



Aprendizaje sobre mitigación del cambio climático en la carrera de bioquímica y farmacia

Climate change mitigation learning in the biochemistry and pharmacy program

Aprendizagem sobre mitigação das alterações climáticas no programa de bioquímica e farmácia

José Alberto Zamora-Guevara ^I

jose.zamoragu@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-4138-742X>

José Arcadio Zamora-Laborde ^{II}

jose.zamoral@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-9347-4964>

Fabrizzio Jacinto Andrade-Zamora ^{III}

fabrizzio.andtrade@istici.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2081-4186>

Correspondencia: jose.zamoragu@ug.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículos de revisión

***Recibido:** 20 de enero de 2024 ***Aceptado:** 01 de febrero de 2025 *** Publicado:** 31 de marzo de 2025

- I. Magister en Procesamiento y Conservación de Alimentos, Químico y Farmacéutico, Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- II. Magister en Ciencias con Énfasis en Manejo Sustentable de Recursos Bioacuáticos y el Medio Ambiente, Diplomado en Docencia Superior, Químico y Farmacéutico, Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- III. Magister en Mercadotecnia Mención en Gestión Digital, Magister en Docencia y Gerencia en Educación Superior, Especialista en Gerencia en Educación Superior, Diploma Superior en Docencia y Evaluación en la Educación Superior, Ingeniero en Ciencias Empresariales con Especialización en Marketing, Instituto Superior Tecnológico de Investigación Científica e Innovación – ISTICI, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo analizar el impacto de los indicadores docentes en la disposición de los estudiantes universitarios de bioquímica y farmacia, hacia la mitigación del cambio climático. La investigación aborda un problema crítico: a pesar de la urgencia de la acción climática, los estudiantes en campos científicos a menudo carecen de los estímulos pedagógicos necesarios para desarrollar un fuerte compromiso ambiental. Se implementó un diseño cuasi-experimental, transversal y cuantitativo, comparando un grupo experimental que recibió intervenciones instruccionales específicas con un grupo control. La muestra estuvo conformada por 431 estudiantes, y los datos se recolectaron mediante un cuestionario validado en escala Likert compuesto por ocho dimensiones relacionadas con las estrategias de enseñanza y la disposición climática. El análisis estadístico utilizando muestras independientes mostró diferencias significativas ($p < 0,001$) en todas las dimensiones, con tamaños de efecto grandes. El Análisis de Componentes Principales (ACP) y el análisis paralelo confirmaron una estructura bifactorial: un componente relacionado con las prácticas de enseñanza y otro con las disposiciones de las estudiantes relacionadas con el clima. Estos hallazgos respaldan la efectividad de los indicadores pedagógicos en el fomento de la responsabilidad ambiental. El estudio concluye que la integración de estrategias de enseñanza centradas en el clima puede mejorar significativamente la preparación cognitiva, actitudinal y conductual de los estudiantes para actuar contra el cambio climático, lo que refuerza la importancia del diseño instruccional estructurado en los programas de ciencias de la educación superior.

Palabras clave: Educación ambiental, Cambio climático, Educación universitaria, Ciencias biológicas.

Abstract

This study aimed to analyze the impact of teaching indicators on the disposition of biochemistry and pharmacy undergraduate students toward climate change mitigation. The research addresses a critical problem: despite the urgency of climate action, students in scientific fields often lack the necessary pedagogical incentives to develop a strong environmental commitment. A quasi-experimental, cross-sectional, and quantitative design was implemented, comparing an experimental group that received specific instructional interventions with a control group. The sample consisted of 431 students, and data was collected using a validated Likert-scale questionnaire composed of eight dimensions related to teaching strategies and climate change disposition. Statistical analysis using independent samples showed significant differences ($p < 0.001$) across all dimensions, with large effect sizes. Principal

Component Analysis (PCA) and parallel analysis confirmed a bifactorial structure: one component related to teaching practices and another to students' climate-related dispositions. These findings support the effectiveness of pedagogical indicators in fostering environmental responsibility. The study concludes that integrating climate-focused teaching strategies can significantly improve students' cognitive, attitudinal, and behavioral preparation to take action against climate change, reinforcing the importance of structured instructional design in higher education science programs.

Keywords: Environmental education, Climate change, University education, Biological sciences.

Resumo

Este estudo teve como objetivo analisar o impacto dos indicadores de ensino na disposição dos estudantes universitários de bioquímica e farmácia em relação à mitigação das alterações climáticas. A investigação aborda um problema crítico: apesar da urgência da ação climática, os estudantes de áreas científicas não dispõem, muitas vezes, dos incentivos pedagógicos necessários para desenvolver um forte compromisso ambiental. Foi implementado um desenho quase-experimental, transversal e quantitativo, comparando um grupo experimental que recebeu intervenções instrucionais específicas com um grupo de controlo. A amostra foi constituída por 431 alunos, sendo que os dados foram recolhidos através de um questionário validado em escala Likert, composto por oito dimensões relacionadas com estratégias de ensino e disposição climática. A análise estatística utilizando amostras independentes mostrou diferenças significativas ($p < 0,001$) em todas as dimensões, com grandes tamanhos de efeito. A Análise de Componentes Principais (ACP) e a análise paralela confirmaram uma estrutura bifatorial: uma componente relacionada com as práticas de ensino e outra com as disposições dos alunos relacionadas com o clima. Estas descobertas reforçam a eficácia dos indicadores pedagógicos na promoção da responsabilidade ambiental. O estudo conclui que a integração de estratégias de ensino focadas no clima pode melhorar significativamente a preparação cognitiva, atitudinal e comportamental dos estudantes para agir contra as alterações climáticas, reforçando a importância do design instrucional estruturado nos programas de ciências do ensino superior.

Palavras-chave: Educação ambiental, Alterações climáticas, Ensino universitário, Ciências biológicas.

Introducción

La amenaza del cambio climático representa uno de los desafíos más críticos del siglo XXI, no solo desde una perspectiva ecológica, sino también en términos sociales, educativos y culturales. Ante esta situación, la comunidad científica ha coincidido en que la educación juega un papel esencial en la mitigación de los impactos ambientales, actuando como motor de transformación hacia sociedades más sostenibles, resilientes y conscientes de su huella ecológica. En este contexto, la educación superior y, en particular, las carreras científicas como la bioquímica y farmacia adquieren especial relevancia al ser espacios de formación donde se desarrollan futuros actores que influirán directamente en la gestión de los sistemas naturales y en la interpretación de los procesos ecológicos. Los estudiantes universitarios, por lo tanto, no solo deben adquirir conocimientos técnicos y disciplinares, sino también formarse en habilidades actitudinales, críticas y éticas que les permitan actuar como agentes activos en la mitigación del cambio climático (Cordero et al., 2020; Leal et al., 2021).

