resultó compatible con normalidad, se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas; cuando este supuesto no se cumplió o la naturaleza ordinal de las puntuaciones aconsejó un

procedimiento robusto, se empleó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. En esta última prueba, los empates y las diferencias iguales a cero se trataron mediante [indicar la opción efectivamente utilizada: wilcox, pratt o zsplit en SciPy], y se especificó [indicar si se utilizó aproximación exacta o asintótica]. Para cada contraste se informaron el estadístico de prueba, el valor p, el intervalo de confianza cuando correspondió y el tamaño del efecto.

El tamaño del efecto para las comparaciones pareadas se estimó mediante d_z, calculado como la media de las diferencias dividida entre la desviación estándar de dichas diferencias. Este estadístico se interpretó como una medida estandarizada de la magnitud del cambio observado entre el pretest y el postest, sin atribuir por sí mismo causalidad a la intervención.

Para el análisis mediante ecuaciones estructurales basadas en compuestos se estimó en Python, con el propósito de asegurar la reproducibilidad. La colinealidad se examinó mediante factores de inflación de la varianza (VIF); asimismo, se estimaron los pesos formativos estandarizados, la trayectoria estructural de CS_PRE hacia CS_POST, el coeficiente de determinación R^2, el tamaño del efecto f^2 y la relevancia predictiva Q^2. La especificación, los parámetros del algoritmo y los criterios de evaluación se documentaron de forma explícita, por lo que se evitó utilizar la expresión genérica 'compatible con SmartPLS 4' como sustituto de una descripción reproducible del análisis.

El cambio en el comportamiento sostenible se definió mediante la diferencia $\Delta CS = CS_POST - CS_PRE$. Esta puntuación permitió cuantificar la variación observada entre ambas mediciones, de modo que los valores positivos representaron puntuaciones mayores en el postest, los valores negativos indicaron disminuciones y los valores iguales a cero señalaron ausencia de cambio. La existencia de un cambio sistemático entre los dos momentos se evaluó mediante las pruebas para muestras relacionadas previamente especificadas y sus respectivos tamaños del efecto. De manera independiente, se estimó el modelo estructural $CS_POST = \beta 0 + \beta 1(CS_PRE) + \varepsilon$, cuyo propósito fue analizar el grado de asociación o estabilidad entre las puntuaciones iniciales y finales. En consecuencia, el coeficiente $\beta 1$ no se interpretó como evidencia de incremento del comportamiento sostenible ni como efecto causal de las sesiones de aprendizaje, sino como un indicador de la relación entre las posiciones relativas de los participantes en ambas mediciones.

Para garantizar la comparabilidad temporal, los compuestos CS_PRE y CS_POST se construyeron utilizando las mismas cuatro dimensiones, los mismos indicadores, la misma codificación de las respuestas y el mismo procedimiento de cálculo y ponderación en ambos momentos. El comportamiento sostenible global se especificó como un compuesto de orden superior integrado por cuidado ambiental del entorno escolar, uso responsable de recursos, gestión de residuos y consumo responsable, y participación en acciones sostenibles. Esta especificación respondió a que las dimensiones representan componentes diferenciados y complementarios del comportamiento sostenible, por lo que una modificación en una de ellas no presupone necesariamente una variación equivalente en las demás. La interpretación de las diferencias pretest-postest se realizó únicamente después de verificar que la composición y el procedimiento de medición fueran equivalentes en ambos momentos.

El estudio siguió los principios de autonomía, beneficencia, no maleficencia, justicia y confidencialidad. La participación fue voluntaria y anónima. Debido a que los participantes eran estudiantes de secundaria, antes del envío a revista debe documentarse la autorización institucional, el consentimiento informado de los padres o tutores y el asentimiento de los estudiantes. El manuscrito final debe incluir el código y la fecha de aprobación emitidos por el comité de ética o la autoridad institucional correspondiente.

Resultados

La Tabla 3 presenta los resultados descriptivos obtenidos en el pretest y postest. La puntuación global de comportamiento sostenible aumentó de 39.95 a 51.71 puntos, lo que representa un incremento promedio de 11.76 puntos después de la intervención educativa. Asimismo, las cuatro dimensiones mostraron puntuaciones superiores en el postest respecto del pretest. Los mayores cambios se observaron en las dimensiones de uso responsable de recursos, gestión de residuos y consumo responsable, y cuidado ambiental. Aunque también pueden calcularse incrementos relativos de las puntuaciones, estos se interpretaron únicamente como variaciones descriptivas respecto del valor inicial y no como porcentajes de mejora conductual real. Para la inferencia estadística se priorizaron las diferencias absolutas entre pretest y postest, junto con sus respectivos intervalos de confianza y tamaños del efecto.

