



Rastreando la huella ecológica en el aula universitaria: experiencias educativas para la sostenibilidad del planeta

Castillo-Figueroa, D. (2026). Rastreando la huella ecológica en el aula universitaria: experiencias educativas para la sostenibilidad del planeta [*Postprint*]. CIENCIA *ergo-sum*, 33. <https://doi.org/10.30878/cesv.33n0a61>

Sección: Ciencias Naturales y Agropecuarias

Universidad Autónoma del Estado de México, México

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.



Esta versión del artículo es una “versión final del autor” que fue aceptada por un proceso de **evaluación por pares ciegos**. Este documento diferirá en formato respecto a la “versión del editor”, la cual se someterá a un proceso de corrección de estilo y de diseño editorial. De ninguna forma se modificará el contenido. Todas las ideas que se presentan son responsabilidad del autor.

Rastreando la huella ecológica en el aula universitaria: experiencias educativas para la sostenibilidad del planeta
Tracking the Ecological Footprint in the University Classroom: Educational Experiences for Planetary Sustainability

Dennis Castillo-Figueroa, Universidad del Rosario, Colombia.

Correo electrónico: dennis.castillof@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4584-0762>

Recepción: 1 de abril de 2025

Aprobación: 18 de julio de 2025

RESUMEN

Se evaluó la huella ecológica y el cambio en el conocimiento sobre sostenibilidad en 152 estudiantes de 22 programas, en la asignatura “El planeta en que vivimos” (2020–2024) de la Universidad del Rosario (Bogotá, Colombia). Se calculó la huella ecológica mediante la plataforma *Ecological Footprint Calculator* y se aplicaron pre y post test con 16 preguntas sobre el planeta Tierra y sus problemáticas. Los estudiantes necesitarían 4.7 ± 1.8 planetas para sostener su estilo de vida, y el día de sobregiro se concentró en marzo (46%). Los resultados evidenciaron cambios en los conocimientos previos y una mejor comprensión de problemáticas ambientales. La cátedra fomentó la responsabilidad ambiental, destacando la necesidad de documentar más iniciativas educativas para impulsar cambios sostenibles.

PALABRAS CLAVE: ambientalización, crisis planetaria, educación ambiental, desarrollo sostenible, docencia, interdisciplinariedad, sostenibilidad.

ABSTRACT

This study evaluated the ecological footprint and changes in sustainability knowledge among 152 students from 22 programmes enrolled in the course “The planet we live in” (2020–2024) at Universidad del Rosario (Bogotá, Colombia). The footprint was calculated using the Ecological Footprint Calculator platform, and pre- and post-tests with 16 questions about Earth and environmental issues were applied. Students would require 4.7 ± 1.8 planets to sustain their lifestyles, with Earth Overshoot Day most often falling in March (46%). Results showed improved prior knowledge and better understanding of environmental issues. The course promoted environmental responsibility, highlighting the need to document more educational initiatives for sustainable change.

KEYWORDS: environmentalization, planetary crisis, environmental education, sustainable development, teaching, interdisciplinarity, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La Tierra es el único rincón del universo que sabemos, por lo menos por ahora, que alberga vida. Múltiples son las expresiones vitales que enriquecen el planeta desde hace 3800

millones de años (Knoll, 2015), desde imperceptibles organismos microscópicos que ocupan cada espacio del planeta, hasta exuberantes especies de hongos, plantas, y animales con diversas estructuras y planes corporales (Hillis et al., 2020). Estos organismos cumplen con importantes funciones ecológicas (Loreau et al., 2002), afectando procesos biogeoquímicos que mantienen la estabilidad de la Tierra (Schlesinger y Bernhardt, 2020). No solo son las más de 8.7 millones de especies estimadas (Mora et al., 2011; Díaz y Malhi, 2022; Wiens, 2023) –de las cuales no hemos descrito ni la mitad– lo que hace a este planeta sorprendente, sino también sus extraordinarias y variopintas condiciones geológicas, climatológicas, hidrológicas y meteorológicas, muchas de las cuales son ausentes en otros planetas.

Aunque el planeta se llame Tierra, en realidad cerca del 70% está cubierto por agua, compuesto esencial para la afloración de la vida (Campbell y Reece, 2005). Su atmósfera contiene un 21% de oxígeno, producto de millones de años de fotosíntesis de cianobacterias y plantas (Kump et al., 2010; Lyons et al., 2014; Knoll, 2015). Su piel está conformada por una serie de placas que están en continuo movimiento, cuyos procesos han formado durante mucho tiempo atrás las montañas, volcanes, cordilleras, depresiones, y gran parte de la geomorfología y de los paisajes que podemos apreciar actualmente (Condie, 2011; Marshak, 2015). Su núcleo metálico genera la magnetosfera que nos protege del viento solar, favoreciendo que la biodiversidad no sea afectada (Olson y Christensen, 2006; Tarduno et al., 2010). Fruto de esta protección podemos divisar las sorprendentes auroras boreales y australes (Lysak, 2023). Su único satélite, la luna, crea las mareas e influye en los patrones de actividad de las especies (Pugh, 1996). Sus climas, ciclos biogeoquímicos, y flujos de múltiples elementos, son sustanciales para mantener la biodiversidad y los ecosistemas (Schlesinger y Bernhardt, 2020).

Sin embargo, pese a todas estas extraordinarias características del planeta, la sostenibilidad de la Tierra está en peligro. Actualmente estamos encarando una de las épocas más críticas en materia ambiental que no tiene precedentes (Richardson et al., 2023). El cambio climático es, sin lugar a dudas, uno de los grandes fenómenos planetarios cuyos efectos estamos empezando a evidenciar poco a poco con el incremento de eventos extremos, tales como fuertes sequías, grandes inundaciones, olas de calor alcanzando máximos históricos, incontrolables tsunamis, variaciones interanuales del fenómeno del niño y de la niña cada

vez más pronunciados, derretimiento de los polos, aumento del nivel del mar, por solo mencionar algunos de los más alarmantes y visibles (IPCC, 2023).

Adicionalmente, hay otras presiones humanas que han incrementado los desequilibrios naturales y han agravado la crisis ambiental. Indudablemente, la pérdida de biodiversidad es uno de los grandes problemas que tenemos actualmente, tanto así que algunos científicos han mencionado que estamos entrando en la sexta extinción masiva (Kolbert, 2014; Ceballos et al., 2020; Cowie et al., 2022). En gran medida esto se debe a la pérdida y transformación del hábitat, lo cual no solo destruye las condiciones que necesitan las especies para sobrevivir y reproducirse (Jaureguiberry et al., 2022), sino que también nos pone en mayor contacto con organismos silvestres, facilitando así la emergencia de pandemias, como ya lo pudimos experimentar con el COVID-19 (Tollefson, 2020; Galindo-González, 2024). De igual manera, la invasión de especies exóticas, la sobreexplotación, y la contaminación son otras de las amenazas que afectan profundamente a las especies que existen en el planeta (Jaureguiberry et al., 2022; Díaz y Malhi, 2022).

Cada acción individual cuenta. Aunque no parezca tener un impacto profundo, la realidad es que las acciones diarias que realizamos para reducir nuestra huella ecológica sobre el planeta al final pueden manifestarse en un cambio verdaderamente significativo si es impulsado de forma colectiva. De acá la importancia de lograr sensibilizar a más personas acerca de la conservación de los recursos naturales y la sostenibilidad. Sin embargo, mucha de esta falta de sensibilización y concientización por el medio ambiente surge de la ausencia de conocimiento sobre el planeta en que vivimos. Lograr un mejor entendimiento del funcionamiento de la Tierra, sus amenazas, y cómo estas se encuentran inexorablemente ligadas a cada acción que realizamos, es esencial para generar procesos de cambio y transformación de las percepciones sobre el medio ambiente, las cuales puedan promover una cultura de cuidado del planeta.

