



# UTPL

La Universidad Católica de Loja

Vicerrectorado de Modalidad Abierta y a Distancia

## Cambio Global

Guía didáctica





Facultad Ciencias Exactas y Naturales

# Cambio Global

## Guía didáctica

Carrera	PAO Nivel
Gestión Ambiental	II

### Autora:

María Fernanda Tapia Armijos



## Cambio Global

### Guía didáctica

María Fernanda Tapia Armijos

### Diagramación y diseño digital

Ediloja Cía. Ltda.

Marcelino Champagnat s/n y París

edilocialtda@ediloja.com.ec

[www.ediloja.com.ec](http://www.ediloja.com.ec)

ISBN digital -978-9942-47-347-9

Año de edición: abril, 2025

Edición: primera edición

El autor de esta obra ha utilizado la inteligencia artificial como una herramienta complementaria. La creatividad, el criterio y la visión del autor se han mantenido intactos a lo largo de todo el proceso.

Loja-Ecuador



Los contenidos de este trabajo están sujetos a una licencia internacional Creative Commons **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0** (CC BY-NC-SA 4.0). Usted es libre de **Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. **Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material citando la fuente, bajo los siguientes términos: **Reconocimiento**- debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. **No Comercial**-no puede hacer uso del material con propósitos comerciales. **Compartir igual**-Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



# Índice

<b>1. Datos de información .....</b>	<b>8</b>
1.1 Presentación de la asignatura.....	8
1.2 Competencias genéricas de la UTPL.....	8
1.3 Competencias del perfil profesional .....	8
1.4 Problemática que aborda la asignatura .....	8
<b>2. Metodología de aprendizaje .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje.....</b>	<b>10</b>
<b>Primer bimestre .....</b>	<b>10</b>
<b>Resultado de aprendizaje 1: .....</b>	<b>10</b>
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>10</b>
<b>Semana 1 .....</b>	<b>11</b>
Unidad 1. Aspectos introductorios .....	11
1.1. La tierra: un sistema interconectado .....	11
1.2. La Tierra está cambiando .....	13
1.3. El Antropoceno .....	15
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	18
Autoevaluación 1 .....	19
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>21</b>
<b>Semana 2.....</b>	<b>21</b>
Unidad 2. Cambio global y sus impulsores .....	21
2.1. ¿Qué es el cambio global?.....	21
2.2. Impulsores del cambio global .....	23
Actividades de aprendizaje recomendadas .....	24
Autoevaluación 2.....	25
<b>Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas.....</b>	<b>27</b>
<b>Semana 3.....</b>	<b>27</b>
Unidad 3. Impulsores indirectos del cambio global.....	27
3.1. Población humana y consumo .....	28



Actividad de aprendizaje recomendada ..... 33

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas..... 34**

**Semana 4..... 34**

Unidad 3. Impulsores indirectos del cambio global..... 34

3.2. Interdependencia global y desigualdad ambiental: decisiones con  
impacto planetario ..... 34

Actividad de aprendizaje recomendada ..... 38

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas..... 39**

**Semana 5..... 39**

Unidad 3. Impulsores indirectos del cambio global..... 39

3.3. Otros factores ..... 39

Actividades de aprendizaje recomendadas ..... 43

Autoevaluación 3..... 43

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas..... 45**

**Semana 6..... 45**

Unidad 4. Impulsores directos del cambio global..... 45

4.1. Alteración ciclos biogeoquímicos ..... 46

Actividades de aprendizaje recomendadas ..... 50

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas..... 50**

**Semana 7..... 50**

Unidad 4. Impulsores directos del cambio global..... 50

4.2. Pérdida de la biodiversidad ..... 50

Actividad de aprendizaje recomendada ..... 55

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas..... 55**

**Semana 8..... 55**

Actividades finales del bimestre ..... 55

**Segundo bimestre..... 57**

**Resultado de aprendizaje 1: ..... 57**

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas..... 57**



**Semana 9** ..... 57

    Unidad 4. Impulsores directos del cambio global..... 57

        4.3. Cambio de la cobertura y uso del suelo ..... 57

        Actividad de aprendizaje recomendada ..... 62

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas**..... 63

**Semana 10** ..... 63

    Unidad 4. Impulsores directos del cambio global..... 63

        4.4. Cambio climático ..... 63

        Actividad de aprendizaje recomendada ..... 70

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas**..... 70

**Semana 11** ..... 70

    Unidad 4. Impulsores directos del cambio global..... 70

        4.4. Cambio climático ..... 70

        Actividad de aprendizaje recomendada ..... 75

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas**..... 76

**Semana 12**..... 76

    Unidad 4. Impulsores directos del cambio global..... 76

        4.5. Degradación ambiental ..... 76

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas**..... 80

**Semana 13**..... 80

    Unidad 4. Impulsores directos del cambio global..... 80

        4.6. Degradación del suelo ..... 80

        Actividades de aprendizaje recomendadas ..... 87

        Autoevaluación 4..... 88

**Resultado de aprendizaje 2:** ..... 91

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas**..... 91

**Semana 14**..... 91

    Unidad 5. Desafíos frente al cambio global ..... 91

        5.1. Principales impactos del cambio global en los sistemas naturales . 92



5.2. Principales impactos del cambio global en los sistemas humanos 92

5.3. ¿Todos somos igual de vulnerables a los impactos del cambio global?..... 93

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas..... 94**

**Semana 15..... 94**

Unidad 5. Desafíos frente al cambio global ..... 94

5.4. ¿Qué podemos hacer frente al cambio global?..... 94

Actividades de aprendizaje recomendadas ..... 98

Autoevaluación 5..... 99

**Resultados de aprendizaje 1 y 2: ..... 102**

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas..... 102**

**Semana 16..... 102**

Actividades finales del bimestre ..... 102

**4. Autoevaluaciones ..... 103**

**5. Glosario..... 108**

**6. Referencias bibliográficas ..... 110**





## 1. Datos de información

### 1.1 Presentación de la asignatura



### 1.2 Competencias genéricas de la UTPL

- Orientación a la innovación y a la investigación.
- Pensamiento crítico y reflexivo.

### 1.3 Competencias del perfil profesional

- Elaborar propuestas con sustento técnico-científico para el manejo y conservación de los recursos naturales.
- Implementar estrategias de manejo y gestión de servicios ecosistémicos y biodiversidad en el contexto local, regional o nacional.
- Promover estrategias relacionadas con la prevención, mitigación y adaptación al cambio climático.

### 1.4 Problemática que aborda la asignatura

- Débil sustento técnico-científico a las propuestas de manejo y conservación de los recursos ambientales.
- Deficiente implementación de estrategias de conservación de los recursos ambientales.







## 2. Metodología de aprendizaje

Para el desarrollo de la asignatura de Cambio Global, se utilizarán dos metodologías de aprendizaje. La primera de ellas, es la metodología de aprendizaje basado en problemas, la cual es un método educativo centrado en el aprendizaje, investigación y reflexión por parte de los estudiantes frente a un tema; en el que el docente actúa como guía para la resolución de determinado tema y no como autoridad que solo transfiere el conocimiento. La segunda metodología usada será el método de aprendizaje basado en el pensamiento, método que busca que el estudiante aprenda a contextualizar, analizar, relacionar y argumentar, convirtiendo la información en conocimiento y desarrollando destrezas del pensamiento.





### 3. Orientaciones didácticas por resultados de aprendizaje



#### Primer bimestre

##### **Resultado de aprendizaje 1:**

Describir las evidencias del cambio global, sus causas e impacto sobre el planeta, la biodiversidad y el ser humano.

A lo largo de este bimestre, comenzaremos por comprender la nueva era de la historia marcada por el impacto de las actividades humanas en el planeta conocida como Antropoceno, para luego profundizar en qué es el cambio global, sus evidencias y cómo se manifiesta en distintos sistemas naturales y humanos. Nos centraremos también en analizar sus impulsores indirectos, entendiendo cómo cada uno de estos promueve el cambio global y los impactos que tienen. Nuestro objetivo será no solo describir y analizar estas transformaciones, sino contar con una base sólida para luego entender cómo podemos enfrentar estos cambios a través de medidas de mitigación y adaptación. Para poder lograr el resultado de aprendizaje planteado para este bimestre, es importante que revise todo el contenido cargado semana a semana en el EVA y los diferentes recursos de aprendizaje que se han preparado.

#### **Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas**

Recuerde revisar de manera paralela los contenidos con las actividades de aprendizaje recomendadas y actividades de aprendizaje evaluadas.





### Unidad 1. Aspectos introductorios

#### 1.1. La tierra: un sistema interconectado

Para entender el concepto y el contexto del cambio global, lo primero que debemos comprender, es como el planeta Tierra (**Figura 1**). Cada proceso y cada elemento contenido en él, funciona como un gran sistema.

**Figura 1**

*Planeta tierra*



Nota. Tomado de *Planeta Tierra* [Fotografía], por mmi9, s.f., [creazilla](#), CC BY 4.0.

Para ello, partiremos comprendiendo cómo se formó el sistema terrestre hasta llegar a formar una serie de sistemas entrelazados a través de relaciones complejas.



Lo invito a revisar el siguiente video: [Toda la evolución de la Tierra en solo 10 minutos](#) para entender cómo surgió el gran sistema conocido como Planeta Tierra.

Como usted pudo ver, el universo se formó hace 13.8 mil millones de años mediante el Big Bang, generando espacio, tiempo, materia y las fuerzas fundamentales (Heuvel, 2016). A partir de procesos gravitacionales, surgieron galaxias, estrellas y el Sistema Solar, incluida la Tierra, hace aproximadamente 4.5 mil millones de años (Schaible et al., 2024). La joven Tierra, inicialmente caótica, se estabilizó al enfriarse, dando lugar a los sistemas geofísicos fundamentales: una atmósfera primitiva (rica en dióxido de carbono), los océanos y la litosfera. A partir de aquí, las interacciones entre estos sistemas crearon un ambiente propicio para el surgimiento de procesos bioquímicos más complejos (Li y Sun, 2016).

Luego, hace 3.7 mil millones de años, en ambientes acuosos enriquecidos químicamente, surgió la vida con las primeras células unicelulares (Schirrmeister, 2016). Estas evolucionaron mediante procesos como la fotosíntesis, desarrollada por cianobacterias, que produjo oxígeno y transformó la atmósfera (ahora rica en oxígeno), permitiendo la evolución de organismos aeróbicos y la formación de la capa de ozono (Towe, 1996; Falcón et al., 2010). Con el tiempo, la vida se diversificó en formas más complejas, dando lugar a ecosistemas que integraban organismos vivos con los sistemas geofísicos de la Tierra (Schirrmeister, 2016). Estas interacciones entre lo biológico y lo físico crearon lo que hoy conocemos como sistemas biofísicos.

Por lo tanto, la Tierra es un sistema integrado en el que todos sus subsistemas – la atmósfera, la geósfera, la hidrósfera, la criósfera y la biósfera – están interconectados a través de complejos procesos de transferencia de energía y materia (Little, 2023). En el siguiente módulo didáctico puede encontrar una descripción de cada uno de estos subsistemas.

### [Los Subsistemas de la Tierra](#)



De acuerdo a Steffen et al. (2020) los subsistemas terrestres no operan de manera independiente, sino que interactúan dinámicamente a través de ciclos globales, como los del agua, carbono y nitrógeno, que son esenciales para mantener las condiciones necesarias para la vida. Por ejemplo, la fotosíntesis en la biosfera no solo afecta la concentración de oxígeno en la atmósfera, sino también los niveles de carbono en el suelo y los océanos.

Las interacciones entre estos subsistemas generan retroalimentaciones que amplifican o mitigan cambios en el sistema Tierra (Pollack, 2004; Kemena, 2017). Un claro ejemplo, es el derretimiento de glaciares, que reduce la reflectividad (albedo) del planeta, aumentando la absorción de calor y acelerando el calentamiento global, lo que a su vez afecta la circulación oceánica y atmosférica.

Es decir, que la dinámica de este gran sistema no es lineal: pequeños cambios en un componente pueden desencadenar efectos desproporcionados en otros (Thompson, 2021). Por ejemplo, la deforestación no solo altera los ciclos de carbono y agua, sino que también afecta la biodiversidad, la estabilidad del suelo y el clima regional, generando un efecto cascada en todo el sistema global (Kumari et al., 2024; Singh et al., 2024). Esta interdependencia implica que cualquier alteración en un subsistema tiene el potencial de desencadenar cambios profundos en los demás, lo que destaca la fragilidad y la complejidad del sistema Tierra (Wunderling et al., 2020).

## 1.2. La Tierra está cambiando

Una vez que usted tiene claro que en nuestro planeta todo está conectado y que pequeños cambios en cualquiera de los subsistemas terrestres pueden representar cambios significativos en la estabilidad planetaria, es importante hablar un poco sobre estos cambios. La tierra siempre ha estado cambiando, de hecho, es gracias a esos cambios que surgió la vida, pero es importante entender la diferencia entre los cambios propios del sistema planetario y aquellos cambios que tienen como principal responsable al ser humano.



A lo largo de su historia geológica, la Tierra ha experimentado una serie de cambios naturales que han moldeado su estructura y composición sin la intervención humana (Monroe y Wicander, 1994). Desde su formación, procesos como la tectónica de placas, la actividad volcánica, la erosión y los ciclos climáticos han sido los principales motores de transformación planetaria (Walker, 2013). Estos cambios, aunque lentos en la escala de tiempo humana, han tenido efectos profundos en la configuración de los continentes, los océanos y la atmósfera (Monroe y Wicander, 1994). En la siguiente presentación titulada: "[La tierra se transforma continuamente](#)", se muestran algunos ejemplos de procesos que han generado cambios en nuestro planeta:

En conjunto, estos cambios naturales demuestran la dinámica y resiliencia del planeta. Pero, si la tierra siempre ha estado cambiando ¿Cuál es la diferencia hoy? ¿Por qué estos cambios suponen incluso un riesgo para la propia humanidad?



En el siguiente video, usted podrá tener una idea de cómo responder a estas preguntas: [El impacto ambiental del ser humano ¿Estamos acabando con el planeta?](#)

Ahora usted sabe que, los cambios que está experimentando el planeta como respuesta a la intervención humana son grandes y ocurren en todos los subsistemas terrestres (Singla, 2015). La diferencia principal con los cambios pasados posiblemente radica en la extensión, la magnitud y la frecuencia con la que están ocurriendo. Esto significa que el ser humano esta: 1) transformando la tierra a gran velocidad, 2) que casi ningún lugar del planeta se salva de nuestra presencia y actividades y 3) que el nivel de transformación de los sistemas naturales supera por mucho la capacidad de adaptación y recuperación (Roberts et al., 2018; Marcantonio y Fuentes, 2020).

Todos los cambios observados en el planeta tierra en los últimos siglos, han llevado a los científicos a decidir que estamos atravesando una nueva era, conocida como el Antropoceno, de la cual hablaremos en el siguiente tema.



### 1.3. El Antropoceno

Ahora que usted tiene claro que la tierra está cambiando y que la mayoría de estos cambios son el resultado directo de las actividades humanas, es hora de comprender cuáles son las condiciones que están propiciándolos y desde cuándo están ocurriendo. Le pregunto ¿Sabe usted qué es el Antropoceno? ¿Ha escuchado alguna vez este término? y ¿Tiene una idea de por qué se considera una era muy particular?

Por favor, revise con detenimiento el artículo: [“El Antropoceno: Aportes para la comprensión del cambio global”](#) (Mendivelso y Meneses, 2015) a través del cual comprenderá el origen y alcance de este término.

Como se menciona en el documento, el Antropoceno es un término propuesto para describir una nueva era geológica en la que las actividades humanas han alterado profundamente los sistemas planetarios. Paul Crutzen (**Figura 2**) y Eugene Stoermer (2000) introdujeron el término en el año 2000. Crutzen (2002) decía que “los seres humanos se han convertido en una fuerza geológica poderosa” capaz de producir fuertes cambios, que no solo pueden ser observados, sino que hay evidencia de estos cambios que pueden ser medida y validada científicamente (por ejemplo, el aumento de las partículas de  $CO_2$  en el suelo y atmósfera, cambio en la composición química de suelos y agua). Por lo tanto, el concepto “Antropoceno” enfatiza que los impactos humanos, como el cambio climático, la urbanización y la pérdida de biodiversidad, son comparables en escala y magnitud con los grandes eventos naturales del pasado (Zalasiewicz et al., 2010).



## Figura 2

*Paul Crutzen (Propulsor del término Antropoceno)*



Nota. Tomado de *Paul Crutzen* [Fotografía], por Wikimedia, s.f., [Wikimedia](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paul_Crutzen.jpg), CC BY 4.0.

Los científicos registran el inicio del Antropoceno a finales del siglo XVIII, coincidiendo con la Revolución Industrial, época en la cual el desarrollo industrial y tecnológico, supusieron un aumento en el uso de combustibles fósiles (y por ende de emisiones) y el aumento de la demanda de recursos (Crutzen y Steffen, 2003; Ehlers y Krafft, 2006; Cita y Orombelli, 2014).







El término Antropoceno describe un periodo en la historia de la Tierra, en el que las actividades humanas han alterado drásticamente el planeta.

Las evidencias del Antropoceno se reflejan en múltiples aspectos del sistema Tierra, destacando cambios sin precedentes en los ciclos naturales y los ecosistemas debido a actividades humanas (Crutzen, 2004; Waters et al., 2016). Entre las señales más claras están, el aumento de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano, que han provocado un calentamiento global acelerado y una acidificación significativa de los océanos (Rose, 2015; Deese, 2024). También se observa una tasa de extinciones de especies entre 100 y 1000 veces superior a la natural, resultado de la pérdida de hábitats, la fragmentación y la introducción de especies invasoras (Guyot, 2022; Walker et al., 2023). Los registros sedimentarios modernos incluyen materiales antropogénicos, como plásticos, hormigón y radionucleidos de pruebas nucleares, que sirven como marcadores estratigráficos únicos (Zalasiewicz et al., 2010). Además, la urbanización y la industrialización han incrementado drásticamente la erosión y sedimentación, transformando paisajes enteros y creando un impacto geológico comparable al de eventos catastróficos pasados (Zalasiewicz et al., 2017). Lo invito a revisar la siguiente infografía, en donde se destacan los aspectos más relevantes del Antropoceno.

### [Evidencias del antropoceno](#)

Como usted sabe ya, luego de revisar este tema, el Antropoceno no solo plantea un desafío científico para la comprensión de los sistemas de la Tierra, sino que también trae implicaciones éticas y políticas significativas. Reconocer esta era geológica implica aceptar que el futuro del planeta está profundamente entrelazado con las decisiones humanas, en donde nuestras acciones deben evitar superar los umbrales críticos del planeta para evitar desencadenar cambios irreversibles.

Es momento de aplicar su conocimiento a través de las actividades que se han planteado a continuación:





## Actividades de aprendizaje recomendadas

En esta primera unidad, usted ha aprendido que nos encontramos en una nueva era conocida como “El Antropoceno”, la cual está caracterizada por importantes cambios relacionados directamente con las actividades humanas. Cambios que afectan a todos los subsistemas terrestres, que están ocurriendo a gran velocidad y que podrían sobrepasar la capacidad de resiliencia del planeta.

El Centro para la Resiliencia de Estocolmo (SRC por sus siglas en inglés) ha desarrollado el concepto de los “Límites Planetarios” para establecer un marco científico que permita comprender los umbrales ambientales críticos que regulan la estabilidad del sistema terrestre y garantizan condiciones seguras para la vida humana.

1. Revise detenidamente el siguiente documento: [Los 9 límites planetarios y la salud del ecosistema terrestre para conocer cuáles son estos umbrales críticos](#). Preste especial atención a la zona en la que se encuentra cada límite. ¿Existen algunos que ya se han superado?

Como pudo observar, estos límites abarcan nueve procesos clave que incluyen el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la alteración de los ciclos biogeoquímicos (nitrógeno y fósforo), el cambio en el uso del suelo, la disponibilidad de agua dulce, la acidificación de los océanos, la contaminación química, la carga de aerosoles en la atmósfera y la reducción del ozono estratosférico. Estudios recientes han evidenciado que al menos cuatro de estos nueve límites ya han sido superados, lo que indica que la actividad humana ha generado presiones insostenibles sobre el planeta. La superación de estos límites incrementa el riesgo de alcanzar puntos de no retorno en los sistemas naturales, lo que podría desencadenar cambios irreversibles y amenazas para el bienestar humano.



2. Estimado estudiante, para evaluar los aprendizajes adquiridos sobre esta temática, le invito a desarrollar la autoevaluación que a continuación se presenta.



### Autoevaluación 1

Lea con detenimiento las siguientes preguntas y responda verdadero (V) o falso (F) según corresponda:

1. El sistema Tierra opera de manera independiente, sin interacciones entre sus subsistemas.
2. Los cambios en la Tierra han ocurrido únicamente por procesos naturales como la tectónica de placas y la actividad volcánica.
3. El Antropoceno es el nombre dado a la era geológica actual, caracterizada por el impacto significativo de la actividad humana en el sistema terrestre.
4. Los cambios en los subsistemas terrestres pueden generar efectos en cadena que afectan la estabilidad global del planeta.
5. El concepto de “Límites Planetarios” fue desarrollado para identificar umbrales ambientales críticos que no deben ser superados para evitar cambios irreversibles en el planeta.
6. El aumento de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub> y el metano es una de las evidencias del Antropoceno.

Lea detenidamente y seleccione la respuesta correcta:

7. ¿Cuál de los siguientes subsistemas no es parte del sistema Tierra?
  - a. Litosfera.
  - b. Hidrosfera.
  - c. Exosfera.
  - d. Biosfera.



8. ¿Qué fenómeno marca el inicio del Antropoceno según algunos científicos?

- a. La Revolución Industrial.
- b. La extinción de los dinosaurios.
- c. La aparición de los primeros homínidos.
- d. La formación de la capa de ozono.

9. ¿Cuál es un claro ejemplo de retroalimentación positiva en el sistema Tierra?

- a. El aumento de la biodiversidad en los océanos.
- b. La reducción del albedo por el derretimiento de glaciares.
- c. La estabilidad del ciclo del nitrógeno.
- d. La reducción del CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

10. ¿Cuál es una de las principales evidencias geológicas del Antropoceno?

- a. La presencia de fósiles de dinosaurios.
- b. El hallazgo de plásticos y radionucleidos en los sedimentos modernos
- c. La erosión de los suelos por la actividad volcánica.
- d. La formación de petróleo en el subsuelo.

[Ir al solucionario](#)





## Semana 2

### Unidad 2. Cambio global y sus impulsores

#### 2.1. ¿Qué es el cambio global?

Una vez que tengamos claro que el Antropoceno es una nueva era “geológica” caracterizada por un profundo cambio en los sistemas naturales como consecuencia de las actividades humanas, vamos a entender cómo se conoce a todos estos cambios que está experimentando la tierra. ¿Alguna vez usted, en las noticias, en sus clases, en las redes sociales, ha escuchado hablar del cambio global?

El cambio global es un concepto que engloba las transformaciones a gran escala que están ocurriendo en los sistemas naturales, sociales y económicos del planeta, impulsadas por la actividad humana (Zamora et al., 2015). Este término incluye fenómenos como: el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la alteración de los ciclos biogeoquímicos, el cambio en el uso del suelo y la degradación de los recursos naturales (Canadell et al., 2007; El-Belgaty y Madkour, 2012; Evrendilek, 2012; Purvis et al., 2015). A diferencia de los cambios locales o regionales, el cambio global afecta a todos los componentes del sistema Tierra, desde la atmósfera y los océanos hasta los ecosistemas y las sociedades humanas (Pörtner et al., 2023).



El **cambio global** se refiere a un conjunto de alteraciones significativas en los sistemas naturales del planeta, como resultado de las actividades humanas.

De acuerdo con Steffen et al. (2005) y Duarte et al. (2006), las características principales del cambio global son:

1. La velocidad e intensidad con la que están sucediendo estos cambios a escala planetaria.



2. El hecho de que sea tan solo una especie, el *Homo sapiens*, el principal motor de estos cambios.

Para una comprensión más profunda de lo que es el Cambio Global y los cambios que está experimentando la tierra, revise el siguiente documento:

Lea por favor las páginas 23 – 29 del documento "[Cambio Global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra](#)" (Duarte et al., 2006) y comprenda el significado y alcance del término cambio global.

Entonces, como usted pudo leer en el documento, el cambio global abarca alteraciones significativas en los sistemas naturales del planeta, impulsadas principalmente por actividades humanas, como por ejemplo el cambio climático, la transformación de la superficie terrestre y la alteración de ciclos biogeoquímicos, entre otras. Los expertos mencionan el origen del cambio global a finales del Siglo XVIII, coincidiendo con la Revolución Industrial, época a partir de la cual, el crecimiento poblacional, el aumento del consumo de recursos (entre ellos combustibles fósiles) y una mayor eficiencia tecnológica han intensificado la presión sobre los ecosistemas (Duarte et al., 2006).

Observe el gráfico: [Comprendiendo el cambio global](#). Ponga especial atención en los procesos del sistema terrestre, como estos están interconectados y en las actividades humanas que producen cambios en estos procesos. Note también en color azul cuáles son esos indicadores medibles que permiten evidenciar los cambios del sistema terrestre.

Acaba usted de observar, las complejas interacciones entre actividades humanas, fenómenos naturales y sus efectos en el planeta, que son parte del cambio global. Aunque existen factores naturales que producen cambios en el sistema terrestre, las actividades humanas son las principales responsables, como lo muestran las múltiples evidencias. Esto subraya la urgencia de abordar los desafíos que plantea el cambio global para preservar la estabilidad del sistema terrestre.



## 2.2. Impulsores del cambio global

Usted seguro se preguntará: ¿Qué impulsa cambios de tal magnitud en el sistema terrestre? De hecho, en el último gráfico que analizamos, se muestran las causas del cambio global. A los factores (procesos, actividades, hechos o eventos) que dan origen o son responsables del cambio global, se los conoce como impulsores o promotores, entendiendo que un impulsor es cualquier factor natural o inducido por el hombre que directa o indirectamente causa cambios en un sistema (Nelson et al., 2006; Damor, 2024).



Recuerde que:

Los **impulsores o promotores del cambio global** son los factores principales que generan alteraciones significativas en el sistema terrestre.

