

Conciencia ambiental frente a la triple crisis planetaria en el Perú: una revisión teórico-documental

Environmental awareness in the face of the triple planetary crisis in Peru: a theoretical-documentary review

Recibido: 16 de junio 2026

Yván Derman Reyes Turumanya

Evaluado: 25 de julio 2026

Autor corresponsal: yvan.reyes@unmsm.edu.pe

Aceptado: 26 de agosto 2026

<https://orcid.org/0009-0008-9606-7483>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Resumen

El objetivo fue analizar e integrar evidencia científica y documental sobre cambio climático, pérdida de biodiversidad, contaminación y residuos sólidos municipales, con énfasis en el contexto peruano, para proponer una síntesis teórica que vincule el conocimiento de la triple crisis planetaria con la formación de conciencia ambiental. Se realizó una revisión teórico-documental narrativa de 70 referencias, entre artículos científicos, informes nacionales e internacionales, normativa y fuentes institucionales. La identificación de literatura se efectuó principalmente mediante Google Académico y se complementó con documentos oficiales; la selección se orientó por pertinencia temática, autoridad técnica o normativa, aplicabilidad al contexto peruano y utilidad analítica. El análisis se organizó en cuatro ejes: residuos sólidos municipales, cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación, posteriormente integrados mediante una síntesis interpretativa. Los resultados evidencian interdependencia entre los componentes de la triple crisis y la gestión de residuos. En el Perú persisten brechas de disposición final, riesgos para los ecosistemas y exposición a contaminantes, mientras los informes globales advierten presiones crecientes sobre el clima y la biodiversidad. La síntesis

Como citar

Reyes, Y. D. (2026). Conciencia ambiental frente a la triple crisis planetaria en el Perú: una revisión teórico-documental. *Revista EDUCA UMCH*, 29, 22-55 <https://doi.org/10.35756/educaumch.202629.368>

© Los autores. Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC - BY 4.0).



plantea que el conocimiento científico contextualizado favorece la percepción ambiental integral, la valoración afectiva y ética, la disposición proambiental y la acción individual y colectiva. Se concluye que la educación ambiental debe articular conocimiento, percepción del riesgo, valoración, responsabilidad y acción para fortalecer la conciencia ambiental.

Palabras clave: *conciencia ambiental, educación ambiental, triple crisis planetaria, cambio climático, biodiversidad, contaminación, residuos sólidos*

Abstract

The aim was to analyze and integrate scientific and documentary evidence on climate change, biodiversity loss, pollution, and municipal solid waste, with an emphasis on the Peruvian context, in order to propose a theoretical synthesis linking knowledge of the triple planetary crisis to the development of environmental awareness. A narrative theoretical-documentary review of 70 references was conducted, including scientific articles, national and international reports, regulations, and institutional sources. Literature was identified mainly through Google Scholar and complemented with official documents; selection was guided by thematic relevance, technical or regulatory authority, applicability to the Peruvian context, and analytical usefulness. The analysis was organized around four dimensions: municipal solid waste, climate change, biodiversity loss, and pollution, which were subsequently integrated through an interpretive synthesis. The results reveal interdependence between the components of the triple planetary crisis and waste management. In Peru, gaps in final waste disposal, risks to ecosystems, and exposure to pollutants persist, while global reports warn of increasing pressures on climate and biodiversity. The synthesis suggests that contextualized scientific knowledge fosters comprehensive environmental perception, affective and ethical appraisal, pro-environmental disposition, and individual and collective action. It is concluded that environmental education should integrate knowledge, risk perception, appraisal, responsibility, and action to strengthen environmental awareness.

Keywords: *environmental awareness, environmental education, triple planetary crisis, climate change, biodiversity, pollution, solid waste*

Introducción

La triple crisis planetaria —cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación— constituye un marco integrador para comprender presiones ambientales que se potencian entre sí. El *Global Waste Management Outlook 2024* (GWMO 2024) advierte que el incremento de los residuos sólidos municipales (RSM) y las deficiencias en su gestión contribuyen a estas presiones y proyecta una mayor generación mundial hacia 2050 (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2024a). Paralelamente, la educación ambiental acumula cinco décadas de desarrollo y ha buscado proporcionar conocimientos, actitudes y capacidades para comprender y afrontar los problemas ambientales; sin embargo, la persistencia y agravamiento de múltiples indicadores ambientales muestran que la disponibilidad de información no se traduce automáticamente en conductas sostenidas de protección ambiental (Bautista-Cerro et al., 2019; Gutiérrez-Bastida, 2019; Eschenhagen & Sandoval, 2023). En este escenario, la conciencia ambiental adquiere relevancia porque integra dimensiones cognitivas, afectivas, disposicionales y conductuales frente a la problemática ambiental (Chuliá, 1995). Por ello, comprender la crisis no implica únicamente reconocer datos o conceptos, sino relacionarlos con su significado para la vida, el territorio, la responsabilidad personal y la acción colectiva.

La literatura disponible describe ampliamente cada componente de la crisis planetaria y sus efectos, pero con frecuencia los aborda de manera sectorial. Existe, por tanto, un espacio de integración teórica entre la evidencia sobre cambio climático, biodiversidad, contaminación y residuos, y los procesos mediante los cuales ese conocimiento puede contribuir a una percepción ambiental suficientemente amplia para vincular problemas globales con situaciones cercanas. Una formación teórica sólida facilita explicar fenómenos y orientar la solución de problemas (Gaudiano & Ceballos, 1994), mientras que la perspectiva histórica y contextual favorece un pensamiento crítico sobre la relación sociedad-naturaleza (Correa, 2009; Vega & Álvarez, 2005). Asimismo, Rescia et al. (2023) muestran que la percepción de los problemas ambientales depende del contexto socioespacial, lo que permite diferenciar percepciones limitadas a lo cercano o a lo lejano de una percepción integral de ambas escalas. En el ámbito educativo, la enseñanza de la biología ofrece oportunidades para relacionar procesos ecológicos con problemas ambientales concretos (De Oca et al., 2012), mientras que la educación científica requiere

atender explícitamente la situación ambiental del mundo para favorecer una comprensión crítica y orientada a la participación (Edwards et al., 2004). En consecuencia, el objetivo de este artículo es analizar e integrar evidencia científica y documental sobre los componentes de la triple crisis planetaria y los RSM, con énfasis en el Perú, para proponer una síntesis teórica que vincule conocimiento científico contextualizado, percepción ambiental, valoración, disposición proambiental y acción. El aporte del estudio reside en organizar esos componentes en una secuencia conceptual útil para la educación ambiental y para la comprensión de problemas ambientales desde una perspectiva simultáneamente global y local.

Metodología

Diseño y alcance

Se realizó una revisión teórico-documental narrativa, orientada a integrar conceptos, evidencias e informes relevantes sobre la triple crisis planetaria y su relación con la conciencia ambiental. Este diseño se eligió porque el propósito no fue estimar un efecto combinado ni responder una pregunta de intervención mediante una revisión sistemática, sino construir una síntesis conceptual sustentada en literatura científica, normativa y documentos institucionales. Por ello, el estudio no se presenta como revisión sistemática ni afirma exhaustividad bibliográfica.

Fuentes, criterios de selección y conformación del corpus

La identificación de literatura se realizó principalmente mediante Google Académico y se complementó con la consulta dirigida de documentos oficiales de organismos nacionales e internacionales pertinentes para los ejes analizados. Dado el carácter narrativo de la revisión, no se aplicó un protocolo de revisión sistemática ni se pretende exhaustividad bibliográfica. La selección documental siguió criterios explícitos de pertinencia: (a) relación directa con cambio climático, pérdida de biodiversidad, contaminación, residuos sólidos o conciencia/educación ambiental; (b) autoridad técnica o normativa de la fuente, con prioridad para organismos como PNUMA, IPCC, IPBES, ONU, MINAM y OEFA; (c) aplicabilidad al contexto peruano cuando existía evidencia disponible; y (d) capacidad de la fuente para sustentar definiciones, mecanismos, tendencias, impactos o relaciones entre los ejes. Las fuentes de divulgación empleadas únicamente para contextualización o procedencia de material gráfico no se utilizaron

como evidencia principal para las inferencias del estudio. El corpus final quedó constituido por 70 referencias efectivamente citadas en el manuscrito, entre artículos científicos, revisiones, informes técnicos, normativa y documentos institucionales.

Procedimiento de análisis

Los documentos se organizaron en cuatro ejes analíticos: residuos sólidos municipales (RSM), cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación. En cada eje se extrajeron y contrastaron definiciones, mecanismos, tendencias, impactos, relaciones causales o funcionales y evidencia específica del Perú cuando estaba disponible. Posteriormente se realizó una síntesis interpretativa de convergencias entre los cuatro ejes y se contrastó con la noción multidimensional de conciencia ambiental. El análisis final se estructuró en una secuencia conceptual de cinco niveles: conocimiento científico contextualizado; percepción ambiental integral; valoración afectiva y ética; disposición proambiental; y acción individual y colectiva. La trazabilidad se mantuvo mediante la vinculación de cada afirmación sustantiva con citas autor-fecha y con su referencia bibliográfica correspondiente.

Resultados de la revisión documental

Informe Perspectiva Mundial de la Gestión de Residuos 2024 (GWMO 2024)

El informe GWMO 2024 es una publicación conjunta entre el PNUMA y la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA), red internacional de profesionales y especialistas cuya misión incluye promover la gestión sostenible y profesional de los residuos y la transición hacia una economía circular.