Una de las formas más importantes para estimular la consciencia planetaria en la sociedad es mediante la educación ambiental (Carrasco Lozano y Vásquez, 2016; Núñez Paula, 2019). Indiscutiblemente, la formación de una ética universal biocéntrica que permita replantear el paradigma de desarrollo hacia un modelo más equitativo que garantice el equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos y la protección de la naturaleza, requiere de una educación

ambiental capaz de sensibilizar a todos los sectores de la población (Martínez-Castillo, 2008, 2016; Aznar-Minguet, 2010). Si bien es cierto que esta es una de las principales herramientas de conservación que tenemos para renovar la relación del hombre con la naturaleza en las futuras generaciones, es necesario que estas acciones no solo se enfoquen en poblaciones infantiles, sino que puedan extenderse también hacia sectores de la población adulta. Diferentes estudios han mostrado experiencias exitosas y valiosos aprendizajes de educación ambiental con niños y adolescentes en distintos escenarios tanto de educación formal (Fernandes Silva y Fernandez de Araujo, 2023), como no formal (Galeano y Galindo, 2012; Castillo-Figueroa et al., 2019; Castillo-Figueroa y Sáenz, 2019), e informal (Ramos Pérez y Torralba Burrial, 2020). No obstante, las experiencias de ambientalización documentadas en universidades son escasas (Corbetta, 2019; Castillo-Figueroa, 2020, 2024), especialmente en países tropicales, en donde reposa gran parte de la riqueza natural, pero al mismo tiempo, en donde muchas de los grandes impulsores de pérdida de ecosistemas, degradación y contaminación ambiental han tomado lugar históricamente (Díaz y Malhi, 2022).

Bajo el contexto anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar la huella ecológica y los cambios en el conocimiento sobre sostenibilidad en la cátedra “El planeta en que vivimos”, impartida en cinco cursos a 152 estudiantes de 22 programas académicos diferentes en la Universidad del Rosario (Bogotá, Colombia) entre 2020 y 2024. Además, se analizan los principales aprendizajes, retos, desafíos y perspectivas futuras desde un enfoque pedagógico para fortalecer la formación ambiental en la educación superior.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Contenido de la asignatura

La Universidad del Rosario (Bogotá, Colombia) tiene un firme compromiso por la sostenibilidad, dado que la institución ha adoptado un enfoque estratégico alineado con la agenda 2030 a través de La Ruta 2025, su plan de desarrollo institucional. Esta estrategia ha permitido articular múltiples esfuerzos en torno a cada uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Universidad del Rosario, 2022). Gracias a este trabajo, la Universidad ocupa el primer lugar en Colombia y el tercero en Sudamérica en el ranking mundial de sostenibilidad UI GreenMetric (UI GreenMetric, 2025). En este sentido, la Universidad ha desarrollado una serie de asignaturas de carácter divulgativo (denominadas Núcleo Mutis)

que permiten a los alumnos tener un mayor acercamiento a las ciencias naturales y desarrollar una sensibilidad, concientización y responsabilidad frente a la protección del medio ambiente (Universidad del Rosario, 2024).

Dentro de este contexto, la asignatura “El planeta en que vivimos” surge con el ánimo de sensibilizar a estudiantes de múltiples carreras acerca de la importancia del medio ambiente, las principales problemáticas actuales, y las acciones que pueden emprender desde su cotidianidad para contribuir a la sostenibilidad. Si bien es cierto que en el último siglo el bienestar de la humanidad ha mejorado notablemente, nuestro estilo de vida también ha alterado el entorno natural a gran escala, a tal punto que el inicio del siglo XXI ha estado marcado por impactos profundos asociados al agotamiento de los recursos, la emergencia de pandemias, y las modificaciones en los ciclos biogeoquímicos. El cambio climático es quizás la manifestación más evidente de nuestro impacto global, pero otras crisis igualmente significativas avanzan en paralelo. Entre ellas, destacan el incremento en las tasas de extinción de las especies, la explotación insostenible de las fuentes de agua dulce, el colapso de las pesquerías a nivel mundial, la acidificación de los océanos, la contaminación ambiental, la generación de compuestos de preocupación emergente, y la expansión de la frontera agropecuaria, por mencionar solo algunas.

A pesar de esta preocupante degradación del planeta, aún existen múltiples oportunidades para avanzar hacia un desarrollo sostenible tanto a nivel local como global. Para ello, es fundamental que las personas comprendan los desafíos ambientales y sociales que enfrentamos, así como las posibles soluciones a estas crisis socio-ecológicas. Los cambios globales se presentan con creciente frecuencia, y no cabe duda de que la mitigación y adaptación a estos problemas marcarán la agenda mundial a lo largo del siglo XXI. En este contexto, el curso tiene como objetivo proporcionar el conocimiento y las herramientas necesarias para que los estudiantes puedan tomar decisiones fundamentadas que promuevan la sostenibilidad en sus dimensiones ambiental, económica y social. Además, busca fomentar la reflexión y el debate sobre nuestro papel en la sostenibilidad del planeta, con un enfoque particular en la riqueza natural de un país megadiverso como Colombia.

1.2. Medición de la Huella ecológica

En la sesión inicial del curso, como una de las primeras actividades para evaluar el impacto ambiental de los estudiantes, se les invitó a calcular su huella ecológica en la plataforma *Ecological Footprint Calculator* (<https://www.footprintcalculator.org/home/en>). Con base en esto se determinó el número promedio de planetas necesarios si toda la población adoptara el estilo de vida de los estudiantes, así como el día de sobregiro de la Tierra (i.e., fecha en la que se agotarían todos los recursos disponibles para ese año), junto con la mayor y menor categoría de consumo asociadas a la huella ecológica.

1.3. Cuestionarios pre y post cursos

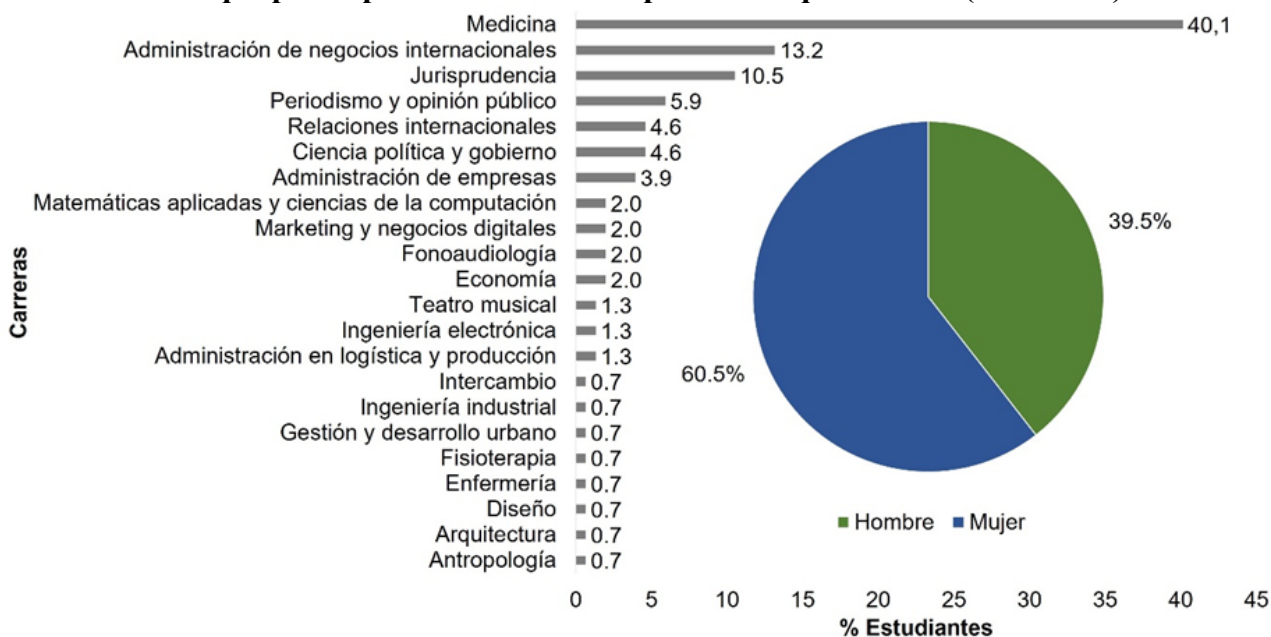
Antes de iniciar la primera sesión se invitó a los estudiantes a completar cuestionarios con 16 preguntas acerca de las temáticas asociadas al planeta Tierra y sus problemáticas (Tabla 1). Al finalizar el curso, el mismo cuestionario fue completado por los estudiantes con una pregunta adicional en donde se solicitaba mencionar algún aprendizaje puntual, lección, o dato curioso que haya obtenido de esta clase.

Las respuestas fueron agrupadas en categorías temáticas. Para cada una de las 16 preguntas se realizó una prueba de χ^2 para determinar si hubo un cambio estadísticamente significativo ($p < 0.05$) en las respuestas de los estudiantes luego de tomar el curso (i.e., pre tests vs post test, Tabla 1). Estos análisis fueron desarrollados en el programa estadístico PAST 5.0 (Hammer et al., 2001).

