



Tema 50: Los impactos ambientales de las actividades humanas. Los grandes impactos globales

27 de septiembre de 2026

Síguenos en Instagram y entérate de nuestras últimas actualizaciones:

 [opositando.shop](https://www.instagram.com/opositando.shop)

Índice

1.	Introducción	1
2.	Marco conceptual: impacto ambiental y límites del sistema Tierra	1
2.1	Impacto, presión, estado y respuesta: enfoque sistémico (DPSIR)	1
2.2	Límites planetarios, resiliencia y puntos de no retorno	2
3.	Motores humanos del cambio global y principales presiones ambientales	3
3.1	Crecimiento demográfico, consumo, tecnología y desigualdad	3
3.2	Cambio de usos del suelo, extracción de recursos y contaminación	3
4.	Grandes impactos globales sobre la atmósfera y el clima	4
4.1	Efecto invernadero intensificado, calentamiento global y eventos extremos	4
4.2	Contaminación atmosférica, ozono troposférico y alteración del ozono estratosférico	5
5.	Grandes impactos globales sobre la hidrosfera y el océano	6
5.1	Alteración del ciclo hidrológico, eutrofización y contaminación	6
5.2	Cambio oceánico: acidificación, desoxigenación y subida del nivel del mar	6
6.	Grandes impactos globales sobre la biosfera y la geosfera	7
6.1	Pérdida de biodiversidad, invasiones biológicas y cambio en el funcionamiento de los ecosistemas	7
6.2	Degradación del suelo, desertificación y alteración de ciclos biogeoquímicos	8
7.	Riesgos, retroalimentaciones y dimensión socioambiental	9
7.1	Riesgo, vulnerabilidad, justicia ambiental y salud planetaria	9
7.2	Retroalimentaciones, interdependencias y gobernanza global	9
8.	Respuestas: mitigación, adaptación, restauración y transición ecológica	10
8.1	Mitigación y descarbonización: energía, movilidad e industria	10
8.2	Adaptación, soluciones basadas en la naturaleza y economía circular	11
9.	Implicaciones didácticas en el contexto educativo	11
10.	Conclusión	13
11.	Bibliografía	14

1. Introducción

El estudio de los impactos ambientales derivados de las actividades humanas constituye un eje central para comprender el funcionamiento del sistema **Tierra** y las transformaciones aceleradas que caracterizan el cambio global contemporáneo. Desde una perspectiva biológica y geológica, dichos impactos se expresan como alteraciones medibles en la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la geosfera, con efectos en cascada sobre los procesos ecológicos, los ciclos biogeoquímicos y la estabilidad de los sistemas socioeconómicos. En el marco de la educación secundaria, este tema es especialmente relevante porque permite integrar conocimientos de ecología, geodinámica externa, química ambiental y climatología, a la vez que conecta con competencias científicas, pensamiento crítico y educación para la sostenibilidad.

La complejidad del problema exige un enfoque sistémico que relacione causas, presiones, estados y respuestas, evitando interpretaciones reduccionistas. Asimismo, la dimensión global de los impactos obliga a considerar escalas espaciales y temporales amplias, así como la interacción entre procesos naturales y decisiones humanas. Comprender estos grandes impactos globales no solo implica describirlos, sino analizar sus mecanismos, incertidumbres, retroalimentaciones y opciones de respuesta, con una mirada fundamentada en la evidencia científica y en criterios de equidad intergeneracional.

2. Marco conceptual: impacto ambiental y límites del sistema Tierra

2.1 Impacto, presión, estado y respuesta: enfoque sistémico (DPSIR)

Un **impacto ambiental** puede definirse como una alteración significativa, positiva o negativa, del medio ambiente debida directa o indirectamente a una acción humana. Para organizar su análisis resulta especialmente útil el marco **DPSIR** (Drivers, Pressures, State, Impact, Response), que estructura la relación entre sociedad y naturaleza en cinco niveles: los **motores** (drivers) socioeconómicos generan **presiones** (pressures) sobre el medio; estas modifican el **estado** (state) de los sistemas naturales; los cambios de estado producen **impactos** (impact) sobre ecosistemas y bienestar humano; finalmente, la sociedad articula **respuestas** (response) mediante políticas, tecnología o cambios culturales.