Para un mejor entendimiento de estas causas, se las ha dividido en dos grupos: 1) **Impulsores indirectos** y 2) **Impulsores directos** (Camill, 2010). Los impulsores indirectos, también conocidos como causas subyacentes, son aquellos que operan difusamente alterando e influenciando a los impulsores directos; al contrario, los impulsores directos son aquellos que de forma directa producen cambios en cualquiera de los subsistemas terrestres (Nelson et al., 2006). En la siguiente infografía se muestra cuáles son los impulsores directos e indirectos del cambio global para que usted tenga más claro las diferencias:

### [Impulsores del cambio global](#)

Tal como pudo observar, si bien los impulsores directos tienen efectos inmediatos, los factores indirectos suelen determinar el contexto en el que se producen estos cambios, es decir, impulsan de cierta forma a los impulsores directos. Esto nos lleva a concluir que, los cambios en cualquiera de los subsistemas terrestres casi siempre son causados por múltiples impulsores (directos e indirectos) (Smithers y Blicharska, 2016). Por ejemplo, el incremento de la población y de las tasas de consumo (ambos impulsores



indirectos) tiene una relación directa con la extracción de recursos y mayores emisiones de gases de efecto invernadero lo que a su vez impulsa a la deforestación y cambio climático (Manders, 2006; Sarfo et al., 2021).

Hasta aquí, usted tiene ya una idea completa de quién está produciendo estos grandes cambios a nivel del planeta, cómo se llaman estos cambios y, de forma general, cuáles son sus impulsores. A partir de ahora, en las siguientes semanas iremos analizando cada uno de estos impulsores, para que desde su comprensión profunda pueda gestionar soluciones.

Es momento de aplicar su conocimiento a través de las actividades que se han planteado a continuación:



## Actividades de aprendizaje recomendadas

### Actividad 1:

Para entender cómo cambia la Tierra, debemos considerar tres cuestiones:

- a. ¿Cuáles son las causas del cambio? Actividades humanas y factores no humanos que afectan los procesos del sistema terrestre.
- b. ¿Cómo funciona el sistema terrestre? Procesos en curso que dan forma a la Tierra a través del tiempo.
- c. Cambios medibles: la evidencia de cambios globales a través del tiempo.

Dado que la Tierra es un sistema, cada proceso y fenómeno interactúa con otras partes del sistema. En la siguiente actividad, usted va a construir su propio modelo en donde pueda conectar las causas y efectos de los cambios globales. Por ejemplo, la pérdida de hábitat puede afectar la biodiversidad de animales y plantas. Los cambios en la circulación oceánica afectan la temperatura del agua. Los niveles de gases de efecto invernadero se ven afectados por la quema de combustibles fósiles.





Para construir el modelo:

- Vuelva a observar la imagen: [Comprendiendo el cambio global](#).
- En la página [Construct a Model](#) y usando la imagen como fondo, seleccione en cada pestaña las causas, los procesos y los cambios medibles para un cambio particular. Por ejemplo, en proceso seleccione el ciclo del carbono, en causas, seleccione las actividades que pueden afectar este ciclo, y en cambios medibles, los indicadores que nos pueden dar información de los cambios observados.

¿Qué le pareció esta actividad? Ahora comprende de mejor manera cómo ocurre el cambio global, entendiendo los factores causales, cómo estos actúan sinérgicamente y los cambios que producen en los sistemas naturales.

### Actividad 2:

Estimado estudiante, para evaluar los aprendizajes adquiridos sobre esta temática, le invito a desarrollar la autoevaluación que a continuación se presenta.



### [Autoevaluación 2](#)

Lea con detenimiento las siguientes preguntas y responda verdadero (V) o falso (F) según corresponda:

1. El cambio global solo incluye transformaciones en los ecosistemas naturales, sin afectar los sistemas sociales o económicos.
2. El Homo sapiens es el principal motor del cambio global en la actualidad.
3. El cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la alteración de ciclos biogeoquímicos son fenómenos incluidos dentro del concepto de cambio global.



4. Los impulsores indirectos del cambio global tienen efectos inmediatos en el sistema Tierra.

5. El aumento de la población y el consumo de recursos son ejemplos de impulsores indirectos del cambio global.

6. La deforestación es un ejemplo de un impulsor directo del cambio global.

Lea detenidamente y seleccione la respuesta correcta:

7. ¿Cuál de las siguientes opciones describe mejor el cambio global?

- a. Un conjunto de transformaciones locales en los ecosistemas.
- b. Transformaciones a gran escala en los sistemas naturales, sociales y económicos del planeta.
- c. Cambios geológicos naturales en el planeta sin influencia humana.
- d. Un fenómeno exclusivo de la era preindustrial.

8. ¿Cuál es una de las principales características del cambio global?

- a. Se desarrolla lentamente y sin impacto significativo.
- b. Es causado principalmente por eventos geológicos naturales.
- c. Es impulsado por la actividad humana y ocurre a gran velocidad.
- d. Se limita a cambios en la temperatura global.

9. ¿Cómo se diferencian los impulsores directos e indirectos del cambio global?

- a. Los directos afectan indirectamente a los ecosistemas, mientras que los indirectos tienen un impacto inmediato.
- b. Los directos causan cambios inmediatos en los subsistemas terrestres, mientras que los indirectos alteran el contexto en el que estos cambios ocurren.
- c. No hay diferencia entre ellos, ambos causan el cambio global de la misma manera.



d. Los indirectos afectan únicamente a los seres humanos, mientras que los directos afectan a la naturaleza.

10. ¿Cuál de los siguientes ejemplos es un impulsor directo del cambio global?

- a. Crecimiento poblacional.
- b. Expansión urbana.
- c. Cambio en los valores culturales.
- d. Transformaciones en el modelo económico.

[Ir al solucionario](#)

## Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 3

## Unidad 3. Impulsores indirectos del cambio global

Iniciamos esta nueva unidad recordando que un impulsor indirecto del cambio global es todo aquel que opera difusamente alterando e influenciando a los impulsores directos. Existen varios impulsores indirectos del cambio global (**Figura 3**), nos concentraremos en los más importantes a lo largo de las siguientes semanas:

**Figura 3**

*Impulsores indirectos del cambio global*



Nota. Tapia, M.F., 2025.

### 3.1. Población humana y consumo

Para usted, ya no es novedad escuchar que en la tierra somos muchos ¿verdad?, siempre estamos escuchando acerca de que la población crece exponencialmente, que hay que reducir las tasas de crecimiento poblacional y que el exceso de población tiene relación directa con los problemas ambientales. Todas estas afirmaciones son ciertas, pero es importante entender bien cuál es la relación entre la población y el cambio global y cuáles son las variables que intervienen.

El crecimiento de la población humana (factor demográfico) es uno de los impulsores indirectos más importantes del cambio global, ya que influye directamente en la demanda de recursos naturales, la generación de desechos y la transformación de los ecosistemas (Ahmad, 2009; Ganivet, 2019). La población, a lo largo de la historia ha experimentado varios cambios, transformando no solo la forma en que interactuamos con el planeta, sino también la escala y la magnitud de nuestro impacto (Samways, 2022).

Durante gran parte de la antigüedad y la Edad Media, la población mundial creció lentamente debido a altas tasas de mortalidad relacionadas con enfermedades, hambrunas y guerras (Gagnon, 2012). Sin embargo, con la Revolución Agrícola hace unos 10,000 años, se produjo un aumento gradual gracias a una mayor disponibilidad de alimentos. Posteriormente, la Revolución Industrial marcó un punto de inflexión: los avances en la medicina, la higiene y la tecnología, incrementaron significativamente las tasas de supervivencia, reduciendo la mortalidad infantil y alargando la esperanza de vida (Easterlin, 1995).

En 1800, la población mundial era de aproximadamente 1,000 millones de personas; en el siglo XX, llegó a los 2,000 millones, y en las décadas siguientes el crecimiento se aceleró, alcanzando más de 8,000 millones en 2024. ¿Cuántas personas habitamos el planeta en este preciso momento?





Lo invito a revisar la siguiente página web: [Worldmeter](https://worldmeter.info/), en donde podrá conocer cómo ha evolucionado la población mundial, cuántas personas habitan el planeta ahora mismo y cuáles son los países más poblados.

Los datos nos dicen que somos muchísimas personas habitando esta casa común llamada Tierra, distribuidas de forma no uniforme a lo largo del planeta, en donde, países como India, China o U.S.A. concentran el mayor número de habitantes (UN, 2022). Así mismo, las tasas de crecimiento no son uniformes como se puede observar en la **Figura 4**. En países desarrollados como Japón y Alemania, las tasas de natalidad son bajas, e incluso algunas poblaciones están disminuyendo debido al envejecimiento (Marois et al., 2018; Gray, 2023). En contraste, regiones como África Subsahariana y algunos otros países ubicados en las zonas tropicales, experimentan altas tasas de natalidad, lo que contribuye significativamente al crecimiento demográfico global (Abramova, 2022).



**Figura 4**  
*Tasas de crecimiento de la población*



Nota. Tomado de ¿Cuál es el crecimiento poblacional del mundo en 2024? [Infografía], por Melo, F., 2024, [Statista](#), CC BY 4.0.

A nivel global, el crecimiento de la población humana es inédito en la historia del planeta y las proyecciones dicen que, aunque en los siguientes años, el crecimiento será más lento, se espera que para el 2100 seamos aproximadamente 11.000 millones de personas (**Figura 5**) (Vollset et al., 2020). De acuerdo a las Naciones Unidas (2022) y [Nuestro Mundo en Datos](#) las proyecciones también indican que para el 2050 la mitad de la población vivirá tan solo en 9 países y que la mayoría de la población se concentrará en zonas urbanas.

**Figura 5**

*Proyección de crecimiento de la población para el 2100*



Nota. Tomado de *¿Cuántas personas habrá en el mundo en 2100?* [Infografía], por Melo, F., 2022, [Statista](#), CC BY 4.0.

Pero ¿qué consecuencias ha traído el incremento de la población de esta manera? Más población significa mayor demanda de materias primas, recursos energéticos y alimentos, al tiempo que se amplifica la generación de desechos. Todo esto no sería un problema si el planeta Tierra fuera infinito, pero no lo es. Es en este punto, en el que entran algunos conceptos claves que le permitirá entender con mayor profundidad cuál es el problema de que seamos tantos. Por favor, revise la siguiente presentación titulada: "[¿Cuál es el problema de que cada vez seamos más personas en el planeta?](#)" para mayor comprensión de este tema.

Como usted pudo ver, en la actualidad, la humanidad consume recursos como si tuviera acceso a 1,75 planetas Tierra, e incluso existen países que necesitan más de 3 planetas Tierra para cubrir su nivel de demanda de recursos y energía. La relación entre estos términos que usted acaba de revisar, deja claro un aspecto muy importante, el problema no radica únicamente en el número de personas, sino en cómo la demanda de recursos y los patrones de consumo de esas personas amplifican la presión sobre el planeta (Jorgenson, 2005). En primer lugar, nuestro modelo de consumo no es sostenible.

Por favor, revise el video [“La sociedad de consumo”](#) para entender como el modelo de consumo en la actualidad no es sostenible y tiene relación directa con el cambio global.

En segundo lugar, los patrones de demanda de recursos y consumo en sí, no son iguales o uniformes para todas las personas, regiones o países. Por una parte, los países de altos ingresos, que albergan a menos del 20% de la población mundial, son responsables de una porción desproporcionadamente alta del consumo de energía y recursos (Sanwal, 2015). Por otro lado, en muchas regiones de bajos ingresos, el acceso a recursos esenciales como agua potable, alimentos y energía sigue siendo limitado.

Para que usted tenga una idea de las diferencias en las tasas de consumo alrededor del mundo, revise los mapas interactivos en los siguientes enlaces (Puede mover la flecha en la imagen interactiva para ver el cambio de este indicador a través de los años).

- El primero le muestra el [consumo per cápita de material doméstico](#), el cual incluye biomasa, combustibles fósiles, recursos minerales, entre otros.
- [El segundo le muestra el consumo per cápita de energía](#).

Por ejemplo, un ciudadano promedio de Estados Unidos consume aproximadamente 34 veces más energía que una persona en África Subsahariana. En contraste, en los países en desarrollo, aunque el consumo es menor, el crecimiento poblacional rápido genera presión sobre ecosistemas locales y recursos limitados, exacerbando los problemas ambientales.







En Ecuador ¿Cuál es la situación? ¿Nuestros patrones de consumo van de acuerdo a nuestra biodisponibilidad? ¿tenemos un déficit o superávit ecológico?

Para conocer un poco más, revise el siguiente video.

[¿Cuál es la situación en Ecuador?](#)

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en la actividad que se describe a continuación:



### Actividad de aprendizaje recomendada

¿Conoce usted cuál es su huella ecológica? Pues vamos a calcularla y de esta forma conocer, ¿Cuántos planetas necesitaríamos si toda la población viviera como usted?

Ingresa a "[The Global Footprint Network](#)", seleccione el idioma de su preferencia en la parte superior derecha y siga las instrucciones para calcular su huella ecológica.

¿Cuál fue su resultado?, ¿necesitaríamos un planeta o muchos planetas, si todos viviéramos como usted? La calculadora de la huella ecológica nos permite tener una aproximación a nuestra huella ecológica en función de cuantos materiales y energía consumimos, así como cuánta basura generamos. Si nuestro resultado indica que necesitamos más de un planeta, entonces es hora de plantearnos qué acciones podemos hacer o mejorar para disminuir nuestra huella ecológica y tener una vida más sostenible.





## Semana 4

### Unidad 3. Impulsores indirectos del cambio global

#### 3.2. Interdependencia global y desigualdad ambiental: decisiones con impacto planetario

Seguramente, usted habrá escuchado que la naturaleza no conoce de fronteras y esto es totalmente cierto. Los recursos naturales, los servicios ecosistémicos y el flujo de materia y energía tienen sus propias dinámicas y espacios en los que tienen lugar, más allá de las divisiones políticas o el país al que pertenecen (López-Hoffmann, 2010; Richardson, 2020). Ahora bien, a pesar de que los subsistemas terrestres funcionan como un todo, las decisiones políticas, económicas y ambientales tomadas en un país (espacio geográfico delimitado por el ser humano) pueden tener impactos significativos sobre el estado, funcionalidad y conservación de los recursos y servicios ecosistémicos de otros países o del planeta tierra en general, debido a la interdependencia de los sistemas naturales y socioeconómicos (Ebbesson, 2009; Liu et al., 2020).

Por ejemplo, la decisión de una nación como Estados Unidos de retirarse del Acuerdo de París, afecta no solo su propio compromiso con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sino también la capacidad colectiva del mundo para mitigar el cambio climático. Esto se debe a que las emisiones de carbono no reconocen fronteras, y la contribución de un país a los gases de efecto invernadero se dispersa a nivel planetario, intensificando el calentamiento global.

Este fenómeno no se limita al cambio climático; las decisiones de ciertos países sobre comercio, manejo de residuos o deforestación también tienen repercusiones transfronterizas (Liu et al., 2020).



En otro ejemplo, la exportación de desechos plásticos a países con menor capacidad de gestión ambiental, puede degradar los ecosistemas de esas regiones. Asimismo, la sobreexplotación de recursos naturales por parte de empresas multinacionales, a menudo respaldadas por políticas laxas en sus países de origen, puede generar deforestación, contaminación del agua y desplazamiento de comunidades en regiones distantes.

Entonces, en un mundo globalizado como el nuestro y tomando en cuenta que nuestro planeta es un gran sistema, es de esperarse que las decisiones individuales tengan impacto colectivo. Lo invito a explorar el siguiente recurso de aprendizaje para profundizar en esta temática:



En el video titulado "[La globalización y medio ambiente](#)", Pérez (2021) nos explica cómo el que el mundo esté interconectado se relaciona con la degradación del planeta.

Como puedo ver en el video, la geopolítica y la globalización son factores clave que intensifican la presión sobre los recursos naturales del planeta (Rees, 2009; Shuqin, 2009). La geopolítica, que abarca las relaciones de poder entre naciones y su control sobre territorios y recursos, influye directamente en la explotación y distribución de bienes como agua, minerales y combustibles fósiles (Shuqin, 2009). Por otro lado, la globalización ha acelerado el comercio internacional y la integración económica, aumentando la demanda de recursos y ampliando las cadenas de suministro a nivel global (Zvarych, 2004; Rees, 2009). Este proceso ha facilitado el acceso a recursos en regiones remotas, pero también ha generado desigualdades, sobreexplotación y conflictos por su uso.

Es fundamental comprender cómo las decisiones tomadas en un territorio pueden generar impactos significativos en los sistemas naturales de otros lugares, un fenómeno conocido como "leakage" o fuga ambiental. Este concepto describe cómo la implementación de políticas o actividades en una región puede trasladar la presión ambiental, la contaminación o la explotación de recursos hacia otras áreas, en lugar de reducirla globalmente (Zhang et al., 2020). Por ejemplo, a nivel mundial se han establecido políticas para mitigar el



cambio climático, muchas de esas políticas han sido adoptadas por los países que generan mayores emisiones, como, por ejemplo, los países de la Unión Europea. Podríamos aplaudir estas iniciativas, sin embargo, aunque son importantes, las mismas han generado que muchas empresas trasladen sus operaciones industriales hacia otros países donde no existen regulaciones ni compromisos legales (Naegele y Zaklan, 2017). Al final, las emisiones siguen llegando a la atmósfera. Esto es lo que consideramos una fuga ambiental.



Para entender mejor este tema, por favor revise el artículo: [El problema de las «fugas de carbono» y las opciones para afrontarlo](#) de González (2011), el cual habla sobre las fugas de carbono.

Otro aspecto importante a considerar es que, las decisiones que se toman en un territorio pueden promover injusticia o desigualdad ambiental, exacerbando las disparidades en el acceso a los recursos, aumentando la vulnerabilidad a los impactos ambientales y afectando los derechos de las comunidades más desfavorecidas (Martin, 2013; Akinsemolu, 2023). Este problema es particularmente relevante en el contexto de la globalización, que interconecta las economías y sociedades, pero también facilita la externalización de problemas ambientales desde regiones más desarrolladas hacia aquellas con menor capacidad de regulación (Hughes, 2012; Chakraborty et al., 2016).

En la siguiente presentación titulada: “[Problemas Ambientales](#)”, usted encontrará algunos ejemplos de externalización.

Entonces, como usted pudo observar en los ejemplos, la “Injusticia Ambiental Global” o “Desigualdad Ambiental Global” no es otra cosa que el fenómeno en el que las decisiones ambientales y políticas de ciertos países no afectan de manera equitativa a todos los países exacerbando las desigualdades en el acceso a los recursos, la vulnerabilidad a los impactos ambientales y los derechos de las comunidades afectadas (Martin, 2013; Caudle et al., 2024).



Existen algunas características clave de este problema:

- **Desigualdad en los impactos:** Las emisiones de gases de efecto invernadero de los países industrializados contribuyen significativamente al cambio climático, pero las regiones más vulnerables, como los países en desarrollo o las pequeñas islas, son las que enfrentan las consecuencias más extremas, como el aumento del nivel del mar, sequías y desastres climáticos.
- **Transferencia de cargas ambientales:** Países con políticas ambientales más estrictas a menudo externalizan sus problemas ambientales, como el envío de residuos peligrosos o plásticos a naciones con menor capacidad de gestión es lo que degrada los ecosistemas locales y afecta a las comunidades más pobres.
- **Diferencias en responsabilidad histórica:** Los países desarrollados, que han sido los mayores emisores históricos de carbono, no siempre asumen proporciones equitativas de la responsabilidad para mitigar el cambio climático, mientras que los países en desarrollo, que han contribuido menos al problema, enfrentan mayores restricciones y presiones internacionales.
- **Brecha en la capacidad de respuesta:** Las naciones con mayores recursos económicos y tecnológicos tienen mejores capacidades para adaptarse al cambio climático y sus efectos, mientras que las regiones menos desarrolladas carecen de infraestructura, financiamiento y tecnología, quedando más expuestas a los riesgos.

Es así que, en un mundo interconectado, los problemas ambientales son, en esencia, globales. Esto resalta la importancia de la cooperación internacional y de mecanismos como el Acuerdo de París, que buscan alinear los esfuerzos de todos los países hacia un desarrollo sostenible y equitativo (Wei et al., 2014). Sin un compromiso global, las acciones de una sola nación pueden desestabilizar los esfuerzos colectivos y poner en peligro la resiliencia ambiental del planeta.

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en la actividad que se describe a continuación:





## Actividad de aprendizaje recomendada

En esta unidad hemos hablado sobre cómo la globalización ha tenido, de cierta forma, un impacto negativo sobre el ambiente y cómo ha potenciado las desigualdades o injusticias ambientales en todo el mundo. Hemos hablado también sobre la fuga de los impactos ambientales, cuando en ciertos países se plantean políticas ambientales estrictas para conservar su ambiente, pero esto termina desplazando esos impactos hacia otras áreas con legislaciones permisibles.

Vamos a ver un ejemplo puntual de lo que le acabo de hablar.

- Vea el reportaje: [¿Por qué la moda se ha convertido en la tercera industria más contaminante del planeta?](#) (DW Español, 2024) y note cómo funciona esta industria de la moda rápida y qué impactos ambientales tiene.

El video expone cómo la industria textil, por poner un ejemplo de industrias con operaciones a nivel global, contribuye significativamente a la crisis ambiental y social global. Uno de los aspectos clave abordados es la forma en que las leyes más laxas en ciertos países permiten tanto la contaminación ambiental como la explotación laboral. Como habíamos abordado ya durante esta semana, muchas grandes marcas de moda trasladan su producción a países donde las leyes ambientales y laborales son menos estrictas. Esto permite a las empresas reducir costos, pero a costa de altos impactos ecológicos y sociales. En países con regulaciones ambientales débiles, las fábricas textiles vierten sustancias químicas tóxicas directamente en ríos y cuerpos de agua sin tratamiento adecuado. Por ejemplo, el uso de tintes sintéticos y productos químicos como el plomo o el mercurio en la producción textil puede generar graves problemas de salud y contaminación del agua potable para las comunidades cercanas. Asimismo, la industria de la moda es responsable de una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero. En países con normativas ambientales relajadas, muchas fábricas operan sin restricciones en el uso de combustibles fósiles, lo que



incrementa la huella de carbono de la industria. En muchas fábricas textiles de Asia, América Latina y África, los trabajadores enfrentan jornadas excesivas con salarios extremadamente bajos, en condiciones de trabajo insalubres. Finalmente, al producir en países con normas más flexibles, las marcas de moda pueden eludir su responsabilidad ambiental y laboral. La falta de leyes internacionales vinculantes permite que grandes empresas tercericen la producción y, cuando hay escándalos por contaminación o explotación laboral, simplemente culpan a los proveedores locales sin asumir consecuencias legales o económicas.

La globalización y las desigualdades en la regulación ambiental y laboral han permitido que la industria de la moda se convierta en una de las industrias más contaminantes y explotadoras. Para enfrentar estos problemas, es crucial la implementación de políticas más estrictas a nivel internacional y un mayor compromiso por parte de los consumidores y gobiernos para exigir prácticas más sostenibles y éticas en la producción textil.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



## Semana 5

### Unidad 3. Impulsores indirectos del cambio global

#### 3.3. Otros factores

Además de las decisiones políticas, el crecimiento de la población y sus niveles de consumo y presión que ejercen sobre el ambiente, existen otros factores que por sí solos tienen un impacto en la forma en la que las personas se relacionan con su medio. Factores como la cultura, la religión y la tecnología también son impulsores indirectos del cambio global.

#### Cultura



La cultura, entendida como el conjunto de valores, creencias, prácticas y comportamientos compartidos por una sociedad, juega un papel fundamental en la transformación del mundo. A lo largo de la historia, las ideas y costumbres han influido en la forma en que las sociedades interactúan con su entorno, modificando tanto sus paisajes naturales como sus estructuras socioeconómicas (Spencer y Lilley, 2012). En el contexto actual, donde la globalización ha acelerado la interconexión entre culturas, se observa cómo ciertos valores culturales pueden tener un impacto en el cambio global, ya sea promoviendo el consumo masivo de recursos (aceleran el cambio global) o fomentando prácticas más sostenibles (mitigan el cambio global) (Guangjin, 2009). Movimientos culturales como el veganismo, el minimalismo y la economía circular han trascendido sus contextos originales para influir en políticas públicas, modelos de negocio y decisiones de consumo a nivel mundial, demostrando cómo la cultura puede ser un motor de transformación ambiental, económica y social (Singh et al., 2024).

Además, la cultura moldea las percepciones y respuestas de las sociedades ante problemáticas globales como el cambio climático, la desigualdad y la innovación tecnológica (Wilderer, 2005). Por ejemplo, en muchas sociedades occidentales se ha promovido una visión de progreso basada en el crecimiento económico y el desarrollo industrial, lo que ha impulsado la extracción masiva de recursos naturales y el aumento de las emisiones de carbono (Sakapaji, 2022). En contraste, algunas culturas indígenas han mantenido un enfoque de relación armónica con la naturaleza, basado en la gestión sostenible de los ecosistemas y el respeto a los ciclos naturales (Daiyan, 2023). Estos contrastes culturales influyen en las políticas ambientales y en la forma en que distintos países abordan la crisis climática. En este sentido, la cultura no solo es un reflejo de las sociedades, sino también un factor que determina el rumbo del cambio global, marcando el equilibrio entre la degradación ambiental y la sostenibilidad futura.



Revise este pequeño documental sobre la [cosmovisión de los pueblos indígenas y la protección de la naturaleza](#) (DW-Español, 2011).





Como pudo observar en el video, se habla brevemente del impacto que ha tenido la forma en la que las culturas indígenas se relacionan con su entorno, en la conservación del ambiente y la biodiversidad, resaltando que, aunque no siempre esto es la regla, sin duda alguna los modelos de desarrollo basados en el consumismo y la extracción de recursos naturales tienen un impacto mucho mayor sobre el territorio.

## Religión

Por otra parte, la religión ha sido históricamente un motor del cambio global, influyendo en la forma en que las sociedades perciben y se relacionan con el mundo. A través de sus doctrinas, valores y prácticas, las religiones han moldeado los sistemas políticos, económicos y ambientales en diversas regiones (Eom y Ng, 2023). En el ámbito ambiental, muchas tradiciones religiosas promueven la idea de la “mayordomía de la Tierra”, instando a sus seguidores a proteger y preservar la naturaleza (Colella, 2022). Por ejemplo, la encíclica “Laudato Si” del Papa Francisco ha tenido un impacto significativo en el discurso global sobre el cambio climático, llamando a la humanidad a asumir su responsabilidad ecológica (Hoffman, 2015).