CC BY

Tabla 3

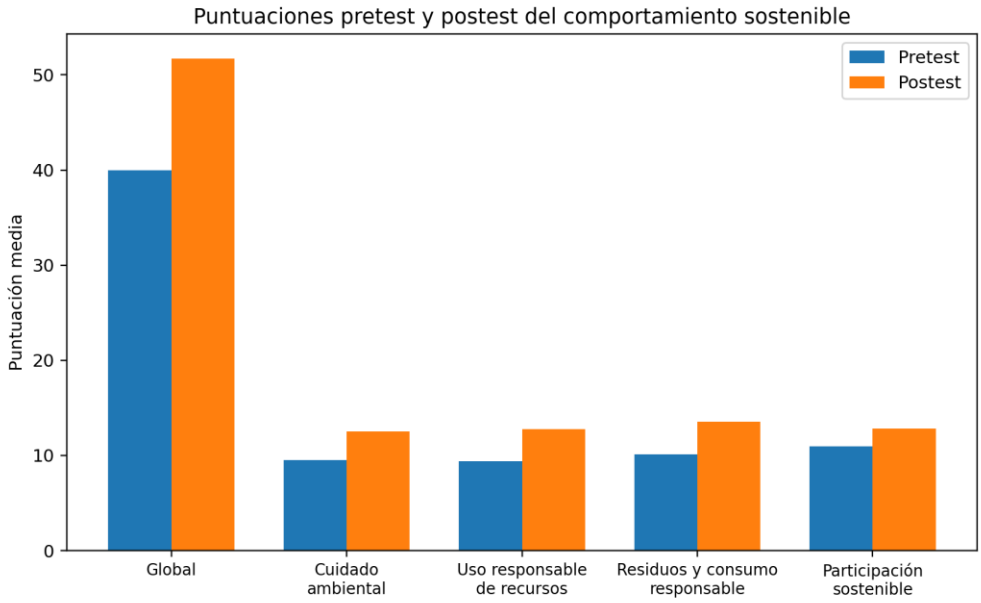
Estadísticos descriptivos del comportamiento sostenible antes y después del programa

Variable/dimensión	M pretest	DE pretest	M postest	DE postest	Diferencia media	Mejora (%)
Comportamiento sostenible global	39.95	5.86	51.71	2.49	11.76	29.43
Cuidado ambiental	9.49	1.83	12.54	1.30	3.05	32.17
Uso responsable de recursos	9.37	2.11	12.78	1.39	3.42	36.47
Gestión de residuos y consumo responsable	10.14	1.93	13.54	1.19	3.40	33.53
Participación en acciones sostenibles	10.96	1.93	12.85	1.13	1.89	17.25

Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy.

Figura 1

Medias pretest y postest del comportamiento sostenible global y sus dimensiones



Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy

En el pretest, el 88.06% de los estudiantes fue clasificado en nivel bajo de comportamiento sostenible y el 11.94% en nivel medio. Después del programa, la proporción de estudiantes en el nivel bajo disminuyó a 3.87%, mientras que el 96.13% alcanzó el nivel medio. Ningún estudiante alcanzó el nivel alto, lo que sugiere que la intervención produjo una mejora importante a corto plazo, pero que todavía se requiere trabajo sostenido para consolidar comportamientos sostenibles avanzados y estables.

