



STEM-Academia

# Educación para enfrentar el cambio climático

## UNIDADES DIDÁCTICAS

GUÍA PARA DOCENTES



ACADEMIA COLOMBIANA  
DE CIENCIAS EXACTAS,  
FÍSICAS Y NATURALES



# Educación para enfrentar el cambio climático

## Unidades didácticas - Guía para docentes

*Material desarrollado por el programa  
STEM-Academia de la Academia  
Colombiana de Ciencias Exactas., Física y  
Naturales - ACCEFYN*

### **EDITOR GENERAL**

Mauricio Duque

### **DESARROLLO DE CONTENIDOS**

Margarita Gómez Sarmiento

### **REVISORES**

Benjamin Quesada  
Harry Luque  
Jenny Schlüpmann  
Apurva Barve  
María Isabel Rivas  
Rocio Cardona

### **DIAGRAMACIÓN E ILUSTRACIONES**

Napoleón García  
Katherine Muñoz



STEM-Academia



## **PRIMERA EDICIÓN, 2023**

### **AUTORIZACIÓN SOBRE DERECHOS DE AUTOR**

Este material fue desarrollado por STEM-ACADEMIA a partir del material producido por la OCE ( Office for Climate Education), centro de referencia de UNESCO.

### **Edición Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Colombia, Colección Ediciones Alternativas**

ISBN: pendiente

Impreso por: Pendiente

Estos materiales están protegidos por la Ley de Propiedad Intelectual y por los tratados y convenciones de material de derechos de autor internacionales. Cualquier reproducción, traducción, adaptación, almacenamiento en sistemas de recuperación de datos, reventa o cualquier otro uso o divulgación, total o parcial en cualquier forma o por cualquier medio requiere el consentimiento previo por escrito de ACCEFYN.

Versión 2023-07



## Tabla de contenido

Introducción . . . . .	2
Trayectoria de aprendizaje. . . . .	3
Educación para el cambio climático . . . . .	Unidad 0
Qué mal tiempo, qué buen clima . . . . .	Unidad 1
Hay que ver la evidencia . . . . .	Unidad 2
Efecto invernadero. . . . .	Unidad 3
Oceano. . . . .	Unidad 4
Criósfera. . . . .	Unidad 5
Suelo . . . . .	Unidad 6
Agricultura y cambio climático . . . . .	Unidad 7
Consumo y GEI.. . . . .	Unidad 8
Adaptación . . . . .	Unidad 9
Ecoansiedad y acción climática desde el aula . . . . .	Unidad 10

## Contexto de esta guía

La guía de unidades didácticas “Educación para enfrentar el cambio climático” es un esfuerzo del programa STEM-Academia de la Academia Colombiana de Ciencias ([www.stem-academi.net](http://www.stem-academi.net)), desarrollado en el marco del proyecto ALEC: América Latina para la Educación Climática. Este proyecto se lidera por la Office for Climate Education OCE ([www.oce.global](http://www.oce.global)) en París y tiene como propósito promover la educación climática y sobre el cambio climático en Latinoamérica, empezando con dos proyectos piloto en México y Colombia. Las unidades incluidas en esta guía han sido adaptadas a partir de recursos abiertos desarrollados por OCE, alineados con reportes IPCC y utilizados en diferentes aulas de Colombia y Panamá.

Las unidades que se presentan han sido la base de un proceso de desarrollo profesional situado de docentes y tienen dos contextos de uso:

- sirven como una base para que docentes y educadores no formales conozcan y profundicen aspectos de la ciencia del clima y del cambio climático;
- además presentan a quienes tienen la responsabilidad de educar en cambio climático, ejemplos de actividades concretas de aula para desarrollar con el estudiantado.

Esta guía contiene 10 unidades didácticas que siguen una trayectoria de aprendizaje propuesta. Docentes y líderes educativos pueden seguir los diferentes caminos propuestos en función de sus necesidades.

Cada una de las 10 unidades se enfoca en una temática particular sobre el cambio climático. La estructura de las unidades se describe en la unidad 0. En general se encuentra información disciplinar, actividades para el aula y videos de soporte que pueden ser accedidos por medio de los códigos QR en cada sección.

Además, se han incluido videos con entrevistas a personas dedicadas a la ciencia y la ingeniería que desde su quehacer profesional contribuyen a conocer mejor el cambio climático para actuar por el clima. Esta serie de videos se ha titulado “Detectives del cambio climático” y puede ser usada independientemente de las unidades didácticas. Se puede acceder a estos videos usando los respectivos códigos QR.

Invitamos a docentes y líderes educativos y ambientales a revisar y usar esta guía en sus actividades cotidianas, adaptándola a sus necesidades y oportunidades de trabajo. Esperamos que muchos niños, niñas y jóvenes puedan acercarse a la ciencia del cambio climático y reconocer su rol en la acción por el clima.

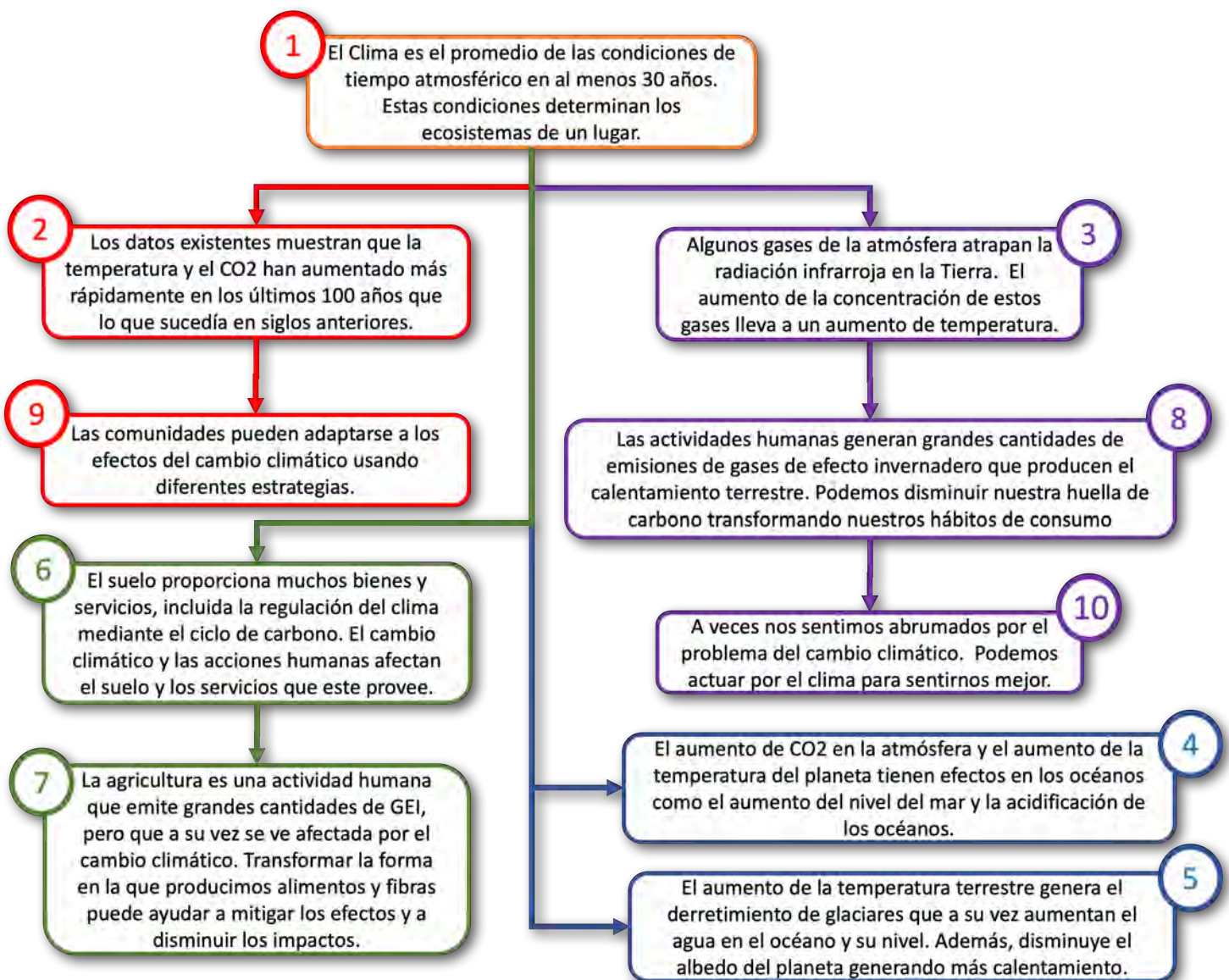
Cualquier inquietud o sugerencia nos la puede comunicar vía el siguiente correo: [cursos@stem-academia.net](mailto:cursos@stem-academia.net) donde podrá informarnos de su experiencia y sugerencias de mejora, así como facilitarnos adaptaciones o complementos realizados.

Este material se encuentra publicado en licencia abierta Creative Commons, que incluye restricciones para copiar partes para otras obras, realizar ediciones nuevas cambiando contenidos o utilizar con fines comerciales sin la debida autorización.

## Trayectoria de aprendizaje

En el siguiente esquema se presenta una posible trayectoria de aprendizajes donde se puede observar que no se trata de una propuesta estrictamente lineal, si bien existen en algunos casos algunos prerequisites antes de abordar una temática.

La dirección de las flechas indica este aspecto.



## UNIDAD 0

# Educación para enfrentar el cambio climático



## Introducción



La crisis climática que enfrenta nuestro planeta actualmente requiere que todas las personas podamos actuar para desacelerar los efectos del cambio climático y para adaptarnos a las consecuencias que ya se están viviendo.

Para lograr los propósitos del acuerdo de París y los compromisos de los países a lo largo de los años desde su firma se requiere de personas capaces de comprender el clima y cómo las acciones humanas lo afectan. Es por eso que la educación sobre el cambio climático es una prioridad en la actualidad y debe ser parte de la enseñanza básica. En este marco, el proyecto ALEC (América Latina para la Educación Climática) busca promover la formación de docentes y estudiantes en la ciencia climática para que puedan convertirse en agentes de cambio de sus comunidades.

Esta guía contiene diferentes lecciones que sirven como apoyo a los docentes para planificar la enseñanza sobre diferentes temas relacionados con el cambio climático. Cada una de las lecciones que hacen parte de esta guía mantiene la misma estructura. En esta unidad 0 se presentan las diferentes partes de cada unidad y su contenido.





## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

Se indica el tiempo y sesiones requeridas para el desarrollo de la lección.

### Resumen de la unidad

Se presenta un breve resumen de la unidad con el fin de tener una idea global de su contenido.

### Comprensiones y aprendizajes esperados

Se presentan los aprendizajes previstos en la unidad. Es muy importante que estos aprendizajes sean tenidos en cuenta en todo momento y que los estudiantes los conozcan al comenzar el desarrollo de la unidad.

### Materiales requeridos

Se presentan los materiales que deben ser preparados para el desarrollo de la lección que se trabaja en la unidad.



## Información para el docente

En esta sección se presenta información para que el docente amplíe su conocimiento sobre el tema que se trabaja en la unidad. Está acompañada de videos a los que podrá acceder con los códigos QR que trae la sección o pinchando sobre el código QR en el archivo en formato PDF. Es importante leer esta sección y visualizar los videos para tener una preparación adecuada para dirigir la actividad que se propone en la unidad.



## Qué deberían saber sus estudiantes

Para abordar la lección que se propone en la unidad los estudiantes requieren conocimientos previos. En esta sección se presentan brevemente esos conocimientos. Asegúrese de que sus estudiantes los tienen.

## GRAN IDEA

Se presenta la gran idea que se trabaja en la unidad.





## Cómo planear la lección

En esta sección se presenta la lección que se propone. Para ello se presentan las siguientes subsecciones:

### Inicio de la lección

En esta parte se explican los pasos y acciones que se propone realizar al comenzar la lección. Usualmente en esta parte de la lección se busca explorar conocimientos previos de los estudiantes sobre el tema, así como introducir el tema y su importancia.

### Desarrollo de la lección

A continuación se describe el desarrollo de la lección en sus actividades centrales. Se trata de una guía de desarrollo propuesta.

### Cierre de la lección

Finalmente en esta parte de la lección se propone una estrategia de cierre que ayude a hacer visibles los aprendizajes para los estudiantes y en consecuencia a consolidarlos.

### Ejemplo de gráfico de anclaje

En esta sección se presenta un ejemplo de gráfico de anclaje.

Los gráficos de anclaje, que representan organizadores gráficos, que se construyen con los estudiantes y que permanecen a la vista durante el desarrollo del tema completo, les ayudan a consolidar mejor sus aprendizajes.

Estos gráficos de anclaje se deben desarrollar con los estudiantes, usando sus respuestas a las preguntas que va realizando el docente para hacer visibles los aprendizajes logrados con preguntas como:

- ¿Qué nos parece importante recordar?
- ¿Qué aprendimos en esta lección?
- ¿Cuál sería un ejemplo que ilustre lo que hicimos?

Los gráficos de anclaje se componen usualmente de definiciones y de ejemplos.

En esta columna se presentan notas complementarias, aclaraciones, fotos y miniaturas de los anexos de trabajo a los que se hace referencia.



## Conexión con carreras en STEM

Las carreras en las áreas de STEM son centrales para entender el cambio climático y actuar por el clima:

- Han permitido detectar y comprender el fenómeno mediante investigaciones científicas en las que las matemáticas y la tecnología facilitan capturar y procesar grandes cantidades de datos.
- Además, el uso de simulaciones de gran complejidad permite predecir lo que podría pasar en diferentes escenarios.
- Las carreras en áreas STEM pueden proporcionar soluciones que controlen factores que potencian el cambio climático, diseñando artefactos que usen la energía de forma más eficiente, cambiando los métodos de transporte y de producción o desarrollando tecnologías más limpias en la generación de energía.
- Y estas profesiones proporcionan soluciones para hacer menos vulnerables a las poblaciones frente a los eventos extremos, por ejemplo, con tecnologías de construcción de carreteras y viviendas..

En cada unidad se presenta una profesión de las áreas de STEM y se muestra su importancia en la acción por el clima. Es fundamental mostrar a los estudiantes la importancia de estas carreras para promover vocaciones en estas áreas y para mostrar cómo el conocimiento puede aportar en la solución de problemas complejos.

Esta sección incluye un código QR que da acceso a pequeñas entrevistas realizadas a personas que se dedican a la ciencia o la ingeniería y que puede ser mostrado a los estudiantes. Estos videos dan una idea de cómo se investiga el clima, qué tipo de trabajo se puede realizar y por qué es importante usar la ciencia, las matemáticas y la ingeniería para enfrentar **el cambio climático**.



## UNIDAD 1

# ¡Qué mal tiempo, qué buen clima!



## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

2 sesiones de 45 minutos

### Resumen de la unidad

A partir de una revisión de fotos, documentos y datos, los estudiantes comprenderán la diferencia entre tiempo atmosférico y clima. Luego de reconocer la relación entre el clima y la vegetación, asociarán imágenes de diferentes países con localidades del mundo, analizando el clima de cada lugar.

### Aprendizajes esperados

- Definir el tiempo atmosférico como el estado de la atmósfera en un lugar particular y en un momento dado.
- Reconocer que el clima es el comportamiento promedio del tiempo atmosférico en una región particular, a lo largo de varias décadas.
- Hacer relaciones entre la vegetación y el clima que tiene un lugar, usando información sobre la latitud, la altitud y la cercanía al mar.

### Materiales requeridos

#### Para toda la clase:

- Presentación con los datos de precipitación y temperatura de las dos localidades con diferente clima (Bogotá, Cartagena). Anexos A y B (Si no se cuenta con esta opción se sugiere hacer copias para cada grupo de estudiantes).

#### Para cada grupo de 4 estudiantes:

- 1 copia del anexo C
- 1 copia del anexo D previamente recortada

## GRAN IDEA

El Clima es el promedio de las condiciones de tiempo atmosférico en al menos 30 años. Estas condiciones determinan los ecosistemas de un lugar.