2. RESULTADOS

Durante los cinco cursos llevados a cabo entre 2020 y 2024, un total de 152 estudiantes tomaron la cátedra, de los cuales 92 fueron mujeres y 60 fueron hombres (Figura 1). La diversidad de carreras profesionales comprendió diferentes facultades desde ciencias de la salud hasta arte y creación para un total de 22 carreras profesionales, siendo medicina la carrera más frecuente (Figura 1).

Figura 1
Estudiantes que participaron en el curso El planeta en que vivimos (2020-2024)

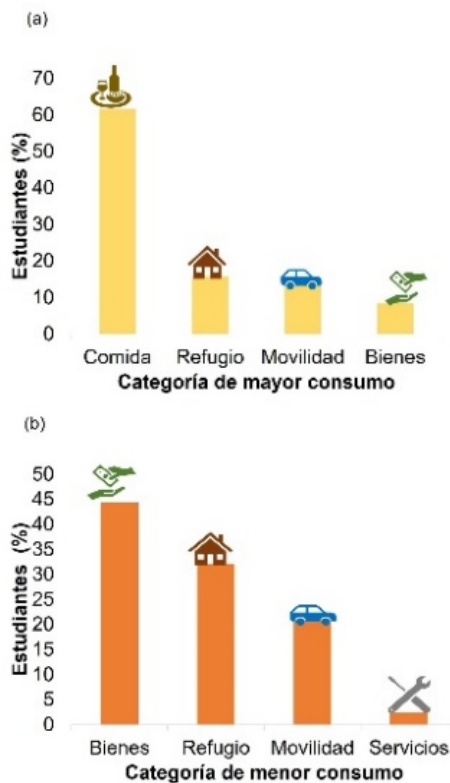


Fuente: elaboración propia.

En el gráfico de barras se muestran las 22 carreras a las que pertenecieron los estudiantes junto con la proporción de hombres y mujeres (gráfico circular).

En general, se necesitarían 4.7 ± 1.8 planetas para vivir según el estilo de vida de los estudiantes que participaron en la clase. El número máximo fue de 16.3 planetas y el mínimo de 1.5 planetas. La huella ecológica promedio fue de 7.7 ± 3.1 hectáreas globales (*global hectares* o gha) por persona, con un valor máximo de 26.6 gha/persona y un mínimo de 2.5 gha/persona. La huella de carbono promedio fue de 12.5 ± 5.7 toneladas de emisiones de CO_2 por persona por año, con un rango entre 2.9 y 47.7 ton CO_2 /persona/año. El % de huella de carbono fue de 54.8 ± 6.3 % con un rango entre 6.3% y 68% (Figura 2).

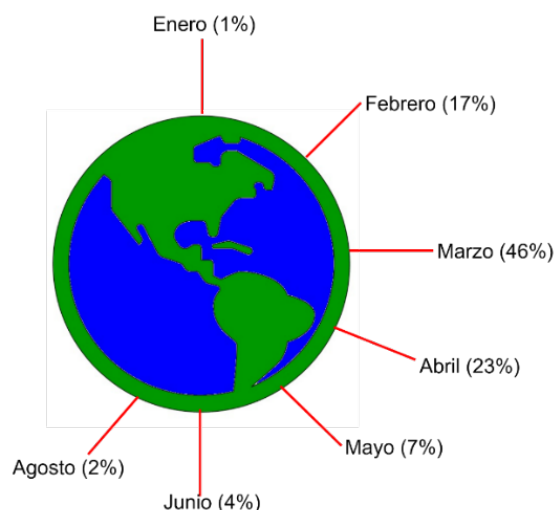
Figura 2
Categorías de (a) mayor y (b) menor consumo asociadas a la huella ecológica de los estudiantes



Fuente: elaboración propia.

En cuanto al día de sobregiro de la Tierra, el 64% de los estudiantes consumiría los recursos del planeta durante el primer trimestre del año, y solo un 6% lograría llegar hasta la mitad del año con los recursos disponibles si toda la población mundial adoptara sus patrones de consumo y generación de desechos. Ningún estudiante presentó un día de sobregiro que ocurriera en el último trimestre del año (Figura 3).

Figura 3
Día de sobregiro de la Tierra de los estudiantes



Fuente: elaboración propia

Con relación a los cuestionarios aplicados, se encontraron cambios significativos en las respuestas de los estudiantes en 13 de las 16 preguntas del pre y post test (Tabla 1). En términos generales, aunque algunos estudiantes tenían conocimientos previos sobre los temas abordados, al finalizar la asignatura no solo reforzaron lo que ya sabían, sino que ampliaron su comprensión al incorporar nuevos elementos. Esto fue especialmente evidente en los mecanismos y explicaciones causales de los aspectos evaluados, sobre los cuales tenían un conocimiento limitado (Figuras S1-S16).

Tabla 1
Pruebas de X^2 para comparar diferencias en las frecuencias de las respuestas de los alumnos en cada una de las 16 preguntas, antes y después de haber cursado la asignatura

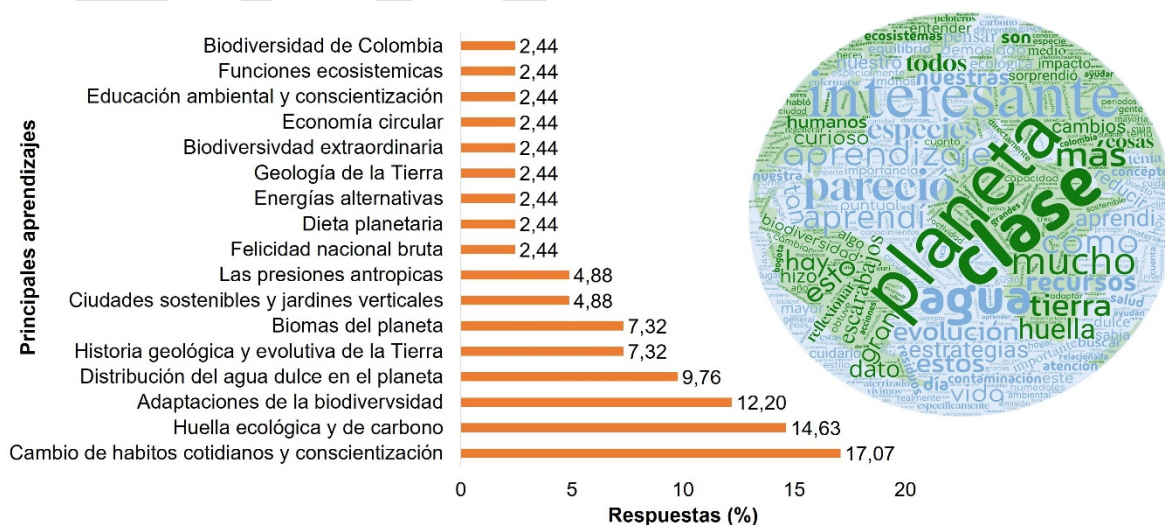
Pregunta	X^2	df	Valor de p
1. ¿Qué factores considera que promovieron el origen y la evolución de la vida en el planeta Tierra?	49.389	28	0.0075**
2. ¿Por qué cree que las regiones tropicales se concentra la mayor biodiversidad del planeta?	27.35	13	0.011*
3. ¿Cómo está distribuida el agua dulce en nuestro planeta?	108.81	11	<0.00001***
4. ¿Qué es la huella ecológica y cuál es su importancia?	50.42	12	<0.00001***

5. ¿A qué hace referencia el día de sobregiro de la Tierra?	43.905	6	<0.00001***
6. ¿Qué es el Antropoceno?	43.874	2	<0.00001***
7. ¿Qué entiende por cambio climático?	51.75	20	<0.00001***
8. ¿A qué hacen referencia los límites planetarios?	55.51	9	<0.00001***
9. ¿Cómo definiría el desarrollo sostenible?	12.054	7	0.06601
10. ¿A qué hace referencia la economía circular?	23.79	7	<0.00001***
11. ¿Qué energías alternativas conoce?	30.558	13	0.003911**
12. ¿Qué es la dieta planetaria?	53.818	6	<0.00001***
13. ¿Qué elementos cree que debería tener una ciudad para que sea sostenible?	18.154	20	0.57728
14. ¿Qué son los objetivos de desarrollo sostenible?	31.353	12	0.00173**
15. ¿Qué estrategias de conservación de la biodiversidad y protección de los recursos naturales conoce a nivel nacional e internacional?	56.215	24	0.0002142**
16. ¿De qué manera piensa que puede contribuir individualmente al planeta?	19.291	13	0.1143

La Significancia del valor de P se muestra con *($p < 0.05$), **($p < 0.01$), ***($p < 0.0001$).