Tabla 4

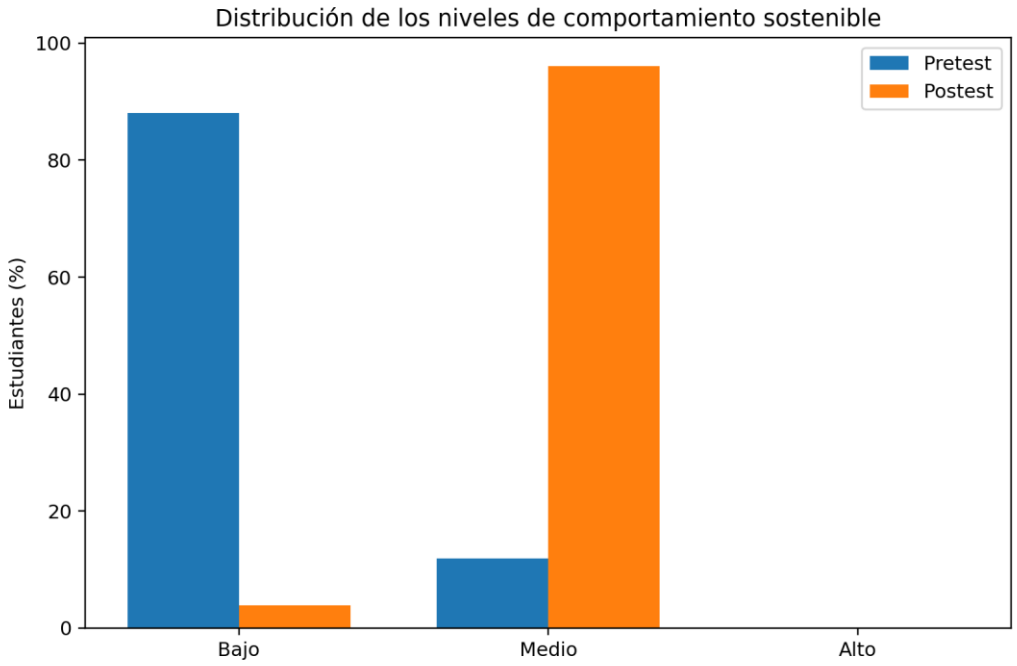
Niveles de comportamiento sostenible antes y después del programa

Momento	Nivel	n	%
Pretest	Bajo	273	88.06
Pretest	Medio	37	11.94
Pretest	Alto	0	0
Postest	Bajo	12	3.87
Postest	Medio	298	96.13
Postest	Alto	0	0

Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy.

Figura 2

Distribución porcentual de los niveles de comportamiento sostenible antes y después de la intervención



Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy.

Las pruebas de normalidad indicaron que las puntuaciones globales y dimensionales se alejaron de una distribución normal en ambas mediciones. Por ello, las pruebas t para muestras relacionadas se complementaron con pruebas de rangos con signo de Wilcoxon. La convergencia entre los resultados paramétricos y no paramétricos fortalece la interpretación de las diferencias pretest-postest.

Tabla 5
Pruebas de normalidad de las puntuaciones globales y dimensionales

Variable	W Shapiro-Wilk	p Shapiro	D K-S	p K-S
Global pretest	0.931	<0.001	0.145	<0.001
Global postest	0.926	<0.001	0.176	<0.001
Cuidado 9mbiental pretest	0.832	<0.001	0.254	<0.001
Uso responsable de recursos pretest	0.903	<0.001	0.214	<0.001
Gestión de residuos y consumo responsable pretest	0.948	<0.001	0.173	<0.001
Participación en acciones sostenibles pretest	0.904	<0.001	0.180	<0.001
Cuidado 9mbiental postest	0.908	<0.001	0.196	<0.001
Uso responsable de recursos postest	0.907	<0.001	0.216	<0.001
Gestión de residuos y consumo responsable postest	0.850	<0.001	0.302	<0.001
Participación en acciones sostenibles postest	0.894	<0.001	0.193	<0.001

Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy.

Las comparaciones pareadas confirmaron incrementos significativos en el comportamiento sostenible global y en las cuatro dimensiones (Tabla 6). El cambio global fue estadísticamente significativo y grande en términos educativos, con d_z = 1.94. Los efectos dimensionales también fueron sustanciales: uso responsable de recursos (d_z = 1.58), cuidado ambiental (d_z = 1.53), gestión de residuos y consumo responsable (d_z = 1.36) y participación en acciones sostenibles (d_z = 0.85).

Tabla 6
Contrastes para muestras relacionadas del cambio pretest-postest

Variable/dimensión	Δ media	IC95% inf.	IC95% sup.	T pareada	p	p Wilcoxon	d_z
Comportamiento sostenible global	11.76	11.08	12.44	34.07	<0.001	<0.001	1.94
Cuidado ambiental	3.05	2.83	3.27	26.98	<0.001	<0.001	1.53
Uso responsible de recursos	3.42	3.18	3.66	27.89	<0.001	<0.001	1.58

Variable/dimensión	Δ media	IC95% inf.	IC95% sup.	T pareada	p	p Wilcoxon	d_z
Gestión de residuos y consumo responsable	3.40	3.12	3.68	23.94	<0.001	<0.001	1.36
Participación en acciones sostenibles	1.89	1.64	2.14	15.03	<0.001	<0.001	0.85

Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy.