## Información para el docente



### Clima y tiempo atmosférico

La diferencia entre **tiempo atmosférico** y **clima** es muy importante en la aproximación al cambio climático; en el lenguaje cotidiano hablamos de clima para referirnos tanto al **tiempo atmosférico** como al **clima**. Este obstáculo puede dificultar el desarrollo de comprensiones por parte de los estudiantes sobre cada uno de estos conceptos, sus relaciones y diferencias.

El **tiempo atmosférico** es el estado de la atmósfera en un lugar y momento dado y está determinado por factores como el Sol, la lluvia, la cobertura de nubes, el viento, el granizo, la nieve, las tormentas, las olas de calor, etc. Se define comúnmente utilizando diferentes parámetros, como la temperatura, la humedad, la precipitación, la nubosidad, el viento y la presión atmosférica.

En general el **tiempo atmosférico** puede cambiar rápidamente, incluso en cuestión de minutos, como cuando de repente comienza a llover. También cambia a lo largo del día, por ejemplo, al ir cambiando la temperatura en función de la radiación solar. Cambia entre días, ayer fue lluvioso, hacía frío, hoy no hay nubes y hace calor. El **tiempo atmosférico** es por lo tanto una mirada de corto plazo. Las previsiones meteorológicas son un intento de anticipar el tiempo atmosférico en las próximas horas o en los próximos días, a lo sumo en una o dos semanas. Debido a que es influenciado por múltiples factores que cambian rápidamente, es difícil de predecir.

El **clima**, en contrapartida, es una caracterización del comportamiento típico del **tiempo atmosférico** en una región particular y en una época del año. Esta caracterización incluye variaciones típicas tanto a lo largo del día, de los meses, por ejemplo, con las estaciones, e incluso a lo largo de los años, como con fenómenos interanuales como el fenómeno del niño y la niña (denominado oscilación del sur). El **clima** es, por lo tanto, la caracterización típica de las condiciones atmosféricas obtenida sobre periodos de décadas, siglos e incluso cientos de miles y millones de años.

Aunque el **tiempo atmosférico** y el **clima** están estrechamente relacionados no son lo mismo. Una confusión común es la que se da cuando se cuestiona la capacidad de la ciencia para predecir el clima en las próximas décadas cuando es evidente que las previsiones de **tiempo atmosférico** no pueden ir más allá de algunos días. Es fundamental diferenciar la capacidad de predecir un estado particular de la atmósfera que es un fenómeno altamente complejo y caótico, de la capacidad de predecir tendencias en los promedios a lo largo plazo.

Una analogía que puede ser útil para ver esta diferencia es la que tiene que ver con la esperanza de vida de las personas. Es imposible saber con certeza la edad a la que un hombre morirá, pero a partir de muchas observaciones se puede afirmar que la edad promedio de muerte para los hombres es de unos 80 años en países desarrollados. En otras palabras, las variaciones promedio a largo plazo son mucho más predecibles que los eventos individuales. Otro ejemplo es el lanzamiento de un dado. Si bien no podemos predecir el resultado de un solo lanzamiento, podemos predecir el comportamiento estadístico promedio de muchos lanzamientos.

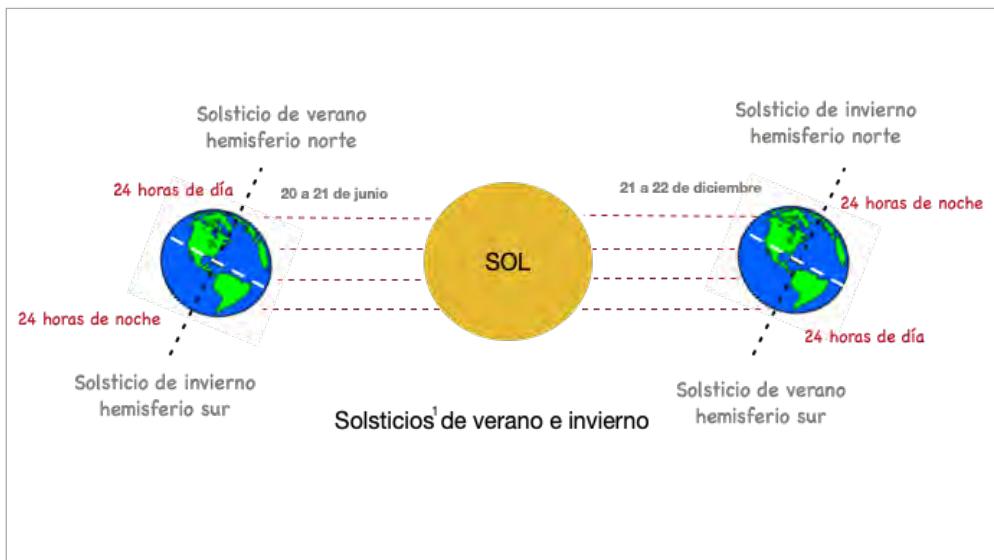
Otra confusión que surge de no reconocer las diferencias entre **tiempo atmosférico** y **clima** es pensar que un invierno frío o un lugar que se ha enfriado en el mundo es evidencia en contra del calentamiento global. Siempre puede haber extremos de calor y frío, pero cuando se promedia el clima sobre el espacio y el tiempo, se puede evidenciar claramente que el planeta está aumentando su temperatura aunque en algún lugar del planeta se haya dado un descenso de la temperatura sobre varios años.

## ● Clima local

El clima de un lugar dado está influenciado por un conjunto de factores que interactúan entre sí. Estos incluyen la latitud, la elevación, la cercanía al agua, las corrientes oceánicas, la topografía, la vegetación y los vientos. El sistema climático global y cualquier cambio que ocurra dentro de él también influyen en el clima local.

La cantidad de radiación del Sol que se recibe en cada lugar desempeña un papel importante en el clima. Esta cantidad de radiación solar recibida depende básicamente de la latitud y de la época del año como producto de la inclinación del eje de rotación de la Tierra y del momento en la translación de la Tierra alrededor del Sol. Debido a esto, la inclinación con la que llegan los rayos del Sol a la Tierra es diferente en cada lugar y en cada época del año, así como el número de horas de esta radiación solar. A medida que nos movemos hacia los polos, la inclinación con la que llegan los rayos del Sol y la duración del día sufre variaciones cada vez más grandes a lo largo del año. Como efecto de este fenómeno, por ejemplo, cuando un hemisferio se encuentra en invierno, la duración del día ha disminuido hasta hacer desaparecer por completo la luz solar durante las 24 horas en el polo por varias semanas, mientras que sucede lo contrario cuando se encuentra en verano, con una desaparición de la noche en el polo, igualmente por varias semanas.

En la zona tropical los cambios en la longitud del día y en la inclinación de incidencia de los rayos del Sol son pequeños dando lugar a condiciones climáticas diferentes a las que suceden en lugares lejanos del Ecuador. Esta es la razón por la que los trópicos en general son cálidos a lo largo del año mientras que regiones alejadas del Ecuador experimentan grandes variaciones climáticas a lo largo del año que se identifican como las cuatro estaciones (otoño, invierno, primavera y verano). Estas diferencias se acentúan en la medida en que nos acercamos a los polos.



Otro factor que se debe tener en cuenta al investigar el clima local es la proximidad a los océanos. Los océanos son muy importantes en el almacenamiento de calor. Cuando la superficie de la Tierra se enfría o es calentada por el Sol, el cambio de temperatura es mayor, y más rápido, sobre la tierra que sobre los océanos.

Las corrientes oceánicas hacen circular los efectos del cambio de temperatura lentamente a grandes distancias a través de la

mezcla y el movimiento del agua. Las corrientes horizontales, particularmente las que se mueven hacia el norte o el sur, pueden transportar agua calentada o enfriada hasta varios miles de kilómetros. El agua desplazada puede calentar o enfriar el aire e, indirectamente, la tierra sobre la que sopla este aire.

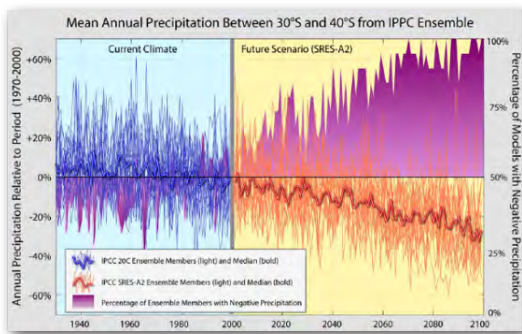
Así, las regiones costeras se benefician de su influencia moderadora, mientras que el interior de los continentes experimenta cambios estacionales rápidos y más intensos. Por ejemplo, el agua del Océano Atlántico tropical y subtropical se mueve hacia el norte a través del Atlántico en una corriente llamada Corriente del Golfo que llega a las costas de Europa occidental, generando un clima que es bastante suave comparado con otros lugares en la misma latitud en Norteamérica.

## ● ¿Cómo se relacionan el tiempo y el clima?

Como se presentó previamente, el clima es la caracterización estadística de los patrones de tiempo atmosférico en un lugar a lo largo de varias décadas.

Por lo tanto, para describir el clima se requiere información sobre el tiempo atmosférico durante grandes periodos de tiempo, al menos 30 años.

Para documentar y caracterizar el clima de un lugar, cada día se registran millones de datos de tiempo atmosférico. Estos datos se procesan estadísticamente utilizando descriptores como promedios, determinación de máximos y mínimos según la época del año, así como perfiles de temperatura típicos a lo largo de los días. También se pueden sumar los datos diarios para establecer un consolidado mensual como en el caso de la precipitación.



CC-BY-SA Autor desconocido

Los promedios de cada estación meteorológica se combinan con datos de otras estaciones en la misma localidad para tener una mejor representación del comportamiento del tiempo atmosférico y el clima en la localidad. Para garantizar que los datos se ponderan adecuadamente, las cantidades se combinan en función de la fracción de área que representa cada estación.

Estos procesamientos permiten tener una idea del tiempo atmosférico promedio y de las variaciones normales en un lugar. Así podemos afirmar que el clima en un sentido amplio se refiere a una descripción estadística de las variables atmosféricas y sus variaciones.

## ● Clima global

Puede resultar curioso pensar en, por ejemplo una temperatura promedio para todo el planeta, porque sabemos que las diferencias entre diferentes lugares son grandes, y que puede haber más de 80°C de diferencia entre la temperatura más alta y la más baja. Sin embargo, tener como referente un promedio global es conveniente para hacer un seguimiento de lo que se conoce como el “presupuesto de energía” del planeta, que no es más que la cantidad de energía solar que el planeta absorbe menos la energía que se irradia al espacio a lo largo del tiempo.

Para obtener la temperatura promedio global, se parte de datos de temperatura registrados en diferentes localidades a lo largo del mundo. Las personas que investigan el clima suelen enfocarse no en las mediciones absolutas de la temperatura sino en algo que han llamado “anomalías”, es decir la diferencia entre la temperatura observada y el promedio a largo plazo de esa localidad. Esto permite enfocarse en los cambios importantes.



## ● El sistema climático

Cuando se habla del clima, se hace referencia a un sistema climático que describe la interacción entre los diferentes componentes que intervienen en la generación del clima.

El sistema climático se puede definir como cinco componentes interactuantes principales:

- la atmósfera,
- la hidrósfera,
- la criósfera,
- la superficie terrestre y
- la biósfera.

Estos componentes son influenciados principalmente por la energía del Sol y por las acciones humanas.

La **atmósfera**, capa gaseosa del planeta, es la parte más inestable y cambiante del sistema. Su composición ha cambiado a lo largo de la evolución de la Tierra. La atmósfera de nuestro planeta está compuesta principalmente de nitrógeno, oxígeno y argón. Además, hay una serie de gases traza, como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y el ozono. Estos gases interactúan de diferentes formas con la radiación, influenciando el clima terrestre. Además, la atmósfera contiene vapor de agua y aerosoles, que son partículas sólidas o líquidas en suspensión, como las nubes. Estos componentes interactúan con la radiación entrante y saliente de una manera compleja.

La **hidrósfera** es el componente que comprende toda la superficie líquida y el agua subterránea, tanto el agua dulce como el agua salada del planeta. Los océanos son el principal componente de la hidrósfera, almacenan y transportan una gran cantidad de energía y disuelven y almacenan grandes cantidades de dióxido de carbono.

La **criósfera** incluye plataformas de hielo de Groenlandia y la Antártida, los glaciares continentales, el hielo marino y el permafrost. Es importante para el sistema climático por su alta reflectividad a la radiación solar, su baja conductividad térmica y su gran inercia térmica.

La **superficie terrestre**, compuesta por la vegetación y los suelos, controla cómo la energía recibida del Sol se devuelve a la atmósfera. Además, algunas superficies sirven para evaporar el agua, ya sea en el suelo o en las hojas de las plantas, devolviendo el agua a la atmósfera.

La **biósfera**, componente vivo del planeta en el agua y la tierra, tiene un gran impacto en la composición de la atmósfera dado que los seres vivos influyen en la absorción y liberación de gases de efecto invernadero a través de procesos como la fotosíntesis, la respiración y los ciclos de nutrientes. Tanto las plantas marinas como las terrestres (especialmente los bosques) almacenan grandes cantidades de carbono. La biósfera también afecta la entrada de agua en la atmósfera a través de la evapotranspiración<sup>2</sup>.



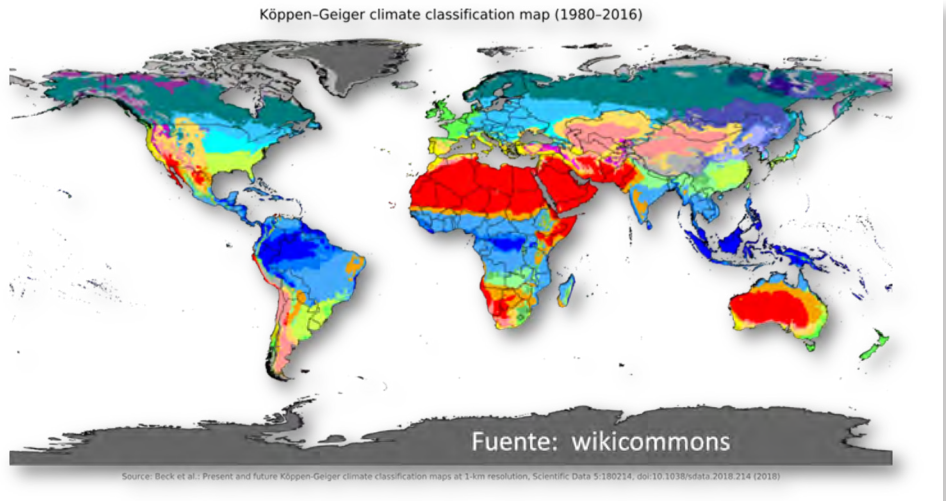
Fotos de Autor desconocido bajo licencia CC BY-SA-NC

Aunque los componentes del sistema climático son diferentes, todos están unidos por flujos de materia y energía. Cualquier cambio, ya sea natural o antropogénico (causado por el ser humano), en los componentes del sistema climático y sus interacciones, puede dar lugar a variaciones climáticas.

## Tipos de clima en el mundo

Hay diferentes formas de clasificar los climas locales y regionales del mundo. Una de las más usadas es la clasificación de Köppen-Geiger, que se basa en los tipos de vegetación característicos de cada zona. Fue desarrollada a comienzos del siglo XX por el climatólogo y botánico Köppen y luego por el meteorólogo Geiger.

Köppen afirmó que "la cubierta vegetal era el clima cristalizado que se había hecho visible", para enfatizar la estrecha relación que existe entre la composición de la cobertura vegetal y las condiciones climáticas en un lugar.