Figura 4

Aprendizajes, lecciones y datos curiosos mencionados por los estudiantes en el curso



Fuente: elaboración propia.

3. DISCUSIÓN

3.1. Huella ecológica

El impacto inconsciente de los estudiantes es alto (casi cinco planetas en promedio) debido a sus tendencias insostenibles de consumo, particularmente en la industria alimentaria. La dieta es una de las relaciones más directas con el uso de los recursos por parte de la sociedad y por ende es fundamental tomar decisiones informadas sobre la compra de alimentos considerando los impactos que hay detrás de su producción, transporte, consumo y desecho. Adicionalmente, optar por una dieta no solo más sostenible sino también más saludable, menos procesada industrialmente, y que provenga de fuentes más naturales y de lugares más cercanos, es esencial para garantizar la salud no solo del planeta sino de las personas (Chen et al., 2022). Precisamente, en el curso se abordaron aspectos clave de la industria alimentaria, como los sistemas agrícolas, la huella hídrica y de carbono, el cambio en las coberturas, las presiones económicas y la contaminación, para que los estudiantes comprendieran las implicaciones de sus decisiones de consumo.

Consecuentemente con los resultados de la huella ecológica, el día de sobregiro ocurrió en marzo, similar a países de alto consumo y generación de desechos como EE. UU. (13 de marzo) y Emiratos Árabes (16 de marzo) (Global Footprint Network, 2024). Esta comparación sorprendió a muchos estudiantes, quienes no imaginaban el elevado impacto de sus acciones cotidianas. No obstante, a lo largo del curso entendieron cómo cada decisión influye en el funcionamiento del planeta a corto, mediano y largo plazo. En este sentido, educar sobre la huella ecológica es clave para fomentar la responsabilidad ambiental y el cuidado del entorno (Martínez-Castillo, 2008, 2012; Ramírez Usma, 2021).

Por otro lado, aunque los bienes fueron la menor categoría de consumo, en el curso se abordaron en detalle los aspectos termodinámicos de la extracción de recursos, la obsolescencia programada y los efectos peyorativos de un capitalismo desbordado y un consumismo irresponsable. Este primer ejercicio permitió diagnosticar que la mayoría de los alumnos tiene huellas elevadas, en gran parte debido al desconocimiento de sus acciones. Por ello, es esencial brindar la información necesaria para ajustar los hábitos hacia un estilo de vida más sostenible, asegurando la perdurabilidad de los recursos naturales. Conocer este impacto individual estimula la conciencia sobre el consumo y generación de residuos,

reduciendo nuestra huella en el planeta (Ramírez Usma, 2021).

3.2 Cambios en los conocimientos

Los cuestionarios revelaron cambios en las respuestas entre el pre y post test (Tabla 1). Inicialmente, la mayoría atribuyó el origen de la vida a la selección natural, con algunas menciones a factores abióticos como el agua, la luz solar o el clima. También surgieron referencias al Big Bang o a Dios. Tras la clase, la respuesta predominante fue la formación de moléculas complejas (química prebiótica), junto con hipótesis asociadas a un origen extraterrestre (panspermia) (Figura S1). Asimismo, se incorporaron más elementos relacionados con las condiciones que pudieron haber influido en el origen de la vida, tales como la ubicación de la Tierra, la atmósfera primitiva y la formación de membranas celulares, entre otros. Estos resultados coinciden con estudios que evidencian una comprensión limitada de la evolución y el origen de la vida, posiblemente debido a su enseñanza superficial en la educación básica (Rivas y González-García, 2016; León, 2019; Larrain et al., 2021).

Con relación a la pregunta sobre la alta concentración de biodiversidad en las regiones tropicales, antes del curso la mayoría explicó este patrón por la estabilidad climática. Luego del curso, incluyeron factores como altas tasas de especiación, bajas tasas de extinción e historia evolutiva (Figura S2). Esto podría deberse a que, al vivir en un país megadiverso como Colombia, los estudiantes relacionaron intuitivamente la biodiversidad con la ausencia de estaciones y temperaturas estables. Esto coincide con un estudio reciente en donde se muestra que, dentro de los componentes vinculados a la biodiversidad de Colombia, el clima es uno de los más mencionados por los estudiantes (Castillo-Figueroa, 2024). En cuanto a la pregunta sobre la distribución del agua dulce en el planeta, inicialmente asumieron que la mayor parte se encontraba en ríos y lagos, pero luego de tomar el curso, identificaron correctamente su mayor concentración en glaciares, seguido por aguas subterráneas y, en menor medida, aguas superficiales (Figura S3). Dado que el 70% del agua usada en Colombia proviene de los páramos (Burbano-Girón et al., 2020), es probable que asociaran su disponibilidad principalmente a lagos, lagunas y ríos de estos ecosistemas.

Con relación a la huella ecológica, inicialmente la mayoría la definió como un indicador de impacto ambiental, pero solo tras el curso comprendieron su relación con el área necesaria para

producir recursos y asimilar desechos, reflejada en el número de planetas requeridos para sostener su estilo de vida (Figura S4). Al calcular su huella, los estudiantes visualizaron el impacto de sus acciones cotidianas y, a lo largo del curso, las temáticas abordadas les permitieron comprender con mayor claridad las causas de su alto impacto ambiental. En este sentido, la huella ecológica fue el punto de partida de la clase y el eje transversal de la asignatura, pues no solo permite medir el impacto ambiental, sino también articular problemáticas socioambientales, sus causas subyacentes y posibles soluciones, fomentando una conciencia crítica en los estudiantes (Martínez-Castillo, 2008, 2012). De hecho, se ha propuesto que reconocer la huella ecológica genera un sentido de responsabilidad, apropiación y cuidado ambiental, promoviendo cambios en el estilo de vida que reduzcan los impactos de los estudiantes sobre el planeta (Ramírez Usma, 2021). En la cátedra, este concepto resultó clave para conectar las acciones cotidianas de los alumnos con sus efectos en el entorno.

Respecto al día de sobregiro de la Tierra, para muchos fue nuevo este término y no sabían a qué hacía referencia, o lo asociaban con una campaña ambiental o con la fecha del fin de la humanidad (Figura S5). Algunos, sin embargo, lo definieron correctamente como la fecha en que se consumen los recursos que el planeta puede regenerar en un año. Concretamente, el día del sobregiro de la Tierra marca la fecha en la que se agotaría el presupuesto anual de biocapacidad del planeta si todas las personas en la Tierra vivieran al mismo nivel de consumo (Global Footprint Network, 2024). Esta respuesta se reforzó luego de tomar el curso al vincularlo con la huella ecológica y el impacto en los recursos del planeta.

Sobre el Antropoceno, la mayoría de los alumnos desconocía el término o lo asociaba con una nueva época geológica. Tras el curso, lo vincularon con el momento actual, marcado por el impacto humano en el planeta (Figura S6). Si bien se ha planteado que el Antropoceno no es un concepto exclusivamente geológico (Trischler, 2017; Thomas et al., 2020), en marzo de 2024 la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS) que hace parte de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), rechazó su reconocimiento como época geológica, cuya propuesta situaba su inicio en 1952 con la “Gran Aceleración” (IUGS, 2024; Witze, 2024a, 2024b; Voosen, 2024). Sin embargo, el término sigue siendo útil en nuevas epistemologías al integrar disciplinas humanas, económicas, políticas y ambientales (Adam, 2024; Lee y Park, 2024). De hecho, el mismo Grupo de Trabajo del Antropoceno (AWG),

creado en 2009, estaba conformado por 37 especialistas de diversas áreas, incluyendo no solo las ciencias geológicas, sino también las ciencias naturales (ecólogos, oceanógrafos, edafólogos) y humanas (historiadores, antropólogos, investigadores de derecho). Este grupo recopiló evidencia científica—basada en sedimentos del lago Crawford en Toronto, Canadá—para su propuesta de 2023 (Voosen, 2024; Lee y Park, 2024; Trischler, 2017). Pese a su rechazo, se ha promovido una “alfabetización en Antropoceno” con enfoque científico y multidisciplinar en educación STEM (Lee y Park, 2024), destacando su potencial para comunicar, sensibilizar, y alertar sobre el impacto humano en la Tierra (Mychajliw et al., 2015). Aunque el término surgió en la geología hace 25 años (Crutzen y Stoemer, 2000; Crutzen, 2002), ha trascendido a lo social y cultural, permitiendo comprender mejor nuestro papel en el planeta. Sin duda, esta discusión seguirá evolucionando en los próximos años desde distintas perspectivas.