El modelo PLS-SEM especificó los constructos globales de pretest y postest como compuestos formados por las cuatro dimensiones conductuales. Todos los valores VIF fueron inferiores a 3, indicando ausencia de colinealidad crítica entre los indicadores formativos. Las cuatro dimensiones contribuyeron positivamente a los compuestos globales, aunque sus pesos relativos difirieron entre pretest y postest. Esto sugiere que el programa influyó en un perfil conductual multidimensional más que en un único rasgo uniforme.

Tabla 7
Evaluación formativa de los compuestos de comportamiento sostenible

Constructo	Indicador	Peso estandarizado	Correlación con constructo	VIF
CS_PRE	Cuidado ambiental	0.312	0.764	2.224
CS_PRE	Uso responsible de recursos	0.360	0.854	2.565
CS_PRE	Gestión de residuos y consumo responsable	0.329	0.780	1.543
CS_PRE	Participación en acciones sostenibles	0.330	0.599	1.195
CS_POST	Cuidado ambiental	0.523	0.534	1.007
CS_POST	Uso responsible de recursos	0.560	0.549	1.076
CS_POST	Gestión de residuos y consumo responsable	0.478	0.320	1.048
CS_POST	Participación en acciones sostenibles	0.455	0.572	1.034

Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy.

Como diagnóstico complementario, se estimaron indicadores de fiabilidad reflectiva para cada dimensión. La escala global del pretest mostró consistencia interna adecuada en la base de datos de la investigación (alfa de Cronbach = 0.804). A nivel dimensional, varios valores de alfa y AVE estuvieron por debajo de los umbrales convencionales, especialmente en el postest. Este patrón se interpreta con cautela porque las respuestas del postest se concentraron en categorías altas después de la intervención, reduciendo la varianza y atenuando los coeficientes de consistencia interna. Por esta razón, el constructo global se trató principalmente como compuesto en el modelo PLS-SEM.

Tabla 8
Diagnósticos complementarios de fiabilidad reflectiva por dimensión

Constructo	Alfa de Cronbach	rho_c	AVE	Carga mín.	Carga máx.	Carga media
CA_PRE	0.520	0.748	0.379	0.464	0.743	0.608
RRU_PRE	0.659	0.786	0.426	0.537	0.731	0.649
WRC_PRE	0.530	0.725	0.378	0.154	0.792	0.572
PSA_PRE	0.610	0.785	0.428	0.514	0.797	0.646
CA_POST	0.370	0.667	0.295	0.428	0.678	0.531
RRU_POST	0.511	0.738	0.391	0.180	0.786	0.585
WRC_POST	0.400	0.691	0.336	0.263	0.788	0.545
PSA_POST	0.011	0.569	0.217	0.265	0.550	0.455

Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy.

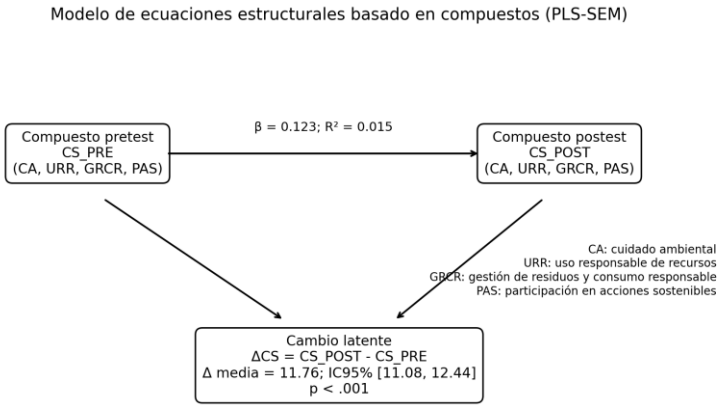
La trayectoria de estabilidad estructural desde el pretest hacia el postest fue positiva y estadísticamente significativa, aunque pequeña (β = 0.123, p = 0.030). La varianza explicada de CS_POST por CS_PRE fue baja (R^2 = 0.015), lo que indica que el compuesto posterior a la intervención no estuvo fuertemente determinado por la puntuación inicial. Esto es consistente con la presencia de un desplazamiento positivo amplio después de la intervención. El valor de redundancia validada cruzadamente fue pequeño, por lo que los resultados PLS-SEM deben interpretarse como evidencia complementaria a las pruebas de cambio pareado y no como un modelo causal independiente.