Esta estructura permite distinguir entre causas profundas y efectos finales, algo esencial para el diseño de soluciones. Por ejemplo, si una región presenta pérdida de calidad del aire, el análisis DPSIR ayuda a separar el motor (patrón de movilidad y modelo urbano), la presión (emisiones de NOx y partículas por combustión), el estado (concentraciones atmosféricas por encima de umbrales), el impacto (aumento de enfermedades respiratorias y daño en vegetación) y la respuesta (zonas de bajas emisiones, electrificación del transporte, rediseño del espacio público). La potencia didáctica del modelo reside en que obliga a vincular variables físicas y biológicas con decisiones económicas y normativas, evitando explicaciones que se limiten a “hay contaminación” sin precisar mecanismos.

En términos científicos, la evaluación del impacto se apoya en indicadores cuantificables: tasas de emisión, concentraciones, índices de biodiversidad, balances de nutrientes o cambios en coberturas del suelo detectados por teledetección. El impacto no es solo un “cambio” sino un cambio con relevancia ecológica o social, que puede superar umbrales de tolerancia o modificar la trayectoria de un sistema.

2.2 Límites planetarios, resiliencia y puntos de no retorno

El concepto de **límites planetarios** propone que el sistema Tierra posee procesos clave con rangos de variabilidad relativamente seguros, y que sobrepasarlos incrementa el riesgo de cambios abruptos o irreversibles a escala global. Este enfoque conecta con la idea de **resiliencia**, entendida como la capacidad de un sistema para absorber perturbaciones y reorganizarse manteniendo sus funciones esenciales. Cuando la presión humana reduce la resiliencia, el sistema se aproxima a **puntos de no retorno** (tipping points), umbrales a partir de los cuales pequeñas perturbaciones desencadenan transiciones rápidas hacia nuevos estados.

En climatología y biogeoquímica, la no linealidad es fundamental: el incremento gradual de temperatura puede activar retroalimentaciones como la disminución del albedo por pérdida de hielo, o el aumento de emisiones de gases por degradación de materia orgánica en suelos fríos. Así, un aumento sostenido de concentraciones de CO_2 no solo calienta por efecto radiativo directo, sino que puede reorganizar circulación atmosférica, modificar patrones de precipitación y alterar ecosistemas, reduciendo sumideros de carbono y reforzando el calentamiento.

Desde la ecología, un ecosistema puede presentar **estados alternativos**. En un lago, una presión continua de nutrientes favorece proliferaciones algales; al superar cierto umbral, el sistema puede pasar a un estado eutrófico estable, con baja transparencia y pérdida de macrófitos, y revertirlo

requiere reducciones de nutrientes mucho mayores que las necesarias para evitar el cambio inicial. Este tipo de histéresis ilustra por qué la prevención suele ser más eficaz que la restauración.

3. Motores humanos del cambio global y principales presiones ambientales

3.1 Crecimiento demográfico, consumo, tecnología y desigualdad

Los grandes impactos globales emergen de la interacción entre cuatro factores que suelen resumirse en la identidad IPAT: $I = P \cdot A \cdot T$, donde I es el impacto ambiental, P la población, A la afluencia o consumo per cápita (affluence) y T la intensidad tecnológica del impacto por unidad de consumo. Esta identidad no es una ley física, pero sí una herramienta conceptual para analizar por qué el impacto puede crecer incluso cuando la tecnología mejora, si aumentan el consumo o la población.

La lectura crítica del esquema IPAT exige incorporar la **desigualdad**: el consumo y la huella ecológica se distribuyen de forma muy heterogénea. Esto tiene implicaciones éticas y políticas, y también científicas, porque el patrón de demanda determina el tipo de presiones. Por ejemplo, dietas con alta proporción de proteína animal tienden a requerir más superficie agrícola y generar más emisiones que dietas con mayor peso de vegetales, lo que conecta metabolismo social y ciclos del nitrógeno y carbono. En el aula, este enfoque permite discutir cómo indicadores como huella de carbono o huella hídrica dependen de elecciones individuales, pero también de infraestructuras, mercados y marcos regulatorios, evitando culpabilizaciones simplistas.