En contraste, algunas interpretaciones religiosas han fomentado el uso ilimitado de los recursos naturales, bajo la creencia de que estos fueron otorgados para el beneficio humano sin restricciones (Emodi y Hergenreder, 2014). A nivel político y social, la religión también ha influido en movimientos de derechos humanos y justicia social y desarrollo sostenible, impulsando cambios que trascienden fronteras y generaciones (Berry, 2014). En este sentido, la religión no solo es un sistema de creencias personales, sino una fuerza que moldea la forma en que los individuos y las naciones se relacionan con su entorno (Emodi y Hergenreder, 2014). Lo invito a revisar la siguiente presentación titulada: "[La religión como un impulsor del cambio global](#)", donde se muestra con datos cómo la religión de forma indirecta tiene impacto en nuestra relación con el entorno.

## Tecnología



En el caso de la tecnología, su rol en el cambio global es ambivalente, puesto que, por una parte, puede ser una herramienta para la sostenibilidad y el bienestar humano como lo demuestran el desarrollo de soluciones sostenibles, como las energías renovables, la agricultura de precisión y la inteligencia artificial aplicada a la conservación de ecosistemas (en este momento no profundizaremos en este rol), pero también puede ser un promotor de desigualdad y degradación ambiental (Khan y Singh, 2023).

Desde la Revolución Industrial hasta la era digital, los avances tecnológicos han acelerado el desarrollo económico, la globalización y la interconectividad entre regiones y esto ha influido de forma indirecta sobre el ambiente impulsando cambios globales en el clima, la biodiversidad y la disponibilidad de recursos naturales (Ghanim, 2024). Revise la siguiente infografía para entender las distintas formas en las que la tecnología contribuye al cambio global.

### [Contribución de la Tecnología al Cambio Global](#)

Como usted pudo revisar, aunque los avances tecnológicos no se desarrollan con el objetivo de causar problemas ambientales, de cierta forma pueden facilitar y fomentar la explotación masiva de la naturaleza, la producción de residuos electrónicos, el aumento del consumo energético y la contaminación, impulsando a promotores directos del cambio global, como el cambio climático, la deforestación y la pérdida de biodiversidad. Por lo que, para minimizar su impacto negativo, es fundamental que los avances tecnológicos vayan de la mano de estrategias de desarrollo sostenible como la economía circular, la regulación de residuos electrónicos, el uso de energías renovables en la infraestructura digital y la reducción del consumo innecesario de dispositivos tecnológicos. También se requiere una mayor inversión en tecnologías limpias que permitan una transición hacia una economía baja en carbono.

Es momento de aplicar su conocimiento a través de las actividades que se han planteado a continuación.





## Actividades de aprendizaje recomendadas

1. En el siguiente video se analizan algunos ejemplos concretos de cómo la tecnología contribuye a los problemas del cambio global. Revise cada uno de estos casos:

[La tecnología como impulsor del cambio global](#)

2. Luego de que ha revisado estos ejemplos, le desafío a responder a las siguientes preguntas del *quiz*:

[Encuentre el tesoro](#)

3. Estimado estudiante, para evaluar los aprendizajes adquiridos sobre esta temática, le invito a desarrollar la autoevaluación que a continuación se presenta.



### [Autoevaluación 3](#)

Lea con detenimiento las siguientes preguntas y responda verdadero (V) o falso (F) según corresponda:

1. Los impulsores indirectos del cambio global son aquellos que operan de manera difusa e influyen en los impulsores directos.
2. El crecimiento poblacional ha sido constante a lo largo de la historia, sin variaciones importantes.
3. El consumo de recursos no es uniforme en todo el mundo; los países desarrollados consumen más recursos per cápita.
4. La interdependencia global significa que las decisiones ambientales en un país pueden afectar a otras regiones.
5. La fuga ambiental ocurre cuando una empresa traslada su contaminación a otro país con regulaciones ambientales más laxas.

Lea detenidamente y seleccione la respuesta correcta:



6. ¿Cuál de los siguientes es un impulsor indirecto del cambio global?
- a. Deforestación.
  - b. Aumento de la temperatura global.
  - c. Crecimiento de la población.
  - d. Contaminación del agua.
7. ¿Qué evento histórico impulsó un crecimiento acelerado de la población?
- a. Revolución Agrícola.
  - b. Revolución Industrial.
  - c. Edad Media.
  - d. Revolución Digital.
8. ¿Qué término describe la externalización de problemas ambientales de un país a otro con regulaciones más laxas?
- a. Geopolítica ambiental.
  - b. Justicia climática.
  - c. Fuga ambiental.
  - d. Desarrollo sustentable.
9. ¿Cuál de los siguientes es un ejemplo de desigualdad ambiental?
- a. Todos los países comparten por igual los impactos del cambio climático.
  - b. Los países industrializados emiten más carbono, pero los países en desarrollo sufren más los efectos.
  - c. Todos los países tienen acceso equitativo a los recursos naturales.
  - d. Los países ricos han sufrido más sequías e inundaciones que los países pobres.



10. ¿Cómo puede la cultura influir en el cambio global?

- a. Promoviendo modelos de consumo masivo o prácticas sostenibles.
- b. Sin ningún impacto significativo en los patrones de consumo y producción.
- c. Estableciendo leyes ambientales universales.
- d. Determinando la composición química de la atmósfera.

[Ir al solucionario](#)

**Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas**



## Semana 6

### Unidad 4. Impulsores directos del cambio global

Usted, tiene ahora una idea clara de los principales impulsores indirectos del cambio global, y de cómo estos pueden aportar a los impulsores directos, en los cuales nos concentraremos a partir de ahora. Recuerde que un impulsor directo es aquel que de forma directa produce cambios en cualquiera de los subsistemas terrestres.

Existen varios impulsores directos, durante esta asignatura analizaremos los principales (**Figura 6**) tratando de entender sus causas, pero también el impacto que tienen sobre los diferentes subsistemas terrestres.



**Figura 6**

*Impulsores directos del cambio global*



Nota. Tapia, M.F., 2025.

## 4.1. Alteración ciclos biogeoquímicos

Para entender que es lo que está ocurriendo con el ciclaje de nutrientes en el Antropoceno, primero es importante que usted conozca algunos conceptos claves, como por ejemplo ¿Qué son los ciclos biogeoquímicos? ¿Cómo funcionan? y ¿Por qué son tan importantes? Vamos a ir resolviendo cada una de estas preguntas.

### ¿Qué es un Ciclo Biogeoquímico?

En la naturaleza todo se encuentra en movimiento, incluida la materia. Cada organismo y molécula orgánica en el planeta, está compuesto principalmente por seis elementos esenciales (carbono, nitrógeno, oxígeno, fósforo, azufre e hidrógeno) que se encuentran constantemente en movimiento a través de varios reservorios incluidos los organismos vivos (Rotmans y Elzen, 1999). Este movimiento se conoce como “Ciclo biogeoquímico”.



Un **ciclo biogeoquímico** es el proceso natural mediante el cual los elementos esenciales para la vida, como carbono, nitrógeno, fósforo, oxígeno, azufre e hidrógeno, se mueven a través de los sistemas terrestres, atmosféricos y biológicos.

Estos ciclos garantizan la disponibilidad de nutrientes y el equilibrio necesario para el funcionamiento de los ecosistemas (Smith y Smith, 2007). Los elementos se transfieren entre diferentes reservorios, como la atmósfera, el

suelo, los cuerpos de agua y los organismos vivos, mediante procesos como fotosíntesis, respiración, descomposición y sedimentación (Manzoni y Porporato, 2011).

Existen tres tipos de ciclos biogeoquímicos: a) hidrológicos, b) gaseosos y c) sedimentarios (Smith y Smith, 2007). Observe la siguiente infografía para entender cada tipo:

### [Tipos de Ciclos Biogeoquímicos](#)

Como usted pudo observar, esta clasificación está dada en función del reservorio principal a través del cual cada elemento se mueve. Por ejemplo, el transporte de elementos como el fósforo y azufre ocurren principalmente por sedimentación y este proceso a su vez ocurre en el suelo.

### **¿Cómo funcionan los ciclos biogeoquímicos?**

Ya que tiene claro, cuáles son los principales elementos que circulan en el planeta a través de ciclos biogeoquímicos, vamos a aprender cómo ocurre el ciclo de cada uno de estos elementos, para más adelante entender como estos ciclos se ven alterados como consecuencia de las actividades humanas. Lo invito a revisar el siguiente módulo didáctico:

### [Ciclos biogeoquímicos](#)

Entonces, cada uno de estos elementos tiene su ciclo particular (Rotmans y Elzen, 1999). En el ciclo del agua, el agua se evapora desde los océanos, ríos y lagos debido al calor solar, se condensa en la atmósfera formando nubes y regresa a la superficie mediante la precipitación, infiltrándose en el suelo o fluyendo de vuelta a los cuerpos de agua. El ciclo del carbono inicia cuando las plantas capturan  $\text{CO}_2$  de la atmósfera mediante la fotosíntesis, transformándolo en compuestos orgánicos que son consumidos por los organismos heterótrofos. Al morir, la materia orgánica es descompuesta y parte del carbono regresa a la atmósfera, mientras que otra parte queda atrapada en depósitos fósiles como petróleo y carbón. El ciclo del nitrógeno comienza con la fijación de nitrógeno atmosférico por bacterias especializadas, que lo transforman en compuestos aprovechables por las



plantas; los animales obtienen nitrógeno al consumir plantas y lo devuelven al ambiente mediante la descomposición y excreción, cerrando el ciclo. En el caso del oxígeno, las plantas liberan oxígeno como subproducto de la fotosíntesis, el cual es utilizado por los organismos en la respiración celular, transformándolo en  $\text{CO}_2$  que las plantas reutilizan para reiniciar el proceso. El ciclo del fósforo ocurre principalmente en la litosfera, donde la erosión de rocas libera fosfatos que son absorbidos por las plantas y transferidos a los animales a través de la cadena alimentaria; tras la descomposición, el fósforo regresa al suelo y al agua, donde puede sedimentarse y reincorporarse a las rocas. Por otro lado, el ciclo del azufre involucra procesos en la atmósfera y la corteza terrestre, donde el azufre es liberado por la descomposición de materia orgánica, actividad volcánica y quema de combustibles fósiles; este compuesto es absorbido por plantas y organismos marinos, retornando al suelo y la atmósfera cuando los organismos mueren o a través de la lluvia ácida.

### **¿Por qué son tan importantes los ciclos biogeoquímicos?**

Seguro, usted ya me puede dar una respuesta a esta pregunta con la información que hasta aquí ha revisado. Efectivamente, Los ciclos biogeoquímicos son fundamentales para el equilibrio de los ecosistemas, ya que garantizan la disponibilidad y el reciclaje continuo de los elementos esenciales para la vida (Likens, 1981). Estos ciclos permiten que la materia fluya entre los seres vivos y el ambiente, asegurando que los nutrientes no se agoten y que los organismos puedan mantener sus funciones biológicas. Por ejemplo, el ciclo del carbono regula la cantidad de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, lo que influye en la temperatura global y el clima, mientras que el ciclo del nitrógeno es crucial para la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas, base de las cadenas tróficas. Además, el ciclo del agua mantiene la humedad de los ecosistemas y permite el transporte de nutrientes esenciales a través de ríos, lagos y océanos. Cuando estos ciclos funcionan de manera equilibrada, los ecosistemas pueden sostener la biodiversidad, regular el clima y proporcionar servicios ecosistémicos como la producción de oxígeno, la purificación del agua y la fertilidad del suelo.





Y entonces si son tan importantes, ¿qué es lo que está pasando actualmente con estos ciclos? Las alteraciones humanas, como la deforestación, la contaminación y el uso excesivo de combustibles fósiles, han desestabilizado estos ciclos, intensificando otros impulsores del cambio global como el cambio climático, la desertificación o pérdida de biodiversidad (Ayres, 1994; Doney y Schimel, 2015; Yang et al., 2021). En el siguiente apartado profundizaremos en este tema.

### ¿Qué causa el desbalance en estos ciclos?

Los cambios observados en el ciclo de los elementos esenciales que hemos venido hablando, están principalmente relacionados a las actividades humanas, las cuales modifican el equilibrio natural en el que los elementos circulan entre los organismos y el ambiente. Entre las principales causas de esta alteración se encuentran la deforestación, el uso excesivo de fertilizantes, la contaminación, la quema de combustibles fósiles y la urbanización acelerada. Lo invito a revisar el siguiente recurso de aprendizaje, donde se muestra para cada uno de estos elementos que factores están produciendo que se altere su ciclo:



Revise el video [“Alteraciones realizadas a los ciclos biogeoquímicos por la humanidad”](#) (Udearoba, 2025).

Como usted pudo observar en el video, las actividades humanas pueden influenciar de diversas formas la alteración de estos ciclos (Ver, 1999). Por ejemplo, el abuso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados en la agricultura ha generado una acumulación excesiva de nutrientes en cuerpos de agua, provocando eutrofización, un fenómeno que reduce los niveles de oxígeno y afecta la biodiversidad acuática (Hedin et al., 1995). La quema de combustibles fósiles ha incrementado la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera, intensificando el efecto invernadero y el cambio climático, mientras que la deforestación ha interrumpido el ciclo del carbono y del oxígeno al reducir la capacidad de los bosques para absorber  $\text{CO}_2$  y liberar oxígeno (Olalekan, 2021). Además, la contaminación del agua y del suelo por residuos



industriales y plásticos ha afectado el ciclo del azufre y del fósforo, alterando la composición química de los ecosistemas y reduciendo su capacidad para sostener la vida (Livesley, 2016).

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en la actividad que se describe a continuación:



### Actividades de aprendizaje recomendadas

Tome en cuenta todo lo que aprendió sobre los ciclos biogeoquímicos, su importancia y las causas de su alteración y resuelva el siguiente crucigrama.

#### Ciclos Biogeoquímicos

Ahora, usted tiene claro cuáles son los principales ciclos que cumplen varios de los elementos esenciales para la vida y para el funcionamiento de los ecosistemas. Recuerde que estos ciclos están interconectados y que cualquier perturbación en uno de ellos puede generar alteraciones en otros. Además, a través de la actividad de aprendizaje que acaba de culminar, usted ha reforzado algunas de las actividades puntuales que han generado este desbalance en los ciclos biogeoquímicos.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 7

## Unidad 4. Impulsores directos del cambio global

### 4.2. Pérdida de la biodiversidad

Es hora de conocer otro de los impulsores directos del cambio global. Tal Vez, la pérdida de la biodiversidad es uno de los problemas ambientales que más llaman la atención porque implica la desaparición de especies, muchas de esas especies, carismáticas o ampliamente conocidas a nivel mundial, como las que conocerá en la presentación que se comparte a continuación:



## Especies en peligro.

Pero la pérdida de la biodiversidad va más allá de la desaparición o extinción de especies (Fargeot et al., 2024). Un primer paso para entender este problema es tener claro ¿Qué es biodiversidad?



La biodiversidad es la variedad de vida en la Tierra, incluyendo la diversidad de genes, especies, ecosistemas y funciones ecológicas.

Entonces, el término biodiversidad abarca la variedad de formas de vida a varios niveles. Pero, ¿Cuáles son estos niveles? Revise, por favor, la siguiente presentación para conocer los diferentes niveles de la biodiversidad y sus características:

## Biodiversidad.

Aunque, la idea de pérdida de la biodiversidad, la asociamos generalmente a la pérdida de especies, la pérdida o alteración de cualquiera de estos niveles tiene un impacto sobre la función de los ecosistemas en general (Deb, 2022; Fargeot et al., 2024). Por ejemplo, si las poblaciones de una especie han tenido erosión genética (empobrecimiento a nivel de su pool genético), aun cuando aún existan individuos de esa especie en un área geográfica definida, esa población tiene alta probabilidad de extinguirse en el corto plazo, además la pérdida de ciertos genes puede a su vez influir en la función que cumple esa especie en su ecosistema (Barbault, 2001; Olivier, 2018).

## **¿Por qué es importante la biodiversidad?**

Ya que tiene claro qué es la biodiversidad y los múltiples niveles que implica, vamos a hablar sobre su importancia. Cada forma de vida en este planeta, más allá de su valor intrínseco, cumple una función (Alho, 2008). Por lo tanto, la biodiversidad es fundamental para el equilibrio de los ecosistemas y el bienestar de la humanidad, ya que sustenta una amplia gama de procesos ecológicos esenciales (García – Palacios et al., 2018).



Cada especie, desde microorganismos hasta grandes depredadores, cumple una función en el mantenimiento de la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas. La biodiversidad es responsable de varios de los servicios ecosistémicos (**Figura 7**) como, por ejemplo: la producción de oxígeno, la regulación del clima, la purificación del agua y la polinización de cultivos, procesos indispensables para la vida en el planeta (Okabe et al., 2010; Bastian, 2013).

**Figura 7**  
*Servicios ecosistémicos*



Nota. Tomado de *Glosario ambiental: Servicios ecosis... ¿qué?* [Ilustración], por WWF - Colombia, s.f., [WWF](#), CC BY 4.0.

Además, los ecosistemas ricos en biodiversidad son más resistentes a los cambios ambientales y a las perturbaciones como el cambio climático, las enfermedades y las invasiones de especies exóticas (Bastian, 2013; Hutchison, 2018). Por ejemplo, los bosques tropicales y los arrecifes de coral, que albergan una gran cantidad de especies, pueden absorber mejor los impactos de eventos extremos y adaptarse a condiciones cambiantes, asegurando la continuidad de los servicios ecosistémicos que benefician a la humanidad (Pennekamp, 2018). Para comprender mejor cuál es el impacto de la pérdida de la biodiversidad en la funcionalidad de los ecosistemas, revise la siguiente presentación:

### [¿Qué ocurre cuando la biodiversidad desaparece?](#)

Adicional a su función ecológica, la biodiversidad es un pilar fundamental para la economía, la cultura y la salud humana (Ahmad y Parray, 2017). La agricultura, la pesca, la medicina y muchas industrias dependen de la riqueza biológica del planeta. Aproximadamente, el 70% de los medicamentos modernos se derivan de compuestos naturales encontrados en plantas, hongos y organismos marinos, lo que demuestra la importancia de conservar la biodiversidad para futuras investigaciones científicas (Bernstein y Ludwig, 2008). La diversidad biológica también es esencial para la seguridad alimentaria, proporcionando una variedad de especies cultivables que permiten una dieta equilibrada y resistente a plagas y enfermedades (Baiyeri, 2019). Desde una perspectiva cultural y espiritual, muchas comunidades indígenas y sociedades tradicionales han basado sus costumbres, conocimientos y formas de vida en la biodiversidad, estableciendo relaciones de respeto y equilibrio con la naturaleza (Stephens, 2012).

A pesar, del nivel de importancia que tiene la biodiversidad, incluso condicionando nuestra propia existencia, las cifras no son alentadoras y nos llevan a pensar que si no cambiamos las acciones que provocan su desaparición, estamos en serios problemas.

### **¿Qué es lo que está ocurriendo con la biodiversidad?**



Seguro usted habrá escuchado sobre la “Crisis de la Biodiversidad”. Esta frase hace referencia a que la biodiversidad del planeta está enfrentando una crisis sin precedentes, con tasas de extinción que superan en miles de veces los niveles naturales debido a la actividad humana (Singh, 2012; Finn et al., 2023). Múltiples evidencias científicas han demostrado que varios factores (de los cuales hablaremos más adelante) están reduciendo drásticamente la diversidad biológica en todos los ecosistemas (Visconti et al., 2016; Scott et al., 2024). Revise los siguientes datos para que tenga una idea de lo que está ocurriendo:

### [Pérdida de la Biodiversidad](#)

Estas evidencias reflejan la grave amenaza que enfrenta la biodiversidad global. Ahora es importante que nos enfoquemos en sus principales amenazas.

### **¿Cuáles son los principales factores que amenazan la biodiversidad?**

Son múltiples las amenazas a la biodiversidad a nivel global, los expertos han identificado cinco principales amenazas a nivel mundial. Factores como la pérdida y degradación del hábitat, la sobreexplotación de especies, el cambio climático, la contaminación y la introducción de especies invasoras han acelerado el declive de los ecosistemas y la extinción de especies a un ritmo alarmante (Laverty et al., 2004; Hogue y Breon, 2022). Lo invito a revisar la siguiente infografía donde se describe cada una de estas amenazas:

### [Amenazas a la biodiversidad](#)

Si bien es cierto, las amenazas a la biodiversidad actúan de forma sinérgica (Brook et al., 2008), la mayoría de estudios revelan que el cambio en el uso de suelo que a su vez se traduce en pérdida de hábitat es la principal amenaza seguida de la sobreexplotación de especies (Jaureguiberry et al., 2022). Si nos enfocamos en los ecosistemas oceánicos la sobreexplotación de especies es la principal amenaza, a diferencia de los ecosistemas terrestres y de agua dulce en donde el cambio de uso de suelo tiene un mayor impacto.



Como usted pudo notar a largo del estudio de este tema, la pérdida de biodiversidad es un problema global que requiere acciones urgentes para mitigar sus efectos y proteger los ecosistemas (Kumari y Bhatnagar, 2021). Si no se implementan estrategias efectivas de manejo, conservación y restauración, muchas especies, ecosistemas y sus servicios ambientales podrían desaparecer en las próximas décadas, poniendo en riesgo la estabilidad del planeta y el bienestar humano.

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en la actividad que se describe a continuación:



### Actividad de aprendizaje recomendada

Vamos a resolver la siguiente Trivia con el tema Pérdida de la Biodiversidad. ¿Se anima?

[Pérdida de Biodiversidad](#)

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 8

### Actividades finales del bimestre

Estimado estudiante, ha concluido el Primer Bimestre, y debe prepararse para la evaluación bimestral, para lo cual, durante esta última semana, realice las siguientes actividades:

1. Le recomiendo que revise los apuntes y resúmenes que ha realizado de cada unidad para que pueda identificar qué temática no está clara y necesita reforzar.
2. Si identificó algún tema que no está claro, en el que necesite refuerzo, o tiene preguntas/dudas adicionales, se recomienda hacer un listado de dudas o preguntas para que posteriormente pueda socializarlo con su docente en el horario de tutorías.



3. Asista a la tutoría de la semana 8, en la misma, el docente dará un resumen de la temática abordada durante el bimestre, haciendo énfasis en los temas con mayor complejidad. Tomando en cuenta las dudas, preguntas y vacíos detectados en la actividad anterior, es el momento de aprovechar la tutoría para solventar sus dudas.
4. Si no puede conectarse a la tutoría, revise el video de la tutoría cuando esté disponible en la sección de anuncios. Si luego de revisar el video aún mantiene dudas, por favor comuníquese con su docente a través de la mensajería.







## Segundo bimestre

### Resultado de aprendizaje 1:

Describir las evidencias del cambio global, sus causas e impacto sobre el planeta, la biodiversidad y el ser humano.

Durante el primer bimestre, usted aprendió los aspectos claves del cambio global y del Antropoceno, nombre con el cual los expertos han nombrado a esta era de grandes cambios. Aprendió también sobre los impulsores indirectos del cambio global e inició el estudio de dos de los impulsores directos. En este segundo bimestre, terminaremos de revisar los impulsores directos que nos faltan, haciendo énfasis en sus causas e impactos. Para poder lograr el resultado de aprendizaje planteado para las primeras semanas de este bimestre, es importante que revise todo el contenido cargado semana a semana en el EVA y los diferentes recursos de aprendizaje que se han preparado.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas

Recuerde revisar de manera paralela los contenidos con las actividades de aprendizaje recomendadas y actividades de aprendizaje evaluadas.



### Semana 9

## Unidad 4. Impulsores directos del cambio global

### 4.3. Cambio de la cobertura y uso del suelo

Como usted pudo ver, cuando hablamos sobre la pérdida de la biodiversidad y sus principales amenazas, habíamos revisado que el cambio de cobertura y uso de suelo, es la primera amenaza a nivel mundial y especialmente en regiones tropicales como la nuestra. Es decir, que el cambio de la cobertura y



uso de suelo, por sí solo es un impulsor del cambio global, además de contribuir de forma directa a otros impulsores. Vamos entonces a entender qué es el cambio de cobertura y uso de suelo y las implicaciones que tiene este proceso en el contexto del cambio global.

## Entendiendo algunos conceptos importantes

El cambio en la cobertura y uso del suelo es un proceso dinámico impulsado por factores naturales y antrópicos (Pirzamanbein y Lindström, 2022). Por ejemplo, cuando intensas lluvias producen un deslizamiento de grandes proporciones, llevándose consigo el bosque, hay un cambio en la cobertura del suelo (el área pasa de estar cubierta por bosque a ya no tener esa cobertura, sino un suelo desnudo). Entonces, aunque estos cambios pueden ocurrir por causas naturales, para nuestro estudio, nos enfocaremos en los cambios de origen antrópico.

A menudo, los términos cobertura del suelo y uso del suelo se utilizan indistintamente, pero describen aspectos diferentes del territorio. Mientras que la cobertura del suelo hace referencia a los elementos físicos y biológicos presentes en la superficie terrestre, como bosques, pastizales, cuerpos de agua o áreas urbanas, el uso del suelo está relacionado con las actividades humanas que transforman estos espacios para obtener recursos o beneficios, como la agricultura, la ganadería, la expansión urbana y la industrialización (Jansen y Di Gregorio, 2002).



La **cobertura del suelo** se refiere a las características físicas de la superficie terrestre, mientras que el uso del suelo se refiere a cómo las personas utilizan la tierra.

Es decir, que, cuando nos referimos a cobertura del suelo, nos enfocamos netamente en describir lo que hay sobre la superficie terrestre sin darle mayor significado. En cambio, el término uso del suelo, hace referencia a la forma en la cual estos elementos biofísicos son utilizados por el hombre para satisfacer sus necesidades (Chilar y Jansen, 2001). Analicemos algunos ejemplos de la siguiente presentación titulada: "[Cobertura y Uso de Suelo](#)".