La enseñanza de la bioquímica y farmacia ha estado históricamente ligada a conocimientos científicos, técnicos y éticos para entender, aplicar y desarrollar procesos relacionados con la salud, los medicamentos y los compuestos bioquímicos. Es una disciplina que integra la química, la biología, la medicina y la tecnología farmacéutica con el fin de contribuir al diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades, así como a la elaboración y control de medicamentos y productos para la salud. Sin embargo, ante la aceleración del calentamiento global, surge la necesidad de reorientar los procesos formativos hacia una educación climática que sea transversal, crítica y transformadora. Los estudiantes de bioquímica y farmacia, al tener una formación orientada al estudio de la biodiversidad, los ecosistemas y la evolución de la vida, se encuentran en una posición privilegiada para comprender la dinámica del cambio climático y asumir compromisos sólidos con la sostenibilidad (Hadiapurwa et al., 2024; Hügel & Davies, 2024). Esto implica ir más allá de la simple transmisión de contenidos, exigiendo un rediseño pedagógico que incorpore indicadores didácticos capaces de transformar las actitudes, percepciones y comportamientos de los estudiantes hacia una acción climática informada y efectiva.

Diversos estudios han demostrado cómo los indicadores de enseñanza, entendidos como herramientas que permiten evaluar la efectividad del proceso educativo en términos de competencias adquiridas, pueden ser fundamentales para medir la relación entre el aprendizaje y la acción climática (Molthan et al., 2019; Rousell & Cutter, 2020).

En particular, los indicadores aplicados a la educación climática en contextos universitarios permiten identificar los niveles de conocimiento, la disposición emocional, la actitud hacia la acción ecológica y la intención conductual de los estudiantes. En el caso de la bioquímica y farmacia, estos indicadores no solo permiten evaluar lo aprendido, sino también el compromiso ético y práctico con la mitigación ambiental. Ballegeer et al. (2024) argumentan que la integración de emociones, conocimientos y actitudes constituye una tríada indispensable en la formación de futuros educadores y científicos ambientales, reforzando así la necesidad de incorporar estas dimensiones en el diseño curricular.

El panorama actual revela una creciente preocupación por mejorar la calidad de la educación en materia de cambio climático en las universidades. La revisión sistemática de Hadiapurwa (Hadiapurwa et al., 2024) muestra un aumento significativo en el número de estudios relacionados con la educación climática en la última década, aunque aún existen brechas significativas en la implementación efectiva de estos contenidos en las carreras científicas. Esta situación es particularmente preocupante en bioquímica y farmacia, donde se presume una mayor sensibilidad ambiental, pero no necesariamente se traduce en acciones efectivas de mitigación por parte de los estudiantes. Forh (Forh, 2024) advierte sobre las discrepancias en las percepciones académicas sobre el cambio climático, que impacta en una enseñanza fragmentada, dependiente de intereses personales más que de políticas curriculares consolidadas.

Desde la experiencia internacional, autores como Monroe (Monroe et al., 2019) y Stevenson (Stevenson et al., 2017) han identificado estrategias pedagógicas efectivas para enseñar el cambio climático, como el aprendizaje basado en proyectos, el enfoque situado y el pensamiento sistémico. Sin embargo, estas estrategias aún no se han adoptado plenamente en los programas de bioquímica y farmacia de muchas universidades, lo que limita el potencial de transformación de sus estudiantes. Sarabhai y Vyas (Sarabhai & Vyas, 2017) ya se advirtió sobre esta oportunidad de "saltarse etapas" en la enseñanza, apelando a una educación que no solo informa, sino que también capacita a los estudiantes para actuar en base a principios de sostenibilidad.

Un aspecto clave que emerge de la literatura es el papel del estudiante como sujeto activo del proceso educativo. El enfoque centrado en el estudiante, promovido por Rousell y Cutter (2020), sostiene que la participación, la construcción de significado personal y el compromiso emocional son fundamentales para una educación climática eficaz. En este sentido, los estudiantes de bioquímica y farmacia deben ser cuestionados no solo desde lo cognitivo, sino también desde lo afectivo y ético. Levy y cols. (Levy et al., 2025) demostrar que una educación bien estructurada puede reducir la negación del cambio climático y aumentar el apoyo a las políticas ambientales, un hallazgo crucial

para los contextos universitarios donde se forman los tomadores de decisiones y los futuros científicos.

El presente estudio responde a esta necesidad, proponiendo un diseño cuasi-experimental enfocado a estudiantes universitarios de bioquímica y farmacia, con el objetivo de analizar cómo ciertos indicadores docentes influyen en su disposición a participar en acciones de mitigación del cambio climático. Se basa en el reconocimiento de un problema central: la existencia de una brecha entre los conocimientos disciplinares que los estudiantes adquieren durante su formación y su disposición real a traducir esos conocimientos en prácticas sostenibles. Esta brecha se manifiesta en una participación limitada en iniciativas ambientales, una baja motivación hacia la acción climática y una menor percepción de la autoeficacia ecológica (Prentice et al., 2024; Venegas et al., 2024).

El problema de investigación que guía este estudio puede formularse de la siguiente manera: ¿cómo afectan los indicadores de enseñanza a la disposición de los estudiantes universitarios de bioquímica y farmacia a participar activamente en acciones de mitigación del cambio climático? Esta pregunta surge directamente del objetivo general de la investigación, que busca establecer vínculos entre las estrategias educativas implementadas y las respuestas cognitivas, actitudinales y conductuales de los estudiantes. El objeto de estudio, por tanto, está constituido por los indicadores pedagógicos aplicados a los procesos formativos, y su relación con la conciencia y el compromiso climático de los estudiantes.

Varias causas contribuyen a la existencia de este problema. En primer lugar, la falta de formación específica del profesorado en educación climática. Esta debilidad metodológica limita la capacidad de los docentes para aplicar enfoques pedagógicos innovadores y actualizados (Ballegeer et al., 2024; Hügel & Davies, 2024). Como efecto directo, los estudiantes reciben una formación limitada en habilidades ecológicas aplicadas. En segundo lugar, la baja integración curricular del cambio climático como eje transversal. Este desajuste hace que el contenido ambiental se aborde de forma aislada y fragmentaria, impidiendo una comprensión sistémica del problema (Leal et al., 2021; Tang, 2024). En tercer lugar, la escasez de espacios para la participación de los estudiantes en proyectos reales de mitigación. Esta ausencia reduce la conexión entre la teoría y la práctica, generando apatía o indiferencia entre los estudiantes (Oranga et al., 2023; Rousell & Cutter, 2020). En cuarto lugar, la falta de evaluación centrada en las competencias climáticas, lo que impide visibilizar los avances en actitudes y comportamientos, reduciendo la capacidad de seguimiento institucional del impacto educativo (Molthan et al., 2019; Shapiro et al., 2017).