La **tecnología** puede reducir la intensidad de emisiones por unidad de energía (mejor eficiencia, renovables), pero también provocar efectos rebote: una mejora en eficiencia abarata el uso de un recurso y puede aumentar su consumo total si no existen límites o cambios estructurales. Así, el análisis del impacto requiere distinguir eficiencia (hacer lo mismo con menos) de suficiencia (reducir el volumen total de demanda), dos estrategias complementarias.

3.2 Cambio de usos del suelo, extracción de recursos y contaminación

Las presiones ambientales más relevantes a escala global pueden agruparse en: cambio de uso del suelo, extracción de materiales y energía, y contaminación por emisiones y vertidos. El **cambio de usos del suelo** transforma la estructura y función de los ecosistemas, altera el

ciclo del carbono y del agua y fragmenta hábitats. Cuando un territorio forestal se convierte en mosaico agrícola y urbano, disminuye el carbono almacenado en biomasa y suelos, cambia la evapotranspiración y se incrementa la escorrentía, aumentando riesgo de erosión e inundaciones.

La **extracción** incluye minería, canteras, captación de agua, pesca industrial y explotación forestal. Desde la geología ambiental, la minería altera relieve, genera escombreras y puede movilizar elementos tóxicos mediante drenaje ácido; desde la biología, la sobreexplotación pesquera reduce poblaciones y modifica redes tróficas. En sistemas marinos, la disminución de grandes depredadores puede desencadenar cascadas tróficas que reestructuran comunidades, cambiando productividad y estabilidad.

La **contaminación** abarca compuestos clásicos (metales pesados, nutrientes, hidrocarburos) y contaminantes emergentes (microplásticos, fármacos, disruptores endocrinos). Un ejemplo integrado de complejidad es el de los fertilizantes nitrogenados: aumentan la productividad agrícola, pero el exceso de nitratos se lixivia hacia acuíferos y cursos de agua, favorece eutrofización y puede convertirse en N_2O , un gas de **efecto invernadero** con elevado potencial de calentamiento. En una misma presión convergen, por tanto, impactos sobre salud, biodiversidad, clima y economía agraria.

4. Grandes impactos globales sobre la atmósfera y el clima

4.1 Efecto invernadero intensificado, calentamiento global y eventos extremos

El **efecto invernadero** es un proceso natural por el cual gases atmosféricos como H_2O , CO_2 , CH_4 y N_2O absorben radiación infrarroja emitida por la superficie, contribuyendo a mantener temperaturas compatibles con la vida. El problema actual no es la existencia del fenómeno, sino su **intensificación** por el aumento antropogénico de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente por combustión de combustibles fósiles, cambios de uso del suelo y determinadas prácticas agrarias e industriales.

En términos físicos, el balance energético planetario se altera por un **forzamiento radiativo** positivo: entra más energía neta o se retiene más, elevando la temperatura media y aumentando el contenido energético del sistema climático. Ese exceso de energía se distribuye entre atmósfera, océanos, criosfera y continentes. Una parte sustancial se almacena en el océano, lo que explica la inercia climática y el retraso entre reducción de emisiones y estabilización térmica.

El calentamiento global modifica patrones de circulación atmosférica, disponibilidad hídrica y frecuencia e intensidad de eventos extremos. Cuando una masa de aire más cálida contiene mayor vapor de agua (aproximadamente según la relación de Clausius-Clapeyron), se intensifica el potencial de precipitaciones torrenciales, mientras que el aumento de evapotranspiración puede agravar sequías en regiones vulnerables. Así, la misma tendencia de calentamiento puede incrementar tanto el riesgo de inundaciones súbitas como el de aridificación, dependiendo de la dinámica regional.