Ahora bien, está claro que los seres humanos transformamos el territorio, y muchas veces esta transformación implica el reemplazo de coberturas naturales por otras de origen antrópico, en donde claramente hay un aprovechamiento o uso del suelo. Mire usted la siguiente infografía, donde se observa cómo varios territorios de Ecuador se han transformado a lo largo de los años, reemplazando áreas naturales cubiertas por páramos, bosques, manglares para dar espacio a la urbanización o agricultura.

### [Cambios Paisajísticos: ejemplos a lo largo del tiempo](#)

Dentro de los posibles reemplazos de las coberturas naturales a otros usos, el que más llama la atención es el cambio de zonas cubiertas por bosques (según la FAO un bosque es un terreno con una superficie mayor a 0.5 hectáreas, con árboles que superan los 5 metros de altura y una cobertura de copa superior al 10%) a áreas donde dominan actividades humanas, proceso más conocido como deforestación (MacDicken, 2015).

La **deforestación** es el proceso de eliminación total o parcial de la cobertura forestal de un área determinada, generalmente debido a actividades humanas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) define la deforestación como la conversión de tierras forestales en áreas no forestales, excluyendo la regeneración natural o la plantación de árboles en la misma zona (Wilcox, 1995). En este sentido, la deforestación es diferente a la degradación forestal, que se refiere a la disminución de la calidad del bosque sin que este desaparezca por completo.

Entonces, por una parte, está la desaparición del bosque (áreas deforestadas) y las consecuencias sociales y ecológicas que esto trae (Smith et al., 2020) y, por otra parte, la nueva configuración que tienen las áreas de bosque que aún quedan (bosques remanentes) en donde existe mayor aislamiento o tamaños de parches más pequeños, lo cual a su vez tiene impactos ecológicos (Simberloff, 1994; Pogson, 2015; Haddad et al., 2022). Entonces, de la mano de la deforestación va la fragmentación. Pero ¿Qué es la fragmentación?



La **fragmentación** es el proceso mediante el cual un área de hábitat continuo se divide en parcelas o fragmentos más pequeños.

¿Y por qué digo que estos dos procesos van de la mano? Porque cuando un área es deforestada, muchas veces también se fragmenta. Esto supone cambios a nivel de ese territorio o paisaje, entre los que están: 1) Se produce una reducción en la cantidad de hábitat (deforestación), 2) Se produce un incremento en el número de parches, 3) Se produce un decremento en el tamaño de los parches y 4) Se produce un incremento en el aislamiento entre parches (Simberloff, 1994; Farina, 2011).

Como consecuencia, muchas especies enfrentan reducción de su hábitat disponible, disminución en la disponibilidad de recursos y aislamiento poblacional, lo que dificulta la reproducción y el intercambio genético (Haddad et al., 2022). Las poblaciones más pequeñas y aisladas son más vulnerables a la consanguinidad, enfermedades y eventos extremos, lo que incrementa el riesgo de extinción local (Fahrig, 1997; Wu y Li, 2003). Además, la fragmentación puede facilitar la invasión de especies exóticas, modificar las relaciones ecológicas y alterar las condiciones microclimáticas dentro de los fragmentos restantes, afectando la estabilidad de los ecosistemas (Honnay et al., 2005; Hanski, 2013; May et al., 2019; Stark et al., 2020).

Ahora tiene claro conceptos como uso y cobertura de suelo, deforestación y fragmentación. Está listo para conocer las causas que provocan estos cambios y la magnitud de los cambios que se están experimentando.

### **¿Por qué cambia la cobertura y uso del suelo?**

El cambio en el uso y la cobertura del suelo es impulsado por una combinación de causas directas e indirectas, de acuerdo con Geist y Lambin (2002). Entre las causas directas, se encuentran la expansión agrícola y ganadera, la urbanización, la minería, incendios, construcción de infraestructura, entre otros (Lambin et al., 20019. Por otro lado, las causas indirectas están relacionadas con factores socioeconómicos, políticos, tecnológicos y culturales que incentivan o condicionan el cambio en el uso del suelo (Geist y Lambin, 2002; Gillet, 2015). Entre las causas indirectas destacan el crecimiento poblacional,



el modelo económico basado en la explotación de recursos, las políticas de desarrollo, por citar solo algunos (Kleemann, 2017). Lo invito a revisar la siguiente infografía para conocer más a fondo estas causas directas e indirectas y algunos ejemplos.

### Frentes de Deforestación

De todas las causas que producen cambio en la cobertura y uso de suelo, posiblemente la principal es la transformación de áreas con cobertura natural para destinarlas a la agricultura. Sin embargo, como reconocen Geist y Lambin (2002), todas actúan de forma sinérgica en el territorio. La comprensión de este hecho es fundamental, porque nos permite entender, que para que las tasas de conversión de áreas naturales a áreas donde dominan las actividades antrópicas disminuyan se requiere de acciones integrales que busquen reducir tanto las causas directas como indirectas, de esto hablaremos mucho más adelante.

### **¿Cuál es la magnitud de estos cambios?**

Desde el final de la última era glacial, hace unos 10 000 años, el planeta ha perdido aproximadamente un tercio de sus bosques, equivalente a 2000 millones de hectáreas.

¿Quiere conocer las áreas en donde ha desaparecido más bosque? Revise, por favor, el portal [Global Land Analysis & Discovery](#), en donde se muestra el cambio en la cobertura forestal en las últimas décadas alrededor del planeta.

Aunque, la deforestación ha sido un proceso gradual a lo largo de la historia humana, su ritmo se ha intensificado en los últimos siglos, coincidiendo con la intensificación de otros impulsores del cambio global (Runyan y Steam, 2020). Solo en los últimos 300 años desaparecieron 1.500 millones de hectáreas de bosque y en la última década (2010 – 2020) desaparecieron en el mundo un total de 47 millones de hectáreas netas (Hoang y Kanemoto, 2021; Céspedes et al., 2023). En cuanto a la fragmentación, las cifras tampoco son alentadoras, especialmente para los bosques tropicales (que también son los más biodiversos del planeta), en los cuales se ha registrado un incremento notable



en los niveles de fragmentación en paisajes que comúnmente están dominados por parches pequeños y aislados (Ma et al., 2022). Lo invito a conocer a detalle qué está ocurriendo en los bosques del mundo, revisando la siguiente presentación titulada: "[¿Qué está ocurriendo con los bosques en el mundo?](#)".

¿Qué le pareció esta información? Como puede notar los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo y la deforestación y fragmentación de hábitats que esto conlleva, continúan siendo una de las amenazas más graves para los ecosistemas globales, con impactos devastadores sobre la biodiversidad, el clima y las comunidades humanas (Manoharan et al., 2012; Alves et al., 2021; Rivas et al., 2021). Las estadísticas nos indican que en el 2023, por ejemplo, se perdieron aproximadamente 3,7 millones de hectáreas de bosques primarios tropicales, lo que equivale a la destrucción de casi 10 campos de fútbol por minuto (World Resources Institute, 2024). Esos datos también nos muestran que gran parte de la deforestación y fragmentación se concentra en los bosques tropicales que son los más biodiversos del planeta y que además cumplen un rol crucial aportando servicios ecosistémicos clave como la regulación climática (Ball et al., 2021; Myers, 2023). A pesar de los esfuerzos de conservación y restauración forestal en diversas partes del mundo, la tasa de deforestación sigue siendo alarmante y amenaza con superar la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas. Esto supone incrementar las acciones de conservación en el corto plazo.



### Actividad de aprendizaje recomendada

Lo invito a complementar lo aprendido realizando la siguiente actividad que le permitirán tener una idea de cómo la deforestación y fragmentación tienen un impacto sobre la biodiversidad y por qué es de preocupación mundial que muchos de los hotspots de deforestación coincidan con los hotspots de biodiversidad. Para ello primero:

- Revise el video [¿Cómo afecta la deforestación a la biodiversidad?](#) (Cruce Universidades Españolas, 2023) para que conozca desde una



perspectiva científica como la deforestación tiene un impacto en la pérdida de la biodiversidad.

- Luego revise el visor de [Global Forest Watch](#) e identifique por usted mismo, cuáles son las zonas que se han deforestado en los últimos 20 años. En la parte izquierda del visor, puede ir moviendo las flechas para notar los cambios en la cobertura forestal a nivel global desde el año 2000.

Cuando haya terminado las dos actividades, realice una reflexión sobre dónde están ubicados los frentes de deforestación en el mundo y las implicaciones que esto tiene para la conservación de la biodiversidad.

Puedo asegurarle, luego de su reflexión, que la conservación de la biodiversidad enfrenta enormes desafíos debido a que las mayores tasas de deforestación ocurren en los bosques tropicales, ecosistemas que albergan la mayor diversidad biológica del planeta. La destrucción acelerada de estos hábitats reduce drásticamente la capacidad de muchas especies para sobrevivir, provocando la fragmentación de los ecosistemas y la pérdida irreversible de biodiversidad. La protección de estos bosques no solo es clave para la estabilidad ecológica, sino también para mitigar los efectos del cambio climático y garantizar la resiliencia de las especies ante la creciente presión humana.

## Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 10

## Unidad 4. Impulsores directos del cambio global

### 4.4. Cambio climático

El cambio climático es uno de los problemas ambientales que está ganando más notoriedad en los últimos años, quizás porque tanto usted como yo hemos sido testigos en nuestro propio entorno de precipitaciones extremas, meses con temperaturas inusualmente altas (que antes no se habían



registrado) o sequías extremas que duran meses y que tienen un gran impacto a nivel de la sociedad, solo por citar algunos ejemplos. Más que una simple variación en las condiciones del clima, el cambio climático representa una transformación profunda y acelerada del sistema climático de la Tierra, impulsado principalmente por la actividad humana. Pero, ¿Qué es exactamente el cambio climático?, ¿cómo se produce?, ¿cuáles son sus evidencias? Todas estas preguntas vamos a responderlas, a continuación.



En el video titulado [¿Qué es el cambio climático?](#) (DCCD, 2012) encontrará información general del cambio climático, sus causas y evidencias. Por favor, revíselo y anote los puntos más importantes, para analizarlos a continuación.

Vamos a analizar ahora los aspectos más importantes del recurso que acaba de visualizar.

### **¿Cómo funciona el sistema climático?**

El sistema climático es un conjunto complejo de interacciones entre la atmósfera, los océanos, la criosfera (hielos y glaciares), la biósfera y la geósfera (Callaghan, 2011). Estas interacciones determinan el clima de la Tierra y regulan las condiciones ambientales en las que se desarrolla la vida (Webster, 1994). Su funcionamiento está impulsado principalmente por la energía del Sol, que calienta la superficie terrestre y los océanos, generando movimientos de aire y agua que redistribuyen el calor por todo el planeta (Mackey, 2009). Observe el siguiente módulo didáctico para comprender cómo cada uno de estos sistemas contribuye al funcionamiento del sistema climático.

#### [Sistema Climático](#)

Uno de los principales procesos que gobierna el sistema climático es el efecto invernadero, que permite que la Tierra mantenga una temperatura adecuada para la vida (Tian et al., 2016). Como usted pudo notar en la figura anterior, cuando la radiación solar llega a la Tierra, parte de esta energía es absorbida por la superficie terrestre y los océanos, mientras que otra parte es reflejada





de vuelta al espacio. Sin embargo, ciertos gases en la atmósfera, como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el vapor de agua, atrapan parte de este calor y lo reemiten en todas direcciones, evitando que la temperatura del planeta caiga drásticamente (North, 20115). En la siguiente infografía usted encontrará una descripción de los gases presentes en la atmósfera que hacen posible el efecto invernadero.

### Gases de efecto Invernadero

De lo que ha revisado hasta ahora, es importante tener en cuenta dos aspectos: 1) El sistema climático es dinámico y responde a múltiples factores, tanto naturales como antropogénicos, y 2) el efecto invernadero es un proceso natural y esencial para la vida.

Ahora es importante diferenciar entre los cambios que ha sufrido el sistema climático desde los inicios de la tierra con los cambios experimentados en los últimos trescientos años para entender en dónde está el origen del problema.

### **¿Cuál es la diferencia entre el cambio del clima hace millones de años y los cambios en la actualidad?**

El sistema climático de la Tierra ha experimentado cambios naturales a lo largo de millones de años, impulsados por factores como variaciones en la radiación solar, cambios en la órbita terrestre, actividad volcánica y fluctuaciones en los ciclos oceánicos (Berger, 1979; Alexeev, 2006). Estas variaciones han dado lugar a glaciaciones y períodos cálidos interglaciares, alterando los patrones climáticos de manera gradual a escalas de miles o millones de años.

Por ejemplo, durante la Pequeña Edad de Hielo (siglos XIV-XIX), las temperaturas globales descendieron debido a una combinación de baja actividad solar y mayor actividad volcánica, lo que generó inviernos más fríos y afectó la producción agrícola en diversas regiones. A nivel geológico, eventos como la gran extinción del Pérmico-Triásico o la glaciación del Proterozoico estuvieron asociados con cambios climáticos extremos que ocurrieron en escalas de tiempo muy largas.



Estos procesos, aunque han moldeado la historia climática de la Tierra, permitieron la adaptación de los ecosistemas y especies a lo largo de múltiples generaciones. En contraste, los cambios climáticos observados desde la Revolución Industrial (siglo XVIII) hasta la actualidad han sido rápidos e intensos, y su causa principal es la actividad humana (Rahmani y Ahmadi, 2024). La quema masiva de combustibles fósiles, la deforestación, la expansión agrícola y la industrialización han elevado la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) a niveles nunca antes registrados en la historia humana (Kumar et al., 2021; Chand, 2021; Ali et al., 2024). Como resultado, se ha incrementado la temperatura de la tierra.



El **calentamiento global** es el aumento sostenido de la temperatura promedio de la Tierra, causado principalmente por el incremento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera debido a las actividades humanas.

El calentamiento global actual está ocurriendo a un ritmo 100 veces más rápido que en épocas anteriores, lo que dificulta la adaptación de los sistemas naturales y humanos (Cleveland, 2016). Mientras que en el pasado los cambios climáticos naturales ocurrían en escalas de miles o millones de años, hoy se observan en cuestión de décadas, con incrementos de temperatura global de más de 1.1°C desde la era preindustrial (Jenkins et al., 2022). Además, fenómenos extremos como olas de calor más frecuentes, incendios forestales masivos, tormentas intensas y acelerado derretimiento de los polos son consecuencias directas de este cambio climático inducido por los humanos. A diferencia de los eventos naturales, que ocurrieron por fluctuaciones astronómicas y geológicas, el cambio climático actual tiene sin duda algún origen antropogénico (Yuan et al., 2023).

**¿Entonces qué es exactamente lo que está ocurriendo ahora?**



El problema radica en que el incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera da como resultado mayor energía que se queda “retenida”, por así decirlo, en el sistema climático, lo que produce un desbalance energético (Evans y Puckrin, 2004).



El **calentamiento global** es el aumento sostenido de la temperatura promedio de la Tierra, causado principalmente por el incremento en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera debido a las actividades humanas.

En condiciones naturales, el sistema climático mantiene un equilibrio dinámico, donde la radiación solar absorbida por la superficie terrestre y los océanos es compensada por la radiación infrarroja que la Tierra emite de vuelta al espacio (Baggenstos et al., 2019). Sin embargo, debido a la actividad humana, este equilibrio se ha visto alterado, generando un exceso de energía retenida en la atmósfera, lo que impulsa el calentamiento global y el cambio climático (Evans y Puckrin, 2004; Hansen et al., 2005).

El desbalance energético del sistema climático está directamente relacionado con el forzamiento radiativo, un concepto que mide el cambio en el balance de energía de la Tierra debido a factores externos (Murphy et al., 2019; Kramer et al., 2021).



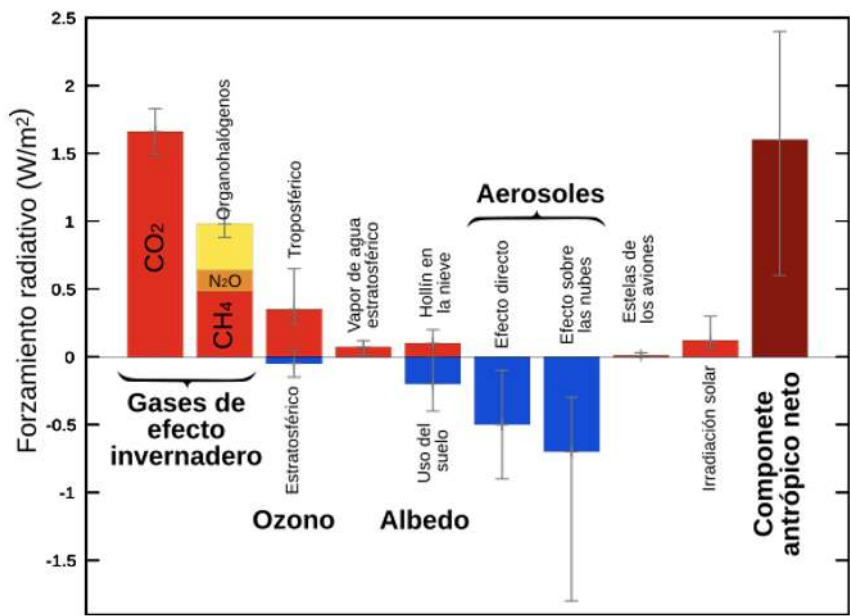
El **forzamiento radiativo** es una medida del cambio en el balance energético del sistema climático de la Tierra causado por factores externos. Se expresa en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) y representa la diferencia entre la energía solar que entra al planeta y la energía térmica que la Tierra emite de vuelta al espacio.

Un forzamiento **radiativo positivo** (Figura 8) significa que más energía queda atrapada en la atmósfera, lo que provoca un aumento de la temperatura global y contribuye al calentamiento global. Esto ocurre, por ejemplo, cuando hay un incremento en la concentración de  $CO_2$ , metano ( $CH_4$ ) y otros GEI, que retienen



el calor y alteran el equilibrio térmico del planeta (Cox, et al., 1995; Fahey et al., 2017). Por otro lado, un **forzamiento radiativo negativo** (Figura 8) indica que más energía es reflejada o emitida de vuelta al espacio, lo que genera un enfriamiento del sistema climático, como sucede con ciertos aerosoles atmosféricos y la erupción de volcanes que liberan partículas reflectantes en la estratosfera (Gregory et al., 2016).

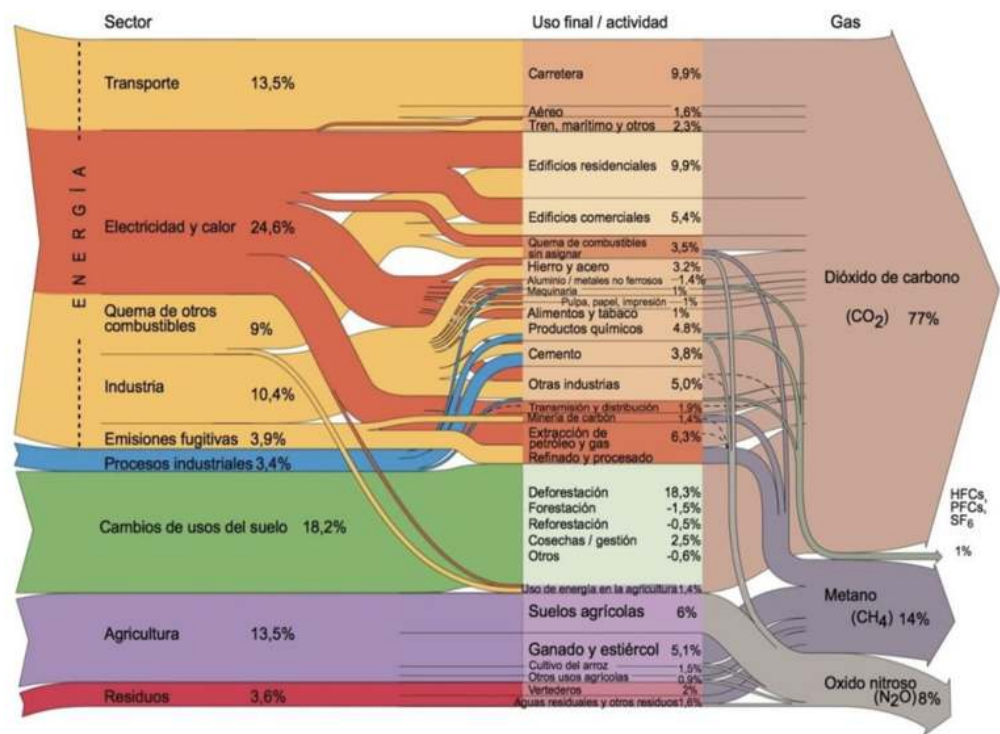
**Figura 8**  
*Componentes del forzamiento radiativo*



**Nota.** Tomado de *Radiative-forcings* [Ilustración], por Leland McInnes, 2022, [Wikimedia](#), CC BY 4.0.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) ha determinado que, desde la era preindustrial, el forzamiento radiativo ha aumentado significativamente debido a la actividad humana, impulsando el desbalance energético del sistema climático y sus efectos. Para que tenga una idea de cómo las actividades humanas contribuyen al desbalance energético del sistema climático, lo invito a observar la siguiente figura:

**Figura 9**  
*Impacto ambiental por actividad humana*



Nota. Tapia, M. 2025

En conclusión, Las actividades humanas han alterado significativamente el balance energético del sistema climático, impulsando un calentamiento global acelerado a través del aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Desde la Revolución Industrial, la quema masiva de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), la deforestación, la agricultura intensiva y la expansión urbana han liberado grandes cantidades de dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), intensificando el efecto invernadero y atrapando más calor en la atmósfera. Este exceso de energía impide que la Tierra libere toda la radiación térmica que naturalmente debería regresar al espacio, generando un forzamiento radiativo positivo que impulsa el desbalance energético del planeta.

Ahora que usted sabe que es lo que está ocurriendo y como se produce el cambio climático, es importante que conozca las evidencias y consecuencias de estos cambios.

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en la actividad que se describe a continuación:



### Actividad de aprendizaje recomendada

Vamos a profundizar un poco más en cómo las actividades humanas han incrementado la emisión de gases de efecto invernadero. Para ello, lo invito a realizar la siguiente actividad:

[Gases de efecto invernadero \[Juego\]](#)

Como usted pudo notar, muchas de nuestras actividades emiten una gran cantidad de gases de efecto invernadero. Algunas actividades pueden ser responsables de la emisión de varios de estos al mismo tiempo. Identificar cuáles son las fuentes de gases de efecto invernadero es importante para poder mitigar el cambio climático.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 11

## Unidad 4. Impulsores directos del cambio global

### 4.4. Cambio climático

¿Cuáles son las evidencias de estos cambios y qué nos espera en los siguientes años?



A lo largo de las últimas décadas, desde varios frentes se ha levantado evidencias lo suficientemente sólidas para establecer que: 1) no hay duda que los cambios en el sistema climático observados durante las últimas décadas están relacionados con las actividades humanas y 2) existen suficientes evidencias de estos cambios en varios de los subsistemas terrestres.



Lo invito a revisar estas imágenes interactivas de la [NASA](#), en donde podrá ver cómo han variado en los últimos años las masas de nieve, la temperatura, el nivel del mar, entre otras variables, que son una clara evidencia del cambio climático y de la velocidad a la que están ocurriendo estos cambios.

Ahora, revise la siguiente presentación titulada: “[Evidencias del cambio climático](#)”, donde se habla de todas las evidencias levantadas por el grupo de expertos en cambio climático en todo el mundo.

Como pudo observar, uno de los indicadores más claros es el aumento sostenido de la temperatura global, que ha registrado un incremento de aproximadamente 1.1 °C desde la era preindustrial, según datos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (Legg, 2021). Además, el análisis de núcleos de hielo extraídos de Groenlandia y la Antártida muestra cómo las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) en la atmósfera han alcanzado niveles sin precedentes en los últimos 800 000 años, debido a la quema de combustibles fósiles y la deforestación (Fischer et al., 2013). Otra evidencia contundente es el retroceso acelerado de glaciares y el derretimiento del hielo marino en el Ártico y la Antártida, lo que ha contribuido al aumento del nivel del mar en aproximadamente 20 cm en el último siglo (Johnson, 2021). También se han identificado cambios en los patrones climáticos, con eventos extremos cada vez más frecuentes e intensos, como olas de calor, incendios forestales, huracanes más destructivos y períodos de sequía prolongados (Ramanathan y Feng, 2008). Por otro lado, los océanos han absorbido más del 90 % del calor adicional atrapado en la atmósfera, lo que ha provocado su calentamiento, acidificación y pérdida de oxígeno, afectando la biodiversidad marina (Findlay y Turley, 2021). Estas múltiples



líneas de evidencia, respaldadas por registros paleoclimáticos, mediciones satelitales y modelos climáticos avanzados, confirman de manera irrefutable que el cambio climático es una realidad.

Otro aspecto del cambio climático que debe llamar nuestra atención, es que las proyecciones para los siguientes años no son nada alentadoras. Pero, ¿Qué es una proyección climática?, y ¿por qué son importantes?

Los SSP (Trayectorias Socioeconómicas Compartidas) y los RCP (Trayectorias de Concentración Representativas) son herramientas utilizadas en la modelización del cambio climático y permiten prever que ocurrirá en el futuro cercano con el cambio climático bajos ciertos escenarios y de esta forma, planificar la respuesta ante estos cambios.

Las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (Shared Socioeconomic Pathways – SSP, por sus siglas en inglés) son cinco escenarios desarrollados por la comunidad científica para modelar posibles futuros climáticos en función de diferentes trayectorias socioeconómicas y niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Riahi et al., 2017). Estos escenarios, utilizados en los informes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), permiten evaluar cómo las decisiones humanas sobre desarrollo económico, consumo de energía y políticas climáticas pueden influir en el calentamiento global a lo largo del siglo XXI (Meinshausen et al., 2020).



Las **Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP)** son escenarios que modelan posibles trayectorias futuras basadas en distintos niveles de emisiones y acciones de mitigación.

Cada SSP describe una evolución socioeconómica distinta y puede combinarse con diferentes niveles de forzamiento radiativo para estimar los impactos climáticos en temperatura, nivel del mar, eventos extremos y ecosistemas.





Las Trayectorias de Concentración Representativas (Representative Concentration Pathways – RCP, por sus siglas en inglés) son los escenarios que nos muestran diferentes posibilidades de forzamiento radiativo.

