



UNIVERSIDAD
DEL AZUAY



Centro de
Estadística

CENTRO DE ESTADÍSTICA

Universidad del Azuay

**Cuenca,
Junio de 2026
No. 76**

El Centro de Estadística de la Universidad del Azuay se establece como un espacio destinado a potenciar y respaldar la investigación mediante el apoyo y la ejecución de proyectos, garantizando un correcto y preciso manejo de los datos; así como, promueve instancias formativas para la comunidad universitaria, generando actividades de aprendizaje permanente vinculadas al empleo de datos, el uso de la estadística y sus múltiples técnicas.

Julio Mosquera G.
Coordinador Centro de Estadística

En esta edición:

¿Qué está pasando con el medio ambiente? Una revisión literaria desde los límites planetarios

Este boletín propone una revisión crítica pero propositiva sobre el estado actual del planeta. La evidencia científica indica que, por primera vez en la historia, las actividades humanas están desestabilizando los sistemas que sostienen la vida en la Tierra, comprometiendo su equilibrio y el bienestar humano. En este contexto, la esperanza no radica únicamente en comprender la magnitud de la crisis, sino en la capacidad de transformar ese conocimiento en acción. Conocer y actuar se convierten, así, en elementos fundamentales para enfrentar los desafíos ambientales contemporáneos.

¿Qué está pasando con el medio ambiente? Una revisión literaria desde los límites planetarios

María Paz Guillén, Biól.

Introducción

Para comprender la magnitud de la crisis ambiental actual, Rockström et al. (2024) plantean retroceder al Holoceno, periodo que inició hace aproximadamente 11.000 años y se caracterizó por una notable estabilidad climática. Estas condiciones permitieron el desarrollo de la agricultura, la domesticación de especies y el surgimiento de las primeras civilizaciones humanas. Sin embargo, a lo largo del tiempo, las actividades humanas han transformado profundamente los sistemas naturales, provocando la pérdida de biodiversidad, la contaminación del aire, del agua y del suelo, y el incremento de los eventos climáticos extremos.

Este conjunto de alteraciones ha llevado a proponer que la Tierra ha entrado en una nueva época geológica, el Antropoceno, en la que la influencia humana se ha convertido en una fuerza dominante sobre el medio ambiente (Crutzen, 2002; Keys et al., 2019; Zalasiewicz et al., 2020). En respuesta a esta tensión entre el crecimiento económico y los límites ecológicos, han surgido marcos conceptuales que buscan comprender y delimitar la relación entre la actividad humana y la capacidad del planeta.

Los límites surgen como una herramienta científica para identificar los umbrales dentro de los cuales la humanidad puede operar de manera segura sin comprometer la estabilidad de la Tierra (Rockström et al., 2009).

No obstante, a pesar de estos avances en la comprensión científica, persiste una brecha significativa entre el conocimiento disponible y su apropiación social (Kollmuss y Agyeman, 2002). Esta desconexión limita la capacidad de respuesta frente a la crisis ambiental. En este contexto, la educación ambiental se posiciona como un elemento fundamental para cerrar esta brecha, al promover el pensamiento crítico, la comprensión de la evidencia científica y la acción informada en la sociedad (UNESCO, 2020).

En concordancia con ello, el presente análisis aborda el estado actual de los límites planetarios y su relación con la crisis ambiental contemporánea, destacando la importancia de la educación ambiental como una herramienta clave para fortalecer la comprensión social de estos desafíos. Asimismo, se presenta una síntesis accesible de la evidencia científica reciente, con el propósito de promover la reflexión.

Metodología

Esta investigación se desarrolló como una revisión bibliográfica basada en la literatura científica y los reportes e informes institucionales oficiales de alto impacto. Se realizó un análisis cualitativo de los principales hallazgos, organizando la información en torno a los nueve límites planetarios y su estado actual, incorporando además evidencia secundaria relevante y su relación con la educación ambiental.

Punto de partida

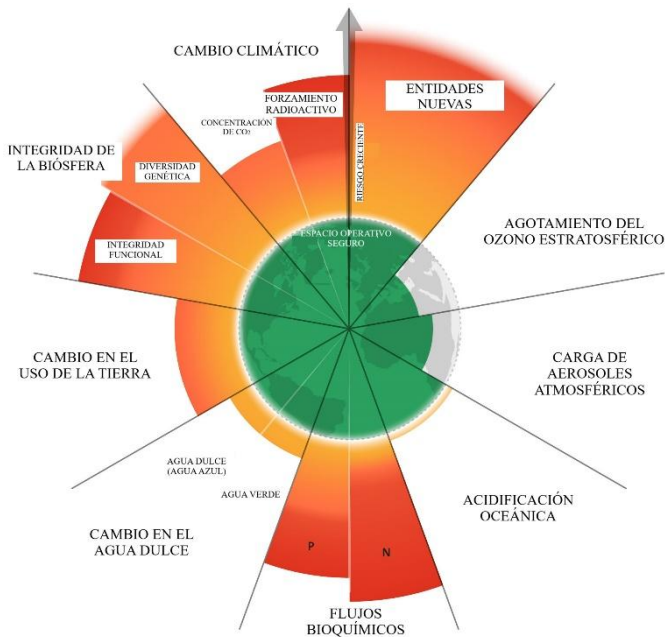
A mediados de la década de 1970, Meadows et al. (1972) plantearon los primeros enfoques relacionados con los límites del crecimiento. Posteriormente, en 1987, la Organización de las Naciones Unidas consolidó el concepto de desarrollo sostenible como eje central del debate ambiental global.