Tabla 9
Resultados del modelo estructural

Trayectoria	β	EE	t	p	IC95 % inf.	IC95 % sup.	Bootstrap inf.	Bootstrap sup.	R^2	f^2	Q^2
CS_PRE → CS_POST	0.123	0.057	2.179	0.030	0.012	0.234	0.010	0.212	0.015	0.015	0.006

Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy.

Figura 3
Modelo PLS-SEM basado en compuestos del cambio en el comportamiento sostenible



Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy.

Tabla 10
Resumen de la contrastación de hipótesis

Hipótesis	Resultado esperado	Evidencia	Decisión
H1	Incremento del comportamiento sostenible global	$\Delta = 11.76$, $p < 0.001$, $d_z = 1.94$	Respaldada
H2	Incremento del cuidado ambiental	$\Delta = 3.05$, $p < 0.001$, $d_z = 1.53$	Respaldada
H3	Incremento del uso responsable de recursos	$\Delta = 3.42$, $p < 0.001$, $d_z = 1.58$	Respaldada
H4	Incremento de la gestión de residuos y consumo responsable	$\Delta = 3.40$, $p < 0.001$, $d_z = 1.36$	Respaldada
H5	Incremento de la participación en acciones sostenibles	$\Delta = 1.89$, $p < 0.001$, $d_z = 0.85$	Respaldada
H6	Cambio latente positivo basado en compuestos sin colinealidad crítica	VIF < 3; CS_PRE → CS_POST $\beta = 0.123$, $p = 0.030$	Parcialmente respaldada

Fuente: Datos procesados en Python 3.11 mediante SciPy, statsmodels, scikit-learn, pandas y NumPy.

Discusión

El propósito de este estudio fue evaluar los cambios en el comportamiento sostenible autorreportado de estudiantes de secundaria de Tambopata, Perú, después de la aplicación de un programa educativo sobre sostenibilidad. Los resultados mostraron un incremento consistente entre las puntuaciones del pretest y del postest, tanto en el comportamiento sostenible global como en sus diferentes dimensiones. Asimismo, se observaron diferencias estadísticamente significativas y una magnitud del efecto elevada en la puntuación global. En términos descriptivos, después de la intervención los estudiantes reportaron con mayor frecuencia prácticas relacionadas con el cuidado del entorno escolar, el uso responsable de los recursos, la gestión de residuos y consumo responsable, y la participación en acciones sostenibles. Estos hallazgos reflejan cambios favorables en las puntuaciones autorreportadas posteriores al programa, aunque no permiten afirmar por sí solos una modificación directa o causal de las conductas reales de los estudiantes.

El incremento en la participación en acciones sostenibles también fue significativo, aunque menor que en las otras dimensiones. Este patrón sugiere que la participación colectiva puede requerir más tiempo para consolidarse que las prácticas individuales o centradas en el aula. El comportamiento participativo depende de oportunidades de liderazgo, influencia de pares, apoyo institucional y continuidad de las campañas escolares. Por ello, los programas orientados a fortalecer la ciudadanía ambiental estudiantil deberían superar las sesiones breves de sensibilización y crear espacios estables para la iniciativa de los estudiantes.

Los resultados son consistentes con la evidencia metaanalítica que muestra que la educación ambiental puede mejorar los conocimientos, las actitudes, las intenciones y los comportamientos ambientales en niños y adolescentes (van de Wetering et al., 2022). En particular, este metaanálisis, que integró 169 estudios y 176 007 participantes, identificó efectos positivos de la educación ambiental sobre el conocimiento, las actitudes, las intenciones y el comportamiento ambiental. Asimismo, los hallazgos coinciden con investigaciones que señalan que las intervenciones centradas en problemas localmente relevantes, acompañadas de oportunidades de acción y experiencias participativas, pueden favorecer resultados ambientales más directos que la simple transmisión de información (Ardoin et al., 2020; Uitto et al., 2015). En el presente estudio, el programa no abordó la sostenibilidad como un concepto distante, sino que la vinculó con la vida cotidiana escolar y con el contexto amazónico de Tambopata.