En cuanto a la comprensión del cambio climático por parte de los estudiantes, la mayoría asociaba correctamente este fenómeno con alteraciones en los patrones climáticos a largo plazo causadas por el ser humano, pero desconocían sus causas y consecuencias. Tras el curso, los alumnos lograron vincularlo con la quema de combustibles fósiles, el cambio de uso del suelo y la deforestación, así como con sus efectos en la biodiversidad, la salud humana y los eventos extremos (Figura S7). Esto refleja la insuficiente educación sobre el tema en Colombia. En línea con esta idea, un estudio reciente mostró que los textos escolares de ciencias naturales no abordan de manera adecuada sus causas, mecanismos y consecuencias, presentando explicaciones simplificadas con iconografías descontextualizadas que no permiten comprender su complejidad. Además, carecen de actividades que favorezcan un aprendizaje integral de los impactos y soluciones (Bonilla y Quesada, 2024). De hecho, muchos libros dedican menos de una página al tema y priorizan la memorización de datos aislados por encima del desarrollo de habilidades para su análisis crítico (Bonilla y Quesada, 2024).

En lo atinente a los límites planetarios, la mayoría nunca había escuchado el término; algunos lo asociaban con fronteras astronómicas entre planetas, mientras que otros lo interpretaban como puntos de regeneración de la Tierra para recuperarse de los daños generados por el hombre (Figura S8). Posterior al curso, la mayoría los definió correctamente como umbrales que no deben superarse para mantener un planeta habitable y en equilibrio (Rockström et al.,

2009). Incluso identificaron los nueve límites propuestos en 2009, como lo son el cambio climático, la acidificación de los océanos, la alteración de los flujos biogeoquímicos (fósforo y nitrógeno), el uso de agua dulce, los cambios en el uso del suelo, la integridad de la biosfera, la reducción del ozono estratosférico, la carga de aerosoles atmosféricos, y la incorporación de nuevas entidades (Rockström et al., 2009). Algunos estudiantes también mencionaron que recientemente se han sobrepasado seis de estos límites, como lo sugieren estudios recientes (Richardson et al., 2023).

Con relación a lo que los estudiantes entienden por desarrollo sostenible, no hubo diferencias significativas en la comprensión de este concepto, pues la mayoría de ellos reconocía su importancia para satisfacer necesidades presentes sin comprometer las futuras. No obstante, luego de tomar el curso, sus respuestas enfatizaron con mayor claridad la importancia de un equilibrio entre lo ambiental, social y económico, así como un modelo de desarrollo que garantice el bienestar humano sin alterar la integridad de la naturaleza (Figura S9). Este fue otro de los ejes centrales de la clase, dado que la educación para el desarrollo sostenible constituye uno de los objetivos de la agenda 2030 planteada por la Organización de Naciones Unidas (ONU) (objetivo 4, ONU, 2025). Este objetivo debe fortalecerse en la educación superior para estimular en los alumnos una toma de acción basada en la responsabilidad social, transversalidad, e interdisciplinariedad (Núñez Paula, 2019; Tovar-Vergara et al., 2024; Hernández Navarro y Negrete-Gordón, 2025). El desarrollo sostenible debe integrar el pilar cultural de las personas hacia el cuidado del medio ambiente siendo la educación ambiental una de sus principales herramientas (Aznar-Minguet, 2010; Flórez-Yepes, 2015). En Colombia, aunque existe un programa nacional de educación ambiental articulado entre los ministerios de educación y ambiente (Ministerio de Educación Nacional, 2024), así como estrategias asociadas a los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), su impacto sigue siendo limitado y requiere un mayor enfoque práctico (Flórez-Yepes, 2015).

Ligado a esto, al preguntar sobre la economía circular, la mayoría la definió inicialmente como un modelo de optimización de recursos, reutilización y reciclaje. Tras el curso, reforzaron esta idea e incorporaron elementos asociados a la prolongación de la vida útil de los productos, y también como una manera de reducir la huella sobre el planeta (Figura S10). Durante la clase, se presentaron ejemplos y estrategias inspiradas en la naturaleza para

compaginar problemas ambientales con soluciones basadas en procesos ecológicos que favorecen el desarrollo sostenible (Pauli, 2010). La integración de los principios de la economía azul en las instituciones educativas puede fomentar proyectos ambientales y transformar la percepción del concepto de desecho, promoviendo una relación más reflexiva con la naturaleza (García y Segura, 2014). Por esta razón, incorporar la economía azul es clave para un uso más eficiente de los recursos, a partir de ideas que emergen del funcionamiento de las especies y sus adaptaciones al medio natural.

Con relación a las energías alternativas, la mayoría de los estudiantes conocía la energía solar, eólica e hidráulica, pero tras el curso, aumentó el reconocimiento de otras fuentes renovables como la mareomotriz, geotérmica y la biomasa (Figura S11). Durante la clase, se discutieron sus ventajas y desventajas para fomentar una “actitud energética” que promueva el consumo responsable y decisiones informadas sobre los desafíos energéticos actuales (Ballesteros-Ballesteros y Gallego-Torres, 2019). En este sentido, la educación en energías renovables es clave para sensibilizar sobre el impacto de los combustibles fósiles y el cambio climático, incentivando el uso óptimo de fuentes limpias (Ballesteros-Ballesteros y Gallego-Torres, 2019; Aguilera, 2022). Su enseñanza permite a los estudiantes asumirse como actores críticos con compromiso social hacia la sostenibilidad energética (Zúñiga González y Molina-Andrade, 2023). En Colombia, aunque el estudio de la educación en energías renovables ha crecido, aún es necesario profundizar en su comprensión y enfoques pedagógicos (Zúñiga González y Molina-Andrade, 2023). Se sugiere integrar recursos virtuales, como videos y simulaciones (Garzón Baquero y Bellon Monsalve, 2023), junto con herramientas presenciales, como prototipos, para una comprensión práctica de los sistemas energéticos (Aguilera, 2022).

Más de la mitad de los estudiantes desconocía el término “dieta planetaria”, pero tras el curso, la mayoría la identificó como un estilo de alimentación saludable orientado a reducir los impactos del cambio climático (Figura S12). En esencia, la asociaron con reducir el consumo de carne por ser ambientalmente insostenible, y con la preferir alimentos de menor huella, como las verduras. A lo largo de las sesiones, se resaltó cómo nuestras decisiones alimentarias afectan tanto al planeta como a la salud humana (Egea-Ronda y Campo-Giménez, 2023). Para muchos, fue revelador comprender la estrecha relación entre medio ambiente y bienestar

humano, especialmente en un país tan biodiverso como Colombia, cuya riqueza en especies con potencial alimenticio podría fomentar una dieta más sostenible (Rojas et al., 2020; Negrão et al., 2022). No obstante, este potencial suele desaprovecharse, afectando incluso la soberanía alimentaria y nutricional, especialmente en la población infantil (Portilla-Portilla et al., 2024).

Por otro lado, los estudiantes identificaron varios elementos clave de las ciudades sostenibles, como el uso de energías limpias, un transporte público eficiente y la gestión de residuos. Posterior al curso, aunque no hubo diferencias significativas, ampliaron su perspectiva al destacar la importancia de zonas naturales, la planificación urbana con estructura ecológica y una mejor gestión del agua (Figura S13). Esto se debió a la introducción del concepto de “Biodiverciudades”, una iniciativa global coordinada en 2021 entre el Instituto Alexander von Humboldt Humboldt de Colombia, el Departamento Administrativo de Presidencia de la República de Colombia (DAPRE), y el Foro Económico Mundial (Mejía y Amaya-Espinel, 2023), en el marco de la agenda 2030 (objetivo 11, ONU, 2025). Este enfoque redefine la ciudad no como una amenaza para la naturaleza, sino como un sistema socioecológico que equilibra ecosistema y cultura hacia la sostenibilidad urbana (Mejía, 2016; Mejía y Amaya-Espinel, 2023). Durante la clase, se presentaron ejemplos de ciudades con iniciativas sostenibles, como Shenzhen (China), Río de Janeiro (Brasil), Buenos Aires (Argentina), Ámsterdam (Países Bajos) y Londres (Reino Unido), así como ciudades colombianas como Montería, Barranquilla, Medellín y Cali. También se destacó que, pese a sus desafíos urbanos, la capital del país (Bogotá) aún conserva áreas biodiversas, como los Cerros Orientales y el Corredor Verde Cerros de la Conejera (Mejía y Amaya-Espinel, 2023).