Sin embargo, no fue sino hasta 2009 cuando Johan Rockström y colaboradores, desde el Centro de Resiliencia de Estocolmo, propusieron el marco de los nueve límites planetarios, entendidos como un conjunto de sistemas fundamentales para mantener la estabilidad del planeta.

Como se observa en la Figura 1, siete de los nueve límites ya han sido sobrepasados, lo que evidencia un deterioro significativo de la salud planetaria (Steffen et al., 2015; Richardson et al., 2023; Planetary Boundaries Science, 2025).

Figura 1

Estado actual de los límites planetarios



Nota. Adaptada de PBS. (2025).

Estado actual

Desde la Revolución Industrial, la temperatura media global ha aumentado aproximadamente 1,4 °C respecto a los niveles preindustriales y continúa en ascenso (IPCC, 2023). Este incremento ha generado impactos observables a nivel global, incluyendo alteraciones en los patrones climáticos y un aumento de la frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequías e inundaciones. En los últimos 50 años, el número de desastres relacionados con el clima, el tiempo y el agua se ha multiplicado por cinco, mientras que sus costos económicos se han incrementado significativamente (WMO, 2021).

La comunidad científica ha limitado el calentamiento global a 1,5 °C para reducir los riesgos más severos asociados al cambio climático. Superar este umbral expone a la humanidad a eventos extremos, la pérdida de ecosistemas e impactos irreversibles en los sistemas humanos y naturales (IPCC, 2018; IPCC, 2021).

En segundo lugar, está la integridad de la biosfera; aquí se evaluó el estado de los ecosistemas y la diversidad biológica que sustenta el funcionamiento del sistema Tierra. La evidencia científica indica que este umbral ha sido ampliamente sobrepasado, lo que ha llevado a

diversos autores a señalar que el planeta podría estar atravesando una sexta extinción masiva impulsada por actividades humanas (Ceballos et al., 2015; Steffen et al., 2015). En términos históricos, las extinciones masivas han sido eventos excepcionales en los que desapareció entre el 60% y el 95% de las especies en escalas de tiempo geológicas. Sin embargo, a diferencia de estos eventos naturales, la actual pérdida de biodiversidad ocurre a un ritmo acelerado y está asociada principalmente a presiones antropogénicas como la deforestación, la contaminación y el cambio climático.

Actualmente, se estima que, de las aproximadamente 8 millones de especies de plantas y animales en el planeta, alrededor de 1 millón se encuentran en peligro de extinción, muchas de ellas en las próximas décadas (IPBES, 2019).

El tercer límite corresponde al cambio en el uso del suelo, el cual hace referencia a la transformación de ecosistemas naturales —como bosques, páramos y humedales— en áreas destinadas a actividades humanas, principalmente agricultura y ganadería. Este proceso constituye una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad y está estrechamente vinculado a la deforestación. Además, altera funciones esenciales del sistema Tierra, como la regulación del clima y los ciclos del agua, al reducir la capacidad de los ecosistemas para absorber carbono y mantener su equilibrio ecológico (Steffen et al., 2015; FAO, 2020).

De manera complementaria, otro límite ampliamente sobrepasado está relacionado con la alteración de los flujos biogeoquímicos, en particular, los ciclos del nitrógeno y el fósforo. Estos elementos son fundamentales para el crecimiento de las plantas; sin embargo, su uso intensivo en fertilizantes ha provocado una disrupción significativa de sus ciclos naturales. La liberación excesiva de nitrógeno y fósforo en los ecosistemas genera procesos como la eutrofización de los cuerpos de agua y la degradación de los suelos.

Actualmente, las actividades humanas han duplicado la cantidad de nitrógeno reactivo que circula en la biosfera, situando este límite en una zona de alto riesgo (Steffen et al., 2015; Fowler et al., 2013).

En quinto lugar, el agua dulce: a pesar de que la Tierra es conocida como el “planeta azul”, aproximadamente el 97,5% del agua es salada y solo el 2,5% corresponde a agua dulce, de la cual una fracción aún menor está disponible para uso humano (UNESCO, 2023).