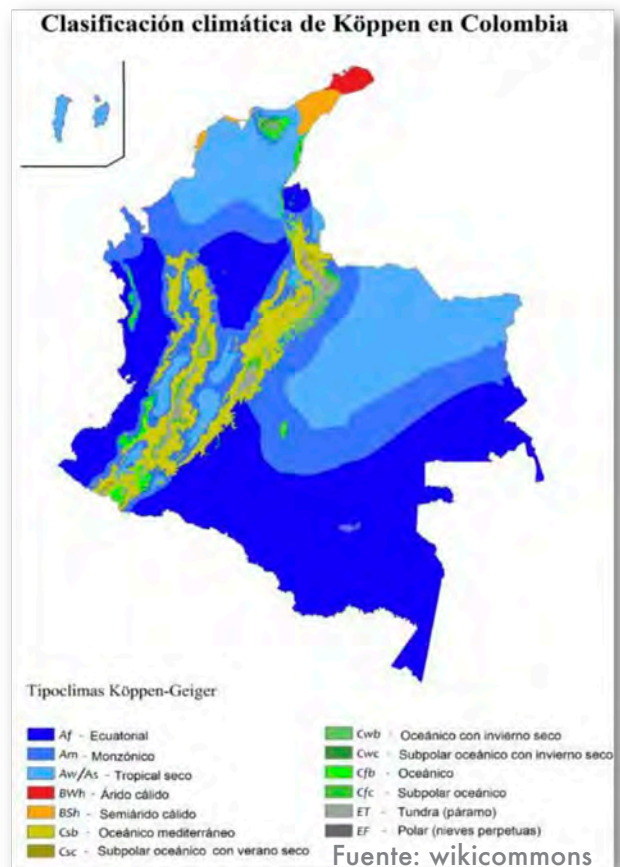


La clasificación de Köppen-Geiger divide las zonas climáticas del mundo en cinco grupos principales, los cuales se representan por letras en mayúsculas A, B, C, D y E:

- Los climas **tipo A** corresponden a tipos tropicales, es decir, zonas en las cuales todos los meses tienen temperaturas superiores a los 18°C y las precipitaciones anuales son superiores a la evaporación.
- Los climas **tipo B** son los climas secos, el principal factor que controla la vegetación no es la temperatura, sino la sequedad.
- El tipo de **clima C** o templado, es aquel en el cual el mes más frío tiene una temperatura menor de 18°C y superior a -3°C y la del mes más cálido es superior a los 10°C.
- El tipo de **clima D** o continental se caracteriza porque los inviernos son helados y el mes más cálido tiene una temperatura superior a 10°C, mientras que el mes más frío tiene una temperatura menor a 0°C.
- Los climas **tipo E** o polares abarcan las regiones más frías de la tierra, y se subdividen en climas de tundra (ET) y climas de nieve/hielo (EF).

Todas estas categorías se pueden subdividir en otras según la precipitación que reciben.

Según la clasificación climática de Köppen-Geiger, en Colombia se presentan desde climas tropicales hasta fríos de montaña pasando por climas secos y templados, con la ausencia absoluta de los climas continentales y la presencia de climas polares solo en los picos nevados.





## Qué deberían saber sus estudiantes

### Sobre las estaciones y la radiación solar

Varias encuestas han mostrado, que incluso para individuos que viven en países con estaciones (primavera, verano, otoño e invierno), la explicación de estas usualmente es incorrecta. Por ejemplo, se atribuye con frecuencia a que la Tierra se aleja del Sol en invierno y se acerca al Sol en verano. Parte de esta concepción errónea es promovida por textos escolares que muestran una trayectoria elíptica de la Tierra particularmente alargada, con una excentricidad bastante más grande de la real, la cual es cercana a una trayectoria circular. De hecho, el momento preciso en el que actualmente la Tierra se encuentra más cerca del Sol es el 4 de febrero, en pleno invierno en el Hemisferio Norte.

Además, es común que los estudiantes que viven en el trópico tengan confusiones con las estaciones, dado que estas no hacen parte de su cotidiano.

Como primer aspecto, se recomienda trabajar este tema con sus estudiantes antes de abordar las fichas sobre el cambio climático. Existen múltiples recursos didácticos para hacerlo, como por ejemplo el módulo de indagación **“Sol, Tierra, Luna”** que puede encontrar en el portal del programa STEM-Academia (<https://www.stem-academia.net/ciencias>).

Puede dedicar una o dos sesiones de trabajo para abordar el origen de las estaciones. Típicamente las diferentes propuestas de enseñanza usan un modelo de la Tierra con una bola de poliestireno y una lámpara que representa el Sol. Usando este modelo los estudiantes podrán ver que hay un cambio en la cantidad de horas diarias de Sol y en el ángulo con el que llegan los rayos de este a medida que cambian las estaciones. También podrán observar que esto es más notorio a medida que se está más lejos del Ecuador.

Aun en la Zona Tórrida<sup>3</sup>, donde se encuentra Colombia, la duración del día (tiempo en el que tenemos luz solar) varía, aunque levemente, de una estación a la otra. La diferencia entre el día más largo y el más corto del año en estas latitudes es de solo algunos minutos.

### Sobre las gráficas y las caracterizaciones estadísticas

Un segundo aspecto que sus estudiantes deben ya saber es la interpretación de gráficas de variación de una variable física en función del tiempo, como por ejemplo la temperatura a lo largo de un día, semana o año.

Además, deberían conocer cómo encontrar un promedio, no solo de una serie de valores, sino de un conjunto de gráficas de variación de una variable contra el tiempo, como por ejemplo calcular la curva diaria de temperatura promedio a partir de los datos de variación de temperatura diaria durante muchos días.

Un posible ejercicio es entregar a los estudiantes la curva de variación de temperatura diaria durante los 7 días de una semana y pedirles que encuentren el promedio que caracteriza la variación de los 7 días.

Igualmente, un repaso sobre el concepto de probabilidad es importante. Cuando se habla de tiempo atmosférico en el marco de una cierta región caracterizada por un clima particular en un momento del año definido, ciertos valores en las variables atmosféricas son más probables, mientras que otros son mucho menos probables.



## Cómo planear la lección



### Inicio de la lección

Luego de presentar brevemente los propósitos de la lección, se explica que en esta clase van a aprender dos conceptos que a veces parecen lo mismo: **clima** y **tiempo atmosférico**.

Empiece por indagar sobre la experiencia de sus estudiantes con el **tiempo atmosférico** y cómo lo describimos:

- ¿La temperatura es la misma a lo largo del día?
- ¿Siempre hace el mismo frío o calor?
- ¿Llueve igual todos los días?
- ¿Qué tan rápido pueden cambiar la temperatura, la nubosidad o la cantidad de lluvia?

Indíqueles que la situación de la atmósfera en cada momento, por ejemplo ahora o en una hora o en un día se denomina tiempo atmosférico. Ahora se les puede pedir también que piensen en cómo varía el tiempo atmosférico a lo largo de un día o una semana en su localidad.

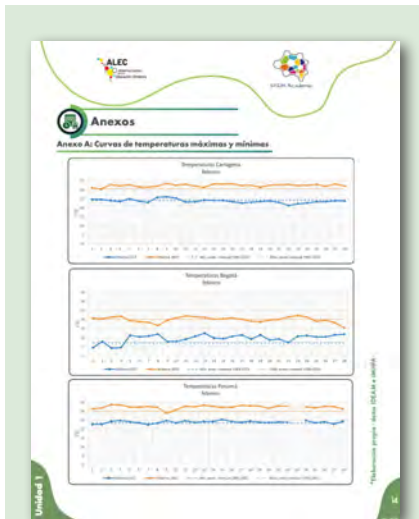
Los estudiantes rápidamente reconocerán que hay algunas variaciones, incluso muy rápidas. Si están en una zona alta, es posible que en general haga frío, pero a la madrugada hace frío mientras a medio día es más caliente, algunos días o momentos del día serán nublados y lluviosos y otros soleados y secos. Es importante que se den cuenta de que variables como la temperatura van cambiando gradualmente, mientras otras como la lluvia o la nubosidad pueden cambiar muy rápido. Ahora no llueve y un minuto después puede estar lloviendo muy fuerte. También se pueden observar cambios en el tiempo atmosférico entre días: algunos días no llueve y otros son lluviosos. Algunos días hace más calor, otros más frío.

Explique que todas estas descripciones se refieren al **tiempo atmosférico**. Tome nota de algunas de las ideas de los estudiantes para más adelante usar estos comentarios en la construcción de un gráfico de anclaje que sirva como cierre de la lección (ver página 11).

Ahora pase a trabajar la noción de **clima**. Para ello comience preguntando:

- ¿Todos los sitios en este país tienen la misma temperatura, cantidad de lluvia, viento o humedad?
- ¿Podemos describir diferentes sitios?
- ¿Conocen lugares en otros países con características de temperatura o lluvia diferentes?





**Anexo B: Tablas de precipitaciones**

Precipitación acumulada mensual - promedio mensual (tabla 30 años (mm))	
Cartagena	105,3
Bogotá	40,01
Cartagena de Indias	13

**Precipitación en Cartagena para el mes de febrero de 2022\***

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Precipitación	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Precipitación	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Precipitación	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm

**Precipitación en Bogotá para el mes de febrero de 2022\***

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Precipitación	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Precipitación	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Precipitación	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm

**Precipitación en Ciudad de Pereira para el mes de febrero de 2022\*\***

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Precipitación	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Precipitación	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Precipitación	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm

\* Fuente: <http://www.observatorio.gov.co/observatorio/observatorio>  
\*\* Fuente: <http://www.observatorio.gov.co/observatorio/observatorio>

Los estudiantes podrán darse cuenta de que el **tiempo atmosférico** tiene variaciones importantes y difíciles de predecir, mientras que lo que sucede típicamente en un lugar se puede describir mejor: en un lugar en el Caribe en general se tendrán temperaturas cálidas. En un desierto, se tendrá muy poca lluvia o ninguna. En lo alto de la montaña los tiempos en general son fríos. Explique que estas caracterizaciones generales del tiempo atmosférico típico en un lugar y época del año se les denomina **clima**.

## Desarrollo de la lección

Para analizar las diferencias entre el **tiempo atmosférico** y el **clima** puede presentar una gráfica con las temperaturas máximas y mínimas y las tablas de precipitaciones diarias de dos localidades del país para un mes dado, por ejemplo, una andina y otra costera, en el caso de Colombia (ver anexos A y B). Puede proyectar estos anexos o entregar una copia a cada grupo de 2 a 3 estudiantes.

Pida primero a sus estudiantes que calculen los promedios de las temperaturas y la precipitación acumulada en las dos localidades y los comparen.

Luego pida a sus estudiantes que comparen estas medias con la media histórica alta y baja y la precipitación acumulada histórica, que corresponden el clima, y con toda la clase busque que respondan a preguntas como:

- ¿Las temperaturas máximas y mínimas diarias de un lugar son constantes?
- ¿Cuál es la variación más grande en la temperatura máxima de cada lugar de un día para otro? ¿Y para la mínima?
- ¿A pesar de estas variaciones cada lugar muestra características propias en temperatura? ¿Cuáles?
- ¿Sería posible tener en Cartagena una temperatura tan baja como las de Bogotá?
- ¿Dirías que la temperatura máxima de cada lugar se comportó de acuerdo al promedio histórico? ¿Y la mínima?
- ¿Las precipitaciones de cada lugar son aproximadamente constantes?
- ¿Cuántos mm cayeron el día que más llovió en cada ciudad?
- ¿Se podría afirmar algo al comparar la precipitación de Cartagena con la de Bogotá?
- ¿Qué puedes afirmar al comparar la precipitación acumulada del mes para cada lugar con la del promedio histórico?

Con estas preguntas se promueve una discusión en la que los estudiantes noten que el **tiempo atmosférico** puede variar entre un día y otro, e incluso a lo largo del día, mientras el **clima** representa características que se mantienen a lo largo del tiempo, por ejemplo la temperatura mínima en la localidad fría es siempre baja.

Aunque a veces usamos la palabra **clima** cuando nos referimos al estado de la atmósfera en un momento dado, estamos hablando del **tiempo atmosférico**.

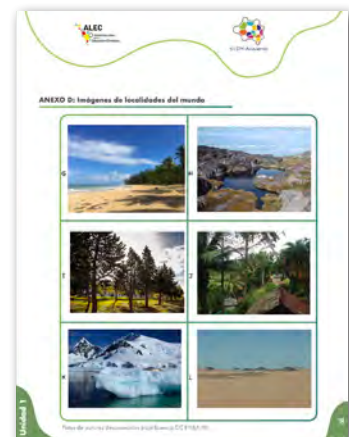
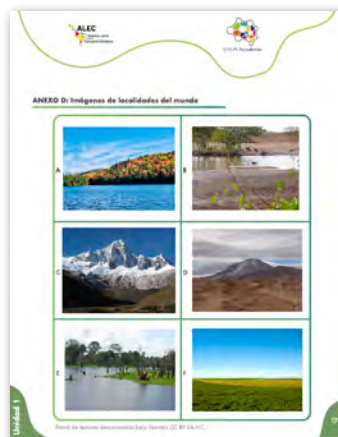
Cuando decimos ¡qué buen clima hace hoy! estamos pensando en el momento específico, en el **tiempo atmosférico** y puede que al día siguiente o al final de la tarde no esté tan soleado. Sin embargo, el **tiempo atmosférico** en un lugar está en un rango de valores. Este rango se puede encontrar a partir de una gran cantidad de datos históricos del **tiempo atmosférico** a lo largo de años, décadas y siglos en ese lugar. A esta caracterización estadística del **tiempo atmosférico** se le denomina **clima**.

Si bien en las dos localidades hay días más calientes o más lluviosos, y el tiempo varía entre un día y otro, esta variación se mantiene dentro de unos rangos y valores característicos del lugar.

Así, aunque haya días fríos en la Costa Caribe, es muy poco probable que llegaran a tener temperaturas mínimas como las que se pueden registrar en las localidades andinas, y al contrario, si estamos en Bogotá, a 2600 metros sobre el nivel del mar, no deberíamos tener temperaturas tan altas como las de Cartagena que se encuentra en el Caribe, a nivel del mar.

Pida a sus estudiantes que se organicen en parejas y entregue un mapamundi como el que se presenta en el anexo C.

Luego se les irán proyectando o mostrando láminas grandes de diferentes lugares del mundo como las presentadas en el anexo D. También se les pueden entregar copias de las imágenes en tamaño carta. Sus estudiantes deberán asignar cada fotografía a una localidad en el mapa.



### Fotos y localidades del anexo D

En el orden en que aparecen las fotos de izquierda a derecha y de arriba a abajo las localidades son:

1. Tropical - Las terrenas, República Dominicana (G)
2. Tropical - sabana Arauca, Colombia (B)
3. Tropical - bosque lluvioso Manaos, Brasil (E)
4. Templado - costa occidental Puerto Natales, Chile (I)
5. Seco - altiplano, Bolivia (D)
6. Continental - Quebec, Canadá (A)
7. Templado - Toscana, Italia (F)
8. Polar - Groenlandia (H)
9. Seco - Egipto (L)
10. Polar - Antártica (K)
11. Tropical - Bali (J)
12. Continental - Alpes, Francia (C)

Un representante de cada grupo comparte su análisis de las fotografías, haciendo énfasis en las características de las imágenes que les ayudaron a asociar la imagen con la localidad. Por ejemplo, pueden afirmar que la imagen con bosques caducifolios<sup>4</sup> no puede corresponder a un país tropical porque estos bosques son típicos de lugares con estaciones y en los trópicos no tenemos estas estaciones. También pueden decir que los lugares con vegetación más diversa y frondosa son más comunes en lugares calientes y húmedos como los que se ven en los trópicos.

Visite los grupos para apoyar a sus estudiantes en este ejercicio. A la izquierda encontrará la clave para relacionar las fotografías con los diferentes climas en cada localidad.

Luego de que los estudiantes compartan sus resultados, se promueve una discusión en la que se reconozca que el **clima**, a diferencia del **tiempo atmosférico**, es el conjunto de estados del tiempo probables a lo largo de los días y años en una región particular. La discusión debe permitir a sus estudiantes darse cuenta de que el **clima** ayuda a describir una región porque determina, por ejemplo, el tipo de vegetación que puede crecer en una localidad dada debido a parámetros como la temperatura y la humedad.