En el ámbito de impactos observables, las olas de calor afectan a la salud humana y a la biosfera. En ecosistemas forestales mediterráneos, un episodio prolongado de altas temperaturas y baja humedad del combustible puede aumentar la probabilidad de incendios de alta severidad; la pérdida de cobertura vegetal posterior favorece erosión y escorrentía, conectando clima, geodinámica externa y degradación del suelo. Este encadenamiento es especialmente relevante para comprender que el impacto climático rara vez actúa de forma aislada.

4.2 Contaminación atmosférica, ozono troposférico y alteración del ozono estratosférico

La **contaminación atmosférica** incluye partículas en suspensión (PM₁₀, PM_{2.5}), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), compuestos orgánicos volátiles (COV) y monóxido de carbono (CO). Sus fuentes principales son el transporte, la industria, la calefacción y, en determinadas regiones, la quema de biomasa. Estos contaminantes tienen efectos directos en salud (inflamación, eventos cardiovasculares), en vegetación (daño foliar, reducción de productividad) y en clima (aerosoles que reflejan o absorben radiación y modifican nubes).

El **ozono troposférico** (O₃) es un contaminante secundario: no se emite directamente en grandes cantidades, sino que se forma por reacciones fotoquímicas entre NO_x y COV en presencia de radiación solar. Este proceso se intensifica en condiciones de estabilidad atmosférica y altas temperaturas, lo que crea una interacción entre calentamiento y calidad del aire. En áreas metropolitanas con tráfico intenso, es frecuente que los niveles de O₃ se eleven en zonas periurbanas a sotavento, donde los precursores han tenido tiempo de reaccionar, lo que ayuda a explicar por qué la contaminación no se limita al lugar de emisión.

Respecto a la capa de ozono estratosférico, su degradación histórica se asoció a los clorofluorocarbonos (CFC) y otras sustancias que liberan halógenos en la estratosfera, catalizando la destrucción del ozono. La reducción del ozono estratosférico aumenta la radiación UV-B en superficie, con efectos sobre ADN, fitoplancton y salud humana. La respuesta internacional mediante el

Protocolo de Montreal mostró que la gobernanza global puede ser eficaz cuando existen alternativas tecnológicas y marcos de control, un precedente valioso para la acción climática, aunque con diferencias importantes por la centralidad energética del carbono.

5. Grandes impactos globales sobre la hidrosfera y el océano

5.1 Alteración del ciclo hidrológico, eutrofización y contaminación

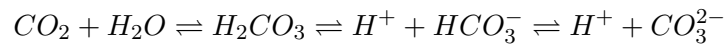
La hidrosfera se ve afectada tanto por cambios climáticos como por presiones directas. La **alteración del ciclo hidrológico** incluye cambios en precipitación, aumento de evapotranspiración, modificación de la recarga de acuíferos y alteraciones por obras hidráulicas. Las presas, por ejemplo, cambian el régimen de caudales, retienen sedimentos y modifican la conectividad longitudinal de los ríos. Esta transformación afecta a la dinámica geomorfológica, pues el déficit de sedimentos aguas abajo puede incrementar erosión de cauces y retroceso de deltas, y afecta a la biota al interrumpir migraciones y alterar hábitats.

La **eutrofización** es un proceso de enriquecimiento en nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, que aumenta la producción primaria y puede conducir a proliferaciones algales nocivas, hipoxia y pérdida de biodiversidad. Un caso típico se observa cuando escorrentías agrícolas aportan fosfatos y nitratos a embalses: el incremento de fitoplancton reduce la penetración de luz, mueren plantas acuáticas y la descomposición bacteriana consume oxígeno, generando condiciones anóxicas. Estas condiciones pueden liberar fósforo del sedimento, realimentando el proceso y dificultando la recuperación.

La **contaminación** del agua incorpora además patógenos, metales, pesticidas y contaminantes emergentes. Los microplásticos, por ejemplo, actúan como partículas persistentes que pueden ser ingeridas por organismos y servir como vectores de aditivos y contaminantes hidrofóbicos. En términos didácticos, es importante subrayar que el riesgo depende de concentración, persistencia y toxicidad, pero también de la exposición y de la sensibilidad del organismo, integrando ecotoxicología y dinámica de poblaciones.