Los hallazgos también respaldan la premisa de que el conocimiento, por sí solo, no garantiza la adopción de conductas proambientales. Investigaciones desarrolladas con adolescentes y estudiantes han mostrado que

estas conductas están relacionadas con factores como las normas personales y sociales, la percepción de control sobre la conducta, la autoeficacia, las experiencias de participación dentro de la escuela y las condiciones sociales y ambientales que facilitan la acción (Ma et al., 2026; Rahmania, 2024; Uitto et al., 2015). En este sentido, la intervención incorporó actividades colaborativas, espacios de reflexión, tareas prácticas y acciones de comunicación ambiental, elementos que pudieron contribuir a que los estudiantes transformaran una preocupación ambiental abstracta en prácticas y hábitos más visibles.

En el contexto peruano, los resultados complementan antecedentes desarrollados específicamente en Madre de Dios. Estrada-Araoz et al. (2023) analizaron a 195 estudiantes de una institución educativa de esta región y encontraron una relación directa y estadísticamente significativa entre la educación ambiental y el manejo de residuos sólidos ($\rho = .519$; $p < .05$). Este antecedente resulta especialmente pertinente porque el manejo responsable de residuos constituye una manifestación concreta del comportamiento ambiental en el ámbito escolar. No obstante, el presente estudio amplía dicha evidencia al incorporar un diseño pretest-postest orientado a evaluar cambios después de una intervención educativa y al complementar los contrastes pareados con el modelamiento de ecuaciones estructurales mediante mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM). Este enfoque permite analizar relaciones entre constructos y evaluar modelos que incorporan componentes o dimensiones diferenciadas (Hair et al., 2021), lo que resulta pertinente cuando el comportamiento sostenible se conceptualiza como un fenómeno multidimensional en el que dominios como el cuidado del entorno, el uso responsable de recursos, la gestión de residuos, el consumo responsable y la participación colectiva contribuyen al perfil conductual global.

El uso del modelamiento de ecuaciones estructurales basado en compuestos contribuye a la discusión metodológica de la investigación en educación para la sostenibilidad. Los análisis tradicionales suelen apoyarse únicamente en comparaciones de medias globales, que son útiles, pero no muestran cómo operan las dimensiones dentro de un constructo multidimensional. En este estudio, PLS-SEM permitió tratar las cuatro dimensiones como indicadores formativos del comportamiento sostenible global. Esta decisión se justifica teóricamente porque el cuidado ambiental, el uso de recursos, la gestión de residuos y la participación no constituyen manifestaciones redundantes de una misma conducta, sino prácticas complementarias que, en conjunto, forman un perfil conductual orientado a la sostenibilidad.

Los diagnósticos del modelo de medición no mostraron colinealidad crítica entre los indicadores formativos. Esto significa que cada dimensión aportó información útil sin solapamiento excesivo. Al mismo tiempo, los diagnósticos reflectivos mostraron que algunos indicadores de fiabilidad dimensional, especialmente en el postest, estuvieron por debajo de los umbrales convencionales. Este resultado no debe ignorarse. Una explicación plausible es el rango restringido generado por la intervención: cuando muchos estudiantes se desplazan hacia categorías de respuesta altas y similares, los coeficientes de consistencia interna pueden disminuir. Los estudios futuros deberían incorporar más ítems, observaciones conductuales y mediciones de seguimiento diferido para fortalecer el modelo de medición.

Los hallazgos tienen implicaciones prácticas para las escuelas secundarias de contextos amazónicos. Primero, la educación para la sostenibilidad debería implementarse como un programa estructurado y no como un conjunto de actividades conmemorativas aisladas. Las jornadas de limpieza, los afiches y las campañas ocasionales de reciclaje pueden ser útiles, pero su efecto probablemente será mayor cuando se organizan en una secuencia de diagnóstico, reflexión, práctica, compromiso y evaluación.