### Cierre de la lección

Para cerrar la lección, invite a los estudiantes a pensar en los diferentes climas dentro de Colombia. Si bien todo el país está en una latitud tropical, hay diferentes climas debido a la altitud de las montañas y a la influencia del mar. Por ejemplo, el piedemonte llanero tiene un clima de bosque lluvioso, mientras que la alta Guajira tiene un clima desértico.

Sabemos que el clima en estos lugares es diferente porque sus promedios son distintos. Así, si queremos describir el clima de Bogotá, deberíamos preguntarnos cosas como cuánto llueve en promedio durante los meses de enero y febrero en Bogotá y para esto necesitamos revisar datos meteorológicos de varios años, incluso décadas.

Vuelva sobre los conceptos que se han trabajado en la lección indagando por lo que sus estudiantes recuerdan y consideran más relevante. Tome nota de estas ideas en una cartelera que servirá como registro grupal de la lección. Esta cartelera puede diseñarse como un gráfico de anclaje y servirá para que la clase tenga disponible la información necesaria para construir nuevos conceptos.

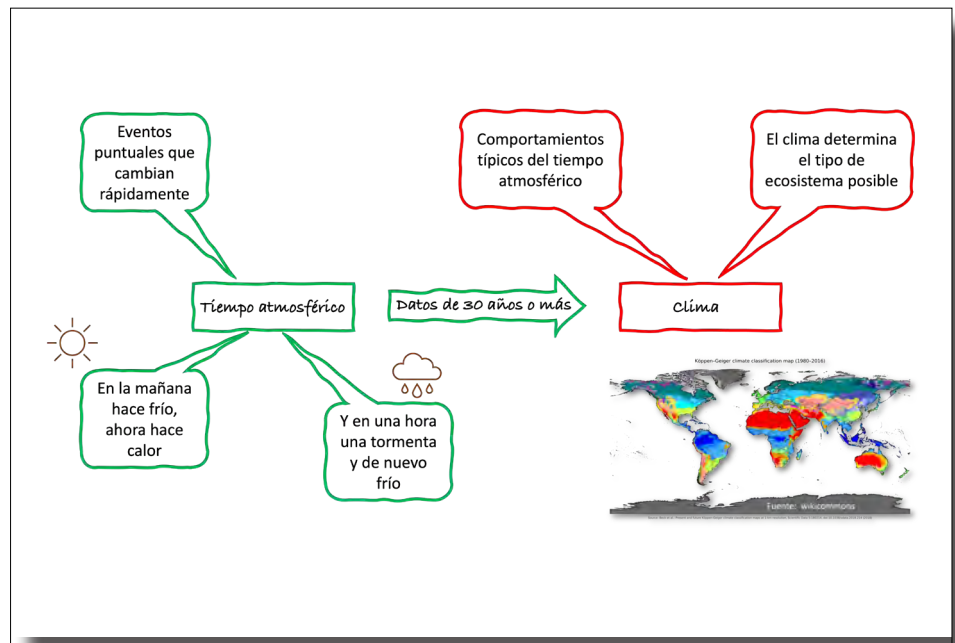
A continuación, se observa una posible organización esquemática para un gráfico de anclaje de esta lección, pero recuerde que la construcción de esta cartelera se deberá hacer conjuntamente con sus estudiantes y deberá incluir solo la información que la clase considere relevante.

Si sus estudiantes lo sugieren, pueden recortar las imágenes del anexo D y el mapa del anexo C y pegarlas en la cartelera como información adicional.

## Gráfico de anclaje

Los gráficos de anclaje, que representan organizadores gráficos, que se construyen con los estudiantes y que permanecen a la vista durante el desarrollo del tema completo, les ayudan a consolidar mejor sus aprendizajes.

El siguiente es un ejemplo de gráfico de anclaje.



## Glosario

1. **Solsticio:** momento en el que el Sol se encuentra en la vertical (cenit) al medio día en las latitudes más lejanas del Ecuador.
2. **Evapotranspiración:** es la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa y por transpiración de la vegetación.
3. **Zona Tórrida:** es la región comprendida al norte y al sur de la línea del ecuador entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio.
4. **Bosque caducifolio o estacional:** constituido mayormente por especies de árboles que pierden su follaje en el otoño y que lo vuelven a tener hasta la primavera.



## Conexión con carreras en STEM

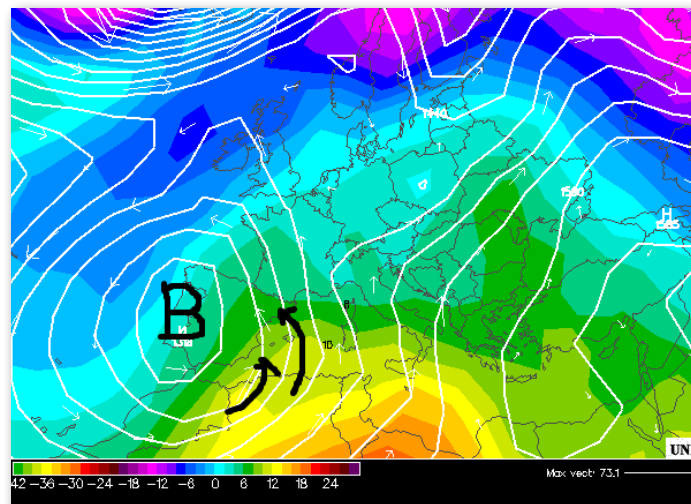


Le recomendamos ver este video, enlazado en el código QR anterior, con sus estudiantes para aprender sobre diferentes profesiones que trabajan para entender el clima y luchar contra el cambio climático. Luego de verlo, invite a la clase a discutir lo que más les llama la atención y promueva una reflexión sobre opciones de vida en ciencia y tecnología.

La meteorología es una disciplina científica y técnica que estudia y predice los fenómenos que se producen en la atmósfera, para comprender su funcionamiento, composición y estructura y también para tener predicciones diarias que son útiles para actividades humanas como la agricultura o la aeronáutica. A diferencia de la meteorología, que estudia el tiempo en el día a día, la climatología estudia la evolución del clima a largo plazo. Para ello, las personas que se dedican a esta ciencia cruzan e interpretan numerosos datos (precipitaciones, presión atmosférica, viento, temperatura del aire o del océano, espesor del hielo, etc.) usando programas informáticos específicos.

Las personas que hacen climatología suelen trabajar en laboratorios de investigación, pero las empresas privadas (como las compañías de seguros) muchas veces buscan este tipo de profesionales. Quienes trabajan en climatología con frecuencia acuden a lugares en los que hay eventos climáticos extremos y catástrofes naturales como deslizamientos, incendios forestales o inundaciones, para poder obtener datos que les sirvan para explicar estos fenómenos y para prevenirlos mejor en el futuro.

Diferentes profesionales pueden especializarse en la climatología. En el video de esta sección se puede ver la entrevista al profesor Benjamín Quesada, quién se dedica al estudio del clima.

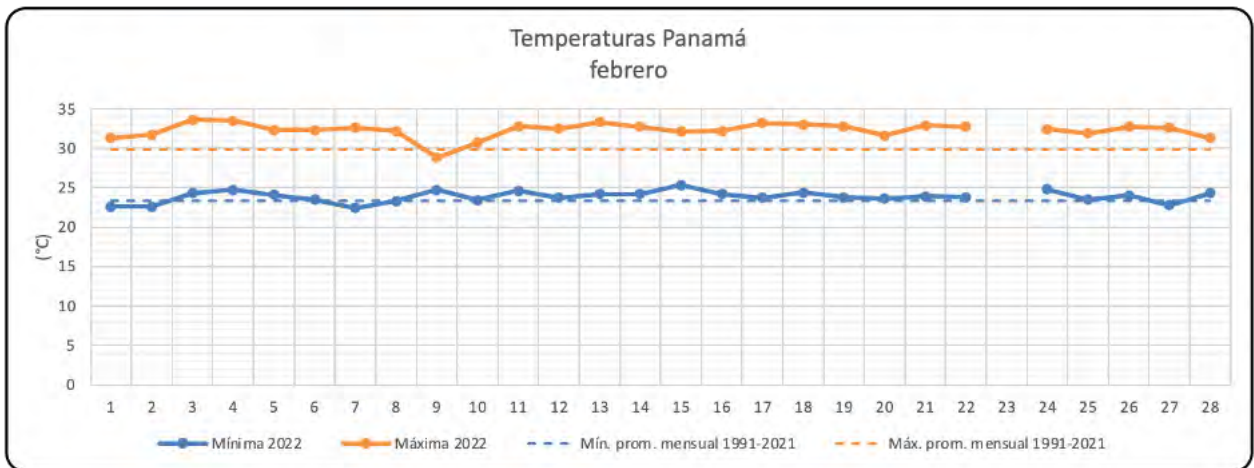
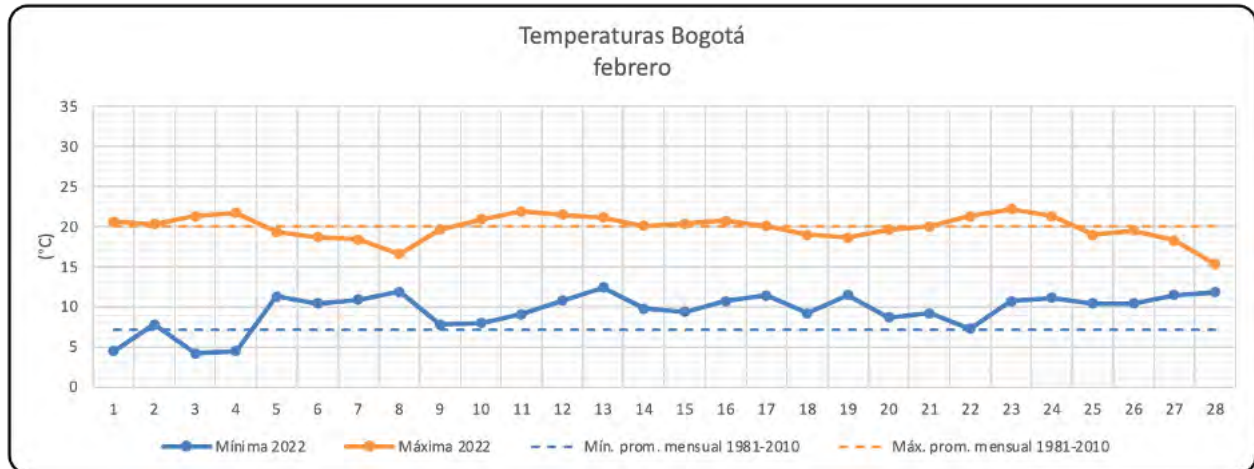
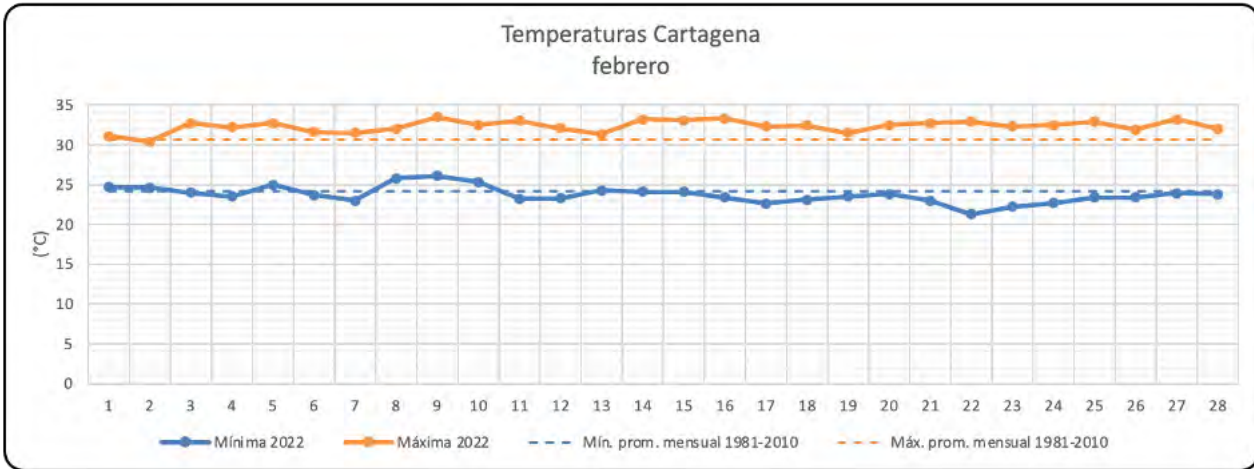


Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC-ND



## Anexos

### Anexo A: Curvas de temperaturas máximas y mínimas



## Anexo B: Tablas de precipitaciones

Precipitación acumulada mensual - promedio mensual tomado sobre 30 años (mm)			
Ciudad	Cartagena	Bogotá	Ciudad de Panamá
Promedio para febrero	0,54	45,01	15

Precipitación en Cartagena para el mes de febrero de 2022\*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm
21	22	23	24	25	26	27	28		
0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm		

Precipitación en Bogotá para el mes de febrero de 2022\*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,0mm	0,0mm	0,0mm	5,1mm	0,2mm	0,1mm	0,0mm	6,0mm	12,0mm	2,3mm
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,0mm	0,0mm	6,2mm	1,3mm	0,0mm	11,0mm	0,0mm	0,5mm	0,0mm	0,0mm
21	22	23	24	25	26	27	28		
0,0mm	4,8mm	0,0mm	7,3mm	20 mm	5,8mm	17,0mm	11,0mm		

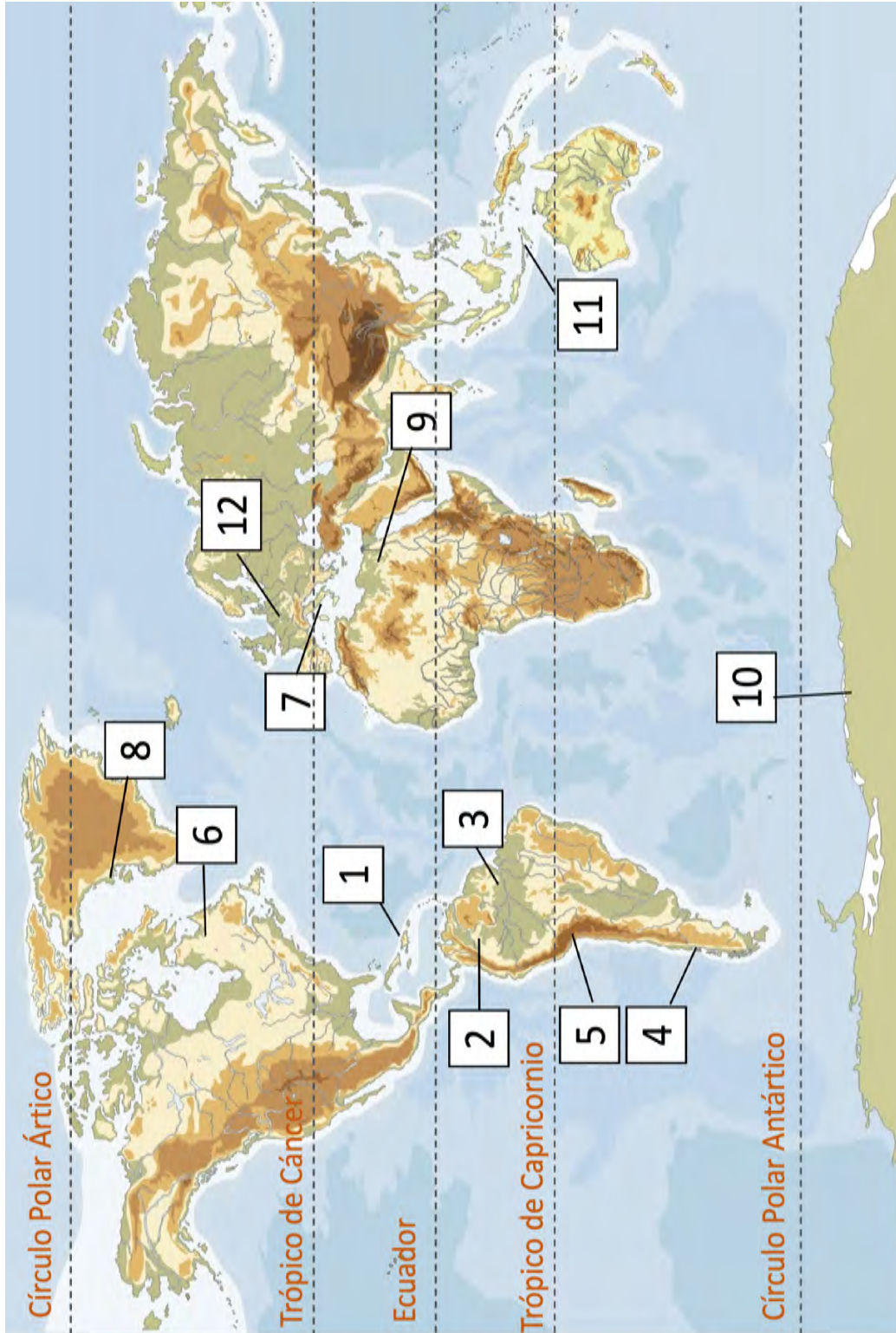
Precipitación en Ciudad de Panamá para el mes de febrero de 2022\*\*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,0mm	0,0mm	1,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,6mm	6,5 mm
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,6mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,1mm
21	22	23	24	25	26	27	28		
0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm	0,0mm		