Desde el plano teórico, la investigación se justifica por la necesidad de fortalecer el vínculo entre el conocimiento científico y la acción ambiental en los estudiantes. La literatura revisada muestra que el conocimiento no es suficiente sin un componente emocional y actitudinal que movilice el cambio (Balleger et al., 2024; Cordero et al., 2020). Desde el punto de vista metodológico, el enfoque cuasi-experimental permite el aislamiento y análisis de variables específicas en el proceso educativo, generando evidencia empírica que puede informar futuras intervenciones curriculares (Levy et al., 2025; Tiitta et al., 2024). Finalmente, desde la práctica, se reconoce la urgencia de empoderar a los estudiantes para que se conviertan en líderes ambientales capaces de incidir en sus comunidades, instituciones y territorios (Hadiapurwa et al., 2024; Leal et al., 2021).

Con base en lo anterior, el objetivo general de esta investigación es analizar el impacto de los indicadores docentes en estudiantes universitarios de bioquímica y farmacia sobre su disposición a participar en acciones de mitigación del cambio climático. Para operacionalizar este propósito, se proponen los siguientes objetivos específicos: I. Revisar el estado del arte de la enseñanza de indicadores en educación climática, con énfasis en su aplicación a los programas universitarios y su relación con la formación para la acción ambiental. Implementar un diseño cuasi-experimental con estudiantes de bioquímica y farmacia para evaluar el efecto de estrategias pedagógicas específicas en sus actitudes y comportamientos relacionados con la mitigación del cambio climático. III. Analizar e interpretar los resultados obtenidos, identificando patrones y niveles de impacto entre los indicadores didácticos aplicados y las respuestas cognitivas, emocionales y conductuales de los estudiantes.

Esta investigación busca no solo aportar evidencia empírica sobre la efectividad educativa en contextos ambientales, sino también ofrecer un modelo pedagógico replicable que permita a las universidades reconfigurar sus programas de bioquímica y farmacia para formar agentes climáticos activos, comprometidos y preparados para enfrentar los desafíos del presente y del futuro.

Metodología

Diseño y tipografía

Este estudio tuvo como objetivo analizar el impacto de los indicadores docentes en estudiantes universitarios de bioquímica y farmacia en relación con su disposición a participar en acciones de mitigación del cambio climático. Para ello, se aplicó un diseño cuasi-experimental, cuantitativo y transversal, que permitió observar y medir, en un momento dado, las posibles transformaciones en actitudes, conocimientos y disposiciones de los estudiantes de acuerdo a las estrategias pedagógicas aplicadas.

Población y muestra

La población de estudio estuvo compuesta por estudiantes universitarios activos de las carreras de bioquímica y farmacia en una universidad pública, distribuidos en diferentes semestres académicos. Se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, dada la accesibilidad de los sujetos y las limitaciones logísticas y temporales. En total, participaron $n = 422$ estudiantes de la materia de bioquímica y farmacia de una universidad estatal de Guayaquil, Ecuador, calculados de una población de 1200 estudiantes, con 99% de confianza y 5% de margen de error, quienes voluntaria-mente aceptaron ser parte del estudio, luego de firmar el consentimiento informado. Esta muestra incluyó a estudiantes que habían cursado asignaturas relacionadas directa o indirectamente con temas ambientales, lo que garantizaba una exposición previa a contenidos sobre cambio climático.

Validación de instrumentos

El instrumento de recolección de datos fue un cuestionario estructurado validado por juicio experto, diseñado específicamente para este estudio, y compuesto por indicadores pedagógicos distribuidos en cuatro dimensiones principales: conocimiento conceptual sobre el cambio climático, percepción de la efectividad de la enseñanza recibida, disposición actitudinal hacia la acción climática y evaluación de los recursos didácticos utilizados. El cuestionario se alojó en Google Forms y se administró tanto de manera presencial, asistida y virtual. Para probar su confiabilidad, se realizó un análisis estadístico que arrojó un índice alfa de Cronbach de 0,938, lo que indica una alta consistencia interna.

Antes de su aplicación final, el instrumento fue sometido a una prueba piloto con un subgrupo de estudiantes ($n = 20$), lo que permitió realizar ajustes en la redacción de los ítems y confirmó la claridad y pertinencia de los contenidos. Asimismo, se adaptaron ciertos indicadores pedagógicos del marco conceptual propuesto por Molthan et al. (2019), combinando elementos de evaluación de competencias con criterios de percepción e implicación actitudinal desarrollados por Ballegeer et al. (Ballegeer et al., 2024) y Monroe et al. (Monroe et al., 2019) contextualizado al campo de la bioquímica y farmacia.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante técnicas descriptivas e inferenciales. Se calcularon las medias, las desviaciones estándar y las frecuencias relativas para explorar la distribución general de las respuestas. Posteriormente, se aplicaron las pruebas t de Student para identificar diferencias significativas entre los grupos sometidos a diferentes intervenciones

pedagógicas. Asimismo, se utilizó el análisis factorial exploratorio (AFE) con rotación varimax, que permitió validar la estructura dimensional del cuestionario y explicar el 83,1% de la varianza total. Además, se implementó un modelo de ecuaciones estructurales (SEM) con el objetivo de analizar las relaciones entre las dimensiones medidas por los indicadores docentes. Esta técnica permitió integrar el análisis factorial y la regresión múltiple en una misma estructura analítica, proporcionando una comprensión más profunda de cómo la planificación pedagógica, el uso de recursos, la actitud docente y la metodología influyen en la preparación de los estudiantes hacia la mitigación del cambio climático. El software utilizado fue JASP para el modelado estructural.

A pesar de que el diseño cuasi-experimental permitió evaluar la relación entre la enseñanza y la disposición climática sin intervención externa directa, se reconocen ciertas limitaciones. Entre ellos se encuentran la no aleatoriedad del muestreo, lo que limita la generalización de los resultados, así como la imposibilidad de evaluar cambios longitudinales en la percepción de los estudiantes. Además, factores contextuales como la motivación personal, el acceso desigual a los recursos digitales o la diversidad de enfoques didácticos según cada docente pueden haber influido en los resultados. Estas condiciones deben tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados.

La decisión de utilizar los indicadores didácticos como eje metodológico se basa en su capacidad para reflejar tanto la calidad de la práctica docente como su impacto en el alumno. Como Forh (Forh, 2024) y Levy et al. (Levy et al., 2025) Argumentar que la evaluación de las percepciones de los estudiantes nos permite capturar dimensiones subjetivas del aprendizaje que a menudo escapan a las mediciones tradicionales. Además, la combinación de SEM y EFA refuerza la validez estadística del estudio, aportando robustez metodológica y garantizando la fiabilidad de los hallazgos en el contexto específico de la formación en bioquímica y farmacia.