5.2 Cambio oceánico: acidificación, desoxigenación y subida del nivel del mar

El océano absorbe una fracción relevante del CO_2 emitido, lo que amortigua el calentamiento a corto plazo, pero genera **acidificación oceánica**. El proceso puede resumirse por el equilibrio:



El aumento de CO_2 disuelto incrementa H^+ y reduce la disponibilidad de CO_3^{2-} , dificultando la formación de carbonato cálcico ($CaCO_3$) en organismos calcificadores. En arrecifes y comunidades de moluscos, una disminución de saturación de aragonito puede reducir tasas de calcificación, comprometiendo estructuras que sostienen gran biodiversidad. Este impacto no es meramente químico; afecta a redes tróficas y servicios ecosistémicos como pesca y protección costera.

La **desoxigenación** oceánica se explica por dos mecanismos principales: menor solubilidad del oxígeno en agua más cálida y mayor estratificación que reduce la mezcla vertical. A esto se suma la eutrofización costera, que incrementa consumo de oxígeno en la descomposición. En ciertas áreas, esto conduce a “zonas muertas” con hipoxia estacional, donde especies móviles emigran y las sésiles mueren, alterando comunidades bentónicas.

La **subida del nivel del mar** proviene de la **expansión** térmica del agua y del aporte por fusión de glaciares y capas de hielo. Sus consecuencias incluyen intrusión salina en acuíferos costeros, erosión y pérdida de humedales. En deltas densamente poblados, el problema se agrava cuando la subsidencia local (por compactación de sedimentos o extracción de agua subterránea) se suma al aumento eustático, lo que ejemplifica cómo procesos geológicos y decisiones de gestión hídrica convergen en un riesgo compuesto.

6. Grandes impactos globales sobre la biosfera y la geosfera

6.1 Pérdida de biodiversidad, invasiones biológicas y cambio en el funcionamiento de los ecosistemas

La **biodiversidad** abarca diversidad genética, de especies y de ecosistemas. La pérdida de biodiversidad actual se relaciona con cinco grandes presiones: cambio de uso del suelo, explotación directa de organismos, cambio climático, contaminación y especies exóticas invasoras. La relevancia no se limita a un enfoque conservacionista; la biodiversidad sostiene funciones ecosistémicas como polinización, control biológico, ciclado de nutrientes y estabilidad frente a perturbaciones.

La **fragmentación** del hábitat reduce conectividad y aumenta efectos de borde, modificando microclimas y facilitando invasiones. Cuando una infraestructura lineal divide un bosque, las poblaciones quedan aisladas, disminuye el flujo génico y aumenta el riesgo de extinción local por

deriva genética y eventos estocásticos. En paralelo, la simplificación del paisaje puede reducir enemigos naturales de plagas agrícolas, aumentando dependencia de pesticidas y generando una espiral de presión química sobre el medio.

Las **especies exóticas invasoras** constituyen un impacto global vinculado al comercio y transporte. La introducción de un depredador o competidor sin controles naturales puede provocar declives rápidos en especies autóctonas. En ecosistemas insulares, donde la fauna evolucionó con baja presión predatoria, la llegada de nuevos consumidores puede reorganizar la comunidad completa. Este tipo de impacto permite trabajar en clase conceptos de nicho ecológico, competencia, depredación y coevolución, conectándolos con la globalización.

El cambio en el funcionamiento de los ecosistemas puede cuantificarse mediante productividad primaria neta, descomposición, estructura trófica o diversidad funcional. En bosques sometidos a sequías recurrentes, el estrés hídrico reduce crecimiento y aumenta mortalidad, transformando el ecosistema de sumidero a fuente neta de carbono en determinados años. Esta transición ilustra la conexión entre biodiversidad, fisiología vegetal y ciclo del carbono.

6.2 Degradación del suelo, desertificación y alteración de ciclos biogeoquímicos

El **suelo** es un sistema vivo, producto de la meteorización y de la actividad biológica, con funciones esenciales: soporte de vegetación, regulación hídrica, reserva de nutrientes y carbono. La **degradación del suelo** incluye erosión, compactación, salinización, pérdida de materia orgánica y contaminación. La erosión hídrica aumenta cuando desaparece la cubierta vegetal y se intensifican lluvias torrenciales; el suelo pierde horizonte superficial rico en humus, disminuye su capacidad de retener agua y nutrientes, y se vuelve más vulnerable a nuevas pérdidas, un proceso de retroalimentación negativa para la productividad.