La mayoría de los estudiantes nunca había oído hablar de los ODS, y algunos los confundían con la Organización Mundial de la Salud (OMS). Tras el curso, los alumnos identificaron los 17 ODS y su relevancia para abordar los principales desafíos sociales y ambientales actuales (Figura S14) (ONU, 2025). En la cátedra, se contextualizó su origen desde la Cumbre de la Tierra de 1972 y los Objetivos del Milenio en el año 2000, mostrando los avances logrados y cómo la pandemia de COVID-19 ha afectado su cumplimiento, especialmente en América Latina y en países de menores ingresos (López-Feldman et al., 2020). Aunque se evidenció que muchas metas probablemente no se alcanzarán para 2030 (ONU, 2023), como ocurrió

con los Objetivos del Milenio (OMS, 2018), durante las clases se enfatizó la mayor responsabilidad que ahora tenemos las generaciones presentes y futuras con el cuidado del planeta. A pesar de estos desafíos, hay avances importantes sobre los cuales se debe continuar progresando en cada uno de los ODS. En Colombia, aunque algunas metas muestran avances, el cumplimiento global promedio es del 58% y persisten rezagos, con patrones desiguales según la región (DNP, 2024). Es fundamental visibilizar estas realidades, ya que gran parte de la indiferencia hacia las zonas más marginadas del país se debe al desconocimiento generalizado de sus contextos.

Con respecto a las estrategias de conservación de la biodiversidad y protección de los recursos, la mayoría desconocía dichas estrategias y solo mencionó la legislación ambiental. Tras la clase, los estudiantes identificaron diversas estrategias, incluyendo áreas protegidas, tratados internacionales (e.g, La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres-CITES, Convenio de Diversidad Biológica-CDB, Ramsar, Acuerdo de París etc.), restauración ecológica y otras Otras Medidas Efectivas de Conservación Basadas en Áreas (OMEC) (Figura S15). Si bien se enfatizó en la construcción de áreas protegidas como una de las medidas más tradicionales de conservar la biodiversidad, también se abordaron los libros rojos para evaluar el riesgo de extinción, las iniciativas de interfaz ciencia-política (i.e., El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático-IPCC, La Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas-IPBES, Panel Técnico Intergubernamental sobre Suelos-ITPS), el control de especies invasoras, la educación ambiental y marcos normativos en Colombia, como la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Muchos de estos ejemplos fueron aterrizados al contexto nacional, usando especialmente los Reportes Bio del estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia del Instituto Alexander von Humboldt (<https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/>). Estos reportes presentan datos ilustrativos y estudios de caso, facilitando la comprensión de estas estrategias mediante información científica sintetizada y una iconografía atractiva.

Finalmente, en cuanto a la forma en que los estudiantes creían que podían contribuir individualmente al planeta, la mayoría de ellos mencionó antes del curso el reciclaje y el

ahorro del consumo de recursos como sus principales acciones para contribuir al planeta. Aunque estas respuestas se mantuvieron, tras la cátedra incorporaron otras estrategias como el cambio de dieta (i.e., dieta planetaria), el consumo responsable y la educación en sus círculos cercanos (Figura S16). En este sentido, es importante resaltar que la población universitaria conforma un agente clave en el cambio de la sociedad, y la educación ambiental es un compromiso en el cual ellos también pueden contribuir (Sandoval et al., 2024; Castillo-Figueroa, 2024). Promover estos conocimientos debe traducirse en estilos de vida que minimicen el impacto ambiental (Ramírez Usma, 2021).

PROSPECTIVA

Dentro de las principales enseñanzas que la clase les dejó a los estudiantes se encuentra el cambio de hábitos cotidianos y concientización, así como la importancia de la reducción de la huella ecológica (Figura 4). A los alumnos les impactaron especialmente las adaptaciones de las especies, su historia evolutiva y la distribución del agua en el planeta. Así, no solo adquirieron conocimientos básicos sobre la Tierra y su funcionamiento, sino que también tomaron mayor conciencia del impacto de sus acciones —o su inacción— en el entorno.

Sumado a lo anterior, el desarrollo del proyecto semestral —que no solo implicó analizar críticamente una problemática ambiental del país, sino también proponer una solución acompañada de alguna acción concreta que contribuyera, aunque fuera de manera modesta, a su mitigación— permitió a los estudiantes apropiarse del estudio de caso elegido y sensibilizarse frente a la búsqueda de alternativas para su resolución. La socialización de los proyectos al final del curso fue una actividad enriquecedora para todo el grupo, pues facilitó una exploración más profunda de ejemplos puntuales sobre la realidad nacional en materia de sostenibilidad, muchos de los cuales eran desconocidos para varios estudiantes.

Uno de los retos importantes de estas cátedras es la variedad de carreras profesionales; en este caso, fueron 22 programas académicos de distintas ramas del conocimiento, lo que dificulta el aprendizaje por la amplia variedad de perspectivas, formas de razonamiento e interpretación, niveles básicos de conocimientos ambientales, e intereses particulares (Castillo-Figueroa, 2024). Esto acentúa aún más la necesidad de manejar un lenguaje sencillo por parte del docente, evitando tecnicismos y empleando múltiples analogías y ejemplos cotidianos que resulten cercanos para los estudiantes. Sin embargo, la enseñanza a un grupo

diverso puede, asimismo, enriquecer las discusiones dependiendo del interés y participación de los estudiantes, así como de las oportunidades que el profesor brinde para generar un debate interactivo, crítico, y constructivo.

Es fundamental implementar una amplia gama de actividades didácticas e interactivas durante la sesión de talleres para fortalecer el aprendizaje y las competencias en desarrollo sostenible y responsabilidad ambiental, como lo sugieren estudios desarrollados en universidades (Lozada-Ávila y Betancur-Gómez, 2017; Tovar-Vergara et al., 2024; Castillo-Figueroa, 2024). Simulaciones, juegos, videos y aplicaciones ayudan a un aprendizaje colaborativo, análisis crítico y pensamiento sistémico, todos ellos sustanciales para comprender las problemáticas ambientales del planeta. En particular, la gamificación del aula llamó poderosamente la atención de los estudiantes, puesto que, además de ser una alternativa que complementa los modelos de enseñanza tradicional, motiva al grupo en su proceso de aprendizaje (Lozada-Ávila y Betancur-Gómez, 2017). Pese a que la gamificación requiere una preparación considerable, esta herramienta estimula la participación estudiantil y rompe con la rutina ortodoxa de las clases, creando un ambiente de aprendizaje dinámico y ameno.

CONCLUSIONES

Este estudio abordó las experiencias educativas sobre la huella ecológica en estudiantes universitarios y cómo cambiaron sus percepciones y conocimientos luego de cursar la cátedra “El planeta en que vivimos”. Se encontró que su huella ecológica es considerable, principalmente por decisiones atinentes a la industria alimentaria, aunque otros componentes de consumo también influyen y deben enseñarse para que los estudiantes puedan tomar mejores decisiones que estén en equilibrio con el medio ambiente.

La mayoría de los alumnos presenta vacíos importantes de conocimiento sobre diversas dinámicas planetarias, que abarcan desde aspectos básicos en componentes biológicos, ecológicos, geológicos, climáticos y evolutivos, hasta dimensiones socioeconómicas y culturales vinculadas con la crisis global actual. Por ello, esta cátedra es fundamental para brindar a los estudiantes las herramientas necesarias que fomenten una mayor responsabilidad ecológica y un impacto positivo en la naturaleza. Es crucial documentar más iniciativas de educación ambiental en universidades, dado que son escasos los estudios que exploran su impacto en la sostenibilidad. En un planeta que exige un cambio social urgente

para garantizar su habitabilidad, fortalecer estos aprendizajes es una tarea imprescindible.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a todos los estudiantes que han tomado el curso, muchos de ellos hoy profesionales, especialmente por su disposición para el aprendizaje en temáticas diferentes a sus carreras de base. A la Universidad del Rosario y la Facultad de Ciencias Naturales por crear estos espacios en donde se fomenta la formación ambiental de los estudiantes, así como su compromiso con la protección del medio ambiente y la sostenibilidad. Un agradecimiento especial, a la profesora Adriana Sánchez, por compartir material de base para la realización de estas cátedras. Finalmente, agradezco a los dos evaluadores anónimos y al editor por sus valiosos comentarios, los cuales contribuyeron a mejorar la calidad de este escrito.