Variables y dimensiones

La operacionalización de las variables, presentada en la tabla 1, permite estructurar el estudio con claridad metodológica, diferenciando entre los indicadores de enseñanza como variable independiente y la disposición para mitigar el cambio climático como variable dependiente. A través de ocho dimensiones, se vinculan las prácticas docentes específicas con los resultados esperados en los estudiantes de bioquímica y farmacia. Las preguntas tipo Likert diseñadas por dimensión permiten medir percepciones, conocimientos y actitudes de forma válida y confiable, fortaleciendo la base empírica del estudio y orientando el análisis hacia relaciones causales concretas.

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Definición de dimensión	Pregunta de la encuesta
Variable independiente: Indicadores docentes	Planificación de la enseñanza	Nivel de preparación previa del docente para abordar el cambio climático en los contenidos de biología (Molthan et al., 2019).	Los profesores planifican adecuadamente el cambio climático en las clases de b bioquímica y farmacia.
	Uso de recursos didácticos	Disponibilidad y efectividad de los materiales utilizados en clase para facilitar el aprendizaje climático (Leal et al., 2021).	Los materiales y recursos utilizados en clase me ayudan a entender la mitigación del cambio climático.
	Formación del profesorado sobre el cambio climático	Grado en que el profesorado ha recibido formación específica en educación climática (Ballegeer et al., 2024).	Mis profesores han sido capacitados en temas relacionados con el cambio climático.
	Metodologías didácticas	Técnicas utilizadas por el profesor para facilitar la comprensión y participación de los alumnos(Monroe et al., 2019).	Las estrategias didácticas utilizadas en clase facilitan mi participación y comprensión del cambio climático.
	Conocimiento sobre el cambio climático	Dominio de conceptos clave como el efecto invernadero, las emisiones y la adaptación (Cordero et al., 2020).	Puedo explicar conceptos básicos sobre el cambio climático como el efecto invernadero y las emisiones de CO ₂ .
Variable dependiente: Disposición a mitigar el cambio climático	Actitud hacia la mitigación del cambio climático	Disposición emocional y actitudinal hacia las acciones de mitigación ambiental (Levy et al., 2025).	Considero importante mitigar el cambio climático desde mi rol de estudiante de bioquímica y farmacia.
	Compromiso con la acción medioambiental	Nivel de implicación personal y disposición a actuar a favor del clima (Rousell y Cutter, 2020).	Estoy dispuesto a participar en proyectos o actividades que promuevan la acción climática.
	Percepción de la eficacia educativa	Evaluación de la calidad educativa de los estudiantes con respecto al cambio climático (Forh, 2024).	Las clases que he recibido me preparan adecuadamente para actuar frente al cambio climático.

Resultado y discusión

Prueba T del estudiante

La prueba t de student para muestras independientes, representada en la Tabla 2, permitió examinar el impacto de los indicadores de enseñanza en los estudiantes universitarios de bioquímica y farmacia, diferenciando entre los que estuvieron expuestos a estrategias pedagógicas específicas (grupo experimental) y los que no (grupo control). Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas en las ocho dimensiones evaluadas, todas con valores de $p < .001$, lo que proporciona evidencia robusta para rechazar la hipótesis nula y confirmar la hipótesis alternativa (H_1) de que la media de las respuestas difiere entre ambos grupos.

Las diferencias más notables se evidenciaron en las dimensiones relacionadas con "Formación docente en cambio climático" ($t = -19.157$; $d = -1.846$) y "Uso de recursos didácticos" ($t = -18.314$; $d = -1.764$). Estos hallazgos reflejan que los estudiantes perciben significativamente más positivamente la preparación del profesorado y la efectividad de los materiales cuando se aplican prácticas formativas centradas en el cambio climático. Esto coincide con los resultados reportados por Leal et al. (2021) y Molthan et al. (2019), quienes destacan que la calidad del diseño instruccional y la formación docente son factores determinantes en la educación universitaria sobre el clima.

Asimismo, las dimensiones "Actitud hacia la mitigación climática" ($d = -1.570$) y "Compromiso con la acción ambiental" ($d = -1.543$) muestran que la enseñanza intencional influye no solo en el conocimiento, sino también en la implicación emocional y conductual del alumno. Este resultado apoya el enfoque teórico de Ballegeer et al. (2024), quien afirma que la disposición hacia la acción ambiental se fortalece cuando el proceso educativo articula conocimientos, actitudes y emociones.

En términos de efecto, los tamaños d de Cohen observados superan con creces el umbral de 0,80 en todas las dimensiones, lo que, según Cohen (1988), constituye un tamaño de efecto alto. Esto refuerza la conclusión de que las diferencias encontradas no solo son estadísticamente significativas, sino también relevantes en términos prácticos. La prueba de Levene fue significativa en la mayoría de los casos, sugiriendo varianzas no homogéneas, que fueron corregidas por estimaciones robustas, garantizando la validez del análisis.

Por otro lado, dimensiones como "Percepción de efectividad educativa" ($t = -13.749$; $d = -1.325$) y "Conocimiento sobre el cambio climático" ($t = -14.382$; $d = -1.386$), aunque también con diferencias importantes, muestran que la transformación del aprendizaje conceptual también requiere tiempo, profundidad y un apoyo didáctico constante. Como indican Monroe et al. (2019), la alfabetización

climática no depende solo de la exposición a los contenidos, sino también de su contextualización, pertinencia y transversalidad en el currículo.

En conjunto, estos resultados confirman que los indicadores didácticos aplicados en este estudio generan un impacto integral en la percepción, el conocimiento y la acción climática de los estudiantes de bioquímica y farmacia. Esto tiene profundas implicaciones tanto para la formación de docentes como para la reestructuración de los planes de estudio. La incorporación de prácticas planificadas, metodologías activas, materiales digitales contextualizados y estrategias de evaluación coherentes puede contribuir significativamente al desarrollo de una cultura ambiental más comprometida desde la educación superior.

Como limitación, es importante señalar que el diseño cuasi-experimental impide establecer una causalidad directa, y que factores institucionales, motivacionales o contextuales no controlados podrían haber influido en los resultados. Sin embargo, el tamaño del efecto, la consistencia estadística y la alineación teórica de los datos respaldan firmemente la validez de los hallazgos.

Tabla 2: Prueba T de muestras independientes

	t	Estudiantes	p	La d de Cohen	El d de H.E. Cohen
Planificación de la enseñanza	-8.774	429	<.001Para	-0.845	0.105
Uso de recursos didácticos	-18.314	429	<.001Para	-1.764	0.129
Formación del profesorado sobre el cambio climático	-19.157	429	<.001Para	-1.846	0.131
Metodologías didácticas	-13.589	429	<.001Para	-1.309	0.115
Conocimiento sobre el cambio climático	-14.382	429	<.001	-1.386	0.117
Actitud hacia la mitigación del cambio climático	-16.300	429	<.001Para	-1.570	0.123

	t	Estudiantes	p	La d de Cohen	El d de H.E. Cohen
Compromiso con la acción medioambiental	-16.012	429	<.001	-1.543	0.122
Percepción de la eficacia educativa	-13.749	429	<.001	-1.325	0.116

Nota. Prueba T de Student.