La **desertificación** se define como degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, causada por variaciones climáticas y actividades humanas. En cuencas con sobrepastoreo, el pisoteo reduce la cobertura vegetal, aumenta compactación, disminuye infiltración y aumenta escorrentía; el resultado es un paisaje con menor fertilidad y mayor riesgo de avenidas. Esta cadena causal ayuda a integrar dinámica de ecosistemas con procesos geomorfológicos.

En cuanto a los **ciclos biogeoquímicos**, las actividades humanas han alterado de forma notable el nitrógeno y el fósforo. El proceso Haber-Bosch fija nitrógeno atmosférico para fertilizantes, incrementando el nitrógeno reactivo en la biosfera. Parte se incorpora a cultivos, pero el exceso

se pierde por lixiviación o volatilización, contribuyendo a eutrofización y emisiones de N_2O . El fósforo, extraído de rocas fosfatadas, se acumula en suelos agrícolas y puede transferirse a aguas continentales, generando problemas persistentes porque no tiene fase gaseosa significativa y su reciclaje natural es lento. En este punto, biología y geología convergen: la disponibilidad de fósforo depende de procesos sedimentarios y de la gestión de un recurso geológico finito.

7. Riesgos, retroalimentaciones y dimensión socioambiental

7.1 Riesgo, vulnerabilidad, justicia ambiental y salud planetaria

El **riesgo ambiental** suele entenderse como una combinación de peligrosidad (hazard), exposición y vulnerabilidad. Un evento extremo no se convierte en desastre si no existe población o infraestructura expuesta, o si la vulnerabilidad es baja gracias a planificación, sistemas de alerta y resiliencia social. Este marco permite analizar por qué los impactos globales tienen consecuencias desiguales: comunidades con menos recursos suelen habitar zonas más expuestas y cuentan con menos capacidad de adaptación.

La **justicia ambiental** aborda la distribución equitativa de cargas y beneficios ambientales, así como la participación en la toma de decisiones. En términos de salud, la contaminación del aire tiende a concentrarse en áreas próximas a grandes vías o zonas industriales, donde los precios de vivienda pueden ser más bajos; esto genera desigualdades en morbilidad y mortalidad. Al integrar este análisis con datos epidemiológicos, el alumnado comprende que el impacto ambiental no es solo ecológico, sino también social y sanitario.

El enfoque de **salud planetaria** enfatiza que la salud humana depende de sistemas naturales estables. La expansión de fronteras agrícolas y la pérdida de hábitats pueden aumentar contactos entre fauna silvestre, ganado y humanos, elevando la probabilidad de saltos zoonóticos. Este enlace entre biodiversidad, ecología de enfermedades y globalización resulta clave para una comprensión moderna de los impactos globales.

7.2 Retroalimentaciones, interdependencias y gobernanza global

Los grandes impactos globales se caracterizan por **interdependencias**. El cambio climático modifica la disponibilidad de agua; la escasez de agua puede impulsar cambios de uso del suelo o infraestructuras; estas alteran ecosistemas y emisiones, reforzando o mitigando el clima. Además, existen **retroalimentaciones** que pueden amplificar cambios: incendios más frecuentes liberan

carbono y reducen sumideros, aumentando calentamiento; a su vez, el calentamiento incrementa la probabilidad de incendios. También hay retroalimentaciones estabilizadoras, como la captura de carbono por ecosistemas en ciertas condiciones, aunque con límites.

La **gobernanza global** es necesaria porque muchos impactos trascienden fronteras. La atmósfera y el océano son bienes comunes globales, y las emisiones o vertidos de una región afectan a otras. A nivel institucional, acuerdos internacionales, mecanismos de financiación, transferencia tecnológica y sistemas de contabilidad de emisiones son parte de las respuestas. Un ejemplo relevante de complejidad es la contabilidad territorial frente a la huella de consumo: un país puede reducir emisiones internas deslocalizando producción intensiva en carbono, sin disminuir su impacto real. Esta cuestión introduce un juicio crítico sobre indicadores y políticas, imprescindible en un tema de oposiciones.