Presentado en la sexta Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (UNEA-6), en Kenia, 2024, y basado en información desde el 2018, muestra el estado actual de la generación global y costo de gestión de residuos, pronosticando que ambos aumentarán hasta el 2050. Como su versión del 2015, también demanda a la comunidad internacional una mejor gestión de sus residuos sólidos municipales, destacando el impacto de su mayor producción y costos de gestión, sobre la triple crisis planetaria por cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación. Durante la UNEA-5 del 2021, el secretario general de la ONU citó una triple emergencia ambiental por alteración del clima, pérdida grave de biodiversidad y epidemias por contaminación. Tras reanudarse la asamblea en el 2022, los ministros del medio ambiente invocaron a tomar

medidas contra la triple crisis medioambiental por cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación. Desde esa fecha, esta terminología y el marco establecido son utilizados en publicaciones científicas y organizaciones gubernamentales, pese a no abarcar todos los problemas ambientales del mundo (PNUMA, 2024b).

Residuos sólidos municipales

Según la United States Environmental Protection Agency (EPA, 2024) un residuo sólido es todo desperdicio producto de nuestras actividades, incluidos algunos líquidos, semisólidos y gases. En el Perú, según el Decreto Legislativo 1278 (2016) que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, un residuo sólido es cualquier material generado por consumo o empleo de un bien o servicio, y eliminado por su poseedor de manera intencional u obligatoria, para un manejo que priorice su valorización, hasta su disposición final. Incluye residuos sólidos, semisólidos, líquidos o gases de depósitos desechados o que no pueden ser tratados ni liberados al ambiente, así que deben acondicionarse de forma segura para su disposición final. Se valoriza un residuo al utilizarlo para obtener otros materiales útiles (valorización material) o energía útil para hogares e industrias (valorización energética).

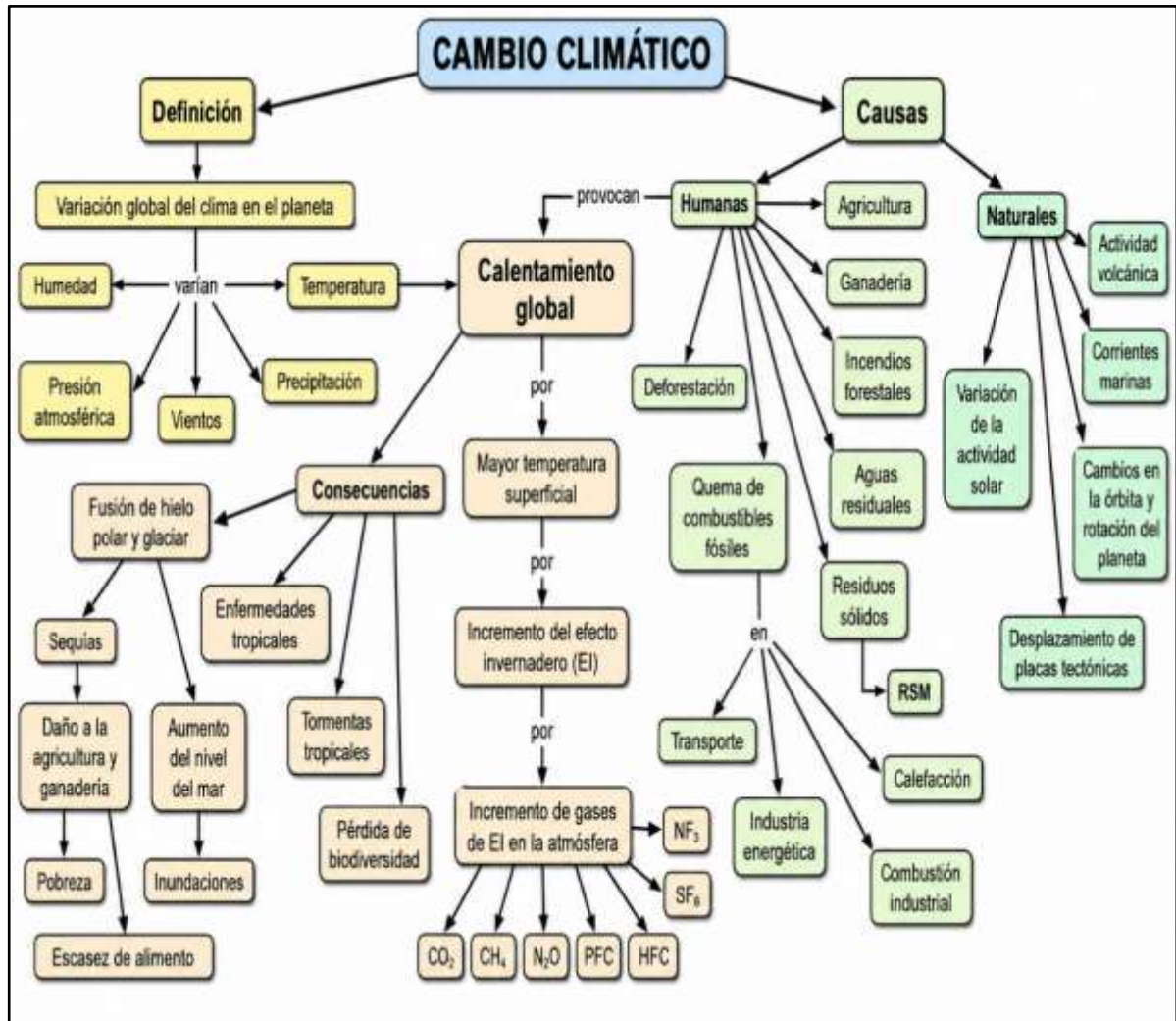
El informe GWMO 2024 solo considera los residuos sólidos municipales (RSM), aquellos provenientes de hogares, pequeños negocios, proveedores de servicios públicos y fuentes similares; y conformados por restos de alimentos, embalaje, artículos del hogar, muebles rotos, productos electrónicos, ropas, zapatos, productos de higiene personal, etc. No considera los residuos no municipales (de construcción, demolición, industriales, agrícolas y sanitarios), que en parte pueden aparecer mezclados con los RSM. La composición de los RSM varía por diversos factores (lugar, época del año, clima, situación económica y otros eventos importantes). Así ocurrió durante la pandemia por COVID-19, donde el incremento exponencial en la velocidad de producción de residuos (principalmente plásticos de un solo uso, mascarillas y guantes) y los aproximadamente 7 días que duraba del virus sobre ellos, obstaculizó su segregación, reciclaje y eliminación (Pariona-Palomino & Matos-Ormeño, 2022). Residuos con este virus y otros patógenos son considerados peligrosos en el informe GWMO 2024, además de otros residuos (químicos peligrosos, materiales eléctricos y electrónicos, textiles, plásticos, desechos alimentarios, vehículos fuera de uso y residuos de talleres mecánicos) que eventualmente podrían encontrarse en los RSM.

En el Perú, el D.L. 1278 (2016) establece que los RSM son los residuos domiciliarios (70%) y los no domiciliarios (30%) generados por servicios de barrido y limpieza de espacios públicos, playas, comercios y otras actividades urbanas. Según la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA, 2010) los residuos peligrosos poseen características o una forma de manejo que los hacen riesgosos para la salud humana o el medio ambiente. Su peligrosidad depende de su fisicoquímica y naturaleza, ya que estas pueden darle capacidad para provocar corrosión, reacción química, explosión, toxicidad, incendios o enfermedades infecciosas.

Algunos ejemplos de residuos peligrosos son los fármacos de uso humano y veterinario, residuos químicos de laboratorios de investigación y docencia, residuos de pesticidas, solventes corrosivos y ácidos, pinturas con plomo, metales pesados como arsénico, mercurio, cadmio, litio plomo y cobalto, liberados por la basura tecnológica expuesta al desgaste por el clima; también los desechos de la industria textil y curtiembre, desechos alimentarios contaminantes y algunos materiales de vehículos fuera de uso, como líquido de frenos, refrigerantes, aceites, entre otros.

Cambio climático

El cambio climático (Figura 1) comprende cambios persistentes en el estado del clima que pueden manifestarse en la temperatura, las precipitaciones, los vientos y otros componentes durante décadas o periodos más prolongados. Puede estar influido por procesos naturales y por forzamientos externos; sin embargo, la evidencia científica actual establece que el calentamiento observado desde la era industrial se explica principalmente por la influencia humana, en especial por el aumento de gases de efecto invernadero asociado a la quema de combustibles fósiles, los cambios de uso del suelo y otras actividades antropogénicas (IPCC, 2023). La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (ONU, 1992a) define el cambio climático, en su ámbito normativo, como un cambio atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural observada durante periodos comparables.

Figura 1*Panorama general acerca del Cambio Climático*

Nota. Nótese el origen de los residuos sólidos municipales (RSM)

Cambio climático y calentamiento global no son términos equivalentes. El cambio climático comprende modificaciones persistentes de distintos componentes del sistema climático, mientras que el calentamiento global se refiere específicamente al aumento a largo plazo de la temperatura media de la superficie terrestre. Este calentamiento constituye una de las manifestaciones centrales del cambio climático contemporáneo y se evalúa con respecto a periodos de referencia preindustriales.

El calentamiento global contemporáneo se explica principalmente por el incremento antropogénico de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. El efecto invernadero es un proceso natural indispensable para mantener temperaturas compatibles con la vida; el problema climático surge cuando las actividades humanas aumentan la concentración de GEI y alteran el balance energético del planeta. Entre los principales

GEI se encuentran el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y gases fluorados, cuya contribución relativa depende de su concentración, capacidad de absorción radiativa y permanencia atmosférica (IPCC, 2023).

La atribución del calentamiento reciente a la influencia humana cuenta con amplio respaldo de la literatura científica y de las evaluaciones del IPCC (IPCC, 2023; Powell, 2016). No obstante, persisten discursos públicos de negación, escepticismo o minimización del cambio climático que pueden distorsionar la comprensión de la evidencia y dificultar la adopción de medidas informadas. Abellán (2021) analiza estas expresiones y su relación con procesos de desinformación climática.