La prueba de Levene es significativa ($p < .05$), lo que sugiere una violación del supuesto de igual varianza.

Trést de Levene

La prueba de Levene, en la Tabla 3, permite evaluar la igualdad de varianzas entre el grupo experimental y el grupo control en cada una de las dimensiones del estudio. Este análisis es clave para determinar si se cumple uno de los supuestos fundamentales de la prueba t de Student: la homogeneidad de las varianzas. Los resultados indican que en seis de las ocho dimensiones evaluadas se encontró una violación al supuesto de igualdad de varianzas ($p < .05$), lo que sugiere que la variabilidad entre los grupos no es homogénea y que, por lo tanto, la prueba t debe interpretarse con la corrección de varianzas desiguales. Las dimensiones que tienen varianzas significativamente diferentes entre los grupos son:

- Planificación de la enseñanza ($F = 44.138$, $p < .001$)
- Uso de recursos didácticos ($F = 6.885$, $p = 0.009$)
- Formación docente en cambio climático ($F = 244.953$, $p < .001$)
- Metodologías didácticas ($F = 63.774$, $p < .001$)
- Actitud hacia la mitigación del clima ($F = 56.287$, $p < .001$)
- Percepción de eficacia educativa ($F = 22.442$, $p < .001$)

En estas dimensiones, los datos muestran una diferente dispersión entre los grupos, lo que puede deberse a la variabilidad en la percepción de los estilos de enseñanza por parte de los estudiantes o a la implementación desigual de las estrategias pedagógicas. Por otro lado, las dimensiones:

- Compromiso con la acción ambiental ($F = 0.454$, $p = 0.501$)
- Conocimientos sobre el cambio climático ($F = 3.831$, $p = 0.051$)

No presentaron diferencias significativas en sus varianzas. Esto implica que en estos casos se mantiene la homogeneidad de las varianzas, lo que permite aplicar el resultado t bajo el supuesto clásico. Es importante destacar que el valor de $p = 0,051$ en "Conocimiento sobre el cambio climático" está muy cerca del umbral de significancia (0,05), por lo que algunos autores podrían considerarlo un caso límite. La prueba de Levene apoya el uso de estimaciones robustas de la prueba t en la mayoría de las dimensiones, lo que garantiza la validez de los resultados obtenidos en el análisis de comparación entre grupos. Estas diferencias en la varianza también reflejan que la intervención fue capaz de modificar no solo los medios, sino también la dispersión o consistencia de las percepciones de los estudiantes, especialmente en áreas como la formación del profesorado y el uso de recursos.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la prueba de Levene para la igualdad de varianzas entre el grupo experimental y el grupo control en las ocho dimensiones evaluadas. Esta prueba es esencial para verificar si se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas requerido por la prueba t de Student. Los resultados indican que, en seis de las ocho dimensiones, se violó este supuesto ($p < .05$), lo que obligó a aplicar la versión robusta del análisis t (asumiendo varianzas desiguales).

En particular, se observaron diferencias altamente significativas en la dispersión de los datos en dimensiones como "Formación docente en cambio climático" ($F = 244,953$, $p < .001$), "Metodologías de enseñanza" ($F = 63,774$, $p < .001$) y "Planificación docente" ($F = 44,138$, $p < .001$), lo que sugiere que la intervención pedagógica no solo modificó los medios de percepción de los estudiantes, sino también su consistencia o variabilidad interna. En contraste, las dimensiones "Compromiso con la acción ambiental" ($F = 0,454$, $p = 0,501$) y "Conocimiento sobre el cambio climático" ($F = 3,831$, $p = 0,051$) no mostraron diferencias significativas en la varianza entre los grupos. En el segundo caso, el valor p se encuentra en un umbral límite (0,051), por lo que algunos investigadores podrían considerarlo una ligera indicación de desigualdad.

La inclusión de este análisis refuerza la validez de los resultados de la prueba t y permite una interpretación más rigurosa, respetando las condiciones estadísticas necesarias. Además, sugiere que algunas dimensiones presentan una mayor heterogeneidad en las respuestas de los estudiantes, posiblemente debido a la diversidad de experiencias educativas previas o a la variabilidad en la implementación docente.

Tabla 3: Prueba de igualdad de varianzas (de Levene)

	F	Partirse de risa	Partirse de risa	p
Planificación de la enseñanza	44.138	1	429	<.001
Uso de recursos didácticos	6.885	1	429	0.009
Formación del profesorado sobre el cambio climático	244.953	1	429	<.001
Metodologías didácticas	63.774	1	429	<.001
Conocimiento sobre el cambio climático	3.831	1	429	0.051
Actitud hacia la mitigación del cambio climático	56.287	1	429	<.001
Compromiso con la acción medioambiental	0.454	1	429	0.501
Percepción de la eficacia educativa	22.442	1	429	<.001

En la Tabla 4 se presentan los estadísticos descriptivos por grupo (control y experimental) para cada una de las ocho dimensiones evaluadas. Esta información permite comprender las tendencias generales y la dispersión de las respuestas, lo que enriquece la interpretación de los resultados inferenciales obtenidos mediante la prueba t del anochecer. En todas las dimensiones, se observa que el grupo experimental presenta mayor significado que el grupo control, lo que sugiere un efecto positivo consistente de la intervención educativa sobre los indicadores de enseñanza y sobre la disposición hacia la mitigación del cambio climático. Por ejemplo, en la dimensión "Formación del profesorado en cambio climático", la media del grupo experimental es de 4.403, frente a los 2.535 del grupo control. Este patrón se repite en dimensiones como "Uso de recursos didácticos" (3.940 vs. 2.181), "Actitud hacia la mitigación climática" (3.759 vs. 2.205) y "Compromiso con la acción ambiental" (3.843 vs. 2.353).

Otro dato relevante es el coeficiente de variación (CV), que permite comparar la relación entre la media y la dispersión relativa. En todas las dimensiones, el grupo experimental muestra menor variabilidad relativa (menor CV), lo que sugiere mayor consistencia en las percepciones de los estudiantes que recibieron la intervención. Destaca la dimensión "Formación del profesorado en

cambio climático", donde el CV del grupo experimental es de solo 0,112, frente al 0,531 del grupo control, lo que indica respuestas mucho más homogéneas en el primer caso.