8. Respuestas: mitigación, adaptación, restauración y transición ecológica

8.1 Mitigación y descarbonización: energía, movilidad e industria

La **mitigación** busca reducir la magnitud del cambio climático actuando sobre causas, principalmente emisiones de GEI y aumento de sumideros. La **descarbonización** implica sustituir fuentes fósiles por renovables, electrificar usos finales y mejorar eficiencia. Desde el punto de vista energético, la penetración de eólica y solar requiere redes flexibles, almacenamiento y gestión de demanda. En movilidad, la combinación de electrificación, transporte público de calidad y planificación urbana compacta reduce emisiones y mejora calidad del aire, mostrando co-beneficios.

En industria, medidas como electrificación de procesos térmicos, hidrógeno renovable en sectores difíciles de abatir, captura y almacenamiento de carbono en casos específicos, y economía circular para reducir demanda de materiales, forman parte del abanico. Aquí es didácticamente importante distinguir entre **emisiones de flujo** (anuales) y el carácter acumulativo del CO_2 en la atmósfera, que obliga a considerar presupuestos de carbono y trayectorias de reducción, no solo objetivos puntuales.

La mitigación también incluye el papel de ecosistemas como sumideros, pero con cautelas: la reforestación mal planificada puede reducir biodiversidad o aumentar consumo hídrico si se eligen especies inadecuadas. Por ello, la restauración debe alinearse con criterios ecológicos y biogeográficos.

8.2 Adaptación, soluciones basadas en la naturaleza y economía circular

La **adaptación** pretende reducir vulnerabilidad ante impactos ya inevitables por la inercia del sistema climático. Incluye medidas de gestión del agua, protección costera, planificación territorial, infraestructura verde urbana y sistemas de alerta temprana. En ríos mediterráneos, por ejemplo, recuperar llanuras de inundación y humedales puede disminuir picos de avenida y mejorar biodiversidad, actuando como solución basada en la naturaleza con beneficios múltiples.

Las **soluciones basadas en la naturaleza** se apoyan en procesos ecosistémicos para abordar retos socioambientales: restauración de riberas, renaturalización urbana para reducir islas de calor, o recuperación de suelos mediante prácticas agroecológicas que aumenten materia orgánica y capacidad de retención hídrica. En suelos agrícolas, incorporar cubiertas vegetales y reducir laboreo puede disminuir erosión y aumentar carbono orgánico; este ejemplo integra geología del suelo, microbiología y mitigación climática.

La **economía circular** propone mantener el valor de materiales y energía el mayor tiempo posible, reduciendo extracción y residuos. En términos ambientales, reciclar nutrientes mediante compostaje de biorresiduos puede disminuir dependencia de fertilizantes minerales y reducir emisiones asociadas a su producción. Sin embargo, una transición circular exige análisis de ciclo de vida: reciclar no siempre reduce impacto si el proceso consume mucha energía o genera contaminantes. Esta reflexión crítica es clave para evitar soluciones aparentes.

9. Implicaciones didácticas en el contexto educativo

La enseñanza de los impactos ambientales y de los grandes impactos globales se alinea con los principios de una educación orientada a la sostenibilidad, la competencia científica y la ciudadanía crítica, en coherencia con la **Ley Orgánica 3/2020 (LOMLOE)**, que enfatiza el desarrollo competencial, la alfabetización científica y la educación en valores. Asimismo, el **Real Decreto 217/2022**, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria, y el **Real Decreto 243/2022**, relativo al Bachillerato, ofrecen un marco para trabajar situaciones de aprendizaje basadas en problemas reales, integrando saberes de Biología y Geología con competencias clave.