MATERIAL SUPLEMENTARIO: todas las figuras y archivos suplementarios (Figuras S1-S16) asociados con esta investigación están disponibles en el enlace de acceso abierto de Open Science Framework: <https://osf.io/kd2ca/>

REFERENCIAS

- Adam, D. (2024). Ditching ‘Anthropocene’: Why ecologists say the term still matter. *Nature*. <https://doi.org/0.1038/d41586-024-00786-2>
- Aguilera, J. (2022). Enseñanza de las Energías Alternativas como Modelo Praxeológico en la Educación Ambiental. *Revista Electrónica de Ciencia y Tecnología de la Universidad Politécnica Territorial de Maracaibo*, 9(1), 29-44.
- Aznar-Minguet, P. (2010). Educación para el desarrollo sostenible reflexiones teóricas y propuestas para la acción. *Edetania: estudios y propuestas socio-educativas*, 37, 129-148.
- Ballesteros-Ballesteros, V. A., y Gallego-Torres, A. P. (2019). Modelo de educación en energías renovables desde el compromiso público y la actitud energética. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(52), 27-42. <https://doi.org/10.19053/01211129.v28.n52.2019.9652>
- Bonilla, D., y Quesada, B. (2024). Climate change content in Colombian schoolbooks. *Environmental Education Research*, 30(12), 2178–2209. <https://doi.org/10.1080/13504622.2024.2309592>

Burbano-Girón, J., Molina Berbeo, M. A., Gutiérrez Montoya, C., & Ochoa-Quintero, J. M. (2020). Estado de conservación de los páramos en Colombia. En L. A. Moreno, G. I. Andrade, G. Didier & O. L. Hernández-Manrique (eds.), *Biodiversidad 2020: Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia* (pp. 112). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Campbell, N. A., y Reece, J. B. (2005). *Biology* (7th ed.). Pearson.

Carrasco Lozano, M., Y Ramón Vásquez, E. (2016). La educación ambiental, un saber pendiente en la formación de jóvenes estudiantes universitarios. Centro de Cooperación Regional para la Educación de Adultos en América Latina y el Caribe Pátzcuaro, México. *Revista Interamericana de Educación de Adultos*, 38(2), 77-93.

Castillo-Figueroa, D., y Sáenz, F. (2019). Experiencias de educación ambiental para la conservación del Cóndor andino (*Vultur Gryphus*) en la provincia del Guavio, Cundinamarca (Colombia). *Revista Luna Azul*, 49(1), 90-108.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2019.49.5>

Castillo-Figueroa, D., Cely-Gómez, M. A., y Sáenz-Jiménez, F. (2019). Educación ambiental, actitudes y conocimiento de comunidades rurales sobre Cóndor Andino en el páramo El Almorzadero (Santander, Colombia). *Revista Luna Azul*, 48(1), 70-89.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2019.48.4>

Castillo-Figueroa, D. (2020). Historia verde: 10 años de conservación, restauración, educación ambiental e investigación en la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia). *Cuadernos De Biodiversidad*, 58(1), 23-33.
<https://doi.org/10.14198/cdbio.2020.58.03>

Castillo-Figueroa, D. (2024). La importancia de la educación universitaria sobre la biodiversidad de Colombia; perspectivas desde la docencia y el desarrollo sostenible. *Cuadernos de Biodiversidad*, 66(1), 1-14. <https://doi.org/10.14198/cdbio.25828>

Ceballos, G., Ehrlich, P. R. y Raven, P. H. (2020). Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(24), 13596-13602.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1922686117>

Chen, C., Chaudhary, A., y Mathys, A. (2022). Dietary Change and Global Sustainable Development Goals. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 771041.

<https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.771041>

Condie, K. C. (2011). *Earth as an evolving planetary system* (2nd ed.). Academic Press.

Corbetta, S. (2019). Educación y ambiente en la educación superior universitaria: tendencias en clave de la perspectiva crítica latinoamericana. *Revista Educación*, 43(1), 546-574. <https://doi.org/10.15517/revedu.v43i1.29143>

Cowie, R. H., Bouchet, P. y Fontaine, B. (2022). The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation? *Biological Reviews*, 97, 640-663. <https://doi.org/10.1111/brv.12816>

Crutzen, P. J. y Stoermer, E. F. (2000). "The Anthropocene". *Global Change Newsletter*, 41, 17-18.

Crutzen, P. J. (2002). Geology of Mankind. *Nature*, 415(6867), 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>

Díaz, S., y Malhi, Y. (2022). Biodiversity: Concepts, patterns, trends, and perspectives. *Annual Review of Environment and Resources*, 47, 31-63. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-120120-054300>

Departamento Nacional de Planeación -DNP. (2024, 6 de diciembre). *Reporte nacional voluntario 2024: Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Departamento Nacional de Planeación.

https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Colombia_Reporte_Nacional_Voluntario_2024_ODS.pdf

Egea-Ronda, A., y del Campo-Giménez, M. (2023). Estilos de vida, sostenibilidad y salud planetaria. *Revista Clínica de Medicina de Familia*, 16(2), 106-115.

<https://dx.doi.org/10.55783/rcmf.160208>

Fernandes Silva, O., y Fernandes de Araújo, A. (2023). La educación ambiental que se hace en la educación infantil: las voces de los niños. *Bio-grafía*, 16, 1640-1646.

Flórez-Yepes, G. Y. (2015). La educación ambiental y el desarrollo sostenible en el contexto colombiano. *Revista Electrónica Educare*, 19(3), 432-443.

<http://dx.doi.org/10.15359/ree.19-3.5>

Galeano, P., y Giraldo, G. (2012). Educación ambiental como estrategia para la conservación de la quiroptero fauna en el municipio de Chipatá (Santander). *Infancias imágenes*, 11(1), 68-79. <https://doi.org/10.14483/16579089.4554>

Galindo-González, J. (2024). Zoonosis, enfermedades infecciosas y pandemias: ¿qué está pasando? *Bioagrobiencias*, 17(2), 86-93. <http://dx.doi.org/10.56369/BAC>.

García, M., y Segura, D. (2014). Hacia una escuela para la sociedad: una perspectiva ambiental desde la economía azul. *Bio-grafía*, 6, 49-57.

<https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia49.57>

Garzón Baquero, J. E. y Bellon Monsalve, D. (2023). Retos en la enseñanza de las energías renovables en un mundo digital. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 16(1), 341-369 <https://doi.org/10.15332/25005421.7688>

Global Footprint Network. (2024, 6 de febrero). *Country Overshoot Days*.

<https://overshoot.footprintnetwork.org/newsroom/country-overshoot-days/>

Hammer, Ø., Harper, D. A., y Ryan, P. D., (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 9.

Hillis, D. M., Heller, H. C., Hacker, S. D., Hall, D. W., Laskowski, M., y Sadava, D. E. (2020). *Life: The science of biology* (12th ed., Digital Update). Macmillan Learning.

Hernández Navarro, E. V., y Negrete Gordón, K. F. (2025). El desarrollo sostenible en la

Educación Superior de la disciplina Embriología. *Mediciencias UTA*, 9(1), 77-86.

<https://doi.org/10.31243/mdc.uta.v9i1.2721.2025>

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático – IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. In Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.), *Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 35-115). IPCC.

International Union of Geological Sciences – IUGS. (2024, 7 de febrero). *Joint statement by the IUGS on the vote by the ICS Subcommittee on Quaternary Stratigraphy*.

<https://stratigraphy.org/news/152>.

Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, D. E., Coscieme, L., Golden, A. S., Guerra, C. A., Jacob, U., Takahashi, Y., Settele, J., Díaz, S., Molnár, Z., y Purvis, A. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances*, 8, eabm9982. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9982>

Kolbert, E. (2014). *The Sixth Extinction. An Unnatural History*. Henry Holt and Company.

Kump, L. R., Kasting, J. F., y Crane, R. G. (2010). *The Earth System*. Prentice Hall.

Knoll, A. H. (2015). *Life on a Young Planet: The First Three Billion Years of Evolution on Earth*. Princeton University Press.

Larrain, A., López, P., Gómez, M., Verdugo, S., Freire, P., Grau, V., Cosmelli, D., y Bonhomme, A. (2021). Las ideas de estudiantes chilenos acerca de la evolución de los seres vivos: ¿Qué piensan al término de la enseñanza primaria? *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias*, 18(1), 1–20.

https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1106

León, E. (2019). Concepciones de estudiantes de educación media general sobre el origen de la vida. *Revista especializada en educación*, 26(2), 192-206.