La creciente demanda, especialmente por parte del sector agrícola —responsable de cerca del 70% de las extracciones de agua dulce a nivel mundial—, está ejerciendo una presión significativa sobre este recurso (FAO, 2020; Richardson et al., 2023).

Existen límites que causan mayor incertidumbre; el margen relacionado con la introducción de nuevas entidades —que incluye sustancias químicas sintéticas, residuos nucleares, microplásticos y compuestos industriales— ha sido superado. La producción global de químicos se ha multiplicado por más de 50 veces desde 1950 y se prevé que continúe en aumento, superando la capacidad del medio ambiente para evaluarlos y gestionarlos de manera segura (Persson et al., 2022).

En esta misma línea, la acidificación de los océanos se encuentra cercana a su umbral crítico. Este fenómeno, causado por la absorción de CO₂, ha reducido el pH oceánico en aproximadamente 0,1 unidades desde la era preindustrial, lo que representa un incremento cercano al 30% en la acidez y afecta directamente a organismos marinos sensibles como corales y moluscos (IPCC, 2019).

En contraste con los límites previamente descritos, algunos procesos del sistema Tierra se mantienen dentro del espacio operativo seguro o presentan mayores niveles de incertidumbre en su evaluación. Uno de los casos más representativos es el agotamiento del ozono estratosférico, cuyo comportamiento evidencia la efectividad de la acción internacional coordinada.

Desde la implementación del Protocolo de Montreal, se ha logrado reducir significativamente la emisión de sustancias que degradan la capa de ozono, permitiendo su recuperación progresiva (UNEP, 2019).

Por su parte, el límite correspondiente a la carga de aerosoles atmosféricos presenta una mayor complejidad en su medición a escala global, debido a su alta variabilidad espacial y a la dificultad de

establecer un umbral único. Sin embargo, su impacto es ampliamente reconocido, especialmente en términos de la salud pública, considerando que la contaminación del aire está asociada a aproximadamente 7 millones de muertes prematuras al año (WHO, 2021).

Los resultados evidencian que la humanidad está operando fuera de los límites seguros del planeta y que estos procesos funcionan como un sistema interconectado, en el que la alteración de un límite puede intensificar los efectos sobre otros (Richardson et al., 2023). Este escenario refleja no solo una presión creciente sobre los sistemas naturales, sino también la complejidad de las interacciones que sostienen la estabilidad del sistema Tierra.

¿Qué hacer?

La evidencia científica no solo ha permitido identificar la magnitud del problema, sino también orientar posibles líneas de acción. Sin embargo, la efectividad de estas respuestas depende, en gran medida, de la forma en que este conocimiento es comprendido y apropiado por la sociedad.

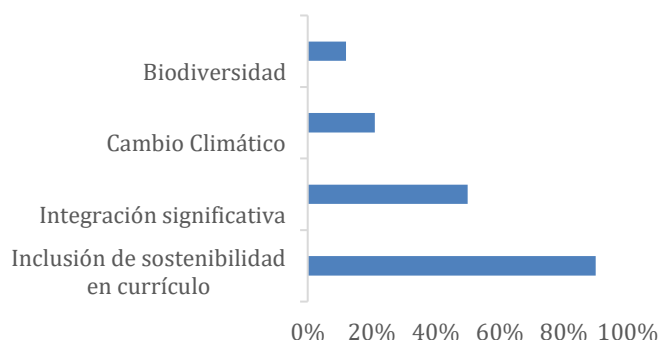
A nivel global, los datos muestran que, aunque la educación ambiental ha sido incorporada en los sistemas educativos, su alcance sigue siendo limitado. Aproximadamente el 90% de los países incluyen contenidos relacionados con sostenibilidad en sus currículos, pero solo alrededor del 50% logra una integración significativa en los procesos educativos (UNESCO, 2021).

Además, temas críticos como el cambio climático y la biodiversidad mantienen una presencia reducida en los contenidos formales.

La Figura 2 evidencia una marcada diferencia entre la incorporación general de la sostenibilidad en los currículos y la profundidad con la que estos contenidos son abordados en la práctica educativa.

Figura 2

Nivel de integración de la educación ambiental en los sistemas educativos a nivel mundial



Nota. Figura de elaboración propia con los datos de la UNESCO (2021). Learn for Our Planet: A global review of how environmental issues are integrated in education.

Esta situación pone de manifiesto que la crisis ambiental no responde únicamente a procesos biofísicos, sino también a la forma en que las sociedades comprenden o no estos fenómenos.