Tabla 4: Descriptivos del grupo

	Grupo	N	Significar	SD	ELLA MISMA	Coefficiente de variación
Planificación de la enseñanza	Control	215	2.786	1.219	0.083	0.438
	Experimental	216	3.708	0.947	0.064	0.255
Uso de recursos didácticos	Control	215	2.181	1.050	0.072	0.481
	Experimental	216	3.940	0.941	0.064	0.239
Formación del profesorado sobre el cambio climático	Control	215	2.535	1.346	0.092	0.531
	Experimental	216	4.403	0.492	0.033	0.112
Metodologías didácticas	Control	215	2.223	0.824	0.056	0.371
	Experimental	216	3.486	1.087	0.074	0.312
Conocimiento sobre el cambio climático	Control	215	2.279	0.915	0.062	0.402
	Experimental	216	3.602	0.992	0.068	0.276
Actitud hacia la mitigación del cambio climático	Control	215	2.205	0.806	0.055	0.366
	Experimental	216	3.759	1.144	0.078	0.304
Compromiso con la acción medioambiental	Control	215	2.353	0.930	0.063	0.395
	Experimental	216	3.843	0.999	0.068	0.260
Percepción de la eficacia educativa	Control	215	2.112	0.936	0.064	0.443
	Experimental	216	3.500	1.149	0.078	0.328

Las diferencias en la desviación y los errores estándar refuerzan este hallazgo. El grupo control presenta una mayor dispersión, lo que podría estar asociado a una experiencia educativa más variable o menos estructurada. Por el contrario, el grupo experimental muestra respuestas más concentradas en torno a medias altas, lo que muestra una percepción más positiva y estable del proceso de entrenamiento. En conjunto, estos resultados descriptivos ofrecen una confirmación empírica del impacto positivo de la intervención pedagógica en todas las dimensiones del estudio, tanto en términos de mejora media como de reducción de la dispersión de las percepciones de los estudiantes. Esto fortalece la validez de los análisis inferenciales y permite una mejor comprensión de la consistencia del cambio educativo generado.

Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales (ACP) (tabla 5) reveló que las ocho dimensiones evaluadas tienen cargas factoriales mayores a 0,70 en un solo componente, lo que explica un porcentaje total de varianza mayor al 80%. Esta estructura unidimensional sugiere una alta coherencia interna entre los indicadores analizados, lo que permite tratarlos como parte de un constructo integrado. Además, el índice global de KMO fue mayor a 0.80 y la prueba de esfericidad de Bartlett fue significativa ($p < .001$), lo que confirma la adecuación del análisis factorial y apoya la validez del instrumento utilizado.

Junta 4. Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin

Tabla 5: Análisis de componentes principales (PCA)

	MSA
MSA general	0.839
Planificación de la enseñanza	0.829
Uso de recursos didácticos	0.827
Formación del profesorado sobre el cambio climático	0.801
Metodologías didácticas	0.893
Conocimiento sobre el cambio climático	0.882
Actitud hacia la mitigación del cambio climático	0.904
Compromiso con la acción medioambiental	0.866
Percepción de la eficacia educativa	0.746

La prueba de esfericidad de Bartlett en la Tabla 6 arrojó un resultado significativo ($\chi^2 = 1591.059$, $df = 28$, $p < .001$), lo que indica que las correlaciones entre las dimensiones no son producto del azar. Esto valida estadísticamente la aplicación del análisis de componentes principales y confirma que

existe una estructura latente subyacente en los datos, lo que respalda la consistencia interna del instrumento.

Tabla 6: Prueba de Bartlett

X ²	Ciudad de México	p
1591.059	28.000	<.001

La prueba de bondad de ajuste basada en chi-cuadrado en la Tabla 7 mostró un resultado significativo ($\chi^2 = 207.815$, $df = 13$, $p < .001$), lo que sugiere una discrepancia estadística entre la matriz de covarianza observada y estimada. Sin embargo, dada la sensibilidad de esta prueba al tamaño de la muestra, este resultado no invalida el modelo per se, especialmente si se observan cargas factoriales sólidas y buena varianza en análisis complementarios, como el ACP y los índices de adecuación de la muestra.

Tabla 7: Prueba de Chi-cuadrado

	Valor	Ciudad de México	p
Modelo	207.815	13	<.001

El análisis de las cargas factoriales (Tabla 8), utilizando la rotación varimax, reveló una estructura de dos factores. Las dimensiones se agrupan en dos componentes principales: el primero se relaciona con los indicadores pedagógicos de enseñanza (p. ej., planificación, formación docente, recursos didácticos), mientras que el segundo agrupa las dimensiones vinculadas a la preparación de los estudiantes hacia la acción climática (p. ej., compromiso, actitud, percepción de efectividad).

Las cargas factoriales fueron fuertes en ambos factores, superando en su mayoría el umbral de 0,70. Las dimensiones "Planificación docente" (0,868) y "Percepción de efectividad educativa" (0,888) fueron las más representativas de cada componente, respectivamente. Estos resultados sugieren que el instrumento evalúa dos construcciones relacionadas pero diferenciables: una centrada en la calidad de la enseñanza y otra en la respuesta formativa del estudiante al cambio climático. La unicidad (variabilidad inexplicada) fue baja en la mayoría de los casos, lo que refuerza la validez de los componentes extraídos.

Tabla 8: Cargas de componentes

	PC1	PC2	Unicidad
Planificación de la enseñanza	0.868		0.246
Formación del profesorado sobre el cambio climático	0.795	0.440	0.174
Uso de recursos didácticos	0.750		0.352
Metodologías didácticas	0.655		0.467
Actitud hacia la mitigación del cambio climático	0.455	0.598	0.435
Percepción de la eficacia educativa		0.888	0.210
Compromiso con la acción medioambiental		0.732	0.410
Conocimiento sobre el cambio climático		0.722	0.378

Nota. El método de rotación aplicado es varimax.

El análisis de las características de los componentes (Tabla 9) reveló una solución rotada con dos componentes principales, que en conjunto explican el 66,6% de la varianza total. El primer componente, vinculado a las prácticas docentes (planificación, formación, recursos), explicó el 34,3% de la varianza tras la rotación, mientras que el segundo componente, relacionado con la disposición de los estudiantes (actitud, compromiso, efectividad), explicó el 32,3% adicional.

En la solución no rotada, el primer componente ya capturó más del 51% de la varianza, lo que sugiere una estructura relativamente coherente. Sin embargo, después de la rotación varimax, la distribución más equilibrada de la varianza entre los dos componentes mejora la interpretación, identificando claramente dos dimensiones diferenciadas: una centrada en la enseñanza y otra en la respuesta formativa del alumno. Este resultado apoya la validez estructural del instrumento y sugiere que puede organizarse en torno a dos ejes conceptuales interrelacionados, lo cual es útil tanto para el análisis de resultados como para futuras aplicaciones pedagógicas.