\* fuente: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>

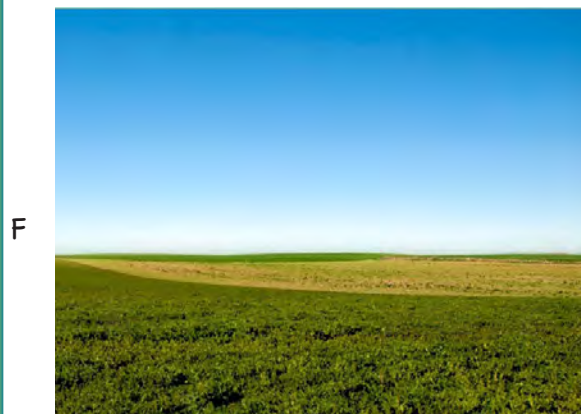
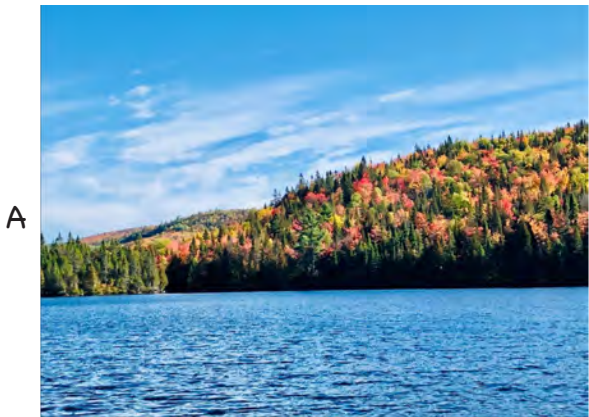
\*\*fuente: <https://www.imhpa.gob.pa/es/datos-diarios?estacion=2&mes=2&ano=2022>

## ANEXO C: Mapa con diferentes localidades señaladas

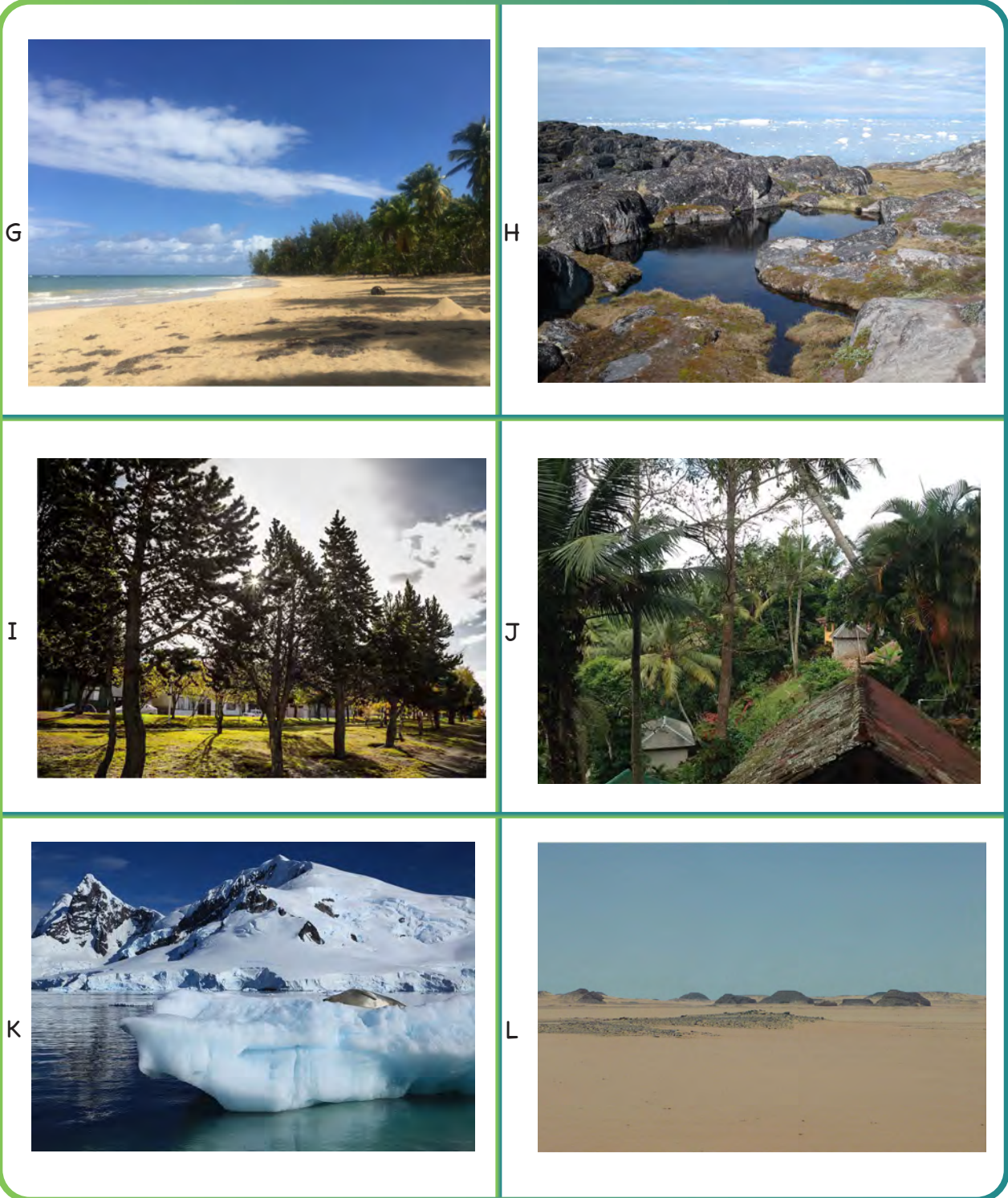


Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## ANEXO D: Imágenes de localidades del mundo



## ANEXO D: Imágenes de localidades del mundo



Fotos de autores desconocidos bajo licencia CC BY-SA-NC

## UNIDAD 2

# Hay que ver la evidencia



## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

2 a 3 sesiones de 45 minutos

### Resumen de la unidad

Los estudiantes trabajarán en centros de actividades para ver diferentes formas en las que se obtiene información sobre el clima actual y pasado, y cómo esta información se constituye en evidencia de un cambio climático actual.

### Aprendizajes esperados

- Analizar información de diferentes fuentes (directas e indirectas) que muestran el aumento de la temperatura promedio del planeta en los últimos 100 años.
- Conocer diferentes formas en las que las personas que investigan el clima pueden reconstruir el clima del pasado (cientos, miles e incluso millones de años).
- Reconocer que existen suficientes evidencias de un cambio rápido sin precedentes en la temperatura del planeta desde el inicio de la revolución industrial.

### Materiales requeridos y preparación previa

#### Para toda la clase:

- 1 copia de los anexos A,B,C y D
- Muestras de los árboles (pg 19) previamente recortadas
- Computador con acceso a Excel o papel milimetrado
- Micropreparados con polen y microscopio (opcional)
- Cubos de hielo
- Lupa

## GRAN IDEA

Los datos existentes muestran que la temperatura y el CO<sub>2</sub> han aumentado más rápidamente en los últimos 100 años que lo que sucedía en siglos anteriores.



## Información para el docente



No es intuitivo pensar que realmente estamos enfrentando un cambio climático preocupante en este momento porque el clima ha cambiado con frecuencia en la historia de la Tierra, por ejemplo, hemos tenido eras de hielo. La amplia variación del tiempo atmosférico es una experiencia cotidiana, mientras que el cambio climático se produce en décadas, generaciones y siglos. Sin datos, no es un fenómeno fácilmente detectable salvo por situaciones anecdóticas, que no tienen el peso de una evidencia.

Los cambios climáticos fueron, son y serán parte de la dinámica de la Tierra; son fenómenos naturales. Las eras de hielo son un ejemplo en el que la mayoría del planeta se congeló sobre periodos muy grandes de tiempo. Sin embargo, han existido otras épocas en las que los glaciares han retrocedido, dando lugar a periodos globalmente más calientes. Es más, el planeta estuvo más caliente hace millones de años.

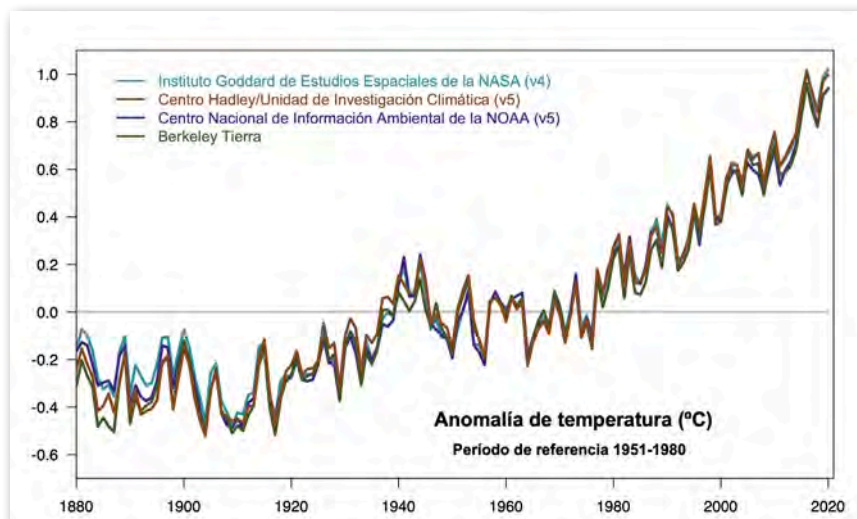
Esto sirve de justificación a quienes niegan la existencia del cambio climático producido por la actividad reciente del hombre, y en consecuencia no reconocen que la acción humana tenga un efecto importante en los cambios que se observan en los promedios de algunas variables climáticas en el mundo en el último siglo y particularmente en las últimas décadas.

### Cambio en la temperatura del planeta

La temperatura promedio de la superficie terrestre ha aumentado aproximadamente 1°C desde finales del siglo XIX.

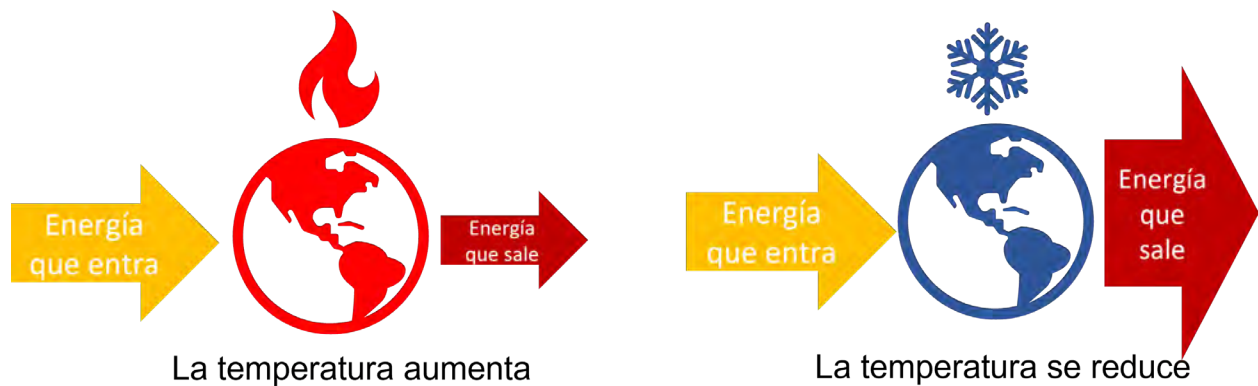
De hecho, el aumento más grande se ha visto en los últimos 40 años, como se observa en la siguiente gráfica. Las diferentes líneas en la gráfica de abajo muestran estimaciones de la temperatura global de superficie según diferentes insitutos. Por tanto, es manifiesto que todos los organismos científicos del mundo muestran las mismas tendencias climáticas

Esta gráfica de la NASA muestra la variación (anomalía<sup>1</sup>) de la temperatura global con respecto al promedio entre 1951 y 1980.

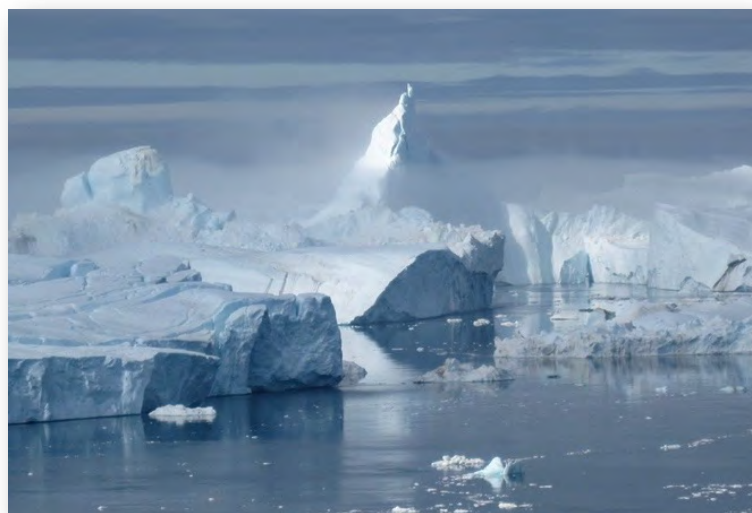


Debido a los fenómenos complejos que se reflejan en variables como la temperatura, la precipitación, la humedad, los vientos y las corrientes marinas, este aumento general de temperatura del planeta tiene efectos diversos a corto plazo en el tiempo atmosférico, por ejemplo, grandes nevadas o temperaturas muy frías en invierno.

Lo cierto es que finalmente este proceso de reducción o aumento de la temperatura es el resultado del balance de energía entre la proveniente del Sol y la que la Tierra regresa al espacio. Cuando lo que la Tierra emite al espacio es menor que lo que le llega, la diferencia de energía se acumula subiendo la temperatura global.



Uno o dos grados de aumento en la temperatura puede parecer muy poco si tenemos en cuenta que la variación diaria es siempre mucho mayor a este rango. De hecho, es un cambio diario que experimentamos con solo entrar o salir de un lugar. Sin embargo, un aumento de un solo grado en el promedio global de temperatura del planeta tiene efectos muy grandes en el clima local y en todo lo que depende de este.



Fuente: propia

## ● Las capas de hielo están desapareciendo

En general, la Tierra ha venido perdiendo el hielo acumulado en los polos, así como en muchos glaciares de montaña, como por ejemplo en los glaciares de Colombia.