Un hito de la gobernanza climática internacional fue el Acuerdo de París, adoptado en la COP21 (2015), que establece el objetivo de mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C respecto de los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C. Para evaluar la evolución del calentamiento se utiliza habitualmente el periodo 1850-1900 como aproximación a condiciones preindustriales. Las evaluaciones del IPCC muestran que el calentamiento causado por las actividades humanas ya ha elevado de manera sustancial la temperatura global y que limitar incrementos adicionales exige reducciones rápidas, profundas y sostenidas de las emisiones de GEI (IPCC, 2019, 2023).

El *Climate Change 2023: Synthesis Report* (IPCC, 2023) concluye que las actividades humanas, principalmente mediante las emisiones de GEI, causaron un calentamiento global de aproximadamente 1,1 °C en 2011-2020 respecto de 1850-1900. Asimismo, informa que las concentraciones atmosféricas de CO₂ alcanzaron en 2019 niveles superiores a los observados durante al menos dos millones de años, mientras que las concentraciones de CH₄ y N₂O fueron las más altas en al menos 800 000 años. El informe advierte que cada incremento adicional de calentamiento intensifica múltiples riesgos climáticos y que la magnitud del calentamiento futuro dependerá de la trayectoria de emisiones y de la velocidad y profundidad de las medidas de mitigación.

En este contexto, el informe GWMO 2024 indica que la gestión (transporte, almacenamiento y eliminación) de residuos sólidos contribuye al cambio climático, pues junto con las aguas residuales, según el IPCC, contribuyen con el 3% a 5 % de los tres principales GEI (CO₂, CH₄ y N₂O). Señala que la quema de desechos, para obtener energía o reducir su volumen, libera principalmente CO₂, también CH₄ (ambos provienen también de la descomposición orgánica y el compostaje), pequeñas cantidades

EDUCA UMCH, 29, julio - diciembre 2026

de N₂O y carbono negro (hollín o *black carbon*). Según Long et al. (2013) este carbono, subproducto no deseado de la combustión incompleta y con diversas propiedades, es diferente del negro de carbón (*carbon black*), material manufacturado con propiedades bien controladas.

El carbono negro (*black carbon*) es un contaminante particulado y un forzador climático de vida relativamente corta que absorbe radiación solar y contribuye al calentamiento atmosférico. Cuando se deposita sobre nieve y hielo reduce su albedo y puede acelerar el derretimiento (Ramanathan, 2007; Zhang & Wang, 2011). La exposición a partículas que contienen carbono negro se asocia además con efectos cardiopulmonares y puede coexistir con otros compuestos nocivos derivados de la combustión (Janssen et al., 2012). En el Perú, el INAIGEM (2023) ha documentado la relevancia del carbono negro depositado sobre glaciares andinos y su relación con procesos que afectan el retroceso glaciar y la calidad ambiental de ecosistemas de alta montaña.

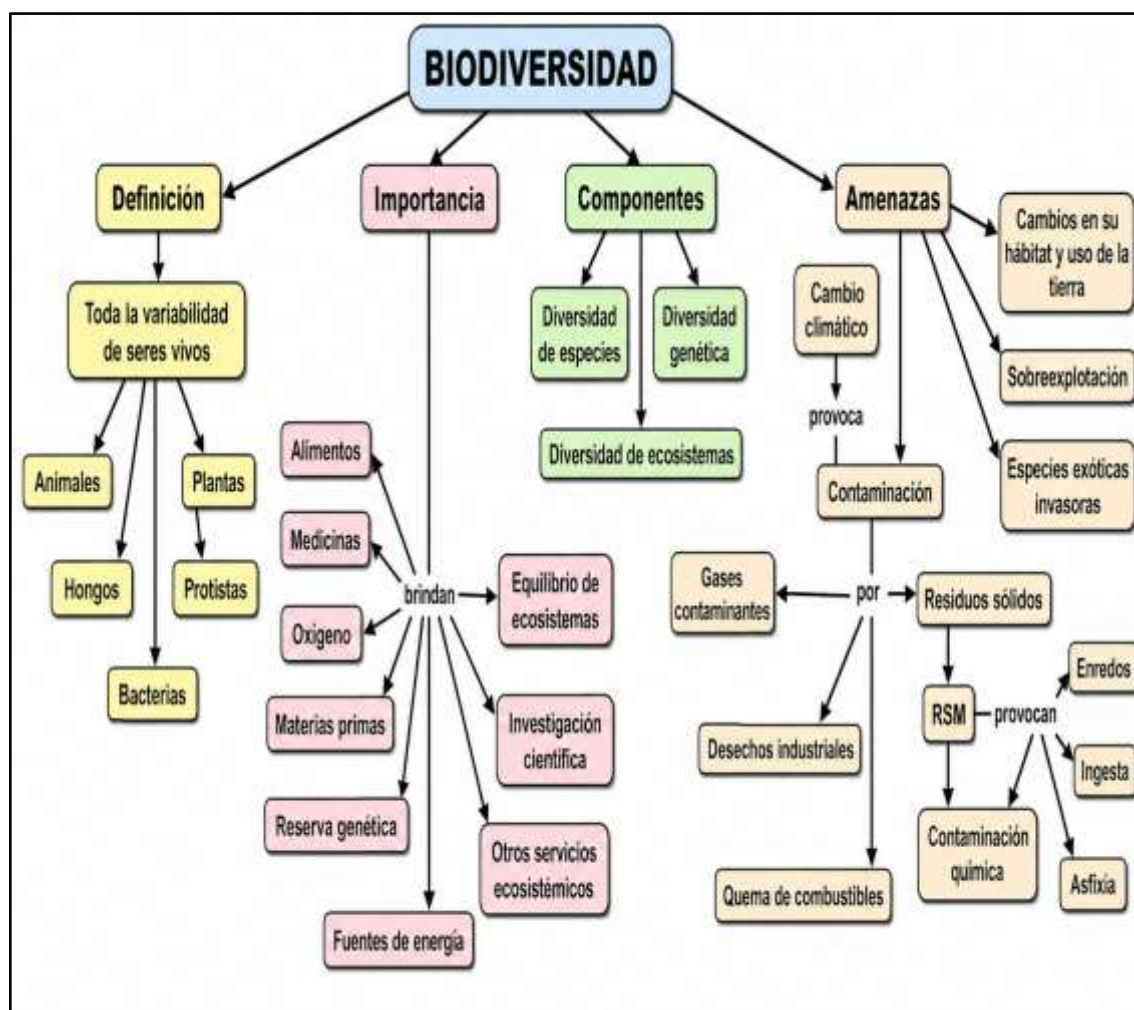
Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2000-2019 (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2023), en el Perú la mayor emisión de GEI (47,9%) corresponde al sector Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, mientras que el sector Desechos (sólidos y aguas residuales) aparece con un 5%. Durante el periodo citado, el promedio de emisión anual por eliminación de desechos sólidos (en rellenos sanitarios y otros lugares gestionados y no gestionados) fue del 59,15%, mientras que para las emisiones por tratamiento biológico de desechos sólidos (compostaje o desintegración biológica con bacterias y hongos) y quema a cielo abierto de desechos, fueron en conjunto 0,55%. Del total de GEI emitidos en 2019, el CH₄ predominó (96,45%) proveniente de la degradación orgánica, el N₂O (3,51%) provino principalmente de aguas residuales domésticas, y el CO₂ (0,04%) de la quema abierta de residuos.

Pérdida de biodiversidad

El término biodiversidad (Figura 2), la forma abreviada de diversidad biológica, ya forma parte del léxico común no solo en el contexto biológico, sino también en el político y económico, en especial cuando se alude al problema de la extinción (Gutiérrez, 2013).

Figura 2

Panorama general sobre la Biodiversidad



Nota. Nótese el origen y efectos de los residuos sólidos municipales (RSM).

Fuente: Elaboración propia

Según el Convenio sobre la Diversidad Biológica (ONU, 1992b) se trata de toda la variabilidad de seres vivos de todo ecosistema terrestre, acuático y otros complejos ecológicos, y comprende tres componentes:

- **Diversidad de especies:** Es la cantidad de especies diferentes presentes en determinado lugar. Siendo una especie un conjunto de organismos con similares características morfológicas y genéticas, capaces de reproducirse entre sí, o por sí solos, generando descendencia fértil. Según el portal Catalogue of life (2025) existen unos 2,3 millones de especies en el planeta, aunque según otros expertos podría haber en realidad unos 8 millones o más. Perder esta diversidad eliminaría especies clave y dominantes, cuyo

reducido y elevado número, respectivamente, tiene gran influencia en el ecosistema, y provocaría proliferación de algunas especies y desaparición de otras. También puede privarnos de especies con potencial uso para alimentación, medicina, materia prima e investigación científica.

- **Diversidad genética:** Es la variabilidad genética entre individuos de una especie en una población y entre poblaciones distantes, consecuencia de las distintas versiones (alelos) de un mismo gen entre los individuos. Una población con alta variabilidad genética se adaptará mejor a los cambios ambientales adversos, que solo afectarán a aquellos pocos individuos que compartan las variantes genéticas no favorables. Reducir el tamaño de las poblaciones reduce su variabilidad genética y las deja vulnerables a eventos que perjudiquen a la mayoría que compartan la misma variante genética no favorable. Perder esta diversidad también elimina recursos genéticos con potencial uso en biotecnología para el mejoramiento genético de especies domésticas.
- **Diversidad de ecosistemas:** Es la variedad de ecosistemas que existen en nuestro planeta. Mantener un adecuado equilibrio dinámico entre la biocenosis y el biotopo de los ecosistemas, favorece el sustento de la vida y el buen funcionamiento de las comunidades, estas condiciones también permiten a los ecosistemas brindarnos servicios ecosistémicos (beneficios que obtenemos de los ecosistemas).