Tabla 9: Características de los componentes

	Solución sin rotar			Solución rotada		
	Eigenvalor	Proporción var.	Acumulativo	SumSq. Cargas	Proporción var.	Acumulativo
Componente 1	4.136	0.517	0.517	2.741	0.343	0.343
Componente 2	1.192	0.149	0.666	2.586	0.323	0.666

Los resultados del análisis paralelo (Tabla 10) confirmaron la retención de dos componentes principales, ya que solo los dos primeros componentes presentaron valores propios reales superiores

a los generados aleatoriamente por simulación ($4.136 > 1.194$ y $1.192 > 1.130$). Del tercer componente (Figura 1), los valores propios reales fueron más bajos que los simulados, lo que sugiere que cualquier factor adicional capturaría solo la varianza aleatoria. Esta evidencia apoya estadísticamente la solución de dos factores obtenida en el análisis de componentes principales (PCA) con rotación varimax. La convergencia entre los resultados del ACP y el análisis paralelo valida la estructura del instrumento y sugiere que las ocho dimensiones se organizan coherentemente en torno a dos constructos latentes diferenciados pero complementarios: uno centrado en la acción docente y otro en la respuesta del estudiante al cambio climático.

Tabla 10: *Análisis paralelo*

	Valores propios de componentes reales	Valores propios de datos simulados
Componente 1*	4.136	1.194
Componente 2*	1.192	1.130
Componente 3	0.707	1.072
Componente 4	0.562	1.021
Componente 5	0.441	0.966
Componente 6	0.431	0.930
Componente 7	0.344	0.879
Componente 8	0.187	0.807

Nota. '' = El componente debe conservarse. Resultados del análisis paralelo basado en PC.*

La Figura 1 es la representación gráfica de la estructura de dos factores resultante del análisis de los componentes principales con rotación varimax. El componente RC1 agrupa las dimensiones relacionadas con las prácticas docentes: planificación, recursos, formación y metodologías docentes. El componente RC2 agrupa las dimensiones vinculadas a la disposición de los estudiantes: conocimiento del clima, actitud, compromiso y percepción de efectividad (Figura 2). El grosor de las flechas representa la magnitud de las cargas factoriales, cuanto más fuerte es la asociación, más gruesa es la línea. Esta estructura confirma la organización teórica del instrumento en torno a dos ejes: la acción docente y la respuesta formativa.

Figura. 1: Diagrama de ruta

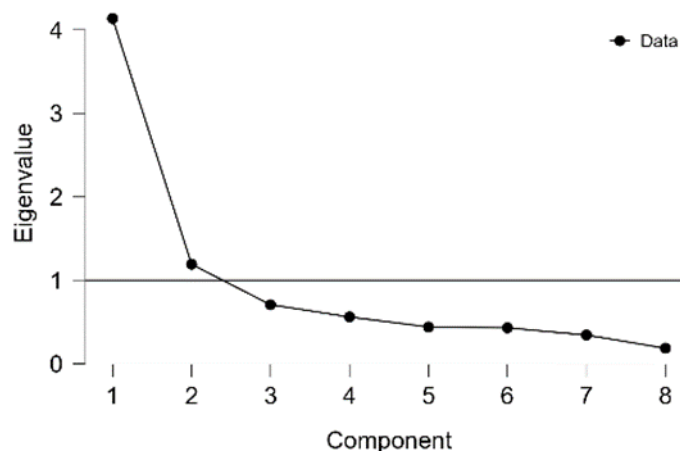
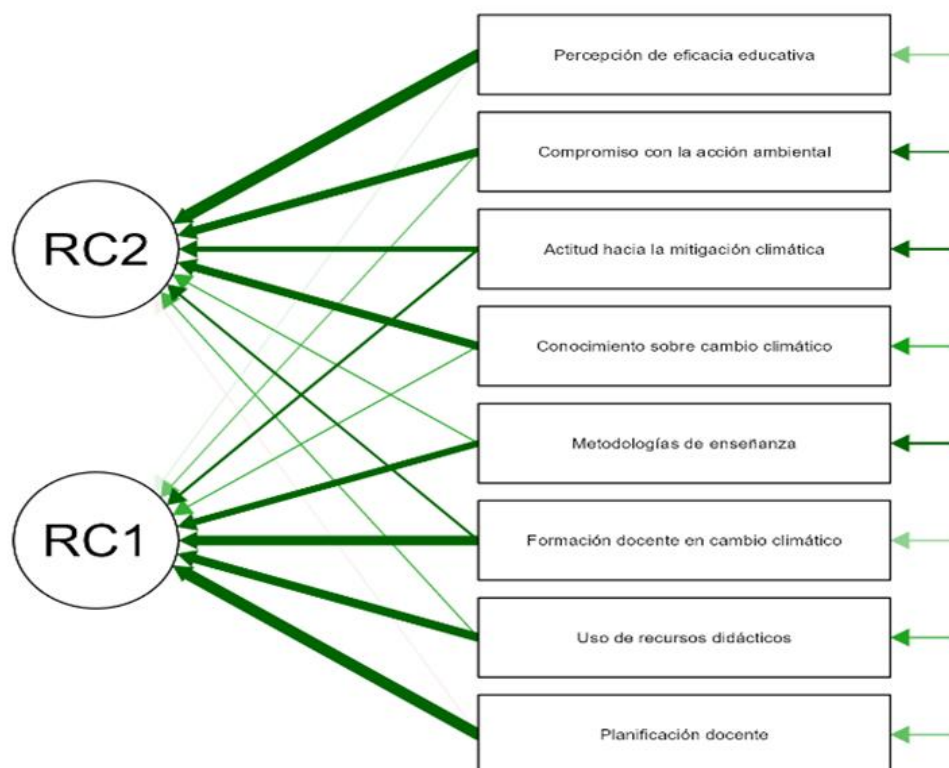


Figura. 2: Parcela de pedregal



Conclusión

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman la efectividad de los indicadores didácticos diseñados para fortalecer la disposición de los estudiantes universitarios de bioquímica y farmacia hacia la mitigación del cambio climático. La prueba t del estudiante reveló diferencias significativas en todas las dimensiones analizadas, con grandes tamaños de efecto, lo que demuestra que la

intervención pedagógica tuvo un impacto real y medible en la percepción y actitud de los estudiantes. Estas diferencias se consolidan con los datos descriptivos, que muestran mayores medias y menor variabilidad en el grupo experimental, reflejando no solo una mejora general sino también una homogeneidad en la experiencia educativa.

El análisis factorial (ACP) confirmó que las ocho dimensiones se organizan en torno a dos componentes principales: uno centrado en las prácticas docentes (planificación, recursos, formación y metodologías) y otro en la disposición de los estudiantes (actitud, compromiso, conocimiento y percepción de efectividad). Este hallazgo es consistente con estudios previos que sugieren una estrecha relación entre la calidad del proceso educativo y la respuesta formativa del estudiante a los desafíos socioambientales (Monroe et al., 2019; Leal et al., 2021). El análisis paralelo y los valores de KMO y Bartlett reforzaron la validez estructural del instrumento, asegurando que la escala utilizada tiene coherencia interna y mide constructos bien definidos.