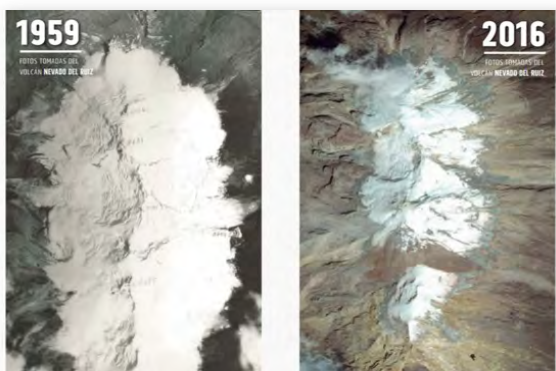
No es fácil determinar el balance de masa de un glaciar<sup>2</sup>, por lo que se usan diversos métodos que comparan el derretimiento con la acumulación de nieve, observan cambios en la elevación de los casquetes y detectan cambios en el campo gravitacional de la Tierra bajo el casquete polar. El uso de imágenes satelitales y radares ha ayudado a mejorar la confiabilidad de las mediciones.

La pérdida de hielo es preocupante dado que, como se describe en la lección de criósfera, el hielo, que es blanco, envía al espacio buena parte de la energía solar que recibe, mientras que el suelo y los océanos (oscuros) la absorben. Esto genera un ciclo de retroalimentación positiva: a menos hielo, menos energía se irradia al espacio, más se calienta la Tierra, lo que a su vez derrite más hielo. Además, en algunos casos la pérdida del hielo también contribuye al incremento del nivel del mar.

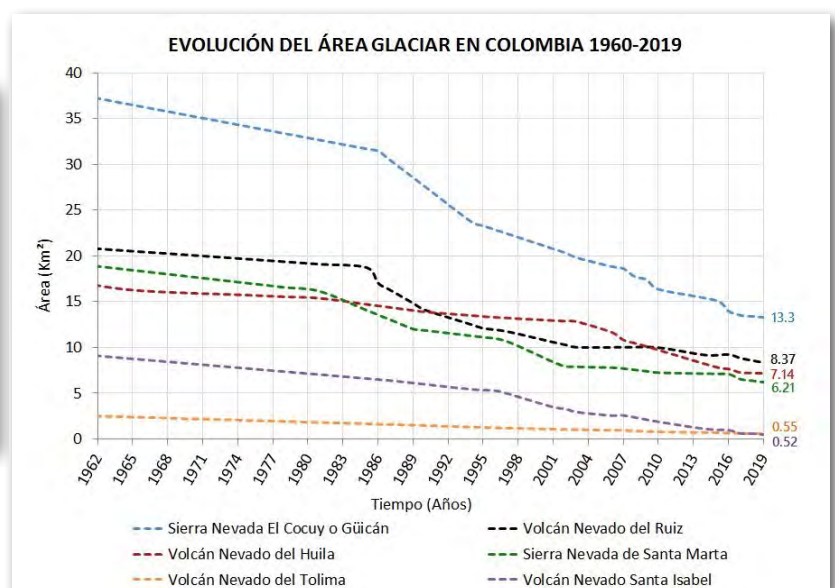
## ● Los glaciares de montaña están desapareciendo

El aumento de la temperatura ha tenido un fuerte impacto en los glaciares continentales. En Colombia, la situación se puede observar en la gráfica presentada más abajo, que muestra la sistemática disminución del área glaciar en el país. Nevados, como el Ruiz, han perdido rápidamente masa (ver imagen abajo), al punto de que desaparecerán en pocas décadas.

De nuevo, entre menos hielo, más energía retiene la Tierra y en consecuencia la temperatura tiende a aumentar.



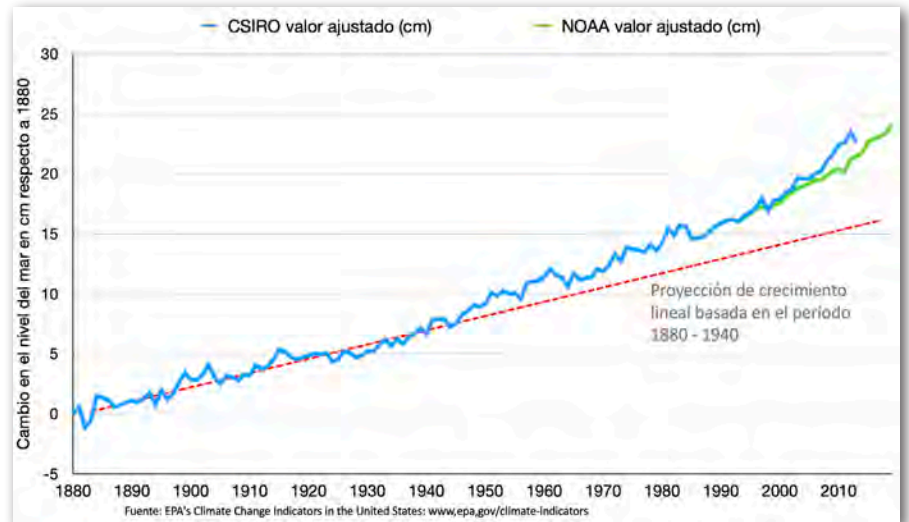
Fuente: [www.cambioclimatico.gov.co](http://www.cambioclimatico.gov.co)



Tomado de: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares-colombia>

## ● El nivel del mar está aumentando

El nivel del mar aumentó cerca de 20 cm en el último siglo, mostrando un crecimiento acelerado en las dos últimas décadas, como se aprecia en la imagen a la derecha.



## ● Distribución y ciclo de vida de las especies

Otra fuente de evidencias proviene de la distribución de las especies. Al variar el clima, las especies cambian de ubicación desarrollándose mejor en aquellos climas para los cuales están mejor adaptadas.

Los cultivos también muestran cambios en el momento de la cosecha, debido al cambio del clima en un lugar. Por ejemplo, si el invierno es menos frío y la primavera comienza antes, las cosechas se anticipan.

El incremento reciente de la temperatura es innegable. Podríamos ilustrar este hecho con el cambio en las fechas de cosecha de la uva. En ciertas partes de Europa, las cosechas de uva se hacen 15 días más temprano que hace 40 años, lo cual muestra una adaptación de la vegetación bajo el efecto de un aumento de temperatura (las uvas maduran más rápido).

Además de las mediciones de temperatura, hay múltiples evidencias de los efectos de este incremento a nivel planetario. Sin embargo, ¿cómo se compara este cambio climático reciente con otros ocurridos en la historia del planeta?



Fuente: propia

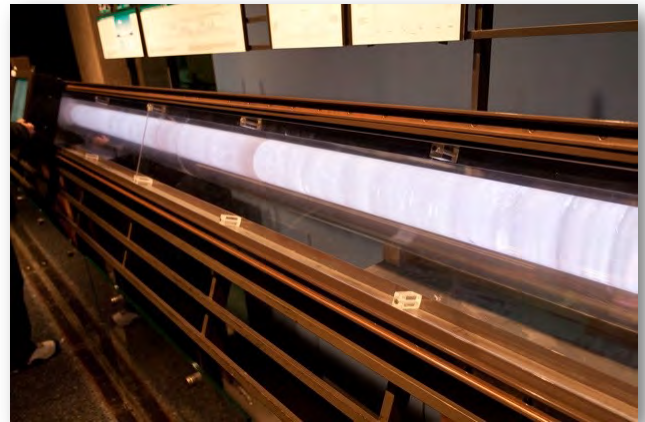
## Paleoclimatología: recoger evidencias del pasado lejano

Los registros sistemáticos de temperatura son recientes, las mediciones periódicas existen desde hace un poco más de un siglo.

Entonces, ¿cómo conocer la temperatura de la Tierra hace miles y millones de años? ¿Cómo conocer el clima hace mucho tiempo?

La paleoclimatología es la ciencia que estudia el clima hace muchísimos años, cuando no se tenían registros como los que podemos hacer ahora.

Quienes se dedican a esta ciencia estudian los arrecifes de coral, excavan los sedimentos<sup>3</sup> de los fondos marinos o lacustres, o taladran profundamente en los glaciares y en los casquetes polares para obtener núcleos de hielo.



CC-BY-SA tomado de Flickr.com



Fuente: propia

### ● Núcleos de hielo

Los núcleos de hielo guardan un registro de cómo era el clima en el planeta hace millones de años, gracias al polvo, burbujas de aire, sales marinas, ceniza volcánica y hollín que pueden terminar atrapados en el hielo por todo este tiempo.

Los casquetes polares y los glaciares se forman gracias a la acumulación de nieve durante miles de años.

El peso de la nieve de cada año, comprime hacia abajo las capas de años anteriores para que luego de muchos años esta presión forme el hielo glaciar que puede ser de hasta varios kilómetros de espesor.

Para obtener los núcleos de hielo se debe taladrar profundamente, hasta más de 3 km en los casquetes de hielo o en los glaciares. Luego, se puede analizar la composición de la atmósfera de hace muchos años estudiando las burbujas de aire que quedaron atrapadas en el hielo mientras este se formaba. Para hacerlo trituran las muestras de hielo en una campana de vacío para coleccionar el aire liberado de las burbujas. Después, usando instrumentos especializados se encuentra la composición de este aire y ello permite inferir el clima de una época lejana y cómo se relaciona con otros datos.

Al comparar el aire atrapado en los núcleos de hielo con los registros de temperatura obtenidos por otros medios, los científicos pudieron notar que la cantidad de dióxido de carbono y la temperatura global están relacionadas y que esta correlación ha existido al menos durante el último millón de años de la historia del planeta. Gracias a esta relación, se puede inferir la temperatura global a partir del contenido de dióxido de carbono en los núcleos de hielo.

## ● El polen

El polen es otro gran aliado. Los granos de polen son estructuras muy particulares que permiten la reproducción de las plantas con flores.

Cada grano de polen tiene una forma característica según la planta de la que provenga.

Los granos de polen tienen paredes gruesas y muy resistentes y estables por lo que pueden mantenerse por mucho tiempo sin alterar su forma, incluso en condiciones extremas.

De hecho, los granos de polen que son arrastrados a cuerpos de agua pueden preservarse en las capas de sedimento del fondo de los lagos, estanques o de los océanos.

Analizar el polen de los sedimentos permite conocer cambios en la vegetación desde hace miles e incluso millones de años, ya que los sedimentos se depositan creando capas que corresponden a las eras geológicas.



CC-BY-SA tomado de wikicommons



CC-BY-SA tomado de Flickr.com

Analizar el polen en las muestras nos permite conocer cómo ha cambiado el clima al comparar los cambios de la vegetación de los últimos miles, o incluso millones de años. Estos cambios se pueden comparar con cambios recientes para examinar el impacto actual del aumento de la temperatura del planeta.

Estas observaciones muestran el aumento dramático en la velocidad de los cambios que se correlacionan con el aumento de la actividad humana.

Para poder hacer este análisis se toman muestras de núcleos de sedimento (foto a la izquierda) y se aísla el polen usando diferentes métodos químicos y físicos.

Como se trata de estructuras diminutas que no son visibles a simple vista, estas muestras se deben examinar bajo el microscopio. Así se determina la abundancia y los tipos de polen que se encuentran en la muestra y se pueden hacer inferencias sobre el clima, al conocer el tipo de plantas que existían en un lugar.



CC-BY-SA tomado de Flickr.com

## ● Foraminíferos y diatomeas

Los foraminíferos y las diatomeas son organismos acuáticos que se usan con frecuencia como indicadores climáticos. Estos microorganismos tienen conchas que son enterradas en los sedimentos lacustres y marinos una vez mueren. Estas conchas reflejan la química acuática en el momento en el que los organismos estaban vivos y las formaron. Con foraminíferos y diatomeas, que son ubicuos, y generalmente abundantes en sedimentos lacustres y marinos, se pueden reconstruir condiciones climáticas de hasta decenas de millones de años.

Los isótopos de oxígeno en la concha se usan para inferir la temperatura del agua, así como las precipitaciones en el pasado. Los isótopos más pesados son más comunes en conchas que crecieron en aguas más cálidas (la alta evaporación de agua tiende a dejar más isótopos de oxígeno pesados en el agua).

Esto permite a quienes investigan el clima analizar cientos de sedimentos de las profundidades marinas y lacustres para mapear las temperaturas de la superficie y el fondo marino en el pasado.

La abundancia relativa de diatomeas y foraminíferos, así como la composición de especies en áreas particulares, puede indicar ciertas condiciones ambientales. Cada especie crece en un rango de condiciones ideales, por lo que encontrarlas o no en abundancia es un indicio del tipo de ambiente en el que vivieron.

## ● Troncos de los árboles

Otra estrategia para ver hacia el pasado está en los troncos de los árboles, que permiten reconstruir el clima hasta por siglos atrás.

Muchos árboles tienen crecimiento estacional, es decir que crecen más durante ciertos momentos del año, como por ejemplo, en la primavera en las zonas templadas o en la temporada de lluvias en los trópicos. Cada año en el invierno se crea un nuevo anillo oscuro de madera muerta alrededor del tronco de la mayoría de los árboles.



CC-BY-SA tomado de Flickr.com



CC-BY-SA tomado Flickr de.com

Esto se observa como capas de crecimiento en los troncos que se pueden ver como anillos, siendo los anillos más pequeños y cercanos al centro los más antiguos.

El crecimiento de un árbol depende de condiciones ambientales como la temperatura, la longitud de la temporada de crecimiento o la disponibilidad de agua, entre otros.

Los anillos claros son más amplios en los años cálidos y húmedos y más delgados en los años secos y más fríos.

Si en un año hay eventos extremos como sequías es posible que el árbol crezca muy poco o nada y los anillos claros sean más angostos.

Por eso, se pueden usar los patrones de crecimiento observados en los árboles para conocer el clima y compararlo con los registros.

Además, como algunos árboles tienen más de 500 años, se pueden inferir las condiciones climáticas de épocas en las que no había aún registros. Esto nos permite tener una idea de cómo ha variado el clima en el pasado y nos proporciona una línea de base para evaluar los cambios en décadas recientes con mayores emisiones de CO<sub>2</sub>.

Esta recopilación de datos desde muchos frentes de trabajo es lo que ha permitido a la comunidad científica concluir con gran confiabilidad que los cambios en el clima que estamos viviendo se producen de forma mucho más acelerada que la esperada por fenómenos naturales y se correlacionan con el aumento de la actividad humana.

## Lo que sabemos en la actualidad

Lo que sabemos es que hay un aumento de temperatura global y que nunca se había dado un cambio tan rápido en tan corto tiempo.

Este cambio coincide con el aumento de la actividad humana debido al desarrollo tecnológico y al incremento de la población y del consumo asociado.



CC-BY-SA Autor desconocido



## Qué deberían saber sus estudiantes

Esta lección requiere de sus estudiantes algunos aprendizajes previos. Es importante que reconozcan que el planeta tiene muchos millones de años y que sean capaces de ver escalas de tiempo en estas magnitudes. También es deseable que estén familiarizados con las eras geológicas y que comprendan que las capas sedimentarias de la Tierra sirven para estimar la antigüedad de restos fósiles.

Para poder relacionar los registros fósiles con el clima, debe ser claro para el grupo que hay una relación entre las condiciones ambientales y el tipo de organismos que pueden sobrevivir y desarrollarse en un ambiente. De modo que se puede inferir el clima a partir de las especies que viven o vivieron en un lugar determinado.

Muchos de los datos que se tienen como evidencia del cambio climático o del clima pasado se presentan en gráficos en los que se compara una variable independiente como el tiempo con una dependiente como la temperatura o la abundancia de un organismo. Sus estudiantes deben estar familiarizados con este tipo de gráficos y con diferentes formas de presentarlos, por ejemplo, gráficos continuos, de barras, de forma horizontal o de forma vertical. Es importante también que se tenga la noción de correlación entre dos variables, aunque no es necesario en este punto saber cómo determinarla o su definición matemática.

Por último, dado que en ocasiones se dan promedios de conjuntos de datos, es importante que la clase conozca bien este concepto y lo que significa.