Segundo, los programas educativos sobre sostenibilidad podrían priorizar inicialmente conductas sencillas y aplicables en la vida escolar cotidiana, como el ahorro de recursos, la reducción de residuos y el cuidado de los espacios escolares. Esta secuencia puede facilitar la incorporación progresiva de prácticas sostenibles dentro del contexto educativo. Posteriormente, y de acuerdo con las características y recursos de cada institución, estas acciones podrían ampliarse hacia formas de participación más complejas, como comités ambientales liderados por estudiantes, campañas entre pares, participación de las familias y proyectos comunitarios. Esta propuesta debe interpretarse como una recomendación práctica, ya que el presente estudio no comparó distintos órdenes de implementación ni evaluó variables como el control percibido.

Tercero, las autoridades educativas podrían apoyar a las escuelas mediante herramientas de seguimiento que permitan valorar no solo las actividades ejecutadas, sino también los cambios observados en las prácticas sostenibles de los estudiantes. El registro del número de campañas, brigadas u otras acciones desarrolladas aporta información sobre la implementación, pero debería complementarse con indicadores que permitan examinar los resultados alcanzados. Para ello, podrían emplearse instrumentos previamente validados y procedimientos de evaluación acordes con los objetivos y características de cada institución educativa. En futuras investigaciones será necesario fortalecer la validación de los instrumentos de medición, incorporar grupos de comparación y realizar evaluaciones de seguimiento que permitan determinar la permanencia de los cambios observados a

mediano y largo plazo. El uso de técnicas estadísticas más complejas, como PLS-SEM, deberá justificarse en función del modelo teórico, la naturaleza de los constructos y los objetivos específicos de cada estudio. La principal limitación es el diseño preexperimental sin grupo control. Por ello, los hallazgos no pueden interpretarse como una prueba causal definitiva. Otros factores, como el contexto escolar, la maduración, la influencia docente o eventos externos, también pudieron contribuir al cambio observado. No obstante, el tamaño y la consistencia de las mejoras ofrecen evidencia inicial relevante y justifican estudios futuros con mayor rigor.

Una segunda limitación es el uso de comportamiento autorreportado. Los estudiantes pueden sobreestimar sus prácticas sostenibles después de participar en un programa educativo, especialmente si perciben esas conductas como socialmente deseables. Los estudios futuros deberían combinar cuestionarios con observación directa, valoraciones de docentes, auditorías de residuos, registros de uso de agua o energía y postest diferidos.

Una tercera limitación es el muestreo por conveniencia. Los hallazgos son pertinentes para las instituciones participantes de Tambopata, pero no deberían generalizarse a todas las escuelas secundarias peruanas sin cautela. Las futuras investigaciones deberían incluir muestras probabilísticas, distintas regiones, comparaciones urbano-rurales y diseños aleatorizados o cuasiexperimentales con múltiples instituciones.

Finalmente, los indicadores de fiabilidad del postest sugieren que el instrumento debería refinarse. Un mayor número de ítems por dimensión, el uso cuidadoso de ítems invertidos, escalas de frecuencia conductual y medición longitudinal podrían mejorar el desempeño psicométrico. Las investigaciones futuras también podrían probar modelos de mediación basados en la Teoría del Comportamiento Planificado o en el marco valor-creencia-norma, examinando si las actitudes, las normas subjetivas, el control conductual percibido y la responsabilidad personal explican la relación entre educación para la sostenibilidad y comportamiento.

Conclusiones

Este estudio proporciona evidencia empírica inicial de un aumento en las puntuaciones de comportamiento sostenible autorreportado de estudiantes de secundaria de Tambopata, Perú, después de la aplicación de un programa educativo estructurado sobre sostenibilidad.

La puntuación global autorreportada de comportamiento sostenible aumentó significativamente después de la intervención, con un tamaño del efecto muy grande. Los mayores cambios se observaron en prácticas vinculadas con el uso responsable de recursos y la gestión de residuos, actividades directamente relacionadas con la vida escolar cotidiana.

Los cambios más fuertes ocurrieron en conductas que pueden practicarse directamente en la vida escolar, especialmente el ahorro de recursos y las prácticas relacionadas con los residuos.

La evaluación PLS-SEM respaldó la utilidad de modelar el comportamiento sostenible como un compuesto formado por dimensiones conductuales diferenciadas. No se detectó colinealidad crítica entre los indicadores formativos.

La ausencia de un grupo control, el muestreo por conveniencia y el uso de medidas autorreportadas requieren una interpretación prudente. Los estudios futuros deberían utilizar diseños cuasiexperimentales o aleatorizados, incluir observación conductual y añadir mediciones de seguimiento diferido.