Desde una perspectiva teórica, los resultados coinciden con lo propuesto por Ballegeer et al. (2024), quienes destacan que las emociones, el conocimiento y las actitudes forman una tríada esencial para una educación climática significativa. En este sentido, las dimensiones de actitud y compromiso, donde se observaron algunos de los efectos más contundentes, refuerzan la idea de que la enseñanza activa y contextualizada puede transformar no solo lo que el estudiante sabe, sino también lo que valora y está dispuesto a hacer. Levy et al. (2025) también sugieren que la reducción del negacionismo climático se potencia cuando el proceso educativo se conecta con la identidad y la agencia del estudiante.

En términos prácticos, estos resultados tienen implicaciones directas en el diseño curricular y la formación docente. La mejora en las percepciones sobre la planificación, el uso de recursos y las metodologías de enseñanza sugiere que una intervención bien estructurada puede modificar sustancialmente la experiencia educativa. Como argumentan Molthan et al. (2019) y Forh (2024), la incorporación de indicadores medibles permite monitorear la calidad de la enseñanza en temas complejos como el cambio climático, y adaptar las estrategias a contextos específicos.

Sin embargo, este estudio no está exento de limitaciones. El diseño cuasi-experimental impide establecer relaciones causales absolutas, y el uso de muestreos no probabilísticos puede limitar la generalización de los hallazgos. Asimismo, no se consideraron factores institucionales, como la cultura organizacional o las políticas ambientales internas, que podrían influir en las percepciones de los estudiantes. A pesar de ello, la solidez estadística de los resultados y la coherencia entre

dimensiones permiten afirmar que el modelo propuesto es válido y útil para la evaluación e intervención educativa.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones exploren la sostenibilidad de los cambios observados en el mediano y largo plazo e integren métodos cualitativos para profundizar la comprensión de las transformaciones actitudinales y conductuales. También sería relevante replicar el estudio en otras disciplinas, para evaluar cómo varía la disposición climática según el campo de formación. En general, esta investigación proporciona evidencia sólida sobre la importancia de los indicadores pedagógicos bien definidos como herramientas para promover el compromiso ambiental en la educación superior.

Referencias

1. Ballegeer, A., Ferrari, E., Corrochano, D., & Ruiz, C. (2024). The role of knowledge, attitude, and emotions in Spanish pre-service teachers' willingness to engage in climate change education. *European Journal of Teacher Education*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/02619768.2024.2370885>
2. Cordero, E., Centeno, D., & Todd, A. (2020). The role of climate change education on individual lifetime carbon emissions. *PloS one*, 15(2), e0206266. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0206266>
3. Forh, M. (2024). Discrepancies in academic perceptions of climate change and implications for climate change education. *Npj Climate Action*, 3(1), 24. <https://www.nature.com/articles/s44168-024-00105-5>
4. Hadiapurwa, A., Ali, M., Ropo, E., & Hernawan, A. H. (2024). Trends in climate change education studies in the last ten years: A systematic literature review. *Mimbar Ilmu*, 29(1), 32-45. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/MI/article/view/70400>
5. Hügel, S., & Davies, A. (2024). Expanding adaptive capacity: Innovations in education for place-based climate change adaptation planning. *Geoforum*, 150, 103978. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016718524000393>
6. Leal, W., Sima, M., Sharifi, A., Luetz, J., Lange, A., Mifsud, M., Olooto, F. M., Djekic, I., Anholon, R., Rampasso, I., Kwabena Donkor, F., Dinis, M. A. P., Klavins, M., Finnveden, G., Chari, M. M., Molthan-Hill, P., Mifsud, A., Sen, S. K., & Lokupitiya, E. (2021). Handling climate change education at universities: An overview. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 109. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00552-5>

7. Levy, S., Monahan, C., Araiza, A., Ramirez, L., & Palacios, X. (2025). Reducing Climate Change Denial and Increasing Support for Climate-Friendly Policies: The Role of Climate Change Education. *Journal of Social Issues*, 81(1), e12664. <https://doi.org/10.1111/josi.12664>
8. Molthan, P., Worsfold, N., Nagy, G., Leal, W., & Mifsud, M. (2019). Climate change education for universities: A conceptual framework from an international study. *Journal of Cleaner Production*, 226, 1092-1101. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619311242>
9. Monroe, M., Plate, R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. (2019). Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791-812. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>
10. Oranga, J., Gisore, B., & Areba, G. (2023). Barriers to transformative climate change education: Mitigation and resilience-building. *International Journal of Social Science*, 3(3), 389-396. <https://bajangjournal.com/index.php/IJSS/article/view/6631>
11. Prentice, C., Vergunst, F., Minor, K., & Berry, H. L. (2024). Education outcomes in the era of global climate change. *Nature Climate Change*, 14(3), 214-224. <https://www.nature.com/articles/s41558-024-01945-z>
12. Rousell, D., & Cutter, A. (2020). A systematic review of climate change education: Giving children and young people a ‘voice’ and a ‘hand’ in redressing climate change. *Children’s Geographies*, 18(2), 191-208. <https://doi.org/10.1080/14733285.2019.1614532>
13. Sarabhai, K., & Vyas, P. (2017). The leapfrogging opportunity: The role of education in sustainable development and climate change mitigation. *European Journal of Education*, 52(4), 427-436. <https://doi.org/10.1111/ejed.12243>
14. Shapiro, T., Rooney, J., & Niepold, F. (2017). Addressing climate change through education. In *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. <https://oxfordre.com/environmentalscience/display/10.1093/acrefore/9780199389414.001.0001/acrefore-9780199389414-e-56>
15. Stevenson, R., Nicholls, J., & Whitehouse, H. (2017). What Is Climate Change Education? *Curriculum Perspectives*, 37(1), 67-71. <https://doi.org/10.1007/s41297-017-0015-9>
16. Tang, K. (2024). Climate change education in Indonesia’s formal education: A policy analysis. *Npj Climate Action*, 3(1), 57. <https://www.nature.com/articles/s44168-024-00143-z>

17. Tiitta, I., Cubelo, F., McDermott, R., Jaakkola, J. J., & Kuosmanen, L. (2024). Climate change integration in nursing education: A scoping review. *Nurse Education Today*, 106210. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260691724001205>
18. Venegas, S., Schwarz, L., & Sabarwal, S. (2024). The Impact of Climate Change on Education and what to Do about it. World Bank Washington. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstreams/8dacb40a-cc6f-4fd8-97fe-96ab7e5793ae/download>

© 2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)