El informe GWMO 2024 señala que la eliminación indiscriminada de residuos libera sustancias peligrosas que dañan irreversiblemente y a largo plazo, sobre todo los ambientes acuáticos y la cadena alimentaria humana. Denomina residuos controlados a los recogidos para reciclaje o eliminación en instalaciones controladas, y residuos no controlados a los no recogidos, así que las personas los arrojan al medio ambiente, los entierran, o los queman, y si son recogidos, terminan en vertederos informales donde también pueden ser quemados, contaminando y perjudicando a la biodiversidad (Figura 3). Un caso alarmante es el plástico, contaminante de degradación muy lenta y en su mayoría desechado tras un solo uso, sus terribles consecuencias sobre la fauna marina están bien documentadas, aunque el problema está muy subestimado pues muchos animales mueren por los plásticos y sus cuerpos terminan devorados o desintegrados, sin dejar evidencia del efecto que tuvo el plástico (Elías, 2015). Según Tekman et al. (2022) los principales efectos negativos de los plásticos en los océanos son:

- **Enredos:** Los animales se enredan en sogas, redes, trampas y monofilamentos de equipos de pesca abandonados, perdidos o descartados (pesca fantasma), sufriendo heridas, infecciones, amputaciones, asfixia, incapacidad para movilizarse y muerte.
- **Ingesta:** Desde el plancton hasta los superdepredadores ingieren plásticos, voluntaria o accidentalmente, provocándoles falsa sensación de saciedad (con la consecuente desnutrición), bloqueo y perforación del tubo digestivo, heridas internas, y alteraciones en su crecimiento, inmunidad, reproducción, funciones celulares y comportamiento.
- **Asfixia:** Los plásticos impiden la llegada de luz, alimentos y oxígeno a los animales del fondo marino, como los arrecifes de coral.
- **Contaminación química:** Diversos plásticos poseen componentes dañinos como contaminantes orgánicos persistentes y alteradores endocrinos de la reproducción, desarrollo y comportamiento, además las partículas más pequeñas de plástico afectan a las células y pueden llegar a órganos como el cerebro.

Se han registrado enredos en ballenas, lobos marinos, pulpos, cangrejos, aves (gaviotas, piqueros pingüinos, patos, pelícanos y alcatraces), tortugas, nutrias, osos polares, tiburones, manatíes y serpientes marinas (Kühn et al., 2015), en los vertebrados suelen enredarse en el cuello, bloqueando su circulación, respiración y alimentación, así que el animal muere o es cazado por sus depredadores, su cuerpo se desintegra y el plástico queda libre para atrapar otro animal (Elías, 2015).

Las tortugas marinas confunden bolsas de plástico con medusas, la ingesta de estos y otros artículos obstruye el tubo digestivo de ballenas, delfines, orcas y manatíes, interfiriendo con la reproducción y la formación de grasa importante para las largas migraciones, se acumulan en el estómago de peces y aves como los albatros, que no pueden regurgitarlos, las aves que sí pueden regurgitar les pasan a sus polluelos alimento y plástico, en el caso de los microplásticos, estos pueden acumularse en peces e invertebrados como corales, cangrejos, mejillones, gusanos y caracoles (Elías, 2015). Los plásticos que se van al fondo interfieren con la alimentación de los corales; y con la fotosíntesis y respiración de microalgas y macroalgas (Kühn et al., 2015). Los plásticos flotantes llevados por las corrientes pueden propagar patógenos, especies invasoras y contaminantes.

Figura 3

Consecuencias de los residuos sólidos sobre la fauna acuática y terrestre



Nota. (a) Albatros de Laysan muerto en las islas Midway (Estados Unidos) por acumulación de residuos sólidos en el estómago. (b) Tortuga carey enredada por cuerdas, en Hawái. Fuente (a y b): National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA], (2024a). (c) ardilla muerta luego de quedar atrapada en un frasco de plástico en un bosque de Escocia.

Fuente: biobiochile.cl (2018).

La vegetación cercana a los vertederos también se perjudica por contaminación química. La quema a cielo abierto de RSM libera contaminantes que en las hojas reducen los niveles de clorofilas (a y b) y carbohidratos, y obstruyen sus estomas (Laghari et al., 2015), también liberan metales pesados que las plantas absorben en exceso sufriendo menor crecimiento o muerte por mala absorción de nutrientes, mayor estrés oxidativo formando radicales libres, y reemplazo de los metales de importantes pigmentos, proteínas y enzimas (Mancino et al., 2022), en general, los vertederos de RSM emiten lixiviados (filtraciones líquidas de composición variada) tóxicos que alteran la composición de la flora cercana (Koda et al., 2022), promoviendo una sucesión vegetal donde la vegetación nativa es reemplazada por vegetación invasora peligrosa para los ecosistemas cercanos, la agricultura y los humanos (Vaverková et al., 2019).

Lo globalizado de estas malas prácticas en la gestión de los RSM, hace que las amenazas a la biodiversidad también sean globales. Actualmente, diversas publicaciones

se basan en el informe Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services [IPBES], 2019) para señalar que en el mundo la extinción de especies se ha acelerado a un ritmo nunca antes visto, con alrededor de un millón de especies animales y vegetales con amenaza de extinción.

El informe Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 5 o GBO-5 (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica [SCDB], 2020), que también se basó en IPBES (2019), cita al cambio climático y la contaminación como causas de pérdida de biodiversidad, además de otras tres causas como el cambio en el uso de la tierra y conversión de hábitats, la sobreexplotación y las especies exóticas invasoras. En respuesta a los informes IPBES, GBO-5, y otras investigaciones, en el año 2022 se estableció el Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal (ONU, 2022) que busca detener y revertir la pérdida de biodiversidad, para su conservación y uso de manera sostenible, repartiendo justa y equitativamente los beneficios generados por los recursos genéticos, brindando el financiamiento necesario.

El Perú es uno de los 17 países con mayor biodiversidad del planeta, biodiversidad amenazada por el cambio de uso de la tierra para monocultivos extensivos, cultivos ilegales, agricultura migratoria, extracción ilegal y excesiva de fauna y flora silvestre, minería ilegal, contaminación por agroquímicos, e introducción, intencional o accidental, de especies invasoras que perjudican a la biodiversidad endémica. Actualmente también son amenazas el cambio climático y la introducción de organismos genéticamente modificados (MINAM, 2014). Otro problema es la deficiente gestión de residuos sólidos, urbanos e industriales, agravada por el crecimiento económico y de población urbana. Casi la mitad de nuestros desechos sólidos terminan en los pocos depósitos formales (rellenos sanitarios) que existen, el resto llega a numerosos botaderos informales, a menudo cercanos a ambientes acuáticos, quedando expuestas a fugas incontroladas, con el inevitable perjuicio a la biodiversidad. Hay estudios que detectaron microplásticos en algunas especies marinas comerciales y en playas, también se reportaron muchas áreas degradadas por la mala disposición de los residuos sólidos. Aunque los estudios nacionales sobre efectos directos de residuos sólidos en fauna y flora siguen siendo limitados, la evidencia disponible sobre microplásticos, áreas degradadas y disposición inadecuada justifica fortalecer la investigación local sin extrapolar automáticamente todos los efectos descritos en otros contextos

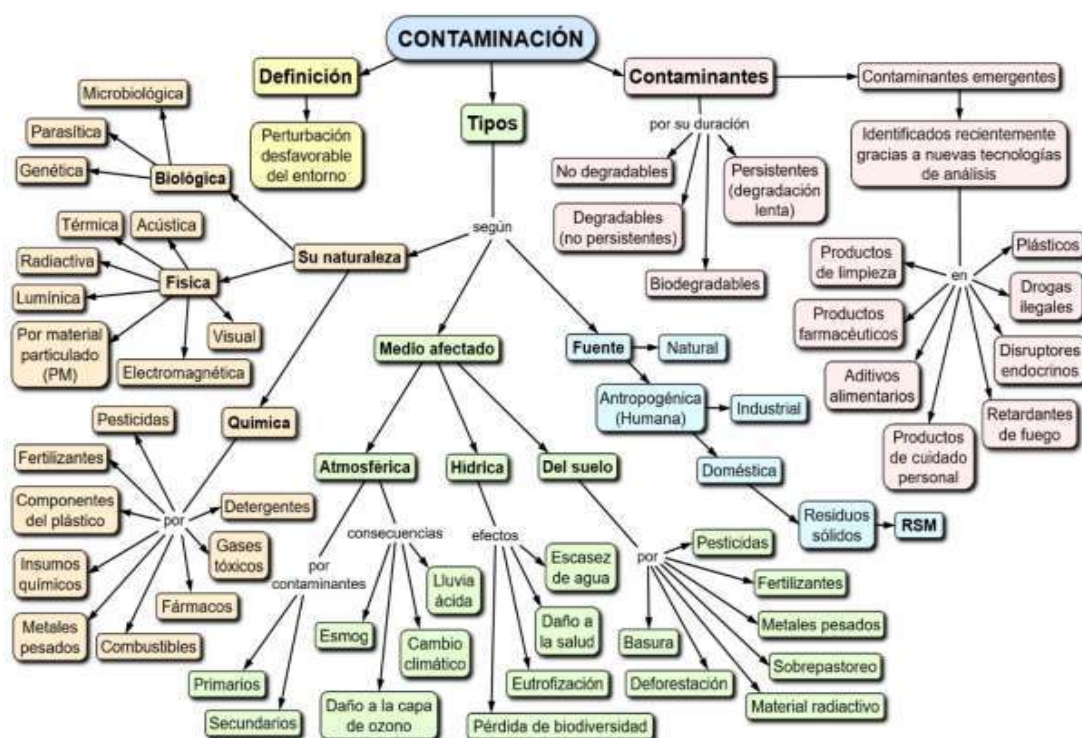
EDUCA UMCH, 29, julio - diciembre 2026

Contaminación ambiental

La contaminación ambiental (Figura 4) es una perturbación desfavorable del medio ambiente y principalmente de origen humano, ya que mientras los contaminantes generados por eventos naturales (erupciones volcánicas, tsunamis e incendios forestales) se eliminan por procesos naturales, la contaminación humana (antropogénica) es muy perjudicial pues sus contaminantes sobrecargan los procesos naturales de desintegración y están formados por sustancias desconocidas por los desintegradores, quienes las desintegran muy lentamente o no lo hacen. Según el informe GWMO 2024 la mala gestión de desechos los convierte en fuente de contaminación promotora de enfermedades como diarrea, malaria, cardiopatías y cáncer, que provocan de 400 000 a 1 millón de muertes anuales, contamina fuentes de agua dulce al liberar patógenos, metales pesados, sustancias disruptoras endocrinas y otros compuestos peligrosos, además, su quema a cielo abierto genera contaminantes orgánicos persistentes que viajan largas distancias por el aire, pudiendo luego bioacumularse y biomagnificarse en los ecosistemas, alterando la salud humana y el medio ambiente.