Referencias

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

Barrera-Hernández, L. F., Sotelo-Castillo, M. A., Echeverría-Castro, S. B., & Tapia-Fonllem, C. O. (2020). Connectedness to nature: Its impact on sustainable behaviors and happiness in children. *Frontiers in Psychology, 11*, 276. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00276

Estrada-Araoz, E. G., Gallegos Ramos, N. A., Paredes Valverde, Y., Quispe Herrera, R., & Mori Bazán, J. (2023). Examining the Relationship between Environmental Education and Pro-Environmental Behavior in Regular Basic Education Students: A Cross-Sectional Study. *Social Sciences, 12*(5), 307. https://doi.org/10.3390/socsci12050307

Hair, J.F., Hult, G.T.M., Ringle, C.M., Sarstedt, M., Danks, N.P., & Ray, S. (2021) *Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Using R.* A Workbook, Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7

Liu, J., & Green, R. J. (2024). Children's pro-environmental behaviour: A systematic review of the literature. *Resources, Conservation and Recycling*, *205*, 107524. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107524

Ma, B., Zhao, J., & Shen, Q. (2026). Moral and rational pathways to pro-environmental behavior among high school students: An integrated TPB–NAM model. *Acta Psychologica*, *268*, 107388. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2026.107388

MAAP. (2025). *Current situation of gold mining in the Peruvian Amazon*. Monitoring of the Andean Amazon Project. https://www.maaproject.org/peru-gold-mining-2025/

Municipalidad Provincial de Tambopata. (2025). Informe sobre reporte de denuncias ambientales anuales 2024 Municipalidad Provincial de Tambopata. Sistema Nacional de Información Ambiental. https://sinia.minam.gob.pe/documentos/informe-reporte-denuncias-ambiental-anuales-2024-municipalidad-44

Quilca-Castro, A. R., Huamani-Rojas, R. N., & Yaulilahua-Huacho, R. (2023). La difusión de programas ecológicos radiales mejora actitudes ambientales en estudiantes de educación secundaria. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, *11*(Especial 1), Artículo 20. https://doi.org/10.46377/dilemas.v11iEspecial.3883

Rahmania, T. (2024). Exploring school environmental psychology in children and adolescents: The influence of environmental and psychosocial factors on sustainable behavior in Indonesia. *Heliyon, 10*(18), e37881. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37881

Uitto, A., Boeve-de Pauw, J., & Saloranta, S. (2015). Participatory school experiences as facilitators for adolescents' ecological behavior. *Journal of Environmental Psychology*, *43*, 55–65. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.05.007

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development.* https://sdgs.un.org/2030agenda

UNESCO. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning objectives*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444

Van de Wetering, J., Leijten, P., Spitzer, J., & Thomaes, S. (2022). Does environmental education benefit environmental outcomes in children and adolescents? A meta-analysis. *Journal of Environmental Psychology*, *81*, 101782. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101782

Yangali Vicente, J. S., Vásquez Tomás, M. R., Huaita Acha, D. M., & Baldeón De La Cruz, M. D. (2021). Comportamiento ecológico y cultura ambiental, fomentada mediante la educación virtual en estudiantes de Lima-Perú. *Revista de Ciencias Sociales*, *27*(1), 385–398. https://doi.org/10.31876/rcs.v27i1.35321

Apéndice A. Ecuaciones estadísticas y especificación del modelo

El modelo de cambio pareado se expresó como:

$\Delta CS_i = CS_POST_i - CS_PRE_i$

donde ΔCS_i es la puntuación de cambio del estudiante i, CS_POST_i es la puntuación de comportamiento sostenible del postest y CS_PRE_i es la puntuación del pretest.

El modelo de estabilidad estructural se expresó como:

$CS_POST_i = \beta 0 + \beta 1(CS_PRE_i) + \varepsilon_i$

Para el PLS-SEM basado en compuestos, los constructos globales se especificaron como:

$CS_PRE = w1(CA_PRE) + w2(RRU_PRE) + w3(WRC_PRE) + w4(PSA_PRE)$

$CS_POST = w1(CA_POST) + w2(RRU_POST) + w3(WRC_POST) + w4(PSA_POST)$

donde CA = cuidado ambiental, RRU = uso responsable de recursos, WRC = gestión de residuos y consumo responsable, y PSA = participación en acciones sostenibles.