Las Trayectorias **de Concentración Representativas (RC)** son escenarios climáticos que describen diferentes niveles de concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera hasta el año 2100.

Tanto los SSP y los RCP son escenarios usados en modelos climáticos para estudiar los efectos del cambio climático, que permiten evaluar futuros alternativos y su impacto en la temperatura global. Además, se combinan para hacer proyecciones más realistas, ya que los RCP indican las emisiones de GEI y los SSP explican cómo llegamos a esos niveles de emisiones. Revise la siguiente presentación titulada: “[SSP - Trayectorias Socioeconómicas Climáticas](#)” para conocer las características de estos escenarios.

Entonces, en un escenario de altas emisiones (SSP5-8.5), donde la humanidad continúa dependiendo de combustibles fósiles y el desarrollo económico sigue sin restricciones ambientales, la temperatura global podría aumentar entre 3 °C y 5 °C para finales del siglo XXI, lo que ocasionaría eventos climáticos extremos más frecuentes e intensos, aumento del nivel del mar superior a 1 metro, desertificación y pérdida masiva de biodiversidad (Höning et al., 2023; Chen et al. 2024). En un escenario intermedio (SSP2-4.5), con esfuerzos moderados para reducir las emisiones, el calentamiento global se limitaría a 2 °C - 3 °C, lo que aún tendría impactos significativos en los ecosistemas y comunidades vulnerables (Meinshausen et al., 2020). En contraste, en un escenario de bajas emisiones (SSP1-2.6 o SSP1-1.9), donde se logra una transición global hacia energías renovables, una drástica reducción de emisiones y una economía baja en carbono, el aumento de temperatura podría limitarse a 1.5 °C, evitando los peores efectos del cambio climático (Nazarenko et al., 2022). Las proyecciones también advierten sobre posibles puntos de no retorno, como el colapso de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida, la alteración irreversible de las corrientes oceánicas y la liberación masiva de metano del permafrost, lo que podría acelerar aún más el calentamiento global.



## ¿Cuáles son los principales impactos del cambio climático?

Ahora que usted tiene claro lo que está ocurriendo y lo que se prevé que ocurra en el futuro, vamos a revisar cuáles son los impactos del cambio climático.

En los sistemas humanos, los cambios en el sistema climático comprometen la seguridad alimentaria, la salud pública, la economía y la estabilidad social. Por ejemplo, las alteraciones en el clima han reducido la productividad agrícola en muchas regiones, aumentando la inseguridad alimentaria y el riesgo de hambrunas, especialmente en comunidades vulnerables (Muluneh, 2021; Assunção, 2022). El incremento de eventos extremos ha generado pérdidas económicas significativas en sectores como la agricultura, el turismo y la infraestructura, mientras que el aumento del nivel del mar amenaza a ciudades costeras y comunidades insulares (David et al., 2021; Arabadzhyan et al., 2021). En el ámbito de la salud, la mayor frecuencia de olas de calor ha incrementado los problemas respiratorios y cardiovasculares, mientras que la expansión de enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue y la malaria, ha puesto en riesgo a millones de personas (Rocque et al., 2021). Estos cambios también han impulsado migraciones climáticas, donde comunidades desplazadas por la desertificación, la falta de agua o desastres naturales buscan nuevos territorios, generando conflictos sociales y políticos (Beine et al., 2021).

En los sistemas naturales, el cambio climático ha generado impactos significativos, afectando la biodiversidad, los ecosistemas y los ciclos biogeoquímicos que regulan el funcionamiento del planeta (Moustafa et al., 2024). Algunos de estos impactos son la acidificación de los océanos y blanqueamiento de los corales como consecuencia del calentamiento de los océanos, la alteración de los patrones de precipitación ha afectado la disponibilidad de agua dulce en diversas regiones del mundo y muchas especies silvestres han visto restringidas sus áreas de hábitat disponible ante el cambio de las condiciones ambientales de sus territorios (precipitación, temperatura, humedad, etc.) (Rastelli et al., 2020; Habibullah et al., 2022;



Brown et al., 2022). Revise, por favor, la siguiente presentación titulada: [“Cambio climático ¿Cuáles son sus impactos en el mundo”](#), para entender mejor cuáles son algunos de estos impactos.

Con la información que usted acaba de revisar, ¿piensa que los expertos exageran cuando dicen que el cambio climático se ha convertido en una de las mayores amenazas para los sistemas naturales y los sistemas humanos? Me atrevería a pensar que usted coincide con esos expertos.

Continuemos con el aprendizaje mediante su participación en la actividad que se describe a continuación.



### Actividad de aprendizaje recomendada

Lo invito a revisar el portal del [Observatorio Pirenaico del Cambio Climático](#), en donde se resumen los principales impactos del cambio climático sobre la fauna. Lea con detenimiento esta información. Luego haga una búsqueda en internet y verifique si algunos de los impactos que ahí se mencionan han afectado a alguna especie de fauna de Ecuador.

Entonces es importante que usted recuerde que el cambio climático afecta significativamente a la fauna, especialmente en los ecosistemas de alta montaña (algo similar a lo observado en Europa está ocurriendo en ecosistemas de alta montaña de Ecuador), donde pequeñas variaciones de temperatura pueden alterar la distribución y abundancia de muchas especies. Los anfibios, por ejemplo, son extremadamente sensibles a cambios de temperatura y humedad debido a su piel permeable y ciclo de vida bifásico. Otro efecto evidente del cambio climático en la fauna son las alteraciones en los ciclos de vida (fenología) y en las interacciones entre especies.

Además, muchas especies están desplazando su distribución geográfica hacia mayores latitudes o altitudes en busca de condiciones climáticas adecuadas, lo que podría dar como resultado la contracción de sus áreas



de distribución originales. Este fenómeno es especialmente preocupante para especies de montaña que ya se encuentran en los límites de su rango de distribución.

## Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



### Semana 12

## Unidad 4. Impulsores directos del cambio global

### 4.5. Degradación ambiental

Empezamos un nuevo tema, en donde usted comprenderá cómo la degradación ambiental es otro de los impulsores del cambio global. Los recursos naturales son la base del equilibrio ecológico y del bienestar humano, ya que proporcionan agua potable, suelos fértiles para la producción de alimentos y servicios ecosistémicos esenciales (Vincent et al., 2012). Sin embargo, la creciente presión humana sobre estos recursos ha llevado a una acelerada degradación ambiental, afectando la calidad de vida de las poblaciones y amenazando la estabilidad de los ecosistemas (Loomes y O'Neill, 2000; Sutton et al., 2016).

La contaminación y sobreexplotación del agua están generando crisis hídricas en diversas regiones del mundo, comprometiendo el acceso a este recurso esencial para la vida (Sakadevan y Nguyen, 2015). Por otro lado, la erosión, desertificación y pérdida de fertilidad de los suelos ponen en riesgo la seguridad alimentaria y la capacidad de los ecosistemas para sostener la biodiversidad (Grilli et al., 2021). Los bosques del mundo, además de enfrentar tasas altas de deforestación y fragmentación, también se están degradando (Oyediji y Adenika, 2022). Además, la alteración de los servicios ambientales, como la regulación del ciclo del agua, la captura de carbono y la protección de la biodiversidad, está debilitando la resiliencia del planeta frente al cambio



climático (Locatelli, 2016; Franco et al., 2022). Comprender las causas y consecuencias de esta degradación es crucial para contribuir a solucionar estos problemas.

Comencemos analizando qué se entiende por degradación ambiental:



La **degradación ambiental** es el deterioro de los ecosistemas y los recursos naturales debido a procesos naturales o actividades humanas que alteran su estructura, composición y funcionamiento.

Entonces, la degradación ambiental es un proceso progresivo que afecta la calidad de los recursos ambientales como el agua, el suelo, el aire o la vegetación, disminuyendo a la vez su capacidad para proporcionar servicios ambientales clave (Choudhary et al., 2015). A medida que los ecosistemas pierden su funcionalidad, también se debilita la resiliencia del planeta frente a cambios naturales y eventos extremos, lo que pone en riesgo tanto a las especies silvestres como a las sociedades humanas (Kumar et al., 2024).

En el contexto del cambio global y del estudio de esta asignatura, nos enfocaremos en la degradación del agua, del suelo y de la vegetación, resaltando su importancia para la estabilidad de los sistemas naturales y humanos.

### **Degradación de los recursos hídricos**

El agua dulce es un recurso esencial para la vida y el funcionamiento de los ecosistemas, pero su disponibilidad y calidad están siendo severamente afectadas por la sobreexplotación, la contaminación y el cambio climático, a tal punto que hoy en día en muchas partes del mundo, el agua se considera un recurso escaso (Gohar, 2017). ¿Quiere saber por qué? Lo invito a ver el siguiente video:



En el video titulado [¿Cuánta agua disponible hay?](#) (Eco House TV, 2020) se explica cuánta agua está disponible para ser usada por nosotros y el resto de organismos que la necesitan. El video nos da una primera aproximación a lo que está ocurriendo en el mundo en cuanto a la demanda de este recurso y la problemática que enfrenta.

Entonces, no importa que más del  $\frac{3}{4}$  partes de nuestro planeta sean agua, porque cerca del 97 % es agua salada y de ese 3 % restante menos del 1 % es agua disponible para nuestro uso, el cual incluye no solo agua para beber, sino también para la agricultura, para la industria, entre otras actividades. Y si a eso le restamos el agua dulce disponible, pero cuya calidad ha sido alterada, ¿Cuánta agua nos queda?

El crecimiento poblacional, la expansión agrícola e industrial y el uso insostenible de fuentes hídricas han llevado a una crisis del agua en muchas regiones del mundo, en donde la demanda del recurso supera su tasa de reposición (Duarte et al., 2018). Para entender un poco mejor qué está ocurriendo con el agua, por favor revise el siguiente documento:



Lo invito a leer las páginas 162 a la 177 del documento [“Perspectiva global de la tierra”](#) (UNCCD, 2017) para entender la problemática en torno al recurso hídrico.

Tal como se menciona en el documento de la UNCCD (2017), entre los principales desafíos que enfrentan los recursos hídricos están: 1) la escasez de agua, puesto que más de 1.700 millones de personas viven en zonas donde el uso del agua supera la tasa de reposición natural, 2) la mala calidad del agua debido a la contaminación por desechos industriales, fertilizantes y productos químicos que afectan la salud humana, la funcionalidad de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad. 3) eventos climáticos extremos como sequías e inundaciones más frecuentes y extremas, agravadas por el cambio climático, 4) Alteración de los caudales naturales para la construcción de represas y la extracción intensiva de agua, lo que ha afectado la



conectividad de los ríos y la recarga de acuíferos, 5) degradación del suelo por el mal manejo del riego que junto a la desertificación han provocado pérdida de productividad agrícola y 6) los impactos del cambio climático.

Ahora que ya conocemos la problemática, vamos a revisar algunos datos que nos permitirán tener un mayor conocimiento acerca de su situación mundial. Revise, por favor, revise la siguiente presentación titulada: [“Estado de los recursos hídricos”](#).

Con lo que pudo revisar en la presentación, ¿Cree usted que nos encontramos en problemas? Seguro su respuesta será afirmativa. Los datos no son alentadores, existen regiones que tienen ya un déficit hídrico, existen poblaciones que han tenido que migrar por la escasez del agua y muchos de los cursos de agua, especialmente los que están en zonas pobladas, tienen altos niveles de contaminación. ¿Cuáles son las causas que han llevado a que los recursos hídricos en el mundo se encuentren en ese estado?

Los factores causales de la degradación del agua se pueden clasificar en naturales y antrópicos. Revise, por favor, la siguiente infografía para conocer cuáles son estos factores:

### [Causas de la degradación de recursos hídricos](#)

Entonces, entre las principales causas de degradación de la calidad del agua, destacan tanto factores naturales como antropogénicos. Entre los factores naturales, tenemos factores geológicos como la disolución de minerales y erosión que contribuyen a la contaminación del agua con metales pesados como arsénico y manganeso, están también el cambio climático, que, aunque es un proceso detonado por las actividades humanas se lo considera natural para el efecto de este análisis (Zhang et al., 2023). El cambio climático está modificando los patrones de precipitación y aumentando la evaporación, lo que afecta la disponibilidad de agua (Gosling y Arnell, 2016). Asimismo, desastres naturales como inundaciones y sequías han causado pérdidas económicas de hasta 600 000 millones de dólares entre 2001 y 2018, además de impactar a 2.8 mil millones de personas (Bossa et al., 2014; Gupta et al., 2018). Por otro lado, las actividades humanas son la principal causa de



contaminación hídrica: la industria libera desechos químicos y metales pesados, la agricultura contribuye con el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, mientras que la urbanización descontrolada y la deficiencia en el manejo de residuos generan infiltración de contaminantes (Schweitzer y Noblet, 2018). Se han detectado concentraciones de nitratos superiores a 300 mg/L en aguas subterráneas de algunas regiones agrícolas, y en países como China, Brasil e India, el agua subterránea presenta niveles alarmantes de metales pesados debido a la actividad industrial y minera (Singh et al., 2022). Además, la contaminación emergente por microplásticos y fármacos representa una amenaza creciente.

Entender las causas de la degradación de los recursos hídricos nos permite adoptar estrategias de gestión sostenible del agua, mejorar la infraestructura de saneamiento y fortalecer la regulación ambiental para mitigar los impactos de la degradación hídrica en la salud humana y los ecosistemas. Hablaremos de esto en la última unidad.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



## Semana 13

### Unidad 4. Impulsores directos del cambio global

#### 4.6. Degradación del suelo

El suelo es un recurso fundamental para la vida en la Tierra, aunque a menudo es ignorado y subestimado en comparación con otros recursos naturales como el agua y el aire. Se le ha denominado el recurso silencioso debido a la falta de conciencia sobre su importancia y la urgente necesidad de conservarlo (Pachés, 2022). El suelo, no solo proporciona el soporte físico para la vida, sino que también sustenta la producción agrícola y forestal, regula los ciclos biogeoquímicos esenciales como el del carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P), y desempeña un papel clave en la infiltración, almacenamiento y purificación del agua, permitiendo la recarga de acuíferos (Pereira et al., 2018).





Además, es una reserva de biodiversidad, albergando una inmensa variedad de microorganismos y organismos del suelo que contribuyen a la fertilidad y salud de los ecosistemas (Jónsson y Davíðsdóttir, 2016).

Sin embargo, la creciente presión humana sobre este recurso ha llevado a su degradación acelerada, comprometiendo su capacidad para sostener la vida y sus funciones esenciales (Dragović y Vulević, 2020). La erosión, la contaminación, la desertificación, la compactación y la salinización son algunas de las amenazas que afectan la calidad del suelo (Steiner y Williams, 1996). Para entender cómo ocurre la degradación del suelo y las implicaciones que esto tiene, primero definamos qué entendemos por degradación del suelo:

Se entiende por **degradación del suelo** a toda modificación que conduzca a su deterioro y con ello la pérdida de su calidad, entendiendo esta como la capacidad para mantener la productividad, mantener o mejorar la calidad del aire y/o agua y retener contaminantes.

Existen varios tipos de degradación del suelo, en función de los cambios que ocurren en este medio. Revise la siguiente infografía para conocer cuáles son:

### [Tipos de degradación del suelo](#)

Cada uno de estos tipos de degradación puede a su vez presentarse de diversas formas. Por ejemplo, la degradación física incluye la compactación y la erosión, provocadas por el pisoteo del ganado, la maquinaria agrícola pesada o la deforestación, la degradación química puede ocurrir cuando se alteran los niveles de nutrientes, salinidad o toxicidad del suelo, debido a la sobreexplotación, la contaminación industrial o el uso de pesticidas (Babaev et al., 2015). Asimismo, cada tipo de degradación puede ser el resultado de varias presiones o causas (Dragović y Vulević, 2020). Ya que tenemos claro que el suelo puede degradarse de varias formas, vamos a analizar procesos más específicos de degradación y qué es lo que ocurre en cada proceso. Para ello, lo invito a revisar la siguiente infografía:

### [Degradación del suelo e impactos ambientales](#)



Ahora que usted tiene claro qué implica cada proceso de degradación, revisemos cómo se originan estos procesos en el suelo o, dicho de otra forma, cómo los seres humanos, a través de nuestras actividades, detonamos estos cambios:

Lo invito a leer las páginas 191 a la 198 del documento "[Perspectiva global de la tierra](#)" (UNCCD, 2017) para entender la problemática en torno al recurso suelo.

De lo que menciona la UNCCD (2017) se puede concluir que la erosión del suelo es identificada como una de las principales amenazas globales, eliminando la capa fértil del suelo a tasas significativamente más altas que su formación natural, lo que genera costos económicos elevados en la reposición de nutrientes. La pérdida de carbono orgánico está relacionada con la deforestación y la conversión de tierras naturales en cultivos o pastizales, impactando directamente en la capacidad del suelo para almacenar carbono y mitigar el cambio climático. La salinización afecta vastas áreas agrícolas, reduciendo la productividad y causando pérdidas económicas considerables. La contaminación del suelo, derivada del uso excesivo de fertilizantes, residuos industriales y actividades mineras, introduce sustancias tóxicas que afectan la vida edáfica y la salud humana. La acidificación y la compactación deteriora aún más la calidad del suelo, limitando el crecimiento vegetal y reduciendo su capacidad de retención de agua.

Así como pudo leer, la degradación del suelo representa una grave amenaza para la estabilidad ecológica y la provisión de servicios ecosistémicos esenciales. La erosión, la contaminación, la compactación, la acidificación y la salinización afectan la estructura, composición y funcionalidad del suelo, comprometiendo su capacidad para sustentar la vida. Estos procesos reducen la fertilidad del suelo, limitando la producción agrícola y poniendo en riesgo la seguridad alimentaria. Además, afectan la regulación del ciclo hidrológico, disminuyendo la infiltración de agua y aumentando la escorrentía superficial, lo que puede agravar el riesgo de inundaciones y la contaminación de cuerpos de agua cercanos. La alteración de la composición química del suelo, ya sea por



la acumulación de sales, contaminantes o la acidificación, también impacta negativamente en la biodiversidad edáfica, afectando la descomposición de materia orgánica y la ciclicidad de nutrientes.

El deterioro del suelo también repercute en la captura y almacenamiento de carbono, lo que acelera el cambio climático al reducir la capacidad del suelo para actuar como sumidero de carbono. La pérdida de estructura y porosidad en suelos compactados disminuye su capacidad para albergar microorganismos y plantas, afectando la regulación biológica.

Cuando se habla de degradación del suelo, existe especial interés por la degradación que ocurre en ecosistemas áridos, conocida como desertificación.



La **desertificación** es el proceso de degradación de los suelos en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas debido a factores climáticos y actividades humanas insostenibles.

Este proceso se caracteriza por la pérdida de la productividad biológica del suelo, reducción de la vegetación y disminución de la capacidad de retención de agua, lo que convierte ecosistemas previamente fértiles en tierras degradadas con características similares a los desiertos (Puigdefábregas, 1998).

La desertificación es un problema global que amenaza aproximadamente al 41% de la superficie terrestre y afecta la vida de más de 2 000 millones de personas en el mundo (Jain et al., 2024). Entre las principales causas de la desertificación se encuentran la deforestación, la sobreexplotación de los recursos hídricos, el sobrepastoreo, la erosión del suelo, el cambio climático y el uso intensivo de la tierra para la agricultura sin medidas de conservación (D’Odorico et al., 2013).



Lo invito a leer las páginas 246 a la 259 del documento “[Perspectiva global de la tierra](#)” (UNCCD, 2017) para entender el proceso de desertificación, sus causas y cuáles son las áreas propensas a este problema. Ponga especial énfasis en los mapas de las páginas 248 y 249 para que usted tenga clara la extensión de las áreas secas en el mundo.

Entonces, de acuerdo con la UNCCD (2017), las tierras secas desempeñan un papel crucial en la producción agrícola y ganadera, así como en la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, son extremadamente frágiles y vulnerables a cambios ambientales y a la actividad humana. La escasez de agua y la variabilidad climática son características fundamentales de estos ecosistemas, donde la disponibilidad de humedad fluctúa drásticamente de un año a otro. Las adaptaciones de especies y comunidades humanas han permitido la supervivencia en estas condiciones extremas, pero la degradación de los suelos y la desertificación están amenazando su equilibrio ecológico. Se estima que la degradación de las tierras secas en países en desarrollo representa pérdidas de entre 4 y el 8 % del PIB anual, afectando la seguridad alimentaria y los medios de vida de aproximadamente 2 000 millones de personas que habitan en estas regiones. La expansión agrícola, el sobrepastoreo, la deforestación, la mala gestión del agua y el cambio climático son factores clave que impulsan la desertificación, con consecuencias como la pérdida de biodiversidad, la disminución de la fertilidad del suelo y la intensificación de fenómenos como las tormentas de polvo y arena.

### **Degradación de los bosques**

Hasta ahora hemos revisado ya cómo ocurre la degradación de los recursos hídricos y del suelo. Terminaremos esta unidad analizando qué es lo que ocurre con los bosques más allá de la deforestación que ya habíamos revisado en una unidad anterior.

La degradación de los bosques es un proceso que reduce progresivamente la calidad y funcionalidad ecológica de los ecosistemas forestales sin implicar necesariamente la pérdida total de la cobertura arbórea (Ritchie, 2021).

Recuerde que:



La **degradación forestal** ocurre cuando los ecosistemas forestales pierden la capacidad de proveer bienes y servicios a las personas y la naturaleza.

A diferencia de la deforestación, que se refiere a la eliminación completa de los bosques para dar paso a otros usos de la tierra como la agricultura, la ganadería o la urbanización, la degradación forestal altera la estructura, biodiversidad y capacidad del bosque para proporcionar bienes y servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación del clima, la conservación del suelo y la provisión de hábitat para la vida silvestre (Ritchie, 2021; Kumar et al., 2022).

Lea, por favor, las páginas 8 a la 15 del documento "[Degradación de bosques en Latinoamérica](#)" (Armenteras et al., 2016) para tener claro el concepto y alcance de la degradación forestal y conocer en profundidad sus principales causas.

Como pudo usted revisar en el artículo de Armenteras et al. (2016), aunque en un bosque degradado aún quedan árboles en pie, se encuentra fragmentado y empobrecido, lo que compromete su capacidad de recuperación y sostenibilidad a largo plazo. Las principales causas de la degradación forestal incluyen la explotación selectiva de madera, donde la extracción de especies de alto valor comercial altera la composición del bosque y su dinámica natural; la fragmentación del hábitat, provocada por carreteras, infraestructura y asentamientos, que interrumpe la conectividad ecológica y dificulta el desplazamiento de especies; y los incendios forestales recurrentes, ya sean naturales o inducidos por actividades humanas, que deterioran el suelo y afectan la regeneración del bosque. Otros factores incluyen la sobreexplotación de recursos no maderables, como la recolección intensiva de frutos, plantas medicinales y leña, así como el sobrepastoreo, que limita el crecimiento de la vegetación y compacta el suelo. El cambio climático también contribuye a la degradación forestal al aumentar la frecuencia de sequías, olas de calor e incendios más intensos.



Se estimaba que cerca del 30 y el 40 % de los bosques tropicales se encuentran degradados, mucha de esta superficie en niveles críticos de degradación (Putz y Redford, 2010; Yusuf et al., 2019). Eso significa que, aparte de las altas tasas de deforestación asociadas a los bosques tropicales, estos enfrentan degradación, con muy pocas áreas de bosque en buenas condiciones ecológicas. ¿Quiere comprobarlo usted mismo? Revise el siguiente documento:



Lea, por favor, las páginas 24 a la 27 del documento ["Degradación de bosques en Latinoamérica"](#) (Armenteras et al., 2016). Preste especial atención al mapa en la página 26 y observe cuánta superficie de bosque se ubica en la categoría No Degradado.

Tal como menciona Armenteras et al. (2016), la degradación de las masas forestales es un problema en la mayoría de las áreas de bosque remanente, siendo los bosques húmedos tropicales y los bosques tropicales secos, dos de los ecosistemas con mayores niveles de degradación en estado crítico. Asimismo, son pocas las áreas que, de acuerdo con la calidad de su vegetación, pueden considerarse como bosques prístinos.

Los impactos de la degradación de los bosques son significativos y de amplio alcance (Lapola et al., 2023). La reducción de la biodiversidad es una de las consecuencias más preocupantes, ya que los ecosistemas forestales albergan la mayor parte de las especies terrestres del planeta, especialmente en los bosques tropicales (Senior et al., 2017; Lapola et al., 2023). La degradación también disminuye la capacidad del bosque para actuar como sumidero de carbono, lo que agrava el cambio climático al liberar dióxido de carbono a la atmósfera (Berenguer et al., 2023). Además, los suelos de los bosques degradados pierden fertilidad y estabilidad, aumentando el riesgo de erosión y deslizamientos de tierra. En términos socioeconómicos, las comunidades que dependen de los bosques para su sustento enfrentan la reducción de recursos esenciales como madera, alimentos y agua limpia, lo que genera vulnerabilidad y pérdida de medios de vida (Maes et al., 2024).





## Actividades de aprendizaje recomendadas

Es hora de reforzar los conocimientos adquiridos resolviendo las siguientes actividades:

1. La Amazonía no solo es el pulmón del planeta, sino el refugio de una biodiversidad impresionante y el hogar de culturas milenarias, además es una de las pocas áreas en el planeta que guarda remanente de bosques prístinos. Sin embargo, está bajo muchas presiones, y aunque aún tiene gran cantidad de vegetación remanente, mucha de esta área está degradada debido a esas presiones. Lo invito a conocer más sobre la degradación de los bosques amazónicos.

Lea, por favor, las páginas 22 a la 59 del documento [Amazonía bajo presión](#) (Raisg, 2020). Ponga especial énfasis en las imágenes y mapas que muestran la distribución de estas presiones.

De acuerdo con lo que revisó en el documento de Raisg (2020), la Amazonía enfrenta diversas amenazas que están causando su degradación. Entre estas amenazas están:

- La construcción de carreteras, lo cual impulsa el cambio en el uso del suelo, incentivando la deforestación, la ocupación territorial desordenada y actividades ilegales como la minería y la explotación forestal. Entre 2012 y 2020, la densidad vial aumentó en un 51 %, con impactos severos en áreas naturales protegidas y territorios indígenas.
- La construcción de hidroeléctricas, pues existen más de 833 hidroeléctricas, principalmente en Brasil, Ecuador y Perú. Estas infraestructuras alteran los flujos de los ríos, afectan la biodiversidad, causan migraciones forzadas y contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero.
- La actividad petrolera es otra de las amenazas, la Amazonía contiene importantes reservas de crudo, y la extracción afecta el suelo, el agua y las comunidades indígenas. En 2020, el 9,4 % de la



superficie amazónica estaba destinada a actividades petroleras, destacando Ecuador con un 51,5% de su territorio amazónico bajo esta actividad.