Lee, Sg., y Park, B. S. (2024). Anthropocene Literacy for Science Education. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00541-z>

Loreau, M., Naeem, S., y Inchausti, P. (2002). *Biodiversity and ecosystem functioning: Synthesis and perspectives*. Oxford University Press.

López-Feldman, A., Chávez, C., Vélez, M. A., Bejarano, H., Chimeli, A. B., Féres, J., Robalino, J., Salcedo, R., & Viteri, C. (2020). COVID-19: impactos en el medio ambiente y en el cumplimiento de los ODS en América Latina. *Desarrollo y Sociedad*, 1(86), 104-132. <https://doi.org/10.13043/DYS.86.4>

Lozada-Ávila, C., y Betancur-Gómez, S. (2017). La gamificación en la educación superior: una revisión sistemática. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31), 97-124.

Lyons, T. W., Reinhard, C. T., y Planavsky, N. J. (2014). The rise of oxygen in Earth's early ocean and atmosphere. *Nature*, 506(7488), 307–315. <https://doi.org/10.1038/nature13068>

Lysak, R. L. (2023). Kinetic Alfvén waves and auroral particle acceleration: a review. *Reviews of Modern Plasma Physics*, 7, 6. <https://doi.org/10.1007/s41614-022-00111-2>

Mychajliw, A. M., Kemp, M. E., y Hadly, E. A. (2015). Using the anthropocene as a teaching, communication and community engagement opportunity. *Anthropocene Review*, 2(3), 267-278. <https://doi.org/10.1177/2053019615601444>

Marshak, S. (2015). *Essentials of Geology* (5th ed.). W.W. Norton & Company.

Martínez-Castillo, R. (2008). Educación y huella ecológica. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 8(1), 1-28.

Martínez-Castillo, R. (2012). Interrelación de la educación ambiental con la huella ecológica. En R. C. Flores (ed.), *Experiencias latinoamericanas en educación ambiental* (pp. 79-99).

Martínez Castillo, R. (2016). Educación Ambiental para el Desarrollo Sustentable. *Revista Estudios*, 32–47. <https://doi.org/10.15517/re.v0i0.27584>

Ministerio de Educación Nacional. (2024, 6 de marzo). *La educación ambiental llegará a través de la Formación Integral y la educación CRESE*. <https://www.mineduacion.gov.co/porta/salaprensa/Comunicados/419429:La-educacion->

ambiental-llegara-a-traves-de-la-Formacion-Integral-y-la-educacion-CRESE

Mejía, M. A. (2016). *Naturaleza Urbana: Plataforma de Experiencias*. Punto aparte editores.

Mejía, M. A., y Amaya Espinel, J. D. (2023). *BiodiverCiudades al 2030: transformando ciudades con la biodiversidad*. Punto aparte editores.

Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G. B., y Worm, B. (2011). How many species are there on Earth and in the Ocean? *PLoS Biol*, 9, e1001127.
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>

Organización de Naciones Unidas -ONU (2025). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible>

Organización de Naciones Unidas -ONU (2023). *Informe del Secretario General sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2023*.
<https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2023/secretary-general-sdg-report-2023--ES.pdf>

Negrão, R., Monro, A. K., Castellanos-Castro, C., Diazgranados, M. (2022). *Catalogue of useful plants of Colombia* (1st ed). Kew: Royal Botanical Gardens.

Núñez Paula, I. A. (2019). Educación para el desarrollo sostenible: hacia una visión sociopedagógica. *Controversias y Concurrencias Latinoamericanas*, 11(19), 291-307.

Olson, P., y Christensen, U. R. (2006). Dipole moment scaling for convection-driven planetary dynamos. *Earth and Planetary Science Letters*, 250(3-4), 561–571.
<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2006.08.008>

Pauli, G. (2010). *La economía azul: 10 años, 100 innovaciones, 100 millones de empleos*. Tusquets Editores.

Portilla-Portilla, E.-M., Llanos-Redondo, M., Gutierrez-Lesmes, O.-A., Llanos-Redondo, A., y Martínez-Torres, J. (2024). Niveles de inseguridad alimentaria en los hogares y características asociadas en niños de 0 a 59 meses en Colombia. *Revista Científica Salud Uninorte*, 40(2), 512–531. <https://doi.org/10.14482/sun.40.02.407.298>

Pugh, D. T. (1996). *Tides, Surges and Mean Sea-Level: A Handbook for Engineers and Scientists*. John Wiley & Sons.

Ramírez Usma, E., Peña-Barrios, H., y Morales-Riascos, M. (2021). Significación de la Huella Ecológica en la Educación para el Desarrollo Sostenible. *Investigación y formación pedagógica*, 13, 79-90.

Ramos Pérez, A., y Torralba Burrial, A. (2020). Use and potential of the life programme for environmental education in formal, not formal and informal education, and especially in primary education. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3501. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3501

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., ... Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37), eadh2458. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>

Rivas, L. M., y González García, F. (2016). ¿Comprenden y aceptan los estudiantes la evolución? Un estudio en bachillerato y Universidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13, 248-263.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S. 3rd, Lambin E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin. U., ... Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>

Rojas T., Cortés C., Noguera M., Ulian T., y Diazgranados M. (2020). *Evaluación del estado de los desarrollos bioeconomicos colombianos en plantas y hongos*. Royal Botanic Gardens, Kew e Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Sandoval Galaviz, I., Rosas Topete, N., y Ávila Verdín, E. (2024). Estudiantes universitarios como agentes impulsores de la educación ambiental. *Revista De Psicología*

De La Universidad Autónoma Del Estado De México, 13(40), 123-150.

Schlesinger, W.H., y Bernhardt E.S. 2020. *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change (4th Edición)*. Academic Press.

Tarduno, J. A., Cottrell, R. D., Watkeys, M. K., Hofmann, A., Doubrovine, P. V., Mamajek, E. E., Liu, D., Sibeck, D. G., Neukirch, L. P., y Usui, Y. (2010). Geodynamo, solar wind, and magnetopause 3.4 to 3.45 billion years ago. *Science*, 327(5970), 1238-1240.
<https://doi.org/10.1126/science.1183445>

Thomas, J. A., Williams, M., y Zalasiewicz, J. (2020). *The Anthropocene: A Multidisciplinary Approach*. John Wiley & Sons.

Tollefson, J. (2020). Why deforestation and extinctions make pandemics more likely. *Nature*, 584, 175-176. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-02341-1>

Tovar-Vergara, M., González-Rodríguez, G. I., y Sánchez-Robles, R. (2024). El camino hacia el desarrollo sostenible: La sustentabilidad en la Educación Superior. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(5), 1632-1655.
<https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2732>

Trischler, H. (2017). El Antropoceno, ¿un concepto geológico o cultural, o ambos? *Desacatos*, 54, 40-57.

UI GreenMetric. (2025, 31 de enero). *UI GreenMetric World University Rankings 2024*.
<https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/overall-rankings-2024>

Universidad del Rosario. (2022). *Aportes Agenda 2030 y ODS 2022*.
<https://urosario.edu.co/sites/default/files/2023-09/informe-ods-2022.pdf>

Universidad del Rosario. (2024, 4 de junio). *Nuestra Universidad es líder en sostenibilidad universitaria en Colombia y Latam y será anfitriona del congreso de UI GreenMetric*. Periódico Nova et Vetera. <https://urosario.edu.co/periodico-nova-et-vetera/nuestra-u/nuestra-universidad-es-lider-en-sostenibilidad-universitaria-en-colombia-y-latam>

Voosen, P. (2024). *The Anthropocene is dead. Long live the Anthropocene*. *Science*.

<https://www.science.org/content/article/anthropocene-dead-long-live-anthropocene>

Wiens, J. J. (2023). How many species are there on Earth? Progress and problems. *Plos Biology*, 21(11), e3002388. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002388>

Witze, A. (2024a). Geologists reject the Anthropocene as Earth's new epoch- after 15 years of debate. *Nature*, 627, 249–250. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-00675-8>

Witze, A. (2024b, 20 de Marzo). *It's final: the Anthropocene is not an epoch, despite protest over vote*. *Nature*. <https://www.nature.com/articles/d41586-024-00868-1>

Organización Mundial de la Salud – OMS. (2018). *Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/millennium-development-goals-\(mdgs\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/millennium-development-goals-(mdgs))

Zúñiga González, L. R., y Molina-Andrade, A. (2023). Revisión de antecedentes: la educación en energías renovables desde la perspectiva del aprendizaje basado en proyectos y cuestiones sociocientíficas. *Revista Electrónica EDUCyT*, 13(1), 19-46.

CC BY-NC-ND