## Cómo planear la lección



### Inicio de la lección

Empiece la lección retomando las diferencias entre tiempo atmosférico y clima y verificando que toda la clase reconoce que el clima se refiere a las condiciones predominantes en al menos 30 años. Indique que ahora van a empezar a hablar con mayor detalle del clima y cómo este ha cambiado a lo largo de la historia del planeta.

Escriba en el tablero las palabras cambio climático y pida a sus estudiantes que indiquen qué información tienen sobre la existencia de un cambio climático y cómo podemos saber que efectivamente este existe. Tome nota de los comentarios que se hagan y luego invite a la clase a pensar en qué tipo de datos se requieren para conocer el clima y cómo se puede inferir el clima en el pasado cuando no existían instrumentos para tomar datos.

Explíqueles que van a aprender cómo se obtiene información del clima y qué nos muestra esta información sobre cómo ha cambiado el clima en diferentes momentos de la historia de la Tierra.

Pida a sus estudiantes que se organicen en grupos de 4 a 5 personas y asigne cada grupo a uno de los 4 centros de actividades previstos que se detallan más adelante. Si su clase es más numerosa puede tener 8 centros, 2 de cada tipo, para que los grupos por centro no sean más grandes de 5.

Indique que en cada grupo se deberán asignar roles para el trabajo en equipo. Una persona asumirá el trabajo de registrar las respuestas en las diferentes hojas de trabajo o en el cuaderno; otra será responsable de comunicar las observaciones que se hayan realizado cuando se haga la plenaria; una tercera persona deberá estar atenta al tiempo para lograr hacer la rotación en el tiempo establecido, y una cuarta persona deberá ayudar al grupo a mantenerse enfocado en la tarea y mediar en situaciones de conflicto que se puedan presentar.

Permita que los grupos decidan quién asumirá cada rol y dé la señal para empezar el trabajo por centros de actividad.

## Desarrollo de la lección

Para esta actividad el aula deberá estar organizada en 4 centros de actividades. Puede elegir trabajar en un laboratorio o en otro espacio para que sea más fácil la circulación de los grupos entre estos centros. Asegúrese de que cada mesa cuenta con material suficiente para que todos los grupos puedan usarlo. Los centros de actividades están nombrados A, B, C y D. Estos nombres solo dan una pista de la rotación pero no implica que deban abordarse en orden. De hecho, cada grupo empezará en un centro de actividades diferente.

**El centro de actividades A** trata de cómo se pueden usar los anillos de los árboles como indicadores cercanos de las condiciones ambientales pasadas. Consiste en una actividad práctica en la que los estudiantes utilizan núcleos de árboles simulados para encontrar momentos en los que los veranos fueron más largos.

**El centro de actividades B** trata de cómo conocer condiciones de la atmósfera hace muchos años a partir de las burbujas de aire atrapadas en el hielo glaciar. En este caso se analizan datos de temperatura y tiempo y se pide a los estudiantes que hagan una gráfica usando Excel o algún otro asistente de hoja de cálculo. Aunque es posible hacer las gráficas en papel, las escalas y cantidades serán un reto adicional para sus estudiantes, por lo que lo recomendable es tener un computador disponible para hacer la gráfica. Si sus estudiantes no saben cómo usar la hoja de cálculo para construir gráficas, puede apoyar el trabajo en la mesa explicando rápidamente cómo hacerlo.

**En el centro de actividades C** se analiza cómo la abundancia y diversidad de polen fósil en los sedimentos de mares y lagos puede servir para indicar cómo era la temperatura en el momento en el cual estas plantas vivieron. Es deseable que pueda mostrar a la clase cómo se ven los granos de polen para que tengan una idea de cómo su forma permite identificar las especies vegetales. Si tiene microscopios y micropreparados, permita que la clase los observe y si puede que los dibuje. Si no le es posible tener un microscopio, busque imágenes en Internet o libros y póngalas en la mesa del centro de actividades para que sus estudiantes las puedan observar.

En la actividad, se les pide que analicen una imagen en la que se observan varios gráficos que corresponden a diferentes especies de plantas. En el eje vertical (y) está el tiempo, antes del presente, y en el eje horizontal (x) la abundancia de las especies de plantas, en porcentaje. Usando estos datos deberán analizar cómo la abundancia de ciertas especies de plantas da cuenta de condiciones ambientales particulares que no han sido las mismas a lo largo de los años. Dado que la gráfica puede ser algo diferente a lo que sus estudiantes están acostumbrados a ver, puede ser útil que acompañe por algunos momentos el trabajo de la mesa para “andamiar” la interpretación de la información.





**En el centro de actividades D** se analizan 4 registros relacionados con variables asociadas al clima en los últimos 100 años aproximadamente. Sus estudiantes deberán observar las imágenes y encontrar las respuestas a las preguntas que se presentan a partir de los datos. En este caso deberán analizar el incremento en la temperatura a partir de las mediciones de variaciones de la temperatura global con respecto al promedio histórico entre 1961 y 1990, el aumento del nivel del mar en el mundo, la disminución de área de glaciares en Colombia y el cambio en la abundancia de mosquitos en el mundo.

Cuando hayan transcurrido 20 minutos indique que los grupos deberán cambiar de centro de actividades en orden A->B->C->D, quienes estaban en el centro D pasarán al A. Para lograr que todos los grupos pasen por los 4 centros de actividades necesitará al menos un bloque de 90 minutos o hacer solo dos centros de actividades en la primera sesión de trabajo y luego continuar en una segunda sesión con el resto.

Mientras sus estudiantes trabajan en los centros de actividad, muévase por los grupos apoyando el trabajo y recogiendo información sobre los conocimientos y dificultades que puedan tener. Esto le ayudará a enfocar el trabajo en el cierre de la sesión.

## Cierre de la lección

Cuando todos los grupos hayan pasado por los 4 centros de actividades, pídale que organicen las mesas y reúna a toda la clase en un círculo para poder compartir sus ideas. Empiece analizando la información del **centro de actividades D**. Los registros de temperatura en el último siglo muestran que en general esta ha venido aumentando. Además, el nivel del mar ha aumentado y aunque no parece mucho, algunos centímetros son suficientes para afectar los ecosistemas y las poblaciones costeras. La cobertura de nevados en Colombia es cada vez menor y en algunos nevados la pérdida ha sido mayor que en otros. Es importante informar a los estudiantes que esta situación se da también en glaciares que no son tropicales. Algunos animales como los mosquitos, que suelen vivir en sitios cálidos, han aumentado su distribución y abundancia.

Todos estos datos nos muestran que el planeta se está calentando. En consecuencia, el nivel del mar está aumentando y los glaciares se están derritiendo. También, algunas especies que viven actualmente en ciertos lugares cálidos están aumentando y llegando a otros lugares, afectando el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por animales como los mosquitos. Además, al calentarse el planeta los inviernos son más cortos y menos fríos, lo que hace que las especies migratorias que dependen de las condiciones climáticas para migrar tengan variaciones en sus patrones de migración.

Continúe con el **centro de actividades A** y analice las conclusiones que sus estudiantes hicieron a partir del ejercicio. Los núcleos de árboles permiten identificar las condiciones del pasado. En el ejercicio debieron identificar que los árboles no crecieron lo mismo todos los años, que en algunos momentos, como en el año 61, se observó un mayor crecimiento, mientras que en otros años, como entre 1985 y 1987, los árboles crecieron poco. Estas diferencias permiten inferir que las condiciones ambientales no fueron iguales. Los anillos de los árboles no nos dicen exactamente qué temperatura había en el invierno o la primavera de cada año, pero sí nos permiten inferir algunas características. Al usar más información de otras fuentes podemos hacer una mejor reconstrucción del clima del pasado.

Retome entonces los hallazgos del **centro de actividades C**. En este caso los estudiantes debieron ver que, en el sitio analizado, hace 11.000 a 18.000 años, el clima debió ser más frío y seco favoreciendo especies como los olmos o los abetos, pero que, a partir de ese momento, en especial hasta hace unos 3.000 a 4.000 años, la temperatura debió ser más cálida y el ambiente más húmedo, lo que permitió que especies como los arces o los robles fueran predominantes. Sin embargo, el aumento de hierbas y pastos desde hace 3.000 años sugiere que el ambiente se ha vuelto un poco más caliente y seco.

Así, al conocer el polen más común podemos inferir el tipo de plantas que vivían y, como las plantas están adaptadas a condiciones climáticas particulares, esta información nos ayuda a reconstruir el pasado, ya no cientos de años, como en el caso de los anillos de los árboles, sino hasta miles o incluso millones de años.

Finalmente, discuta los hallazgos del **centro de actividades B** en el que se analizan datos de los núcleos de hielo. Estos núcleos nos dan información de hasta de algunos millones de años atrás. En la gráfica pudieron ver que la temperatura en este sitio ha sido, en general, más baja en los últimos 160.000 años que a partir de mediados del siglo XIX y también que en los últimos 150 años esta ha presentado un aumento muy rápido.

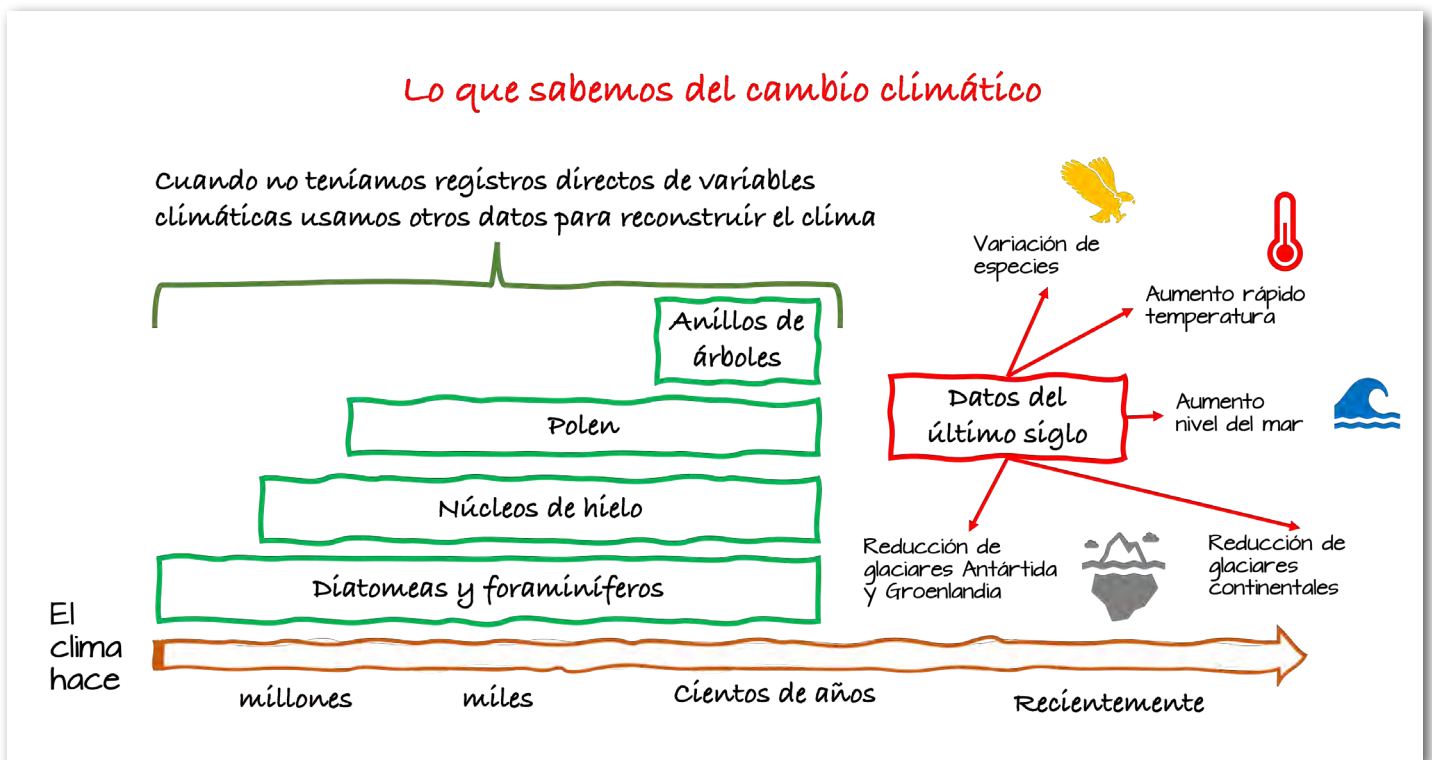
Puede mostrar a sus estudiantes los videos que se encuentran disponibles en los códigos QR, que resumen algunos de los temas vistos en la lección.

Luego presente la conexión con carreras en STEM y hable sobre la palinología. Puede invitar a algún científico o científica para que hable sobre su trabajo o buscar información en línea para presentar modelos de rol. Podrá acceder a la entrevista de Catalina González mediante el código QR.

## Gráfico de anclaje

Como vimos, los gráficos de anclaje –que representan organizadores gráficos, que se construyen con los estudiantes y que permanecen a la vista durante el desarrollo del tema completo– ayudan a que sus estudiantes consoliden mejor sus aprendizajes.

A medida que va abordando cada centro puede ir ensamblando un gráfico de anclaje como el siguiente:



## Glosario

- 1. Anomalía de temperatura:** variación o alejamiento de los datos de temperatura con respecto a un valor de referencia o del promedio.
- 2. Balance de masa de un glaciar:** corresponde al resultado de la diferencia entre la acumulación (caída de nieve) y de la pérdida de masa (debida a fenómenos como el derretimiento).
- 3. Sedimentos marinos:** son depósitos de partículas que se han acumulado en el fondo de los mares debido a su peso. Estas partículas vienen principalmente del suelo y las rocas arrastradas por los ríos y de los organismos que habitan los océanos.



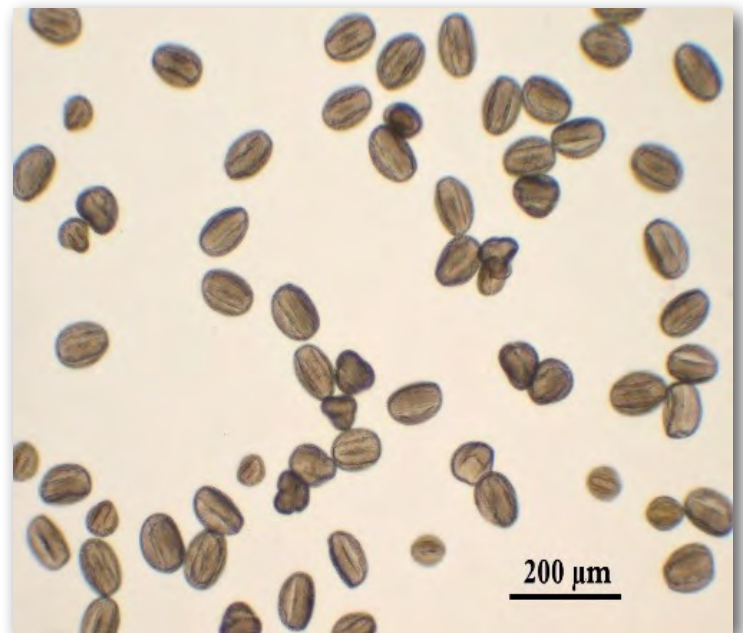
## Conexión con carreras en STEM



Le recomendamos ver este video, enlazado en el código QR anterior, con sus estudiantes para aprender sobre diferentes profesiones que trabajan para entender el clima y luchar contra el cambio climático. Luego de verlo, invite a la clase a discutir lo que más les llama la atención y promueva una reflexión sobre opciones de vida en ciencia y tecnología.

Algunas personas que se dedican a la biología o la botánica optan por una especialidad conocida como palinología, que es el estudio del polen y las esporas. Los granos de polen son característicos de una especie y permiten hacer muchos estudios ecológicos para conocer aspectos como la distribución de ciertas especies vegetales. Además, gracias a que el polen se mantiene fosilizado por muchos años en los sedimentos, se puede saber qué plantas vivían en algunas regiones o cuáles eran usadas por las personas como alimento en esos momentos. En el estudio del clima, la paleopalinoología, es decir el estudio del polen fósil es muy útil para inferir el clima del pasado.