- La minería legal e ilegal ha crecido en la Amazonía, con Brasil, Venezuela, Guyana y Perú concentrando el 96 % de esta actividad. Se calcula que un 17 % de la región amazónica está afectada por la minería, lo que genera deforestación, contaminación con mercurio y desplazamiento de comunidades indígenas.
- En países como Brasil y Perú, la tala ilegal se desarrolla a gran escala, con redes criminales que extraen y comercializan madera de manera no regulada.

El avance de infraestructuras, industrias extractivas y la actividad agropecuaria en la Amazonía está ejerciendo una gran presión sobre los ecosistemas y las comunidades indígenas.

2. Estimado estudiante, para evaluar los aprendizajes adquiridos sobre esta temática, le invito a desarrollar la autoevaluación que a continuación se presenta.



### Autoevaluación 4

Lea con detenimiento las siguientes preguntas y responda verdadero (V) o falso (F) según corresponda:

1. El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados ha provocado la eutrofización de cuerpos de agua.
2. La fragmentación del hábitat puede aumentar la vulnerabilidad de las especies al reducir su movilidad y acceso a recursos.
3. El cambio de uso de suelo afecta únicamente a los ecosistemas terrestres y no tiene impacto en el clima global.
4. El aumento de la temperatura global es el único indicador del cambio climático.





5. El suelo es un recurso renovable que puede recuperarse en pocos años tras su degradación.

Lea detenidamente y seleccione la respuesta correcta:

6. ¿Cuál es una de las principales causas de la alteración de los ciclos biogeoquímicos?

- a. Actividad volcánica.
- b. Uso excesivo de fertilizantes.
- c. Movimiento de las placas tectónicas.
- d. Erupciones solares.

7. ¿Qué ecosistemas son más vulnerables a la pérdida de biodiversidad?

- a. Desiertos.
- b. Tundras.
- c. Bosques tropicales y arrecifes de coral.
- d. Ecosistemas urbanos.

8. ¿Cuál es uno de los efectos más evidentes del cambio climático en los océanos?

- a. Mayor producción de oxígeno.
- b. Disminución del nivel del mar.
- c. Acidificación y aumento de la temperatura.
- d. Aumento en la salinidad.

9. ¿Cuál es la principal causa de la degradación del suelo?

- a. Expansión agrícola y ganadera.
- b. Crecimiento de bosques naturales.
- c. Uso de energías renovables.
- d. Aumento en la biodiversidad.



10. ¿Cuál es la causa principal de la contaminación del agua en zonas urbanas?

- a. Agricultura orgánica.
- b. Aguas residuales sin tratamiento.
- c. Protección de cuencas hidrográficas.
- d. Uso sostenible del agua.

[Ir al solucionario](#)



## Resultado de aprendizaje 2:

Comprender las principales medidas de mitigación y adaptación frente al cambio global y su aporte desde su ámbito profesional.

Hasta ahora, usted conoce cuáles son los impulsores directos e indirectos del cambio global, identifica cómo las actividades humanas se relacionan con cada uno de estos impulsores y los diferentes cambios que se están produciendo en los subsistemas terrestres. Tiene ya una base sólida para entender la problemática del cambio global y desde ahí analizar cómo podemos contribuir a frenar o disminuir estos cambios e incluso qué podemos hacer para adaptarnos y promover sistemas naturales y humanos más resilientes. Es justamente, en esta última parte, que nos concentraremos en las dos semanas siguientes, en donde usted conocerá diferentes medidas de mitigación y adaptación frente al cambio global.

Es importante que revise todo el contenido del EVA y los diferentes recursos de aprendizaje que se han preparado. Ponga especial énfasis en los ejemplos o estudios de caso que se muestran para que tenga una idea más clara de varias de las cosas que se pueden hacer para enfrentar los desafíos del cambio global.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas

Recuerde revisar de manera paralela los contenidos con las actividades de aprendizaje recomendadas y actividades de aprendizaje evaluadas.



## Semana 14

### Unidad 5. Desafíos frente al cambio global

El cambio global representa un desafío sin precedentes tanto para los sistemas naturales como para los sistemas humanos, generando impactos interconectados que afectan la estabilidad ecológica y el bienestar social. ¿Pero cuáles son estos desafíos?



## 5.1. Principales impactos del cambio global en los sistemas naturales

Para tener una idea de los principales desafíos al cambio global que enfrentan los sistemas naturales, revise el siguiente video:

[Impacto ambiental y crisis global](#)

En resumen, en los ecosistemas naturales, el cambio climático ha intensificado la degradación de suelos, la pérdida de biodiversidad y la alteración de los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos (Lal, 2012; Arora, 2019). El aumento de la temperatura global, combinado con la variabilidad en los patrones de precipitación, ha incrementado la frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequías, olas de calor, incendios forestales e inundaciones (Planton et al., 2008). Esto ha provocado la reducción de hábitats esenciales para numerosas especies, afectando su distribución y aumentando el riesgo de extinción (Tilahun et al., 2018; Boutaj et al., 2019). A su vez, la sobreexplotación de los recursos naturales, la contaminación y la expansión de la frontera agrícola han acelerado la desertificación y la deforestación, reduciendo la capacidad de los ecosistemas para regular el clima y proveer servicios esenciales como la captación de carbono y la purificación del agua (Dharumarajan et al., 2019).

## 5.2. Principales impactos del cambio global en los sistemas humanos

Asimismo, los sistemas humanos enfrentan enormes desafíos debido a los efectos del cambio global sobre la seguridad alimentaria, la disponibilidad de agua, la salud pública y la estabilidad económica. Para entender de mejor manera estos impactos, revise el siguiente video:

[Impacto del cambio global en los sistemas humanos](#)

Podemos concluir entonces que la disminución de la productividad agrícola en diversas regiones amenaza la capacidad de producción de alimentos, exacerbando la vulnerabilidad de comunidades rurales y aumentando los conflictos por recursos (Knox y Kay, 2010; Mukamana, 2024). La escasez de agua dulce, agravada por la sobreexplotación y la contaminación, impacta a



millones de personas y limita el desarrollo de actividades industriales y urbanas (Gosling y Arnell, 2016). Además, la propagación de enfermedades relacionadas con el clima, como el dengue y la malaria, pone en riesgo la salud de poblaciones en regiones tropicales y subtropicales (McDermott, 2022). A nivel social y económico, el cambio global intensifica la migración forzada y la desigualdad, especialmente en países con menos capacidad de adaptación (Piguet et al., 2011).

### 5.3. ¿Todos somos igual de vulnerables a los impactos del cambio global?

Aunque el cambio global nos afecta a todos de una u otra forma, ya que todos habitamos este planeta y dependemos de sus recursos, la forma en la que sentimos todos estos cambios, la forma en la que reaccionamos a ellos o la intensidad con la que ocurren en nuestro entorno cercano depende de muchos factores (Füssel y Klein, 2016; Foden et al., 2019). Por ejemplo, la degradación del suelo va a afectar mayormente a las comunidades cuyos ingresos o medios de vida dependan directamente de la calidad de este recurso. El aumento de enfermedades como consecuencia del cambio climático va a causar un mayor impacto en países con sistemas de salud de mala calidad que en aquellos con mayor nivel de respuesta. Eso significa que no todos somos igual de vulnerables al cambio global (Ford et al., 2018).



La **vulnerabilidad al cambio global** se refiere al grado en que una región, población, ecosistema o especie es susceptible a los impactos del mismo.

Esta vulnerabilidad está determinada por tres componentes clave que se muestran en la siguiente infografía:

[Vulnerabilidad al cambio global](#)



Entonces, la combinación del nivel de exposición a un estresor, el nivel de sensibilidad a ese estresor y la capacidad de adaptación van a determinar el nivel de vulnerabilidad (Foden et al., 2019). Para tenerlo más claro, veamos el siguiente ejemplo:

En el video, [¿Qué es la vulnerabilidad y cómo adaptarse al cambio climático?](#) (GIZ-México, 2014) se muestra con un ejemplo sencillo, pero práctico, cómo la combinación de estos tres factores (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación) definen el nivel de vulnerabilidad.

Basados en esta explicación, por ejemplo, las regiones áridas, ecosistemas costeros, bosques tropicales y comunidades que dependen de recursos naturales son altamente vulnerables debido a su baja resiliencia y alta dependencia de condiciones climáticas estables (Tietien et al., 2017; Huang et al., 2017). Asimismo, especies con distribuciones restringidas, baja tasa de reproducción o requerimientos ecológicos específicos están en mayor riesgo de extinción ante la alteración de su hábitat (Thuiller et al., 2006; Dirnböck et al., 2011). Identificar las regiones, poblaciones, ecosistemas o especies más vulnerables al cambio global es crucial y el primer paso para direccionar esfuerzos de conservación, mitigación y adaptación de manera eficiente.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



## Semana 15

### Unidad 5. Desafíos frente al cambio global

#### 5.4. ¿Qué podemos hacer frente al cambio global?

El cambio global requiere respuestas urgentes y efectivas. Para abordar sus impactos, se han desarrollado dos tipos de estrategias: la mitigación y la adaptación. Ambas estrategias son complementarias y esenciales para garantizar la sostenibilidad del planeta y el bienestar de las generaciones futuras. Vamos a conocer de qué se trata cada una de ellas.

#### Medidas de mitigación



Mitigar significa reducir o minimizar el impacto de un fenómeno o problema. En el contexto del cambio global, la mitigación se refiere a las acciones y estrategias diseñadas para disminuir las causas del cambio global y de los impulsores que hemos revisado antes (Fawzy et al., 2020).



Una **estrategia de mitigación** es toda acción destinada a disminuir las causas del cambio global o sus impulsores.

En el contexto del cambio global, las medidas de mitigación deberían estar orientadas por ejemplo a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar los sumideros de carbono para contribuir a frenar el cambio climático, o implementar prácticas de manejo forestal y fortalecer la legislación ambiental para contribuir a la disminución de la deforestación (Shukla et al., 2022). En la siguiente presentación titulada: "[Mitigación del cambio global](#)", revise algunos ejemplos de medidas que buscan contribuir a la disminución o atenuación de los impulsores del cambio global.

Para que la mitigación del cambio global sea efectiva, es fundamental implementar un enfoque integral que combine políticas públicas, tecnologías sostenibles, educación, participación social y financiamiento adecuado. Lo invito a revisar algunos ejemplos exitosos de implementación:

### [Medidas de Mitigación](#)

Como usted pudo ver en el recurso de aprendizaje que acaba de revisar, las opciones para diseñar medidas de mitigación son variadas y pueden implementarse en diferentes contextos. Además, muchas de estas medidas no solo contribuyen a reducir un impulsor del cambio global, sino que pueden contribuir a reducir varias presiones al mismo tiempo, por ejemplo, la conservación de bosques contribuye a aumentar los sumideros de carbono, a disminuir la pérdida de biodiversidad y a conservar los recursos hídricos.

### **Medidas de adaptación**



A diferencia de las medidas de mitigación, que actúan sobre las causas del cambio global, la adaptación se centra en los efectos que ya son inevitables y, por lo tanto, busca plantear medidas que minimicen los impactos del cambio global y aumentar la resiliencia de los sistemas humanos y naturales (Ayers y Forsyth, 2009). La adaptación es, en sí, el proceso mediante el cual los sistemas naturales y humanos ajustan sus estructuras, funciones y comportamientos para responder a cambios en su entorno, minimizando impactos negativos y aprovechando oportunidades (Fankhauser, 2017).

Recuerde que:

Una **estrategia de adaptación** es toda acción que permita a ecosistemas, comunidades y sectores económicos reducir su vulnerabilidad y aumentar su resiliencia frente a los desafíos del cambio global.

Este proceso de adaptación puede manifestarse en diferentes niveles (Bista y Gurung, 2013; Mees et al., 2019).

- Puede darse a nivel ecológico, en donde las especies pueden desarrollar modificaciones fisiológicas o de comportamiento para sobrevivir en condiciones cambiantes o a nivel social y económico en donde las comunidades pueden modificar sus prácticas agrícolas, infraestructuras y sistemas de gobernanza para enfrentar nuevos escenarios ambientales.
- Puede ser autónoma, cuando ocurre de forma natural en respuesta a estímulos ambientales, o planeada, cuando es el resultado de intervenciones humanas diseñadas para reducir riesgos y fortalecer la sostenibilidad.
- Puede ser local cuando las medidas se llevan a cabo en el plano local en donde las comunidades rurales y las ciudades cumplen una función muy importante, o puede impulsarse a nivel nacional e internacional en donde a través de políticas, planificación o proyectos los gobiernos u organismos internacionales plantean medidas a gran escala.

En la siguiente presentación titulada: "[Estrategias para mitigar el cambio global](#)", revise algunos ejemplos de medidas de adaptación que buscan contribuir al incremento de la resiliencia de los sistemas naturales y humanos.





Como usted pudo revisar, existen varias formas en las que podemos contribuir a la adaptación de los sistemas naturales y humanos frente al cambio global. El diseño e implementación de medidas de adaptación a distintos niveles es fundamental para fortalecer la resiliencia de los ecosistemas y las sociedades ante los efectos del cambio global (Fankhauser, 2017). A nivel local, la adaptación permite que comunidades vulnerables desarrollen estrategias para afrontar la escasez de recursos, los eventos climáticos extremos y la degradación ambiental, mediante prácticas como la gestión sostenible del agua, la diversificación de cultivos y la restauración de suelos y bosques (Mees et al., 2019). A nivel nacional, es clave integrar políticas de adaptación en los planes de desarrollo, asegurando que sectores como la agricultura, la infraestructura y la salud pública sean capaces de responder a los desafíos ambientales de manera efectiva (Cimato y Mullan, 2010). Finalmente, a nivel global, la cooperación internacional es esencial para compartir conocimientos, financiamiento y tecnologías que permitan adaptarnos de manera equitativa y coordinada (Pickering y Rübbelke, 2010). Sin estrategias de adaptación bien diseñadas en todos estos niveles, la capacidad de los sistemas humanos y naturales para enfrentar los cambios ambientales se verá comprometida.

Aunque es todo un desafío por lo rápido de los cambios observados, la adaptación es posible. Lo invito a revisar la siguiente presentación titulada: "[Medidas de adaptación](#)", en donde se muestran ejemplos exitosos implementados a lo largo del planeta.

Lo que usted acaba de observar, tan solo es un ejemplo de la vasta cantidad de oportunidades de adaptación. Una adaptación exitosa al cambio global requiere entonces un enfoque multisectorial, basado en la ciencia, con políticas claras, financiamiento sostenible y participación ciudadana. La combinación de innovación tecnológica, gestión ambiental y compromiso social es clave para fortalecer la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades.

Es hora de reforzar los conocimientos adquiridos resolviendo las siguientes actividades.





## Actividades de aprendizaje recomendadas

El cambio climático es uno de los impulsores del cambio global que más atención está recibiendo en los últimos años debido a los desafíos que representa para las comunidades. Ante eso, es importante el diseño e implementación de medidas de adaptación y mitigación. Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) son estrategias que utilizan los ecosistemas y sus funciones naturales para enfrentar desafíos ambientales, sociales y económicos, como el cambio climático, la seguridad alimentaria, la gestión del agua y la pérdida de biodiversidad. Estas soluciones aprovechan los procesos ecológicos para mitigar los impactos del cambio climático y fortalecer la resiliencia de comunidades y ecosistemas. Lo invito a revisar algunas opciones de SbN y su importancia.

1. Revise el video [Nature4Cities: Soluciones basadas en la Naturaleza en ciudades de América Latina y el Caribe](#) (City Adapt, 2023), en donde se enfatiza la necesidad de adaptación al cambio climático en las zonas urbanas de Latinoamérica y se mencionan algunos ejemplos de soluciones basadas en la naturaleza.

Como usted pudo ver, las SbN son clave para el desarrollo sostenible, ya que no solo brindan beneficios ambientales, sino que también mejoran el bienestar humano y la economía, promoviendo una convivencia armónica entre las sociedades y la naturaleza. Su importancia radica en varios aspectos clave:

1. **Mitigación del cambio climático:** Ecosistemas como bosques, humedales y manglares actúan como sumideros de carbono, ayudando a reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.
2. **Adaptación y resiliencia:** Al fortalecer la capacidad de los ecosistemas para resistir y recuperarse de perturbaciones, las SbN protegen a las comunidades de eventos extremos como inundaciones, sequías y deslizamientos de tierra.



3. **Conservación de la biodiversidad:** Promueven la restauración y el mantenimiento de hábitats naturales, lo que favorece la biodiversidad y el equilibrio ecológico.

4. **Seguridad hídrica y alimentaria:** Mejoran la gestión del agua mediante la restauración de cuencas y humedales, y favorecen sistemas agrícolas sostenibles que preservan la fertilidad del suelo y reducen la erosión.

5. **Beneficios económicos y sociales:** Generan empleo en actividades como reforestación, restauración de ecosistemas y turismo ecológico, al tiempo que mejoran la calidad de vida de las comunidades locales.

2. Estimado estudiante, para evaluar los aprendizajes adquiridos sobre esta temática, le invito a desarrollar la autoevaluación que a continuación se presenta.



### Autoevaluación 5

Lea con detenimiento las siguientes preguntas y responda verdadero (V) o falso (F) según corresponda:

1. El cambio global afecta únicamente a los ecosistemas naturales y no tiene repercusiones en los sistemas humanos.
2. Todos los países y comunidades son igualmente vulnerables a los impactos del cambio global.
3. Los ecosistemas degradados tienen menos capacidad para enfrentar los efectos del cambio global.
4. Las estrategias de mitigación buscan reducir los efectos inevitables del cambio global en los sistemas humanos y naturales.
5. Las estrategias de adaptación pueden ser tanto naturales como sociales y económicas.



Lea detenidamente y seleccione la respuesta correcta:

6. ¿Qué factor influye en la vulnerabilidad de una comunidad al cambio global?
- a. Exposición a amenazas.
  - b. Sensibilidad del entorno.
  - c. Capacidad de adaptación.
  - d. Todas las anteriores.
7. ¿Qué estrategia busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero?
- a. Adaptación.
  - b. Mitigación.
  - c. Expansión agrícola.
  - d. Deforestación controlada.
8. ¿Cuál de los siguientes es un ejemplo de una medida de adaptación al cambio global?
- a. Uso de energías renovables.
  - b. Protección de humedales y restauración de manglares.
  - c. Reducción de la deforestación.
  - d. Disminución del consumo de combustibles fósiles.
9. ¿Por qué es importante implementar medidas de mitigación y adaptación?
- a. Porque solo con mitigación se pueden reducir los impactos.
  - b. Porque ayudan a enfrentar los efectos y causas del cambio global.
  - c. Porque solo con la adaptación se puede reducir la crisis climática.
  - d. Porque son estrategias excluyentes.



10. ¿Cuál de los siguientes elementos es clave para fortalecer la adaptación al cambio global?

- a. Tecnología e innovación.
- b. Educación y participación comunitaria.
- c. Políticas y financiamiento sostenible.
- d. Todas las anteriores.

[Ir al solucionario](#)



## Resultados de aprendizaje 1 y 2:

- Describir las evidencias del cambio global, sus causas e impacto sobre el planeta, la biodiversidad y el ser humano.
- Comprender las principales medidas de mitigación y adaptación frente al cambio global y su aporte desde su ámbito profesional.

### Contenidos, recursos y actividades de aprendizaje recomendadas



## Semana 16

### Actividades finales del bimestre

Estimado estudiante, ha concluido el Segundo Bimestre y la asignatura. Espero que lo aprendido haya fortalecido sus competencias profesionales. Es momento de prepararse para la evaluación bimestral, para lo cual, durante esta última semana, realice las siguientes actividades:

1. Le recomiendo que revise los apuntes y resúmenes que ha realizado de cada unidad para que pueda identificar qué temática no está clara y necesita reforzar.
2. Si identificó algún tema que no está claro, en el que necesite refuerzo, o tiene preguntas/dudas adicionales, se recomienda hacer un listado de dudas o preguntas para que posteriormente pueda socializarlo con su docente en el horario de tutorías.
3. Asista a la tutoría de la semana 16, en la misma, el docente dará un resumen de la temática abordada durante el bimestre, haciendo énfasis en los temas con mayor complejidad. Tomando en cuenta las dudas, preguntas y vacíos detectados en la actividad anterior, es el momento de aprovechar la tutoría para solventar sus dudas.
4. Si no puede conectarse a la tutoría, revise el video de la tutoría cuando esté disponible en la sección de anuncios. Si luego de revisar el video aún mantiene dudas, por favor comuníquese con su docente a través de la mensajería.





## 4. Autoevaluaciones

### Autoevaluación 1

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	F	La Tierra es un sistema interconectado donde la atmósfera, la litosfera, la hidrosfera, la criosfera y la biosfera interactúan constantemente.
2	F	Aunque la Tierra ha cambiado naturalmente, en la actualidad las actividades humanas son un factor clave en los cambios planetarios.
3	V	El término fue propuesto por Paul Crutzen y Eugene Stoermer para describir la era en la que los humanos han modificado el planeta a gran escala.
4	V	Pequeñas alteraciones pueden desencadenar cambios desproporcionados en otros subsistemas, como el derretimiento de glaciares que acelera el calentamiento global.
5	V	Los “Límites Planetarios” incluyen el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la alteración de ciclos biogeoquímicos, entre otros.
6	V	Estos gases han provocado un calentamiento global acelerado y cambios en la composición atmosférica y oceánica.
7	c	La exosfera es la capa externa de la atmósfera terrestre, pero no se considera un subsistema terrestre.
8	a	A partir de la Revolución Industrial, el crecimiento poblacional y el uso de combustibles fósiles han marcado una nueva era conocida como Antropoceno.
9	b	La reducción del albedo por el derretimiento de glaciares es un ejemplo de retroalimentación positiva.
10	b	El hallazgo de plásticos y radionucleidos en los sedimentos modernos es una de las principales evidencias de cómo las actividades humanas han dejado huella.

[Ir a la autoevaluación](#)



## Autoevaluación 2

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	F	El cambio global abarca transformaciones en los sistemas naturales, sociales y económicos del planeta.
2	V	Según Steffen et al. (2005) y Duarte et al. (2006), los cambios actuales en el sistema Tierra son impulsados principalmente por la actividad humana.
3	V	Todos estos fenómenos están impulsados por la actividad humana y forman parte del cambio global.
4	F	Los impulsores indirectos influyen en los impulsores directos, pero sus efectos no son inmediatos.
5	V	Estos factores contribuyen a la presión sobre los ecosistemas y facilitan la acción de los impulsores directos.
6	V	La deforestación afecta directamente los ecosistemas y contribuye al cambio climático.
7	b	Las transformaciones a gran escala en los sistemas naturales, sociales y económicos del planeta son procesos que describen el cambio global.
8	c	Una de las características del cambio global es que es impulsado por la actividad humana y ocurre a gran velocidad.
9	b	Los impulsores directos causan cambios inmediatos en los subsistemas terrestres, mientras que los indirectos alteran el contexto en el que estos cambios ocurren.
10	b	La expansión urbana es un impulsor directo del cambio global.

[Ir a la autoevaluación](#)





Autoevaluación 3

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	Los impulsores indirectos modifican las condiciones en las que actúan los impulsores directos.
2	F	La población creció lentamente hasta la Revolución Industrial, cuando las tasas de supervivencia aumentaron.
3	V	Los países de altos ingresos tienen un consumo de energía y materiales mucho mayor que los países en desarrollo.
4	V	Los impactos ambientales trascienden fronteras debido a la interconexión de los sistemas naturales y económicos.
5	V	Este fenómeno es común en industrias como la textil y la manufacturera.
6	c	El crecimiento de la población es un impulsor indirecto del cambio global.
7	b	La Revolución Industrial influyó en el crecimiento de la población.
8	c	La fuga ambiental describe la externalización de problemas ambientales de un país a otro con regulaciones más laxas.
9	b	Los países industrializados emiten más carbono, pero los países en desarrollo sufren más los efectos.
10	a	La cultura influye en el cambio global promoviendo modelos de consumo masivo o prácticas sostenibles.

Ir a la autoevaluación



## Autoevaluación 4

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	V	El exceso de nitrógeno y fósforo en cuerpos de agua debido al uso de fertilizantes ha causado la proliferación de algas, reduciendo el oxígeno disponible y afectando a la biodiversidad acuática.
2	V	La fragmentación genera aislamiento poblacional, afectando la reproducción y aumentando el riesgo de extinción local.
3	F	La deforestación y la urbanización alteran los ciclos de carbono y agua, influyendo en el cambio climático.
4	F	Además del aumento de temperatura, el cambio climático también se manifiesta en eventos extremos: aumento del nivel del mar, acidificación de los océanos y cambios en los patrones de precipitación.
5	F	La formación de suelo es un proceso extremadamente lento que puede tardar cientos o miles de años, por lo que su degradación es un problema grave.
6	b	El uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados en la agricultura ha provocado el desequilibrio en los ciclos del nitrógeno y fósforo, causando problemas como la eutrofización.
7	b	Estos ecosistemas albergan la mayor biodiversidad del planeta y son altamente sensibles a cambios ambientales, como la deforestación y la acidificación oceánica.
8	c	El exceso de CO <sub>2</sub> acidifica el océano, afectando especies marinas y alterando las cadenas tróficas.
9	a	La conversión de tierras naturales en áreas agrícolas provoca erosión, pérdida de nutrientes y desertificación.
10	b	El vertido de aguas residuales sin tratamiento contamina ríos y lagos, afectando la calidad del agua potable y la biodiversidad acuática.