Figura 4

Panorama general sobre la contaminación ambiental



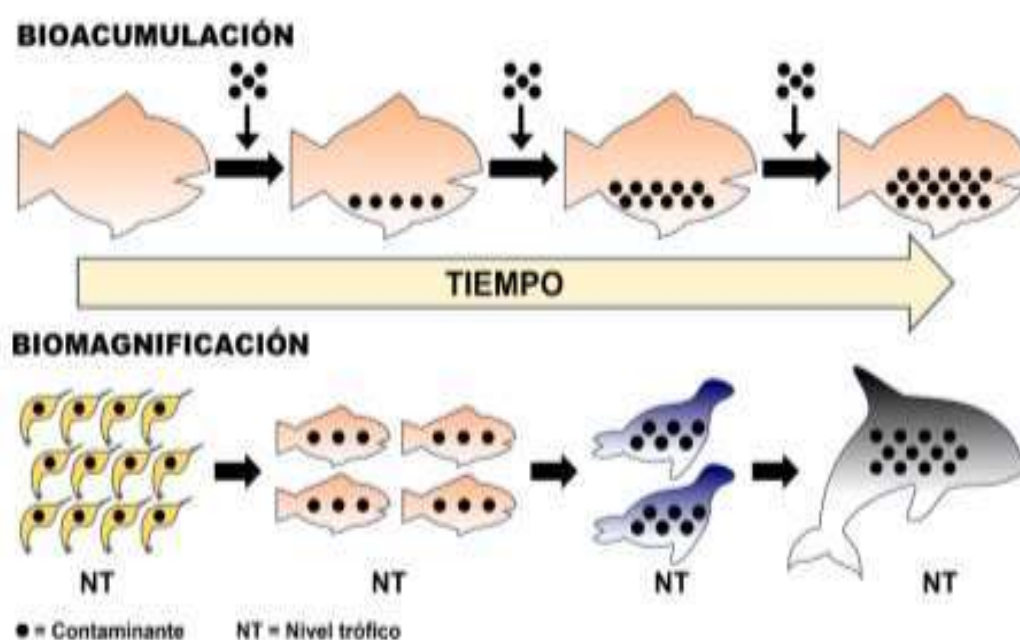
Nota. Los RSM se identifican de forma específica en el componente fuente; debido a su composición diversa, también se relacionan con otros componentes del diagrama. Fuente: elaboración propia.

ISSN: 2617 - 0337

La bioacumulación (Figura 5) acumula en el cuerpo algún contaminante ingresado con alimento, agua o aire. Por ejemplo, los animales pueden bioacumular pesticidas organoclorados en su tejido adiposo y las plantas acumulan metales pesados (de origen natural y humano). Cuando estos organismos conforman una cadena trófica, puede surgir la biomagnificación (Figura 5), que incrementa la concentración del contaminante a medida que se transfiere hacia niveles tróficos superiores, como los depredadores, en quienes se acumula mucho.

Figura 5

Bioacumulación y biomagnificación



Nota. En la biomagnificación, cada organismo puede experimentar bioacumulación de contaminantes, que se transfieren a niveles tróficos superiores y pueden alcanzar mayores concentraciones hacia la parte alta de la cadena trófica. Fuente: elaboración propia.

Los componentes orgánicos de los RSM permiten la proliferación de microbios y animales transmisores de enfermedades. Las moscas transmiten diarrea por amebas y bacilos, tracoma, tifoideas, cólera, tuberculosis, peste y ántrax; y las ratas transmiten tifus, peste, leptospirosis, diarrea amebiana, teniasis y triquinosis (Dehghani et al., 2021). Sobre los RSM no controlados también hurgan animales, domésticos y silvestres, que al buscar comida rompen las bolsas o se las llevan llenas de residuos, facilitando su fuga, además adquieren patógenos que pueden transmitir a otros animales y a personas.

El desarrollo de técnicas analíticas más sensibles ha permitido detectar sustancias presentes en concentraciones muy bajas que antes podían pasar inadvertidas. Dentro de EDUCA UMCH, 29, julio - diciembre 2026

los denominados contaminantes emergentes se incluyen, entre otros, residuos de fármacos, pesticidas, productos de cuidado personal, hormonas y microplásticos. Su relevancia ambiental no es uniforme: depende de la persistencia, bioactividad, concentración, exposición y susceptibilidad de los organismos. Algunos compuestos pueden bioacumularse o actuar como disruptores endocrinos, especialmente en organismos acuáticos, por lo que requieren evaluación y vigilancia específicas (Sánchez, 2018; Torres et al., 2023; Vidal-Alvarez et al., 2024). Los vertederos y las aguas residuales pueden constituir vías de liberación de varios de estos compuestos, incluidos antibióticos, con potencial para alterar comunidades microbianas y favorecer la selección de resistencia antimicrobiana.

Otros componentes abundantes en los RSM son los plásticos. Según su tamaño existen macroplásticos (mayores de 5 mm), microplásticos (entre 5 mm y 0,1 μm) y nanoplásticos (menores de 0,1 μm) (Tekman et al., 2022). Los microplásticos primarios se fabrican como pequeñas partículas empleadas en diversos artículos y como componente abrasivo en pasta dental y productos de cuidado personal tipo exfoliantes, los microplásticos secundarios se forman por degradación física, química o microbiana de plásticos más grandes, aquí se incluyen las fibras sintéticas liberadas al lavar la ropa (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016).

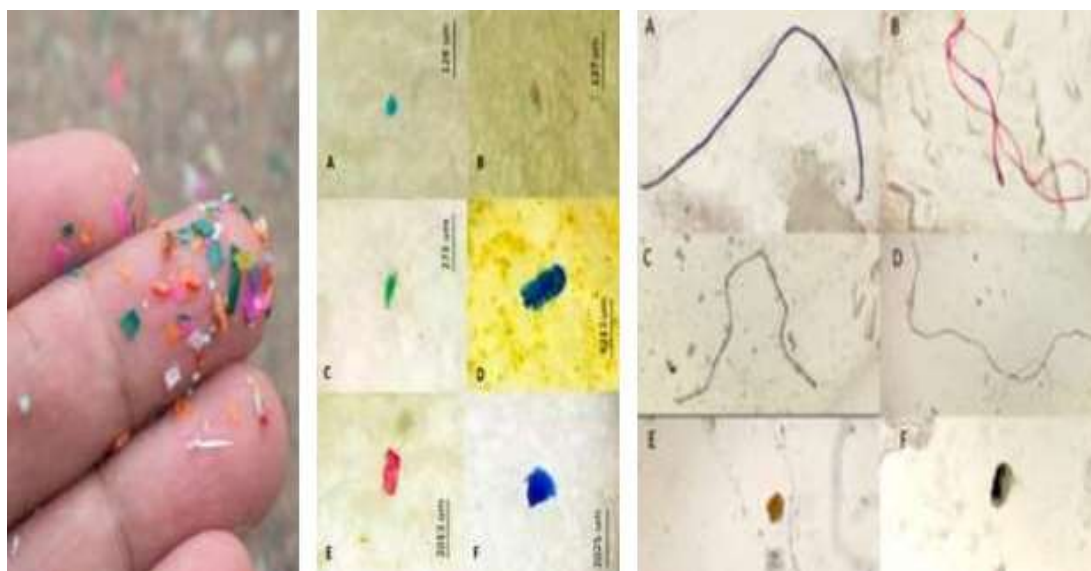
El ambiente marino, que beneficia la economía de un país mediante el turismo, es el más golpeado por estos contaminantes, que junto a desechos médicos, artículos de pesca, vidrios rotos y otros objetos, flotantes o del fondo, invaden las costas y disuaden a los turistas de realizar prácticas acuáticas por temor a lastimarse, enredarse o algo peor (Meem et al., 2021), también reducen el valor estético del lugar y perjudican a la pesca, acuicultura, navegación y producción de energía (Elías, 2015). Estos plásticos provienen principalmente de ciudades costeras con botaderos mal gestionados, o son arrastrados por ríos y vientos que también transportan microplásticos desde superficies desgastadas (Tekman et al., 2022). Un 20% proviene principalmente de la pesca comercial, también de barcos para comercio, milicia, investigación, recreación, actividades petroleras y acuicultura (Meem et al., 2021). Mitigar este problema requiere considerar las diversas fuentes que contribuyen con su gran alcance, pues se han encontrado plásticos en la Antártida, fondo del mar, lluvia, sistema digestivo del zooplancton, vertebrados marinos, cima del monte Everest, placenta y sangre humana (Stoett, 2022), hasta las abejas pueden

ingerir microplásticos o llevarlos adheridos a su colmena, donde pueden transferirlos a las larvas, miel y cera (Alma et al., 2023).