Conclusión

La evidencia científica analizada en este boletín demuestra que la humanidad ha sobrepasado múltiples límites planetarios, comprometiendo la estabilidad del sistema Tierra y poniendo en riesgo el bienestar de las generaciones presentes y futuras (Richardson et al., 2023). Este escenario no solo refleja una crisis ambiental de carácter biofísico, sino también una crisis en la forma en que se comprende y gestiona la relación entre la sociedad y la naturaleza.

Aunque el conocimiento científico sobre estos procesos es extenso y sigue en evolución, su impacto se ve restringido debido a que persiste la brecha entre la información existente y su apropiación social. Este déficit ha sido ampliamente documentado en la literatura, evidenciando que la información por sí sola no es suficiente para generar cambios en el comportamiento (Kollmuss y Agyeman, 2002). En este sentido, la educación ambiental adquiere un papel fundamental, al permitir traducir el conocimiento científico en herramientas comprensibles y relevantes para la acción.

Sin embargo, afrontar la crisis medioambiental supone admitir su naturaleza sistémica. Los autores han indicado que los

problemas medioambientales están relacionados con las dinámicas políticas, económicas y sociales, especialmente con aquellos modelos de producción y consumo que no son sostenibles (Moore, 2017).

En respuesta a esta necesidad y con este tema relevante para la investigación, el Centro de Estadística y el Vicerrectorado de Investigaciones están comenzando un proyecto educativo ambiental en la provincia del Azuay. El objetivo es acercar la ciencia a los niños y jóvenes a través de estrategias educativas contextualizadas, datos y evidencia. El propósito no es solo informar, sino también promover una comprensión crítica y apropiada que posibilite la toma de decisiones conscientes y fomente prácticas sostenibles.

Referencias

- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M., & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1(5), e1400253.
- Crutzen, P. J. (2002). The “anthropocene”. *Journal de Physique IV*, 12(10), 1–5. <https://doi.org/10.1051/jp4:20020447>
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020*. Food and Agriculture Organization.
- Fowler, D., Coyle, M., Skiba, U., Sutton, M. A., Cape, J. N., Reis, S., ... Voss, M. (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1621). <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0164>
- IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. IPBES Secretariat.
- IPCC. (2019). *Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate* <https://www.ipcc.ch/srocc/>.
- IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

- Jensen, V., Benavot, A., & McKenzie, M. (2021). *Aprender por nuestro planeta: Una revisión global de cómo se integran los problemas ambientales en la educación*. UNESCO.
- Keys, P. W., Galaz, V., Dyer, M., Matthews, N., Folke, C., Nyström, M., & Cornell, S. E. (2019). Anthropocene risk. *Nature Sustainability*, 2(8), 667–673. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0327-6>
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the gap: Why do people act environmentally, and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- Kuhlman, T., & Farrington, J. (2010). What is sustainability? *Sustainability*, 2(11), 3436–3448. <https://doi.org/10.3390/su2113436>
- Moore, J. W. (2017). The Capitalocene, Part I: On the nature and origins of our ecological crisis. *The Journal of Peasant Studies*, 44(3), 594–630. <https://doi.org/10.1080/03066150.2016.1235036>
- Neale, R. E., Barnes, P. W., Robson, T. M., Neale, P. J., Williamson, C. E., Zepp, R. G., ... Zhu, M. (2021). Environmental effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and interactions with climate change. *Photochemical & Photobiological Sciences*, 20(1), 1–67. <https://doi.org/10.1007/s43630-020-00001-x>
- Planetary Boundaries Science. (2025). *Planetary health check 2025*. Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- Persson, L., et al. (2022). Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities. *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>
- Richardson, K., et al. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ... Foley, J. A. (2009a). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2).
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., ... Foley, J. A. (2009b). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Rockström, J., Gaffney, O., Rogelj, J., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., & Schellnhuber, H. J. (2017). A roadmap for rapid decarbonization. *Science*, 355(6331), 1269–1271. <https://doi.org/10.1126/science.aah3443>
- Rockström, J., Donges, J. F., Fetzer, I., Martin, M. A., Wang-Erlandsson, L., & Richardson, K. (2024). Planetary boundaries guiding Earth system stability. *Nature Reviews Earth & Environment*, 5(11), 773–788.
- UNESCO. (2021). *Learn for our planet: A global review of how environmental issues are integrated in education*.
- UNESCO. (2023). *United Nations world water development report 2023*.
- UNESCO. (2009). *The United Nations world water development report 3: Water in a changing world*.
- UNEP. (2019). *Scientific assessment of ozone depletion 2018*. <https://ozone.unep.org>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>

World Meteorological Organization. (2021). *Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970–2019)*.

Zalasiewicz, J., Waters, C. N., & Williams, M. (2020). The Anthropocene. In F. M. Gradstein et al. (Eds.), *Geologic time scale 2020* (pp. 1257–1280). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00031-0>