[Ir a la autoevaluación](#)



## Autoevaluación 5

Pregunta	Respuesta	Retroalimentación
1	F	El cambio global impacta tanto a los sistemas naturales como a los sistemas humanos, afectando la biodiversidad, la seguridad alimentaria, el acceso al agua y la economía global.
2	F	La vulnerabilidad depende del nivel de exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación de cada región, por lo que algunas comunidades son más afectadas que otras.
3	V	Cuando un ecosistema está degradado, pierde su capacidad de proveer servicios ecosistémicos como la regulación del clima, la captura de carbono y la conservación del agua.
4	F	La mitigación busca reducir las causas del cambio global, como las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que la adaptación se enfoca en enfrentar sus efectos.
5	V	La adaptación puede manifestarse en la capacidad de los ecosistemas para ajustarse a nuevas condiciones y en la implementación de políticas y cambios sociales que minimicen los impactos.
6	d	La vulnerabilidad depende de la combinación de estos tres factores, que determinan la capacidad de respuesta de una comunidad ante los impactos del cambio global.
7	b	La mitigación se enfoca en reducir las causas del cambio global, como las emisiones de gases de efecto invernadero y la deforestación.
8	b	La adaptación busca fortalecer la resiliencia de los ecosistemas y las comunidades ante los cambios ambientales, como la restauración de manglares para reducir el impacto de tormentas.
9	b	La mitigación y la adaptación deben aplicarse conjuntamente para reducir los impactos y fortalecer la resiliencia ante el cambio global.
10	d	La adaptación requiere un enfoque integral que combine tecnología, educación y políticas públicas para fortalecer la resiliencia de los sistemas naturales y humanos.
<a href="#">Ir a la autoevaluación</a>		





## 5. Glosario

**Cambio Global:** Transformaciones a gran escala en los sistemas naturales, sociales y económicos del planeta, impulsadas principalmente por la actividad humana, incluyendo el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la degradación de recursos naturales.

**Impulsores Directos:** Factores que generan cambios de manera inmediata y medible en los ecosistemas y en el sistema climático, como la deforestación, la contaminación, el cambio en el uso del suelo y la emisión de gases de efecto invernadero.

**Impulsores Indirectos:** Factores subyacentes que influyen en los impulsores directos, como el crecimiento poblacional, los patrones de consumo, la globalización y las decisiones políticas y económicas.

**Cambio de Cobertura y Uso de Suelo:** Transformación de los paisajes naturales debido a actividades humanas como la agricultura, la urbanización y la expansión industrial, lo que impacta los ecosistemas y la biodiversidad.

**Deforestación:** Conversión de áreas forestales en terrenos no forestales debido a actividades humanas como la agricultura, la ganadería y la expansión urbana, reduciendo la capacidad de los ecosistemas para capturar carbono y sostener la biodiversidad.

**Fragmentación del Hábitat:** Proceso por el cual un ecosistema continuo se divide en áreas más pequeñas e incomunicadas debido a la deforestación, la construcción de carreteras y otras actividades humanas, afectando la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.



**Cambio Climático:** Modificación a largo plazo de las condiciones climáticas globales, provocada en gran medida por el aumento de gases de efecto invernadero generados por actividades humanas, lo que causa fenómenos extremos y alteraciones en los ecosistemas.

**Erosión del suelo:** Pérdida de la capa superficial del suelo debido a actividades humanas como la deforestación y la agricultura intensiva, lo que reduce su fertilidad y capacidad de retención de agua.

**Huella Ecológica:** Indicador que mide la cantidad de recursos naturales que una persona o comunidad consume en relación con la capacidad del planeta para regenerarlos.

**Servicios Ecosistémicos:** Beneficios que los ecosistemas proporcionan a la humanidad, como la regulación del clima, la purificación del agua, la polinización de cultivos y la producción de oxígeno.

**Desertificación:** Degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas debido a la actividad humana y el cambio climático, lo que provoca pérdida de suelos fértiles y disminución de la biodiversidad.

**Vulnerabilidad Climática:** Grado en el que un sistema natural o humano es susceptible a los efectos adversos del cambio climático, determinado por su exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

**Adaptación al Cambio Global:** Estrategias y acciones diseñadas para reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia frente a los efectos del cambio global.

**Mitigación del Cambio Global:** Medidas destinadas a reducir las causas del cambio global.

**Fuga Ambiental (“Leakage”):** Desplazamiento de impactos ambientales de un país a otro debido a regulaciones ambientales más laxas en ciertas regiones, lo que permite la externalización de la contaminación y la sobreexplotación de recursos.





## 6. Referencias bibliográficas

- Abramova, I. O. (2022). Africa's population in conditions of the world order transformation. *Asia and Africa Today*, (12), 5-15.
- Ahmad, I., & Parray, S. (2017). Biodiversity Conservation of Valuable Medicinal Plants for Livelihood Improvement (A Systematic Review).
- Ahmad, J. (2009). Population growth and environmental stress (A review). *Current World Environment*, 4, 335-340. <https://doi.org/10.12944/CWE.4.2.10>.
- Akinsemolu, A. (2023). Advancing Sustainability and Social Justice in the Global South. *SustainE*. <https://doi.org/10.55366/suse.v1i1.8>.
- Alexeev, V. A. (2006, March). Changes of the Solar Activity and Terrestrial Climate. In 37th Annual Lunar and Planetary Science Conference (p. 1033).
- Alho, C. (2008). The value of biodiversity. *Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia*, 68 4 Suppl, 1115-8. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500018>.
- Ali, S., Qubaa, A., & Al-Khayat, A. (2024). Climate Change and its Potential Impacts on Iraqi Environment: Overview. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1300. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1300/1/012010>.
- Alves, M. T. R., Piontekowski, V. J., Buscardo, E., Pedlowski, M. A., Sano, E. E., & Matricardi, E. A. T. (2021). Effects of settlement designs on deforestation and fragmentation in the Brazilian Amazon. *Land use policy*, 109, 105710.



- Arabadzhyan, A., Figini, P., García, C., González, M. M., Lam-González, Y. E., & León, C. J. (2021). Climate change, coastal tourism, and impact chains—a literature review. *Current Issues in Tourism*, 24(16), 2233-2268.
- Assunção, R. (2022). Impact of climate change on food systems—the One Health approach. *European Journal of Public Health*, 32(Supplement\_3), ckac129-019.
- Ayres, R., Schlesinger, W., & Socolow, R. (1994). Industrial Ecology and Global Change: Human Impacts on the Carbon and Nitrogen Cycles., 121-156. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511564550.011>.
- Babaev, M. P., Gurbanov, E. A., & Ramazanov, F. M. (2015). Main types of soil degradation in the Kura-Aras Lowland of Azerbaijan. *Eurasian soil science*, 48, 445-456.
- Baggenstos, D., Häberli, M., Schmitt, J., Shackleton, S. A., Birner, B., Severinghaus, J. P., ... & Fischer, H. (2019). Earth's radiative imbalance from the Last Glacial Maximum to the present. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(30), 14881-14886.
- Baiyeri, P. (2019). Diversity, food, nutrition and medicinal importance of some selected less-known African indigenous tropical plant species: advocacy for global research attention. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. <https://doi.org/10.1079/pavsnr201914012>.
- Ball, J., Petrova, K., Coomes, D., & Flaxman, S. (2021). Using deep convolutional neural networks to forecast spatial patterns of Amazonian deforestation. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2041-210X.13953>.



- Barbault, R. (2013). Loss of Biodiversity, Overview., 656-666. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00298-7>.
- Bastian, O. (2013). The role of biodiversity in supporting ecosystem services in Natura 2000 sites. *Ecological indicators*, 24, 12-22.
- Beine, M., & Jeusette, L. (2021). A meta-analysis of the literature on climate change and migration. *Journal of Demographic Economics*, 87(3), 293-344.
- Berenguer, E., Armenteras, D., Alencar, A., Almeida, C., Aragão, L., Barlow, J., ... & García-Villacorta, R. (2021). Drivers and ecological impacts of deforestation and forest degradation.
- Berger, A. (1979). Spectrum of climatic variations and their causal mechanisms. *Geophysical surveys*, 3, 351-402. <https://doi.org/10.1007/BF01449756>.
- Bernstein, A., & Ludwig, D. (2008). The importance of biodiversity to medicine. *JAMA*, 300 19, 2297-9. <https://doi.org/10.1001/jama.2008.655>.
- Berry, E. (2014). Religion and sustainability in global civil society: Some basic findings from Rio+ 20. *Worldviews: Global Religions, Culture, and Ecology*, 18(3), 269-288.
- Bossa, A. Y., Diekkrüger, B., & Agbossou, E. K. (2014). Scenario-based impacts of land use and climate change on land and water degradation from the meso to regional scale. *Water*, 6(10), 3152-3181.
- Brook, B., Sodhi, N., & Bradshaw, C. (2008). Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in ecology & evolution*, 23 8, 453-60. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.03.011>.





- Brown, M. B., Morrison, J. C., Schulz, T. T., Cross, M. S., Püschel-Hoeneisen, N., Suresh, V., & Eguren, A. (2022). Using the conservation standards framework to address the effects of climate change on biodiversity and ecosystem services. *Climate*, 10(2), 13.
- Callaghan, T., Johansson, M., Key, J., Prowse, T., Ananicheva, M., & Klepikov, A. (2011). Feedbacks and Interactions: From the Arctic Cryosphere to the Climate System. *AMBIO*, 40, 75-86. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0215-8>.
- Camill, P. (2010) Global Change. *Nature Education Knowledge* 3(10):49
- Canadell, J., Pataki, D., & Pitelka, L. (2007). Terrestrial Ecosystems in a Changing World. . <https://doi.org/10.1007/978-3-540-32730-1>.
- Caudle, D., Beatty, A., Dunk, R., Ballen, C., & Henning, J. (2024). Environmental Injustice: When the Grass is Greener on the Other Side. *CourseSource*. <https://doi.org/10.24918/cs.2024.27>.
- Céspedes, J., Sylvester, J. M., Pérez-Marulanda, L., Paz-García, P., Reymondin, L., Khodadadi, M., ... & Castro-Núñez, A. (2023). Has global deforestation accelerated due to the COVID-19 pandemic? *Journal of Forestry Research*, 34(4), 1153-1165.
- Chakraborty, J., Collins, T., & Grineski, S. (2016). Environmental Justice Research: Contemporary Issues and Emerging Topics. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13. <https://doi.org/10.3390/ijerph13111072>.
- Chand, S. (2021). Climate change a repercussion of human induced systems. *International Journal of Advanced Research*. <https://doi.org/10.21474/ijar01/13431>.
- Change. *Science*, 342, 850 - 853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>.



- Chen, Y., Moore, J., & Ji, D. (2024). Simulated responses and feedbacks of permafrost carbon under future emissions pathways and idealized solar geoengineering scenarios. *Environmental Research Letters*, 19. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad2433>.
- Choudhary, M. P., Chauhan, G. S., & Kushwah, Y. K. (2015, February). Environmental degradation: causes, impacts and mitigation. In National seminar on recent advancements in protection of environment and its management issues (NSRAPEM-2015).
- Cita, M. B., & Orombelli, G. (2014). Foreword: Anthropocene: natural and man-made alterations of the Earth's fragile equilibrium. *Rendiconti Lincei*, 25, 1-3.
- Cleaveland, M. (2016). Plain Facts About Anthropogenic Global Climate Change and Warming: A Review. *Journal of the Arkansas Academy of Science*. <https://doi.org/10.54119/jaas.2016.7005>.
- Colella, L. (2022). Integral Ecology and Environmental Law in the Anthropocene: The Perspective of the Catholic Church. In *Environmental Constitutionalism in the Anthropocene* (pp. 13-28). Routledge.
- Cox, S., Wang, W., & Schwartz, S. (1995). Climate response to radiative forcings by sulfate aerosols and greenhouse gases. *Geophysical Research Letters*, 22, 2509-2512. <https://doi.org/10.1029/95GL02477>.
- Crutzen, P. (2004). Atmospheric Chemistry and Climate in the Anthropocene. , 113-120. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4159-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4159-1_3).
- Crutzen, P., & Steffen, W. (2003). How Long Have We Been in the Anthropocene Era? *Climatic Change*, 61, 251-257. <https://doi.org/10.1023/B:CLIM.0000004708.74871.62>.



Crutzen, Paul J. y Eugene F. Stoermer, 2000, "The 'Anthropocene'", en Global Change Newsletter, núm. 41, pp. 17-18.

Crutzen, Paul J., 2002, "Geology of Mankind", en Nature, vol. 415, núm. 6867, p. 23., 2006, "Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma?", en Climatic Change, núm. 77, pp. 211-220.

D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C. W. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in water resources*, 51, 326-344.

Daiyan, M. (2023). The Impact of Climate Change on Indigenous Knowledge and Cultural Practices. *Praxis International Journal of Social Science and Literature*. <https://doi.org/10.51879/pijssl/060611>.

Damor, P. (2024). Anthropocene: Human Activity Impact on the Climate and Environment. *Journal of Climate Change*. <https://doi.org/10.3233/jcc240006>.

David, L., Cruz, T., & Azanza, R. (2021). Climate Change Impacts on Food Security from Marine Resources. *Transactions of the National Academy of Science and Technology*. <https://doi.org/10.57043/transnastphl.2016.757>.

Deb, D. (2022). The Erosion of Biodiversity and Culture. *Ecology, Economy and Society—the INSEE Journal*. <https://doi.org/10.37773/ees.v5i1.487>.

Deese, B. (2024). The Case for a Clean Energy Marshall Plan: How the Fight against Climate Change Can Renew American Leadership. *Foreign Aff.*, 103, 106.

Deoxygenation, O. (2020). Ocean Deoxygenation. *Journal of the Geological Society of India*, 96, 427 - 432. <https://doi.org/10.1007/s12594-020-1580-3>.



- Doney, S., & Schimel, D. (2015). Climate Change and Biogeochemical Impacts. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.A0003242.PUB3>.
- Dragović, N., & Vulević, T. (2020). Soil degradation processes, causes, and assessment approaches. In *Life on land* (pp. 928-939). Cham: Springer International Publishing.
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Rios, A. F., Simó, R. & Valladares, F. (2009). [Cambio Global](#): Impacto de la Actividad Humana sobre el Sistema Tierra. Colección Divulgación, CSIC.
- Duarte, R., Pinilla, V., & Serrano, A. (2018). Income, Economic Structure and Trade: Impacts on Recent Water Use Trends in the European Union. *Sustainability*, 10, 1-13. <https://doi.org/10.3390/SU10010205>.
- Easterlin, R. (1995). Industrial revolution and mortality revolution: Two of a kind? *Journal of Evolutionary Economics*, 5, 393-408. <https://doi.org/10.1007/BF01194368>.
- Ebbesson, J. (2009). Environmental Law and Justice in Context: Piercing the state veil in pursuit of environmental justice., 270-294. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511576027.015>.
- Ehlers, E., & Krafft, T. (2006). Managing Global Change: Earth System Science in the Anthropocene., 5-12. [https://doi.org/10.1007/3-540-26590-2\\_2](https://doi.org/10.1007/3-540-26590-2_2).
- El-Beltagy, A., & Madkour, M. (2012). Impact of climate change on arid lands agriculture. *Agriculture & Food Security*, 1. <https://doi.org/10.1186/2048-7010-1-3>.
- Emodi, S., & Hergenrader, M. (2014). Religion and Environmental Worldviews.



- Eom, K., & Ng, S. (2023). The Potential of Religion for Promoting Sustainability: The Role of Stewardship. *Topics in cognitive science*. <https://doi.org/10.1111/tops.12641>.
- Evans, W., & Puckrin, E. (2004). Remote sensing measurements of greenhouse gas radiative fluxes., 5268. <https://doi.org/10.1117/12.519191>.
- Evrendilek, F. (2012). Modeling of Spatiotemporal Dynamics of Biogeochemical Cycles in a Changing Global Environment. *Journal of Ecosystem & Ecography*, 2012. <https://doi.org/10.4172/2157-7625.1000E113>.
- Fahey, D., Doherty, S., Hibbard, K. A., Romanou, A., & Taylor, P. (2017). Physical drivers of climate change.
- Fahrig, L. (1997). Relative Effects of Habitat Loss and Fragmentation on Population Extinction. *Journal of Wildlife Management*, 61, 603-610. <https://doi.org/10.2307/3802168>.
- Falcón, L. I., Magallón, S., & Castillo, A. (2010). Dating the cyanobacterial ancestor of the chloroplast. *The ISME journal*, 4(6), 777-783.
- Fargeot, L., Poesy, C., Lefort, M., Prunier, J. G., Krick, M., Verdonck, R., ... & Blanchet, S. (2024). Genetic diversity affects ecosystem functions across trophic levels as much as species diversity, but in an opposite direction. *bioRxiv*, 2024-03.
- Farina, A. (2011). Landscape ecology and the general theory of resources: comparing two paradigms. *Journal of Landscape Ecology*, 4(1), 18-29.
- Findlay, H. S., & Turley, C. (2021). Ocean acidification and climate change. In *Climate change* (pp. 251-279). Elsevier.



- Finn, C., Grattarola, F., & Pincheira-Donoso, D. (2023). More losers than winners: investigating Anthropocene defaunation through the diversity of population trends. *Biological Reviews*, 98. <https://doi.org/10.1111/brv.12974>.
- Fischer, H., Schmitt, J., Schneider, R., Joos, F., Leuenberger, M., Köhler, P., & Chappellaz, J. (2013). Ice core perspectives on past changes in the global carbon cycle.
- Franco, C., Page-Dumroese, D., & Archuleta, J. (2022). Forest management and biochar for continued ecosystem services. *Journal of Soil and Water Conservation*, 77, 60A - 64A. <https://doi.org/10.2489/jswc.2022.0603A>.
- Gagnon, A. (2012). Crises and trends: Mortality in historical perspective. *Canadian Studies in Population [ARCHIVES]*, 39(3-4), 1-7.
- Ganivet, E. (2019). Growth in human population and consumption both need to be addressed to reach an ecologically sustainable future. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 4979-4998. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00446-w>.
- García-Palacios, P., Gross, N., Gaitán, J., & Maestre, F. T. (2018). Climate mediates the biodiversity–ecosystem stability relationship globally. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8400-8405.
- Geist, H. J., & Lambin, E. F. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. *BioScience*, 52(2), 143-150.



- Ghanim, H. (2024). International legal protection of climate change using artificial intelligence techniques. *RIMAK International Journal of Humanities and Social Sciences*. <https://doi.org/10.47832/2717-8293.29.26>.
- Gillet, P., Vermeulen, C., Dessard, H., Garcia, C., & Feintrenie, L. (2015). State of the art on drivers of deforestation in the Congo basin tropical forest.
- Gohar, A. (2017). Climate Change Impacts on Water Scarcity and Food Security in Tropical Environments: The Case of Caribbean Regionultivars. *International Journal on Environmental Sciences*, 3. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2017.03.555611>.
- González, P. H. (2011). El problema de las" fugas de carbono" y las opciones para afrontarlo. *ICE, Revista de Economía*, (862).
- Gosling, S. N., & Arnell, N. W. (2016). A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. *Climatic Change*, 134, 371-385.
- Gray, E. (2023). Population Trends in the World and the Asia Pacific Region. *Fertility & Reproduction*. <https://doi.org/10.1142/s2661318223741012>.
- Gregory, J., Gregory, J., Andrews, T., Good, P., Mauritsen, T., & Forster, P. (2016). Small global-mean cooling due to volcanic radiative forcing. *Climate Dynamics*, 47, 3979-3991. <https://doi.org/10.1007/s00382-016-3055-1>.
- Grilli, E., Carvalho, S., Chiti, T., Coppola, E., D'Ascoli, R., La Mantia, T., Marzaioli, R., Mastrocicco, M., Pulido, F., Rutigliano, F., Quatrini, P., & Castaldi, S. (2021). Critical range of soil organic carbon in southern Europe lands under desertification risk.. *Journal of environmental management*, 287, 112285. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112285>.



Guangjin, T. (2009). Relationship between Globalization and Global Environmental Change. Tropical Geography.

Gupta, P., Singh, J., Verma, S., Chandel, A. S., & Bhatla, R. (2021). Impact of climate change and water quality degradation on food security and agriculture. In Water Conservation in the Era of Global Climate Change (pp. 1-22). Elsevier.

Habibullah, M. S., Din, B. H., Tan, S. H., & Zahid, H. (2022). Impact of climate change on biodiversity loss: global evidence. Environmental Science and Pollution Research, 29(1), 1073-1086.

Haddad, N., Brudvig, L., Clobert, J., Davies, K., Gonzalez, A., Holt, R., Lovejoy, T., Sexton, J., Austin, M., Collins, C., Cook, W., Damschen, E., Ewers, R., Foster, B., Jenkins, C., King, A., Laurance, W., Levey, D., Margules, C., Melbourne, B., Nicholls, A., Orrock, J., Song, D., & Townshend, J. (2022). FIU Digital Commons FIU Digital Commons Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems ecosystems.

Hansen, J., Nazarenko, L., Ruedy, R., Sato, M., Willis, J., Del Genio, A., Koch, D., Lacis, A., Lo, K., Menon, S., Novakov, T., Perlwitz, J., Russell, G., Schmidt, G., & Tausnev, N. (2005). Earth's Energy Imbalance: Confirmation and Implications. Science, 308, 1431 - 1435. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1110252>.

Hansen, M., Potapov, P., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, S., Goetz, S., Loveland, T., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C., & Townshend, J. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover

Hanski, I. (2013). Extinction debt at different spatial scales. Animal Conservation, 16. <https://doi.org/10.1111/acv.12024>.





- Hedin, L. O., Armesto, J. J., & Johnson, A. H. (1995). Patterns of nutrient loss from unpolluted, old-growth temperate forests: Evaluation of biogeochemical theory. *Ecology*, 76(2), 493-509.
- Hoang, N. T., & Kanemoto, K. (2021). Mapping the deforestation footprint of nations reveals growing threat to tropical forests. *Nature Ecology & Evolution*, 5(6), 845-853.
- Hoffman, A. (2015). Laudato Si and the Role of Religion in Shaping Humanity's Response to Climate Change. <https://doi.org/10.2139/SSRN.2944219>.
- Hogue, A., & Breon, K. (2022). The greatest threats to species. *Conservation Science and Practice*, 4. <https://doi.org/10.1111/csp2.12670>.
- Höning, D., Willeit, M., Calov, R., Klemann, V., Bagge, M., & Ganopolski, A. (2023). Multistability and transient response of the Greenland ice sheet to anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions. *Geophysical Research Letters*, 50(6), e2022GL101827.
- Honnay, O., Jacquemyn, H., Bossuyt, B., & Hermy, M. (2005). Forest fragmentation effects on patch occupancy and population viability of herbaceous plant species. *The New phytologist*, 166 3, 723-36. <https://doi.org/10.1111/J.1469-8137.2005.01352.X>.
- Hughes, S. (2012). Environmental justice: concepts, evidence and politics. *Food Security*, 4, 325 - 327. <https://doi.org/10.1007/s12571-012-0193-0>.
- Hutchison, C., Gravel, D., Guichard, F., & Potvin, C. (2018). Effect of diversity on growth, mortality, and loss of resilience to extreme climate events in a tropical planted forest experiment. *Scientific Reports*, 8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33670-x>.



International Symposium for the Convention on Biological Diversity, Koizumi, T., Okabe, K., Thompson, I., Sugimura, K., Toma, T., & Fujita, K. (2010). The Role of Forest Biodiversity in the Sustainable Use of Ecosystem Goods and Services in Agro-forestry, Fisheries, and Forestry: Proceedings of International Symposium for the Convention on Biological Diversity; April 26-28, 2010; Tokyo, Japan. Forestry and Forest Products Research Institute.

IPBES (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio, H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>

Jain, S., Srivastava, A., Khadke, L., Chatterjee, U., & Elbeltagi, A. (2024). Global-scale water security and desertification management amidst climate change. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(49), 58720-58744.

Jenkins, S., Povey, A., Gettelman, A., Grainger, R., Stier, P., & Allen, M. (2022). Is Anthropogenic Global Warming Accelerating? *Journal of Climate*. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-22-0081.1>.

Johnson, M. (2021). Geological Oceanography of the Pliocene Warm Period: A Review with Predictions on the Future of Global Warming. *Journal of Marine Science and Engineering*. <https://doi.org/10.3390/jmse911210>.

Jónsson, J. Ö. G., & Davíðsdóttir, B. (2016). Classification and valuation of soil ecosystem services. *Agricultural Systems*, 145, 24-38.



- Jorgenson, A. (2005). Unpacking International Power and the Ecological Footprints of Nations: A Quantitative Cross-National Study. *Sociological Perspectives*, 48, 383 - 402. <https://doi.org/10.1525/sop.2005.48.3.383>.
- Khan, Z., & Singh, S. (2023). Intellectual Property Rights Regime in Green Technology: Way Forward to Sustainability. *Nature Environment and Pollution Technology*. <https://doi.org/10.46488/nept.2023.v22i04.040>.
- Kleemann, J., Baysal, G., Bulley, H., & Fürst, C. (2017). Assessing driving forces of land use and land cover change by a mixed-method approach in north-eastern Ghana, West Africa. *Journal of environmental management*, 196, 411-442. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.053>.
- Kramer, R., He, H., Soden, B., Oreopoulos, L., Myhre, G., Forster, P., & Smith, C. (2021). Observational Evidence of Increasing Global Radiative Forcing. *Geophysical Research Letters*, 48. <https://doi.org/10.1029/2020GL091585>.
- Kumar, R., Kumar, A., & Saikia, P. (2022). Deforestation and forests degradation impacts on the environment. In *Environmental degradation: Challenges and strategies for mitigation* (pp. 19-46). Cham: Springer International Publishing.
- Kumar, V., Ranjan, D., & Verma, K. (2021). Global climate change. *Global Climate Change*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822928-6.00002-2>.
- Kumari, A., Anamika, K., & Kumar, S. (2024). Indirect Impact of Deforestation: Study on Amazon Deforestation. *International Journal of Research Publication and Reviews*. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0624.1452>.