Los microplásticos (Figura 6) pueden ingresar a las cadenas tróficas al ser ingeridos por organismos acuáticos y también formar parte de la exposición humana a través de alimentos, agua y aire. En productos marinos, la exposición puede ser particularmente relevante cuando se consumen organismos completos, como algunos moluscos bivalvos, que pueden retener partículas en sus tejidos y vísceras (Kurtela & Antolović, 2019). La presencia de microplásticos en alimentos o tejidos humanos, sin embargo, no permite por sí sola inferir un efecto clínico; la magnitud del riesgo depende de la dosis, el tamaño y las características de las partículas, así como de la exposición acumulada.

Figura 6

Microplásticos



Nota. (a) Microplásticos adheridos a los dedos. Fuente: Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2023). (b) Microplásticos del tubo digestivo de cinco especies de peces de importancia económica en el Perú. Fuente: Iannacone et al. (2021). (c) Microplásticos en *Aulacomya atra* y *Choromytilus chorus*, bivalvos de consumo directo en el Perú. Fuente: Valencia-Velasco et al. (2020).

La evidencia disponible indica que el comportamiento biológico de microplásticos y nanoplásticos depende en parte del tamaño de las partículas y de la vía de exposición. Se han descrito mecanismos potenciales de translocación y presencia de partículas en distintos tejidos; sin embargo, la evidencia sobre sus efectos clínicos en seres humanos continúa siendo limitada y no permite establecer de manera general relaciones causales firmes. Por ello, las asociaciones observadas en estudios *in vitro*, modelos animales o

estudios exploratorios deben interpretarse con cautela y requieren investigación epidemiológica y toxicológica adicional (Olea, 2024; OPS, 2023).

Ante esta situación, varios países pretenden combatir la contaminación de los océanos quemando plásticos de los RSM no controlados para así reducir su volumen, pero esta práctica libera GEI, partículas y carbono negro, sustancias tóxicas para el ambiente y los humanos. Según Pathak et al. (2024) el tipo de toxina liberada depende del tipo de plástico quemado, por ejemplo, quemar cloruro de polivinilo (en juguetes y botellas) libera monóxido de carbono (CO), dioxinas y furanos clorados que provocan cáncer, defectos al nacer y problemas respiratorios; del poliestireno (en tecnopor y cucharas de plástico) se libera gas de estireno, acroleína y cianuro de hidrógeno (HCN) que provocan cáncer, narcosis, lesiones oculares y mucosas, y muerte en dosis altas; y del poliuretano (en esponjas o espumas) se libera CO, fosgeno y HCN, también letales en dosis altas. Aunque se ha asociado las emisiones de incineradores formales de RSM con casos de cáncer en poblaciones cercanas, aún no hay evidencia concluyente, pero se recomiendan mayores estudios y vigilancia (Capitão et al., 2023; Baek et al., 2022).

La producción mundial de plástico ha aumentado de forma exponencial y alcanza alrededor de 400 millones de toneladas anuales. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2021), solo cerca del 9 % de los plásticos producidos se ha reciclado, mientras que una proporción considerable termina en vertederos o se libera al ambiente. El mismo organismo advierte que, sin medidas significativas, los flujos de residuos plásticos hacia los ecosistemas acuáticos podrían casi triplicarse, al pasar de aproximadamente 11 millones de toneladas en 2016 a 29 millones de toneladas en 2040 (PNUMA, 2021). Estas tendencias refuerzan la necesidad de reducir la generación de residuos, ampliar la reutilización y el reciclaje, y mejorar la gestión de los desechos plásticos desde una perspectiva de economía circular.

Con estas cifras se entiende por qué se formaron, y continúan creciendo, las llamadas “islas” o “manchas” de plástico en los océanos. Estos extensos cúmulos de plástico (macro y micro) y otros desechos, se forman en los giros oceánicos, lugares donde la rotación planetaria y los vientos generan corrientes circulares que rodean y mantienen unidos a los desechos (Figura 7). Según el *Marine Debris Program* (NOAA, 2024b) existen dos giros en el océano Pacífico (Norte y Sur), dos en el océano Atlántico (Norte y Sur) y uno en el océano Índico. La mancha del Pacífico norte es la más grande, casi el triple del tamaño de Francia, y muestra pocos o ningún objeto grande flotando ya que

ISSN: 2617 - 0337

contiene principalmente microplásticos. Estos lugares contienen artículos de pesca, plásticos (botellas, juguetes, cubiertos y microplásticos), maderas, latas, vidrios, caucho, telas, papeles, y desde finales del 2020, también mascarillas usadas (Leal Filho et al., 2021), material que, como señala NOAA, por las condiciones del lugar cambian de ubicación o se hunden constantemente, y ya que la mayoría son microplásticos, su recojo sería muy difícil. Algunas fuentes citan dos manchas más pequeñas en el mar de Barents y el mar de los Sargazos.

Figura 7

Giros oceánicos



Nota. (a) Los giros oceánicos favorecen la concentración de residuos; (b) una proporción importante corresponde a plásticos de pequeño tamaño y microplásticos. Fuente: elaboración propia.

Para el 2040 se pronostica duplicar la producción de plásticos, lo que triplicará la contaminación plástica en los océanos (Tekman et al., 2022), este panorama está impulsando una economía circular, donde los residuos son considerados recursos y se comercializan desde un país desarrollado emisor, esperando obtener ganancias o porque no puede gestionarlos, hacia un país en desarrollo receptor, que los valoriza, por ejemplo mediante el reciclaje, logrando ganancias económicas, bajo estrictos controles ambientales y sociales (Mulder & Albaladejo, 2021). Si estos controles claudican, provocan lo que ocurrió en China en 2018, cuando paso de ser el destino de la mayoría de residuos plásticos del mundo, a prohibir su importación, debido al perjuicio ambiental y sanitario que provocaban a sus trabajadores (PNUMA, 2018), así que actualmente los residuos plásticos terminan en otros países asiáticos o son mejor valorizados en su país de origen.

Es tan grande la extensión e impacto mundial de los plásticos, especialmente en ambientes acuáticos, que desde hace años se habla de una platisfera (*plastisphere* en inglés), término introducido por Zettler et al. (2013) para referirse a la comunidad microbiana desarrollada sobre microplásticos del giro Atlántico norte. Actualmente describe a todos los microorganismos asociados a desechos plásticos en diversos biomas del planeta (Amaral-Zettler et al., 2020). A diferencia de la platisfera terrestre, la acuática posee gran movilidad y puede transportar microorganismos patógenos, algas nocivas y contaminantes dañinos hacia otros ecosistemas (Tang, 2024).

En el Perú, según el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) (MINAM, 2025), la producción anual de RSM aumenta cada año, pasando de 6 904 950 toneladas en el 2014, a 8 706 237 toneladas en el 2023, cantidad de la cual solo el 61% terminó en rellenos sanitarios, el resto terminó en áreas inapropiadas (botaderos). Según el Informe país: Disposición final de residuos sólidos municipales (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2022) el Perú en su infraestructura de disposición final (IDF) de residuos presenta rellenos sanitarios para la disposición adecuada de los RSM, y rellenos mixtos, para la disposición final de RSM y residuos peligrosos de gestión municipal y no municipal. Según OEFA (2022), con la Ley de Gestión integral de Residuos sólidos (D.L. 1278) del 2016, esta infraestructura aumentó, aunque por la creciente demanda han proliferado más botaderos con actividades prohibidas que dañan la salud y el medio ambiente (quema a cielo abierto, crianza de animales para consumo humano y presencia de segregadores de residuos). Aún queda una gran brecha por atender para no caer en riesgo de crisis en la gestión de los residuos.

Síntesis teórica y discusión

La revisión muestra que los cuatro ejes examinados no operan de manera independiente. Los RSM constituyen un punto de intersección porque su generación, transporte, tratamiento, quema o disposición inadecuada pueden producir emisiones de gases de efecto invernadero, liberar contaminantes y generar presiones sobre ecosistemas y especies (PNUMA, 2024a; IPCC, 2023). A su vez, el cambio climático modifica las condiciones de los ecosistemas y se suma a otros impulsores directos de pérdida de biodiversidad, mientras la contaminación química y plástica amplifica riesgos ecológicos y sanitarios (IPBES, 2019; Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica [SCDB], 2020; Tekman et al., 2022). Esta interdependencia respalda la necesidad de

evitar una enseñanza fragmentada de los problemas ambientales y de presentarlos como procesos conectados.

En el contexto peruano, la revisión identifica una tensión entre la relevancia ambiental del país y las brechas de gestión. La elevada biodiversidad convive con presiones por cambio de uso del suelo, extracción, contaminación y especies invasoras (MINAM, 2014), mientras que los datos nacionales muestran un incremento de la generación de RSM y una proporción importante que no llega a infraestructura de disposición final adecuada (MINAM, 2025; OEFA, 2022). La evidencia sobre glaciares, microplásticos y contaminación refuerza que los problemas globales adquieren manifestaciones locales y, por tanto, pueden ser utilizados pedagógicamente para reducir la distancia entre conocimiento abstracto y experiencia territorial (INAIGEM, 2023; Iannacone et al., 2021; Valencia-Velasco et al., 2020).

A partir de esta integración se propone una secuencia teórica para la formación de conciencia ambiental. Primer nivel: conocimiento científico contextualizado, entendido como comprensión de causas, mecanismos, tendencias y efectos. Segundo nivel: percepción ambiental integral, capaz de relacionar escalas cercanas y globales, evitando una visión restringida del problema (Rescia et al., 2023). Tercer nivel: valoración afectiva y ética, mediante la cual la información adquiere significado en relación con la vida, el bienestar y la responsabilidad. Cuarto nivel: disposición proambiental, expresada en intención de participar, prevenir, reducir impactos o exigir una gestión adecuada. Quinto nivel: acción individual y colectiva, que traduce la disposición en prácticas y participación. Esta secuencia es coherente con la concepción multidimensional de conciencia ambiental de Chuliá (1995) y con los objetivos históricos de la educación ambiental orientados a conocimiento, actitudes, evaluación y participación (Bautista-Cerro et al., 2019; Gutiérrez-Bastida, 2019).