Desde una perspectiva metodológica, este tema favorece enfoques activos que preserven el rigor conceptual. Algunas orientaciones didácticas relevantes son las siguientes:

- La **modelización** como práctica científica escolar permite comprender procesos complejos sin reducirlos a memorística. Por ejemplo, construir un modelo causal del cambio global con variables (emisiones, temperatura, albedo, sumideros) y flechas de retroalimentación ayuda a visualizar la dinámica sistémica. La clave es guiar al alumnado para diferenciar correlación y causalidad, y para reconocer incertidumbres sin caer en relativismo.
- El trabajo con **datos reales** (series climáticas, mapas de usos del suelo, concentraciones de contaminantes) desarrolla competencia científica y estadística. Se puede plantear el análisis de una serie temporal de temperaturas y discutir tendencias, variabilidad y el papel de la escala temporal. Esta práctica permite evaluar la fiabilidad de fuentes, reconocer sesgos y formular explicaciones basadas en evidencia, conectando con la alfabetización mediática.
- La perspectiva **CTSA** (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente) resulta idónea para abordar controversias socioambientales. Debates regulados sobre opciones energéticas, gestión del agua o agricultura intensiva permiten introducir el análisis de trade-offs, co-beneficios y justicia ambiental. Es importante que el debate se sostenga sobre evidencias y criterios explícitos, evitando posicionamientos meramente opinativos.
- La integración con la **geología** aporta una lectura completa: dinámica de suelos, riesgos naturales amplificados por cambios de uso, recursos geológicos y su extracción. Una secuencia didáctica puede conectar erosión, pérdida de fertilidad y sedimentación en embalses, mostrando cómo un impacto local se traduce en pérdidas económicas y ecológicas.
- La evaluación debe ser coherente con el enfoque competencial, combinando instrumentos como rúbricas para informes científicos, evaluación de proyectos, pruebas escritas con cuestiones de razonamiento y tareas de transferencia. Preguntas del tipo “explica el mecanismo por el que un aumento de nutrientes puede reducir el oxígeno disuelto” evalúan comprensión de procesos, más allá de definiciones.

Finalmente, el tratamiento didáctico debe cuidar el componente emocional: los impactos globales pueden generar ecoansiedad. Una educación científica responsable equilibra diagnóstico y agencia, mostrando límites y riesgos, pero también opciones de respuesta, participación y transformación, de acuerdo con una educación para la ciudadanía democrática y la sostenibilidad que promueve el marco normativo vigente.

10. Conclusión

Los impactos ambientales de las actividades humanas se comprenden adecuadamente cuando se analizan como expresiones del cambio global en un sistema Tierra interconectado. El enfoque sistémico permite distinguir motores, presiones, cambios de estado e impactos, así como las respuestas sociales posibles. A escala global, destacan las alteraciones de la atmósfera y el clima, los cambios en la hidrosfera y el océano, y la degradación de la biosfera y la geosfera, con especial relevancia de la pérdida de biodiversidad, la alteración de ciclos biogeoquímicos y la degradación del suelo. Estos impactos no actúan de forma aislada, sino mediante interdependencias y retroalimentaciones que amplifican riesgos y generan desigualdades.

En el ámbito educativo, el tema ofrece una oportunidad privilegiada para desarrollar competencia científica, pensamiento crítico y conciencia ecosocial, articulando conocimientos de Biología y Geología con el análisis de datos, la modelización y la toma de decisiones fundamentada. La comprensión rigurosa de los grandes impactos globales y de las estrategias de mitigación, adaptación y restauración resulta esencial para formar ciudadanía capaz de interpretar la evidencia científica y participar de manera informada en los retos socioambientales contemporáneos.

11. Bibliografía

- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Cambio climático 2023: Informe de síntesis*. IPCC.
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. (2020). *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868–122953.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2006). *Fundamentos de ecología*. Cengage Learning.
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. (2022). *Boletín Oficial del Estado*, 76, de 30 de marzo de 2022, 41571–41789.
- Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. (2022). *Boletín Oficial del Estado*, 82, de 6 de abril de 2022, 46047–46408.
- Rockström, J., & Klum, M. (2015). *Gran mundo, pequeño **planeta**: la prosperidad dentro de los límites planetarios*. Debate.