- Kumari, R., A. D., & Bhatnagar, S. (2021). Biodiversity Loss: Threats and Conservation Strategies. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review an Pirzamanbein*, B., & Lindström, J. (2022). Reconstruction of past human land use from pollen data and anthropogenic land cover changes. *Environmetrics*, 33(6), e2743.
- Lambin, E., Turner, B., Geist, H., Agbola, S., Angelsen, A., Bruce, J., Coomes, O., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E., Mortimore, M., Ramakrishnan, P., Richards, J., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G., Svedin, U., Veldkamp, T., Vogel, C., & Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions*, 11, 261-269. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(01)00007-3).
- Lapola, D. M., Pinho, P., Barlow, J., Aragão, L. E., Berenguer, E., Carmenta, R., ... & Walker, W. S. (2023). The drivers and impacts of Amazon forest degradation. *Science*, 379(6630), eabp8622.
- Laverty, M., Murphy, L., & Sterling, E. (2004). Threats to Biodiversity: An Overview. <https://doi.org/10.5531/cbc.ncep.0018>.
- Legg, S. (2021). IPCC, 2021: Climate change 2021-the physical science basis. *Interaction*, 49(4), 44-45.
- Li, Y., & Sun, S. (2016). The origin of life on Earth. *Chinese Science Bulletin*, 61, 3065-3078. <https://doi.org/10.1360/N972016-00551>.
- Likens, G. E., Bormann, F. H., & Johnson, N. M. (1981). Interactions between major biogeochemical cycles in terrestrial ecosystems. In *Some perspectives of the major biogeochemical cycles* (Vol. 17, pp. 93-112). New York: Wiley.



- Little, J. C., Kaaronen, R. O., Hukkinen, J. I., Xiao, S., Sharpee, T., Farid, A. M., ... & Barton, C. M. (2023). Earth systems to anthropocene systems: an evolutionary, system-of-systems, convergence paradigm for interdependent societal challenges. *Environmental Science & Technology*, 57(14), 5504-5520.
- Little, J. C., Kaaronen, R. O., Hukkinen, J. I., Xiao, S., Sharpee, T., Farid, A. M., ... & Barton, C. M. (2023). Earth systems to anthropocene systems: an evolutionary, system-of-systems, convergence paradigm for interdependent societal challenges. *Environmental Science & Technology*, 57(14), 5504-5520.
- Liu, J., Yong, D., Choi, C., & Gibson, L. (2020). Transboundary Frontiers: An Emerging Priority for Biodiversity Conservation. *Trends in ecology & evolution*, 35 8, 679-690. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.03.004>.
- Locatelli, B. (2016). Ecosystem Services and Climate Change., 481-490. <https://doi.org/10.4324/9781315775302-42>.
- Loomes, R., & O'Neill, K. (2000). Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. *Pacific Conservation Biology*, 6, 274-274. <https://doi.org/10.1071/PC000274>.
- López-Hoffman, L., Varady, R. G., Flessa, K. W., & Balvanera, P. (2010). Ecosystem services across borders: a framework for transboundary conservation policy. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(2), 84-91.
- MacDicken, K. G. (2015). Global Forest Resources Assessment 2015: What, why and how? *Forest Ecology and Management*, 352, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.006>
- Mackey, R. (2009). The Sun's Role in Regulating the Earth's Climate Dynamics. *Energy & Environment*, 20, 25 - 73. <https://doi.org/10.1260/095830509787689196>.



- Maes, L., Lambert, M., & Lefevre, O. (2024). The Socioeconomic Impact of Forest Degradation on Rural Communities. *Journal of Selvicoltura Asean*, 1(6), 304-315.
- Manders, T. (2006). How do trade, poverty and climate policies affect biodiversity?
- Manoharan, V., Mecikalski, J., Welch, R., & Song, A. (2012). Impact of Deforestation on the Sustainability of Biodiversity in the Mesoamerican Biological Corridor. <https://doi.org/10.5772/35173>.
- Manzoni, S., & Porporato, A. (2011). Common hydrologic and biogeochemical controls along the soil–stream continuum. *Hydrological Processes*, 25. <https://doi.org/10.1002/hyp.7938>.
- Marcantonio, R., & Fuentes, A. (2020). A Clear Past and a Murky Future: Life in the Anthropocene on the Pampana River, Sierra Leone. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land9030072>.
- Marois, G., Sabourin, P., & Bélanger, A. (2018). Future demographic trends in North America and Oceania.
- Martin, A. (2013). Global environmental in/justice, in practice: introduction. *The Geographical Journal*, 179, 98-104. <https://doi.org/10.1111/GEOJ.12021>.
- Martin, A. (2013). Global environmental in/justice, in practice: introduction. *The Geographical Journal*, 179, 98-104. <https://doi.org/10.1111/GEOJ.12021>.
- May, F., Rosenbaum, B., Schurr, F., & Chase, J. (2019). The geometry of habitat fragmentation: Effects of species distribution patterns on extinction risk due to habitat conversion. *Ecology and Evolution*, 9, 2775 - 2790. <https://doi.org/10.1002/ece3.4951>.



Meinshausen, M., Nicholls, Z., Lewis, J., Gidden, M., Vogel, E., Freund, M., Beyerle, U., Gessner, C., Nauels, A., Bauer, N., Canadell, J., Daniel, J., John, A., Krummel, P., Luderer, G., Meinshausen, N., Montzka, S., Rayner, P., Reimann, S., Smith, S., Van Den Berg, M., Velders, G., Vollmer, M., & Wang, R. (2020). The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. Geoscientific Model Development. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-3571-2020>.

Mendivelso, J. C., & Arias, I. M. (2015). El Antropoceno: aportes para la comprensión del cambio global. Ar@cne: revista electrónica de recursos en internet sobre geografía y ciencias sociales.

Monroe, J., & Wicander, R. (1994). The Changing Earth: Exploring Geology and Evolution.

Moustafa, A., Khalaf, M., Elganainy, R., Goher, G., Khalil, Y., Arnous, M., Hegazy, A., Mansour, S., , G., D., A., Halpern, B., Gowda, P., Avery, C., Easterling, D., Kunkel, K., Lewis, K., Maycock, T., Stewart, B., Staudt, A., Carter, S., Chapin, F., Kareiva, P., Ruckelshaus, M., Stein, B., R., W., Bowman, D., , H., Qadri, H., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., , L., , L., , M., Bildstein, K., , G., Midgley, A, Hannah, L., Millar, D., Rutherford, M., Powrie, L., , M., Palama, M., Townsend, .., Cory, C., McKechnie, K., Hoffmann, S., & , V. (2024). Assessing the Effects of Climate Change on Terrestrial and Marine Flora and Fauna: A Review. The Egyptian Journal of Environmental Change. <https://doi.org/10.21608/ejec.2024.381199>.

Muluneh, M. (2021). Impact of climate change on biodiversity and food security: a global perspective—a review article. Agriculture & Food Security, 10. <https://doi.org/10.1186/s40066-021-00318-5>.

Murphy, D., Solomon, S., Portmann, R., Rosenlof, K., Forster, P., & Wong, T. (2009). An observationally based energy balance for the Earth since 1950. Journal of Geophysical Research, 114. <https://doi.org/10.1029/2009JD012105>.



Myers, N. (2023). Tropical deforestation: rates and patterns. The causes of tropical deforestation, 27-40.

Naegele, H., & Zaklan, A. (2017). Does the EU ETS Cause Carbon Leakage in European Manufacturing?. *PSN: Natural Disasters (Topic)*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3050323>.

Nazarenko, L., Tausnev, N., Russell, G., Rind, D., Miller, R., Schmidt, G., Bauer, S., Kelley, M., Ruedy, R., Ackerman, A., Aleinov, I., Bauer, M., Bleck, R., Canuto, V., Cesana, G., Cheng, Y., Clune, T., Cook, B., Cruz, C., Genio, A., Elsaesser, G., Faluvegi, G., Kiang, N., Kim, D., Lacis, A., Leboissetier, A., Legrande, A., Lo, K., Marshall, J., Matthews, E., McDermid, S., Mezuman, K., Murray, L., Oinas, V., Orbe, C., García-Pando, P., Perlwitz, J., Puma, M., Romanou, A., Shindell, D., Sun, S., Tsigaridis, K., Tselioudis, G., Weng, E., Wu, J., & Yao, M. (2022). Future Climate Change Under SSP Emission Scenarios With GISS-E2.1. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 14. <https://doi.org/10.1029/2021MS002871>.

Nelson, G., Bennett, E., Berhe, A., Cassman, K., DeFries, R., Dietz, T., Dobermann, A., Dobson, A., Janetos, A., Levy, M., Marco, D., Nakicenovic, N., O'Neill, B., Norgaard, R., Petschel-Held, G., Ojima, D., Pingali, P., Watson, R., & Zurek, M. (2006). Anthropogenic Drivers of Ecosystem Change: an Overview. *Ecology and Society*, 11, 29. <https://doi.org/10.5751/ES-01826-110229>.

North, G. (2015). Climate and climate change | Greenhouse Effect., 80-86. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00470-9>.

Olalekan, R., Ilesanmi, A., Alima, O., Omini, D., & Raimi, A. (2021). Exploring How Human Activities Disturb the Balance of Biogeochemical Cycles: Evidence from the Carbon, Nitrogen and Hydrologic Cycles. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.98533>.





- Oliver, T. (2018). Biodiversity Generation and Loss. Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. <https://doi.org/10.1093/ACREFORE/9780199389414.013.96>.
- Oyediji, O., & Adenika, O. (2022). Forest Degradation and Deforestation in Nigeria; Poverty Link. International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis. <https://doi.org/10.47191/ijmra/v5-i10-35>.
- Pennekamp, F., Pontarp, M., Tabi, A., Altermatt, F., Alther, R., Choffat, Y., Fronhofer, E., Ganesanandamoorthy, P., Garnier, A., Griffiths, J., Greene, S., Horgan, K., Massie, T., Mächler, E., Palamara, G., Seymour, M., & Petchey, O. (2018). Biodiversity increases and decreases ecosystem stability. *Nature*, 563, 109 - 112. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0627-8>.
- Pereira, P., Bogunovic, I., Muñoz-Rojas, M., & Brevik, E. C. (2018). Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 7-13.
- Pogson, B. (2015). Habitat fragmentation reduces biodiversity. *Science*, 347, 1325-1325. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.347.6228.1325-E>.
- Pollack, H. (2004). Global Change and the Earth System. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 85, 333-333. <https://doi.org/10.1029/2004EO350005>.
- Pörtner, H. O., Scholes, R. J., Arneth, A., Barnes, D. K. A., Burrows, M. T., Diamond, S. E., ... & Val, A. L. (2023). Overcoming the coupled climate and biodiversity crises and their societal impacts. *Science*, 380(6642), eabl4881.
- Puigdefábregas, J. (1998). Ecological impacts of global change on drylands and their implications for desertification. *Land degradation & development*, 9(5), 393-406.



- Purvis, A., Jones, K., & Balmford, A. (2015). Global land-use change: causes and consequences for biodiversity.
- Putz, F. E., & Redford, K. H. (2010). The importance of defining 'forest': Tropical forest degradation, deforestation, long-term phase shifts, and further transitions. *Biotropica*, 42(1), 10-20.
- Rahmani, Z., & Ahmadi, J. (2024). The impact of human activities on climate change. *Sprín Journal of Arts, Humanities and Social Sciences*. <https://doi.org/10.55559/sjahss.v3i6.362>.
- Ramanathan, V., & Feng, Y. (2008). On avoiding dangerous anthropogenic interference with the climate system: Formidable challenges ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 14245 - 14250. <https://doi.org/10.1073/pnas.0803838105>.
- Rastelli, E., Petani, B., Corinaldesi, C., Dell'Anno, A., Lo Martire, M., Cerrano, C., & Danovaro, R. (2020). A high biodiversity mitigates the impact of ocean acidification on hard-bottom ecosystems. *Scientific Reports*, 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59886-4>.
- Rees, W. (2006). Globalization, trade and migration: Undermining sustainability. *Ecological Economics*, 59, 220-225. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2005.12.021>.
- Riahi, K., Vuuren, D., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J., Kc, S., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., Ebi, K., Hasegawa, T., Havlík, P., Humpenöder, F., Silva, L., Smith, S., Stehfest, E., Bosetti, V., Eom, J., Gernaat, D., Masui, T., Rogelj, J., Strefler, J., Drouet, L., Krey, V., Luderer, G., Harmsen, M., Takahashi, K., Baumstark, L., Doelman, J., Kainuma, M., Klimont, Z., Marangoni, G., Lotze-Campen, H., Obersteiner, M., Tabeau, A., & Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their



energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions*, 42, 153-168. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2016.05.009>.

Richardson, R. (2020). Watersheds at the Nexus. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29914-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29914-9_19).

Ritchie, H. (2021). Not all forest loss is equal: what is the difference between deforestation and forest degradation? Our world in data.

Rivas, C. A., Guerrero-Casado, J., & Navarro-Cerillo, R. M. (2021). Deforestation and fragmentation trends of seasonal dry tropical forest in Ecuador: Impact on conservation. *Forest Ecosystems*, 8, 1-13.

Roberts, P., Boivin, N., & Kaplan, J. (2018). Finding the anthropocene in tropical forests. *Anthropocene*. <https://doi.org/10.1016/J.ANCENE.2018.07.002>

Rocque, R. J., Beaudoin, C., Ndjaboue, R., Cameron, L., Poirier-Bergeron, L., Poulin-Rheault, R. A., ... & Witteman, H. O. (2021). Health effects of climate change: an overview of systematic reviews. *BMJ open*, 11(6), e046333.

Rose, N. (2015). Spheroidal carbonaceous fly ash particles provide a globally synchronous stratigraphic marker for the Anthropocene. *Environmental science & technology*, 49 7, 4155-62. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00543>.

Rotmans, J., & Elzen, M. (1999). Global Biogeochemical Cycles., 105-142. [https://doi.org/10.1007/0-306-47982-6\\_4](https://doi.org/10.1007/0-306-47982-6_4).

Runyan, C., & Stehm, J. (2020). Deforestation: Drivers, Implications, and Policy Responses. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.669>.



- Sakadevan, K., & Nguyen, M. (2015). Factors Influencing Water Dynamics in Agriculture., 145-180. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-21629-4\\_5.d](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21629-4_5.d) Research. <https://doi.org/10.47583/ijpsrr.2021.v68i01.037>.
- Sakapaji, S. (2022). Integrating Local and Indigenous Ecological Knowledge (IEK) Systems into Climate Adaptation Policy for Resilience Building, and Sustainability in Agriculture. International Journal of Sustainable Development Research. <https://doi.org/10.11648/j.ijpsdr.20220801.12>.
- Samways, D. (2022). Population and Sustainability: Reviewing the Relationship Between Population Growth and Environmental Change. *The Journal of Population and Sustainability*. <https://doi.org/10.3197/jps.63772239426891>.
- Sanwal, M. (2015). Global sustainable development goals are about the use and distribution, not scarcity of natural resources: will the middle class in the USA, China and India save the climate as its incomes grow? *Climate and Development*, 7, 97 - 99. <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.934778>.
- Sarfo, I., Shuoben, B., Bortey, H., Darko, G., Kedjanyi, E., Oduro, C., Folorunso, E., Alriah, M., Amankwah, S., & Ndafira, G. (2021). Assessing local drivers influencing Land Use Cover Change (LUCC) in Southwestern Ghana: A Mixed-Method Approach (MMA) Analyses. <https://doi.org/10.22541/au.161895382.21171659/v1>.
- Schaible, M., Todd, Z., Cangi, E., Harman, C., Hughson, K., & Stelmach, K. (2024). Chapter 3: The Origins and Evolution of Planetary Systems. *Astrobiology*, 24 S1, S57-S75. <https://doi.org/10.1089/ast.2021.0127>.
- Scheffer, M., Carpenter, S. R., Lenton, T. M., Bascompte, J., Brock, W., Dakos, V., ... & Vandermeer, J. (2012). Anticipating critical transitions. *science*, 338(6105), 344-348.



- Schirrmeister, B. E., Sanchez-Baracaldo, P., & Wacey, D. (2016). Cyanobacterial evolution during the Precambrian. *International Journal of Astrobiology*, 15(3), 187-204.
- Schweitzer, L., & Noblet, J. (2018). Water contamination and pollution. In *Green chemistry* (pp. 261-290). Elsevier.
- Scott, M., Parker, G., Juntti, M., Castellino, J., Forero, O., Mell, I., ... & Scott, M. (2024). The Biodiversity Crisis–Planning for Nature Recovery? Edited by Mark Scott and Gavin Parker. *Planning Theory & Practice*, 25(1), 103-140.
- Senior, R. A., Hill, J. K., González del Pliego, P., Goode, L. K., & Edwards, D. P. (2017). A pantropical analysis of the impacts of forest degradation and conversion on local temperature. *Ecology and evolution*, 7(19), 7897-7908.
- Shuqin, G. (2009). The Factor 'Natural Resources in the Transformation of Global Geopolitics and Geo-economy. *Resources Science*.
- Simberloff, D. (1994). How forest fragmentation hurts species and what to do about it. In *Sustainable Ecological Systems: Implementing an Ecological Approach to Land Management* (pp. 85-90). Ft. Collins, Colo.: US Dep. Agric., For. Serv.
- Singh, B., Reddy, V., Reddy, K., Sharma, P., Nautiyal, M., Bhatnagar, S., Islam, R., & Alabdeli, H. (2024). Modeling the Impact of Deforestation on Global Warming using System Dynamics. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458101023>.
- Singh, J. (2012). Biodiversity: An Overview. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 82, 239 - 250. <https://doi.org/10.1007/s40011-012-0112-3>.



- Singh, N., Poonia, T., Siwal, S. S., Srivastav, A. L., Sharma, H. K., & Mittal, S. K. (2022). Challenges of water contamination in urban areas. In *Current directions in water scarcity research* (Vol. 6, pp. 173-202). Elsevier.
- Singh, S., Singh, P., Baheliya, A., Srivastava, A., & Yadav, A. (2024). Impact of Globalization on Consumer Food Behaviour: A Comprehensive Review. *Archives of Current Research International*. <https://doi.org/10.9734/acri/2024/v24i6789>.
- Singla, R. (2015). Need of new conservation paradigm due to climate change in the age of humans. *International journal of scientific research*, 4, 389-392.
- Smith, C., Spracklen, D., & Baker, J. (2020). Impacts of Tropical Deforestation on Local Climate. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-11712>.
- Smith, T. M., & Smith, R. L. (2007). *Ecología* (6<sup>a</sup> ed.). Madrid, España: Pearson Educación. ISBN: 978-84-7829-084-0
- Smithers, R., & Blicharska, M. (2016). Indirect impacts of climate change. *Science*, 354, 1386 - 1386. <https://doi.org/10.1126/science.aal4402>.
- Spencer, J., & Lilley, D. (2012). The effect of culture on sustainable behaviour in a design context.
- Stark, M., Bach, M., & Guill, C. (2020). Interaction of habitat isolation and seasonality: impact of fragmentation in dynamic landscapes on local and regional population variability in meta-food chains. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.09.16.299818>.
- Steffen, W., Sanderson, R. A., Tyson, P. D., Jäger, J., Matson, P. A., Moore III, B., ... & Wasson, R. J. (2005). *Global change and the earth system: a planet under pressure*. Springer Science & Business Media.



- Steiner, K. G., & Williams, R. (1996). Causes of soil degradation and development approaches to sustainable soil management (p. 93). Weikersheim, Germany: Margraf Verlag.
- Stephens, C. (2012). Biodiversity and global health—hubris, humility and the unknown. *Environmental Research Letters*, 7(1), 011008.
- Sutton, P., Anderson, S., Costanza, R., & Kubiszewski, I. (2016). The ecological economics of land degradation: impacts on ecosystem service values. *Ecological Economics*, 129, 182-192. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2016.06.016>.
- Thompson, R. (2001). Non-Linear responses and surprises: A new Earth System Science initiative.
- Tian, H., Lu, C., Ciais, P., Michalak, A., Canadell, J., Saikawa, E., Huntzinger, D., Gurney, K., Sitch, S., Zhang, B., Yang, J., Bousquet, P., Bruhwiler, L., Chen, G., Dlugokencky, E., Friedlingstein, P., Melillo, J., Pan, S., Poulter, B., Prinn, R., Saunois, M., Schwalm, C., & Wofsy, S. (2016). The terrestrial biosphere as a net source of greenhouse gases to the atmosphere. *Nature*, 531, 225-228. <https://doi.org/10.1038/nature16946>.
- Towe, K. (1996). Environmental oxygen conditions during the origin and early evolution of life. *Advances in Space Research*, 18, 7-15. [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(96\)00022-1](https://doi.org/10.1016/0273-1177(96)00022-1).
- UN Population Division (2022) y Our World in Data, World Population Growth, <https://ourworldindata.org.chromeextension://efaidnbmnnnibpccjpcglclefindmkaj> [https://www.cidob.org/sites/default/files/2024-06/256-257\\_ANEXO\\_DEMOGRAFI%CC%81A.pdf](https://www.cidob.org/sites/default/files/2024-06/256-257_ANEXO_DEMOGRAFI%CC%81A.pdf)
- Ver, L., Mackenzie, F., & Lerman, A. (1999). BIOGEOCHEMICAL RESPONSES OF THE CARBON CYCLE TO NATURAL AND HUMAN PERTURBATIONS: PAST, PRESENT, AND FUTURE. *American Journal of Science*, 299, 762-801. <https://doi.org/10.2475/AJS>.



299.7-9.762., S., McPherson, E., & Calfapietra, C. (2016). The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *Journal of environmental quality*, 45 1, 119-24. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.11.0567>.

Vincent, J. (2012). Ecosystem Services and Green Growth. *Agricultural & Natural Resource Economics eJournal*. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-6233>.

Visconti, P., Bakkenes, M., Baisero, D., Brooks, T., Butchart, S., Joppa, L., Alkemade, R., Di Marco, M., Santini, L., Hoffmann, M., Maiorano, L., Pressey, R., Arponen, A., Boitani, L., Reside, A., Vuuren, D., & Rondinini, C. (2016). Projecting Global Biodiversity Indicators under Future Development Scenarios. *Conservation Letters*, 9. <https://doi.org/10.1111/conl.12159>.

Vollset, S., Goren, E., Yuan, C., Cao, J., Smith, A., Hsiao, T., Bisignano, C., Azhar, G., Castro, E., Chalek, J., Dolgert, A., Frank, T., Fukutaki, K., Hay, S., Lozano, R., Mokdad, A., Nandakumar, V., Pierce, M., Pletcher, M., Robalik, T., Steuben, K., Wunrow, H., Zlavog, B., & Murray, C. (2020). Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet (London, England)*, 396, 1285 - 1306. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30677-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30677-2).

Walker, D. (2013). Plates, planets, and phase changes: 50 years of petrology., 500, 1-32. [https://doi.org/10.1130/2013.2500\(01\)](https://doi.org/10.1130/2013.2500(01)).

Waters, C., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A., Poirier, C., Gałuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E., Ellis, M., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J., Richter, D., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Wapreisch, M., Williams, M., Zhisheng, A., Grinevald, J.,





- Odada, E., Oreskes, N., & Wolfe, A. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351. <https://doi.org/10.1126/science.aad2622>.
- Webster, P. J. (1994). The role of hydrological processes in ocean-atmosphere interactions. *Reviews of Geophysics*, 32(4), 427-476.
- Wei, Y., Wang, L., Liao, H., Wang, K., Murty, T., & Yan, J. (2014). Responsibility accounting in carbon allocation: A global perspective. *Applied Energy*, 130, 122-133. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2014.05.025>.
- Wilcox, B. A. (1995). Tropical forest resources and biodiversity: the risks of forest loss and degradation. *Unasylva*, 46(181), 43-49.
- Wilderer, P., Schroeder, E., & Kopp, H. (2005). Global sustainability: the impact of local cultures: a new perspective for science and engineering, economics and politics.
- Women, U. N. United Nations Department of Economic and Social Affairs (2022). *Progress on the sustainable development goals: The gender snapshot 2022*.
- World Resources Institute. (2024, April 4). Tropical forest loss drops steeply in Brazil and Colombia, but high rates persist overall. Global Forest Review. Washington, DC. Retrieved from <https://research.wri.org/gfr/latest-analysis-deforestation-trends>
- Wu, Z., & Li, Y. (2003). Effects of habitat fragmentation on survival of animal populations. *Acta Ecologica Sinica*, 23, 2424-2435.
- Wunderling, N., Staal, A., Sakschewski, B., Hirota, M., Tuinenburg, O., Donges, J., Barbosa, H., & Winkelmann, R. (2020). Network dynamics of drought-induced tipping cascades in the Amazon rainforest. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-71039/v1>



- Yang, N., Zhang, C., Wang, L., Li, Y., Zhang, W., Niu, L., Zhang, H., & Wang, L. (2021). Nitrogen cycling processes and the role of multi-trophic microbiota in dam-induced river-reservoir systems. *Water research*, 206, 117730. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117730>.
- Yesuf, G., Brown, K. A., & Walford, N. (2019). Assessing regional-scale variability in deforestation and forest degradation rates in a tropical biodiversity hotspot. *Remote sensing in ecology and conservation*, 5(4), 346-359.
- Yuan, N., Ma, C., Franzke, C. L., Niu, H., & Dong, W. (2023). Separating Anthropogenically-and Naturally-Caused Temperature Trends: A Systematic Approach Based On Climate Memory Analysis. *Geophysical Research Letters*, 50(9), e2022GL102232.
- Zalasiewicz, J., Waters, C., Summerhayes, C., Wolfe, A., Barnosky, A., Cearreta, A., Crutzen, P., Ellis, E., Fairchild, I., Gałuszka, A., Haff, P., Hajdas, I., Head, M., Sul, J., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J., Neal, C., Odada, E., Oreskes, N., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Waple, M., & Williams, M. (2017). The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. *Anthropocene*, 19, 55-60. <https://doi.org/10.1016/J.ANCENE.2017.09.001>.
- Zhang, P., Yang, M., Lan, J., Huang, Y., Zhang, J., Huang, S., Yang, Y., & Ru, J. (2023). Water Quality Degradation Due to Heavy Metal Contamination: Health Impacts and Eco-Friendly Approaches for Heavy Metal Remediation. *Toxics*, 11. <https://doi.org/10.3390/toxics11100828>.
- Zhang, W., Zhao, B., Gu, Y., Sharp, B., Xu, S., & Liou, K. (2020). Environmental impact of national and subnational carbon policies in China based on a multi-regional dynamic CGE model. *Journal of environmental management*, 270, 110901. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110901>.



Zvarych, R., & Wei, L. (2024). The impact of natural resources uses and consumption on international trade. *journal of European economy*. [h  
https://doi.org/10.35774/jee2024.01.102](https://doi.org/10.35774/jee2024.01.102).