La propuesta no supone una relación automática ni lineal entre conocimiento y conducta. La propia persistencia de la crisis evidencia que disponer de información no garantiza acciones proambientales. Por ello, el valor de la secuencia consiste en identificar dimensiones que deben articularse: el conocimiento necesita ser contextualizado, percibido como relevante, valorado afectiva y éticamente, y acompañado de oportunidades reales de participación. Desde esta perspectiva, la educación ambiental puede contribuir al cumplimiento de objetivos de sostenibilidad no

solo mediante alfabetización científica, sino también mediante la construcción de agencia y responsabilidad compartida, en consonancia con la Agenda 2030 (ONU, 2015).

Limitaciones

El estudio presenta las limitaciones propias de una revisión narrativa. La identificación de literatura se apoyó principalmente en Google Académico y no se registró prospectivamente un protocolo sistemático con ecuaciones de búsqueda reproducibles, doble cribado independiente ni evaluación formal del riesgo de sesgo; en consecuencia, no puede afirmarse exhaustividad del corpus. Para reducir la opacidad de la selección, el manuscrito explicita los criterios temáticos, de autoridad de fuente, pertinencia para el Perú y utilidad analítica aplicados a las 70 referencias finalmente incluidas. Además, la literatura integra artículos científicos, informes, normativa y documentos institucionales de distinta naturaleza, que aportan evidencia y contexto pero no son metodológicamente equivalentes. Finalmente, la secuencia conceptual propuesta constituye una síntesis teórica derivada de la literatura revisada y requiere validación empírica posterior en poblaciones y contextos educativos específicos. Estas limitaciones acotan el alcance de las inferencias sin invalidar el valor integrador del análisis.

Conclusiones

La evidencia revisada confirma que cambio climático, pérdida de biodiversidad y contaminación forman una crisis interdependiente a la que la generación y gestión de residuos sólidos puede contribuir mediante emisiones, liberación de contaminantes y presión sobre ecosistemas. En el Perú, la revisión documenta desafíos relacionados con la disposición final de RSM, amenazas a la biodiversidad, retroceso glaciar y presencia de microplásticos, entre otros procesos descritos por fuentes científicas e institucionales. Estos hallazgos justifican abordar la problemática ambiental desde relaciones causales y territoriales, y no como una suma de contenidos aislados.

El principal aporte teórico del artículo es una secuencia integradora para la conciencia ambiental: conocimiento científico contextualizado, percepción ambiental integral, valoración afectiva y ética, disposición proambiental y acción individual y colectiva. La propuesta permite vincular problemas globales con experiencias cercanas y ofrece una base conceptual para diseñar intervenciones de educación ambiental que trasciendan la transmisión de información. Dado el carácter narrativo de la revisión, la secuencia debe entenderse como una propuesta teórica susceptible de validación empírica; futuras

investigaciones pueden examinar sus relaciones, indicadores y capacidad explicativa en diferentes grupos y territorios del Perú.

Contribución de autoría

Yván Derman Reyes Turumanya (YDRT): conceptualización, diseño de la revisión teórico-documental, búsqueda y selección de fuentes, análisis e interpretación de la información, elaboración de la síntesis teórica, redacción del borrador original, revisión y aprobación de la versión final. El autor asume la responsabilidad por la integridad del contenido.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses.

Responsabilidad ética

El estudio utilizó exclusivamente literatura publicada, normativa y documentos institucionales de acceso público; no involucró intervención con seres humanos o animales ni tratamiento de datos personales identificables. Por su naturaleza documental, no requirió consentimiento informado. La necesidad de evaluación por un comité de ética debe regirse por la normativa de la institución y de la revista de destino.

Disponibilidad de datos y materiales

No se generó una base de datos primaria. Las fuentes que sustentan la revisión están identificadas en la lista de referencias; cuando corresponde, se proporciona DOI o URL de acceso.

Financiamiento

El autor financió el desarrollo de este artículo sin recibir financiamiento externo.

Autor corresponsal: Yván Derman Reyes Turumanya, yvan.reyes@unmsm.edu.pe

Licencias del material fotográfico

Las fotografías de la Figura 3 (a y b) proceden del *Marine Debris Program* de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2024a). NOAA informa que los recursos acreditados a NOAA en esta colección son de dominio público y pueden reutilizarse con reconocimiento de la fuente. En esta versión se han excluido imágenes de terceros cuya autorización o licencia abierta no estaba acreditada.

Referencias

- Abellán, M. (2021). El cambio climático: negacionismo, escepticismo y desinformación. *Tabula Rasa*, (37), 283-301. <https://doi.org/10.25058/20112742.n37.13>
- Alma, A. M., de Groot, G. S., & Buteler, M. (2023). Microplastics incorporated by honeybees from food are transferred to honey, wax and larvae. *Environmental Pollution*, 320, 121078. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121078>
- Amaral-Zettler, L.A., Zettler, E.R. & Mincer, T.J. (2020). Ecology of the *plastisphere*. *Nature Reviews Microbiology*, 18, 139-151. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0308-0>
- Baek, K., Park, J. T., & Kwak, K. (2022). Systematic review and meta-analysis of cancer risks in relation to environmental waste incinerator emissions: a meta-analysis of case-control and cohort studies. *Epidemiology and Health*, 44, 1-14. <https://doi.org/10.4178/epih.e2022070>
- Bautista-Cerro, M. J., Murga-Menoyo, M. Á., & Novo, M. (2019). La educación ambiental en el S. XXI (página en construcción, disculpen las molestias). *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 1(1), 1103. https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2019.v1.i1.1103
- Correa, M. (2009). El interrogante de lo vivo y sus respuestas ahistóricas: desarrollo histórico del concepto de lo vivo y algunas implicaciones didácticas. *Bio-grafia: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. 2(2), 153-163. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.2num.2bio-grafia153.163>
- Capitão, C., Feteira-Santos, R., Fialho, M., Virgolino, A., & Santos, O. (2023). Waste incineration and cancer mortality: a longitudinal controlled population-based study. *The European Journal of Public Health*, 33(Suppl 2), ckad160.846. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckad160.846>
- Catalogue of Life. (2025, 14 de marzo). Metadata about the current Catalogue of Life. <https://www.catalogueoflife.org/data/metadata>
- Chuliá, E. (1995). La conciencia medioambiental de los españoles en los noventa. *ASP Research Paper*, 12(a), 1-36. <http://www.asp-research.com/sites/default/files/pdf/asp12a.pdf>

- Decreto Legislativo 1278. (2016). Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Ministerio del Ambiente. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-legislativo-n-1278/>
- Dehghani, M. H., Omrani, G. A., & Karri, R. R. (2021). Chapter 11 - Solid waste-sources, toxicity, and their consequences to human health. En R. Karri, G. Ravindran & M. Dehghani (Eds.), *Soft computing techniques in solid waste and wastewater management* (pp. 205-213). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824463-0.00013-6>
- De Oca, N. B. M., Pérez, Á. P., & Alfaro, N. P. (2012). Actividades de educación ambiental desde la biología en la educación preuniversitaria. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 5(14). <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/135>
- Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria. (2010). Manejo adecuado de residuos sólidos peligrosos en situaciones de desastre. <https://bit.ly/4jPuYYt>
- Edwards, M., Gil, D., Vilches, A., & Praia, J. (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 22(1), 47-64. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3902>
- Elías, R. (2015). Mar de plástico: una revisión de plástico en el mar. *Revista Investigación y Desarrollo Pesquero*, 27, 83-105. <http://hdl.handle.net/1834/10964>
- Eschenhagen, M. L., & Sandoval, F. (2023). La cooptación de la educación ambiental por la educación para el desarrollo sostenible: un debate desde el pensamiento ambiental latinoamericano. *Trabajo y Sociedad*, 24(40), 81-104. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1514-68712023000100081
- Gaudiano, E. G., & Ceballos, A. A. (1994). Hacia unas bases teóricas de la Educación Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(1), 66-71. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4486>
- Gutiérrez-Bastida, J. M. (2019). 50 años de educación ambiental: un balance incompleto hacia la educación ecosocial en el Antropoceno. *Carpeta Informativa del CENEAM*,

- 3-15. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mites/es/ceneam/articulos-de-opinion/2019-05-g-bastida_tcm30-496628.pdf
- Gutiérrez, S. G. (2013). Aspectos históricos y epistemológicos del concepto biodiversidad. *Bio-grafía*, 6(10), 84-93. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.6num.10bio-grafia84.93>
- Iannacone, J., Principe, F., Minaya, D., Panduro, G., Carhuapoma, M., & Alvarino, L. (2021). Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(2), e20038. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20038>
- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña. (2023). Carbono negro: partículas atmosféricas contaminantes que amenazan a los glaciares del Perú. (Folleto de divulgación). Oficina Desconcentrada Macro Región Centro. Lima, 20 pp. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/handle/16072021/518>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). Calentamiento global de 1,5 °C: Resumen para responsables de políticas. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report*. <https://doi.org/10.59327/ipcc/ar6-9789291691647>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. (Versión 1). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6417333>
- Janssen, N. A., Gerlofs-Nijland, M. E., Lanki, T., Salonen, R. O., Cassee, F., Hoek, G., Fisher, P., Brunekreef, B. & Krzyzanowski, M. (2012). Health effects of *black carbon*. World Health Organization. Regional Office for Europe. <https://iris.who.int/handle/10665/352615>
- Koda, E., Winkler, J., Wowkonowicz, P., Černý, M., Kiersnowska, A., Pasternak, G., & Vavrková, M. D. (2022). Vegetation changes as indicators of landfill leachate seepage locations: Case study. *Ecological Engineering*, 174, 106448. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106448>

- Kühn, S., Bravo, E., & van Franeker, J. A. (2015). Deleterious effects of litter on marine life. En M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 75-116). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-16510-3_4
- Kurtela, A., & Antolović, N. (2019). The problem of plastic waste and microplastics in the seas and oceans: Impact on marine organisms. *Croatian Journal of Fisheries*, 77, 51-56. <https://doi.org/10.2478/cjf-2019-0005>
- Laghari, S. K., Zaidi, M. A., & Razaq, G. (2015). Impact of solid waste burning air pollution on some physioanatomical characteristics of some plants. *Pakistan Journal of Botany*, 47(1), 225-232. <http://142.54.178.187:9060/xmlui/handle/123456789/15447>
- Leal Filho, W., Hunt, J., & Kovaleva, M. (2021). Garbage patches and their environmental implications in a *plastisphere*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(11), 1289. <https://doi.org/10.3390/jmse9111289>
- Long, C. M., Nascarella, M. A., & Valberg, P. A. (2013). *Carbon black* vs. *black carbon* and other airborne materials containing elemental carbon: Physical and chemical distinctions. *Environmental Pollution*, 181, 271-286. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.06.009>
- Mancino, G., Console, R., Greco, M., Iacovino, C., Trivigno, M., & Falciano, A. (2022). Assessing vegetation decline due to pollution from solid waste management by a multitemporal remote sensing approach. *Remote Sensing*, 14(2), 428. <https://doi.org/10.3390/rs14020428>
- Meem, R. A., Ahmed, A., Maraz, K. M., Hossain, M. S., & Khan, R. A. (2021). A review on the impact of plastic debris on marine environment. *Modern Concepts in Material Science*, 4, 1-7. <https://doi.org/10.33552/MCMS.2021.04.000591>
- Ministerio del Ambiente. (2014). La Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018. <https://bit.ly/3Z6XE6O>
- Ministerio del Ambiente. (2023). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2000-2019. Perú. https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2023/01/Informe-INGEI-2019-VF_2.pdf

- Ministerio del Ambiente. (2025). Sistema Nacional de Información Ambiental. Temática: Residuos. <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores-estadisticas>
- Mulder, N., & Albaladejo, M. (2021). El comercio internacional y la economía circular en América Latina y el Caribe. CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/46618>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2024a, 21 de febrero). *Marine Debris Program*. Impacts. <https://marinedebris.noaa.gov/multimedia/photos/impacts>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2024b, 23 de julio). *Marine Debris Program*. Garbage Patches. <https://marinedebris.noaa.gov/discover-marine-debris/garbage-patches>
- Olea, N. (2024). Impacto de los microplásticos en la salud humana. *Revista de Salud Ambiental*, 24 (Especial Congreso), 74-77. <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/download/1687/1598>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2022). Informe país: Disposición final de residuos sólidos municipales. Perú. <https://www.gob.pe/institucion/oefa/informes-publicaciones/4618164-informe-pais-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales>
- Organización de las Naciones Unidas. (1992a). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Brasil. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (1992b). Convenio sobre la Diversidad Biológica. Brasil. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Nueva York. https://www.unfpa.org/sites/default/files/resource-pdf/Resolution_A_RES_70_1_SP.pdf
- Organización de las Naciones Unidas. (2022). Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal. Canadá. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-es.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud. (2023, 16 de agosto). Expertos discuten el impacto de los microplásticos en la salud y alertan del aumento de su propagación.

<https://www.paho.org/es/noticias/16-8-2023-expertos-discuten-impacto-microplasticos-salud-alertan-aumento-su-propagacion>

- Pariona-Palomino, J., & Matos-Ormeño, W. (2022). Efectos del COVID-19 en el manejo de residuos sólidos. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 25(49), 83-91. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i49.21882>
- Pathak, G., Nichter, M., Hardon, A., & Moyer, E. (2024). The open burning of plastic wastes is an urgent global health issue. *Annals of Global Health*, 90(1), 3. <https://doi.org/10.5334/aogh.4232>
- Pombo, M., Castro-Feijóo, L., Barreiro, J., & Cabanas, P. (2020). Una revisión sobre los disruptores endocrinos y su posible impacto sobre la salud de los humanos. *Revista Española Endocrinología Pediátrica*, 11(2), 33-53. <https://www.endocrinologiapediatrica.org/revistas/P1-E35/P1-E35-S2799-A619.pdf>
- Powell, J. L. (2016). The consensus on anthropogenic global warming matters. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 36(3), 157-163. <https://doi.org/10.1177/0270467617707079>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2018, 7 de febrero). Cómo la prohibición de importar plástico en China puede ayudarnos a ganarle la batalla a la contaminación. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/como-la-prohibicion-de-importar-plastico-en-china-puede-ayudarnos>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2021). Ahogarse en plásticos: Basura marina y residuos plásticos. Gráficos vitales. <https://www.unep.org/es/resources/informe/ahogarse-en-plasticos-basura-marina-y-residuos-plasticos-graficos-vitales>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2024a). *Global waste management outlook 2024: Beyond an age of waste - Turning rubbish into a resource*. Nairobi. <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2024b). *Global resources outlook 2024: Bend the trend - Pathways to a liveable planet as resource use spikes*. International Resource Panel. Nairobi. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44901>

- Ramanathan, V. (2007). Role of *black carbon* in global and regional climate changes. Testimonial to the House Committee on Oversight and Government Reform, Chair: The Honorable Henry A. Waxman. Washington DC. <http://ramanathanold.ucsd.edu/files/brt20.pdf>
- Rescia, A. J., Raffin, D., Jatar, L., Sales, R. G., Astrada, E., Quintana, R. D., & Sousa, A. R. (2023). Influence of the socio-spatial context on the perception of environmental problems in cities in Spain and Argentina. *Journal of Cleaner Production*, 425, 138882. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138882>
- Sánchez, J. (2018). Contaminantes emergentes en nuestros ecosistemas acuáticos: enemigos invisibles. *Revista Ingeniería y Región*, 19, 18-21. <https://doi.org/10.25054/22161325.1750>
- Sarria-Villa, R. A., & Gallo-Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27. <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2020). Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 5. Montreal. <https://www.cbd.int/gbo/gbo5/publication/gbo-5-es.pdf>
- Stoett, P. (2022). Plastic pollution: A global challenge in need of multi-level justice-centered solutions. *One Earth*, 5(6), 593-596. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.05.017>
- Tang, K. (2024). Terrestrial and aquatic *plastisphere*: Formation, characteristics, and influencing factors. *Sustainability*, 16(5), 2163. <https://doi.org/10.3390/su16052163>
- Tekman, M. B., Walther, B. A., Peter, C., Gutow, L., & Bergmann, M. (2022). Impactos de la contaminación por plásticos en los océanos sobre las especies, la biodiversidad y los ecosistemas marinos. Resumen de un estudio para WWF realizado por AWI. Alemania. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/impactos_de_la_contaminacion_por_plasticos_en_los_oceanos___wwf.pdf
- Torres, A., Rodríguez, H. A., & Ayala, M. (2023). Contaminantes emergentes en México: panorama actual, retos y una posible solución biotecnológica. *TIP Revista*

Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 26(1), 1-20.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2023.590>

United States Environmental Protection Agency. (2024, 7 de febrero). Criteria for the Definition of Solid Waste and Solid and Hazardous Waste Exclusions. <https://www.epa.gov/hw/criteria-definition-solid-waste-and-solid-and-hazardous-waste-exclusions#solidwaste>

Valencia-Velasco, F., Guabloche-Zuñiga, A., Alvariño, L., & Iannacone, J. (2020). Estandarización de un protocolo para evaluar microplásticos en bivalvos marinos en el departamento de Lima, Perú. *The Biologist*, 18(1), 119-134. <https://doi.org/10.24039/rtb2020181478>

Vaverková, M. D., Winkler, J., Adamcová, D., Radziemska, M., Uldrijan, D., & Zloch, J. (2019). Municipal solid waste landfill-Vegetation succession in an area transformed by human impact. *Ecological Engineering*, 129, 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.01.020>

Vega Marcote, P., & Álvarez Suárez, P. (2005). Planteamiento de un marco teórico de la educación ambiental para un desarrollo sostenible. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 187-208. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1113915>

Vidal-Alvarez, J. A., Alonso-Morales, C. H., Rivera-Juarez, F., & Robles-Ramos, A. C. (2024). Influencia de disruptores endocrinos en medios acuáticos. *RD-ICUAP*, 10(28), 124-135. <https://doi.org/10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2024.10.28.1245>

Zettler, E. R., Mincer, T. J., & Amaral-Zettler, L. A. (2013). Life in the “*plastisphere*”: microbial communities on plastic marine debris. *Environmental science & technology*, 47(13), 7137-7146. <https://doi.org/10.1021/es401288x>

Zhang, H., & Wang, Z. (2011). Advances in the study of *black carbon* effects on climate. *Advances in Climate Change Research*, 2(1), 23-30. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1248.2011.00023>

Trayectoria académica

Yván Derman Reyes Turumanya

Biólogo, titulado por la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, y egresado de la Maestría en Educación, con mención en Docencia Universitaria, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Cuenta con más de veinticinco años dedicados a la docencia. Ha participado en proyectos de investigación en la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM. Ha realizado labor docente en la Facultad de Medicina de la UNMSM y centros de formación preuniversitaria. Actualmente se desempeña como docente del curso de Biología en el Centro Preuniversitario de la UNMSM (CEPUSM).