En este video la doctora Catalina González, paleoecóloga, explica un poco más sobre cómo usar el polen y otras fuentes de información para reconstruir el clima del pasado.



CC-BY-SA tomado de Flickr.com

## Anexo centro de actividad A: Lo que nos dicen los anillos de los árboles

### ● Materiales

Copia de los núcleos de árboles, tijeras

### ● Descripción de la actividad

En este centro de actividades simularemos el trabajo de una persona que se dedica a la dendrocronología y analizaremos cómo los anillos concéntricos que se forman en los árboles en latitudes altas nos sirven para conocer condiciones del clima.

Quizás han visto cortes de troncos que se ven como “tortas”.

En las regiones templadas, en donde hay estaciones, los árboles no crecen de la misma forma durante todo el año. Durante la primavera y el comienzo del verano los troncos se van engrosando de forma rápida con una madera que es amplia y clara (A), mientras que a finales del verano y en el otoño, los troncos crecen más lentamente produciendo una madera oscura en un anillo más delgado (B). En un año se forman los dos anillos, lo que permite determinar la edad de un árbol a partir de la cantidad de franjas claras y oscuras.



CC-BY-SA tomado de Flickr.com

Analizar los anillos de los árboles nos permite saber su edad y cómo fueron las condiciones ambientales a lo largo de sus vidas. Esto es lo que estudia la dendrocronología (del griego dendron = árbol, chronos = tiempo y logos = estudio de).

No es necesario cortar los árboles para aprender sobre ellos. Se pueden obtener muestras con un barreno que se introduce en la madera y luego saca un núcleo de madera que muestra todos los anillos de crecimiento desde el centro (la médula) del árbol.

Imaginen que trabajan en un laboratorio de dendrocronología y que han recibido muestras de núcleos de árboles de una misma localidad en un bosque de Canadá.

Las tiras de papel que se presentan a continuación son una copia de esos núcleos de árbol. Ahora deberán analizarlas.

Utilizar la siguiente hoja de trabajo.



Tomado de [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

## ● Hoja de trabajo

1. Recorten las tiras y etiquétenlas según el año en que fueron colectadas.
2. Identifiquen la médula (color marrón claro) y la corteza (color oscuro y borde irregular).
3. Determinen la edad de cada árbol y etiqueten el año de nacimiento de cada árbol.

MUESTRA	EDAD	NACIMIENTO

4. Analicen los anillos, ¿hay algún momento en el que los árboles crecieron más? ¿A qué pudo deberse esto? ¿Hay momentos de crecimiento más lento? ¿Qué puede hacer que los árboles crezcan menos?

---



---



---



---



---

5. Intenten alinear los núcleos de modo que las fechas sean coherentes y que puedan ver patrones en los anillos que se repiten. ¿Qué observan?

---



---



---



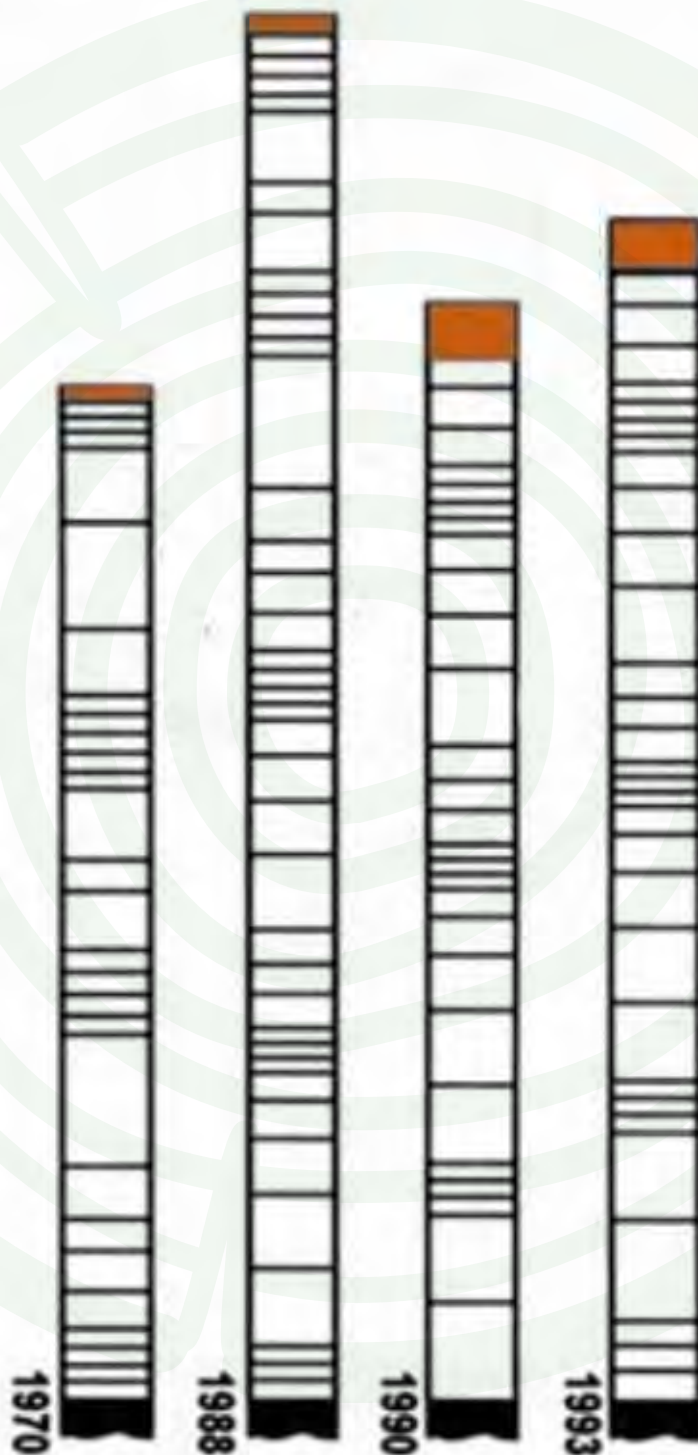
---



---

De esta manera, quienes investigan los climas pasados pueden ver patrones en árboles muy antiguos, hasta 500 años y tener una idea de cómo eran las condiciones climáticas a lo largo de ese tiempo, aún en momentos en los que no se tenían datos meteorológicos.

## Muestras de núcleos de árboles<sup>1</sup>



<sup>1</sup>Tomado de:  
<https://stemazing.org/wp-content/uploads/2017/08/dendrochronologyTeacherReferenceUnit.pdf>



## Anexos

### Anexo centro de actividad B: Lo que nos dice el hielo

#### ● Materiales

Cubos o trozos de hielo, lupas, computador con hoja de cálculo

#### ● Descripción de la actividad

Un componente muy importante del sistema climático es la atmósfera. La composición del componente gaseoso del planeta afecta la forma en la que se absorbe y refleja la energía solar. La composición de la atmósfera terrestre ha cambiado mucho a lo largo de la historia del planeta, pero ¿cómo pueden los científicos saber cómo era la atmósfera hace miles e incluso algunos millones de años?

El hielo puede tener la respuesta. Los glaciares y las capas de hielo son inmensas masas de nieve que se ha compactado por el peso de nevadas a lo largo de muchos, muchísimos años y es ahí donde los científicos buscan información sobre la atmósfera del pasado.

Observen los cubos de hielo que tienen en la mesa, ¿pueden ver algo en su interior?, quizás usar una lupa les ayude a ver con cuidado esas pequeñas burbujas. ¿Cómo piensan que se formaron?



CC-BY-SA tomado de Flickr.com

---

---

---

---

---

---

---

Para explorar la atmósfera del pasado se extraen profundos núcleos de hielo de los glaciares y se analiza el aire atrapado en las pequeñas burbujas. La cantidad de ciertos gases en las muestras de aire obtenidas en los núcleos de hielo nos permite inferir la temperatura terrestre en el momento en el cual esa burbuja de aire quedó atrapada en el hielo glaciar.



Estas fotos de autor desconocido están bajo licencia CC BY-SA-NC

Los siguientes datos fueron obtenidos al analizar núcleos de hielo de un lugar llamado Vostok, en la Antártida. Con muchos núcleos de hielo, algunos de hasta 3 km de profundidad, se puede conocer la composición de la atmósfera en este lugar incluso hasta 800.000 años antes del presente. A partir de esa información se determina la temperatura usando diferentes modelos.

● **Datos de temperatura en la estación científica de Vostok, Antártida<sup>2</sup>**

Años antes del presente	Temperatura local promedio (°C)
160.000	-9
150.000	-10
140.000	-10
130.000	-3
120.000	+1
110.000	-4
100.000	-8
90.000	-5
80.000	-6
70.000	-8
60.000	-9
50.000	-7
40.000	-8
30.000	-7
20.000	-9
10.000	-2
150	-0,5
0	+3,5

<sup>2</sup>Tomado de: [https://gml.noaa.gov/education/info\\_activities/pdfs/CTA\\_the\\_story\\_is\\_in\\_the\\_ice.pdf](https://gml.noaa.gov/education/info_activities/pdfs/CTA_the_story_is_in_the_ice.pdf)

## ● Hoja de trabajo

Usando una hoja de cálculo de Excel, hagan una gráfica que describa la evolución de la temperatura en la estación científica de la Antártida a lo largo del tiempo.

¿Qué variable incluirán en el eje X? ¿Cuál en el eje Y?, ¿por qué?

---

---

---

¿Qué observan con respecto a la temperatura en la gráfica? ¿Pueden identificar algún momento en el que la temperatura haya sido superior a la actual?, ¿inferior?

---

---

---

---

---

---

---

¿En qué periodo cambió más la temperatura? ¿A qué creen que se debe?

---

---

---

---

---

---

---

## Anexo centro de actividad C: Lo que nos dice el polen

### ● Materiales:

Micropreparados de polen y microscopio (si es posible), o imágenes de granos de polen con estructuras diferentes

### ● Descripción de la actividad

Muchas veces nos preguntamos cómo logran las personas conocer las temperaturas y condiciones ambientales del planeta hace cientos o miles de años, si en esos momentos no se contaba con los registros que tenemos ahora. Una de las formas en las que se puede inferir el clima del pasado es analizando el polen fósil que queda en los sedimentos de océanos y lagos.

Como probablemente saben, muchas plantas se reproducen por medio de flores. En las flores podemos observar estructuras que permiten la reproducción, entre estas el polen, que está formado a su vez por microscópicos granos que son un tipo de célula sexual de las plantas.

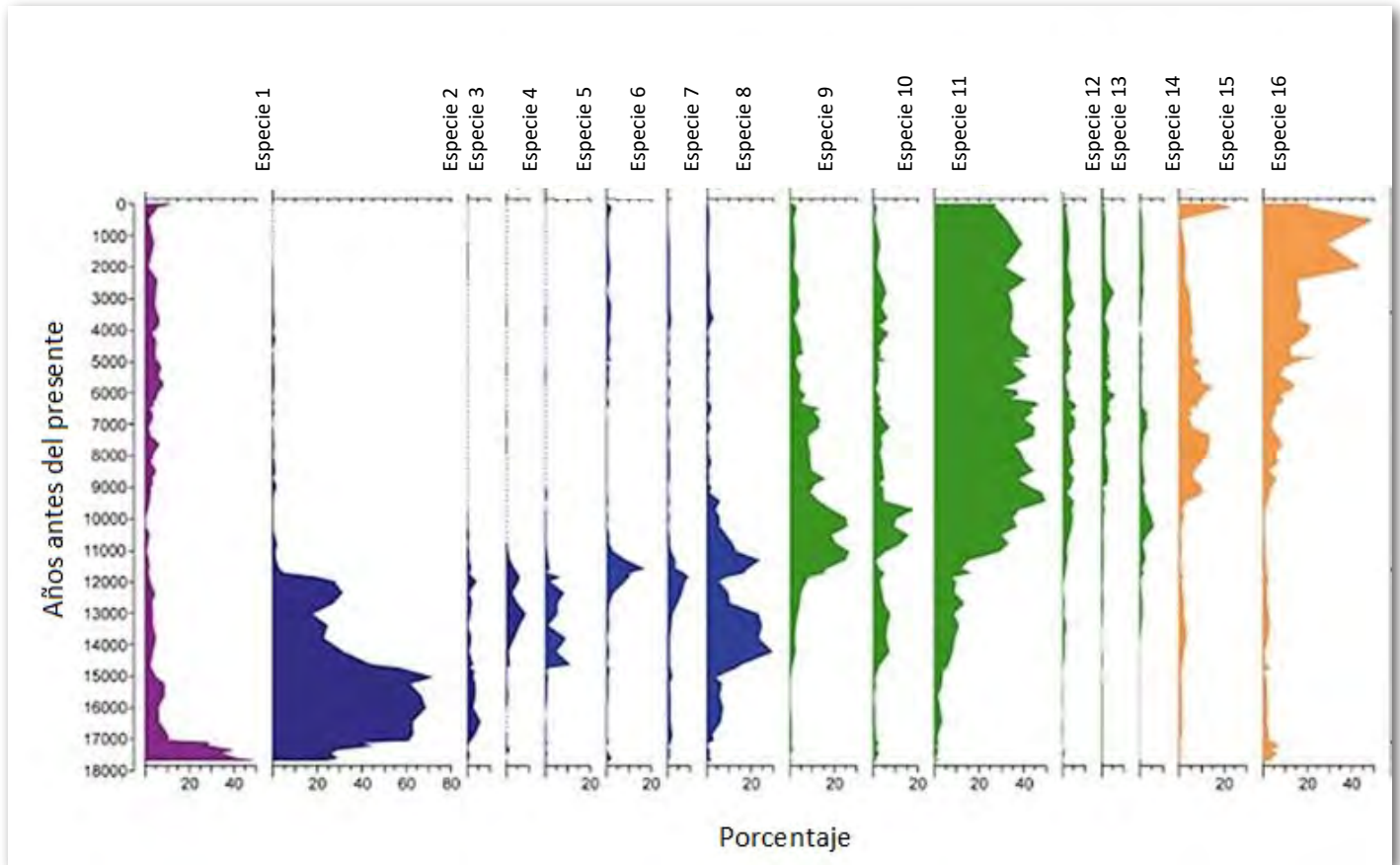
Observen las muestras de granos de polen que hay en su mesa. Pueden ver que no son todos iguales y que tienen formas características.



La capa externa de los granos de polen, que les da esta estructura, está hecha de una sustancia muy resistente que se mantiene por miles de años en el sedimento de cuerpos de agua. Esto permite obtener muchos registros fósiles de polen y así reconstruir los ecosistemas que pudieron habitar ese espacio hace muchos años.

La ciencia que estudia el polen se conoce como palinología. Imaginen que trabajan en un laboratorio de palinología y que su equipo ha recibido muestras de sedimentos de los que han podido obtener datos sobre el porcentaje de granos de polen de diferentes especies de plantas.

Su equipo ha construido la siguiente gráfica para mostrar los resultados<sup>3</sup>:



- La especie 1 es un tipo de planta que crece en lugares muy fríos y secos. Usualmente no alcanza mucha altura.
- Las especies 2 al 8 son árboles de crecimiento lento, comunes actualmente en latitudes altas y no muy húmedas, incluyen especies como los olmos y abetos.
- Las especies 9 al 14 corresponden a árboles que crecen en bosques húmedos templados, como robles o arces.
- Las especies 15 y 16 corresponden a pastos y herbáceas que crecen abundantemente en lugares más cálidos y secos.

<sup>3</sup>Tomado de [http://www.museum.state.il.us/muslink/forest/htmls/popups/an\\_nelson\\_ex.html](http://www.museum.state.il.us/muslink/forest/htmls/popups/an_nelson_ex.html)

## ● Hoja de trabajo

Analiza la gráfica. ¿Qué planta era más común en el sitio de la muestra hace 14.000 años? ¿Qué tipo de condiciones ambientales piensas que prevalecían para que estas plantas fueran dominantes en ese momento?

---

---

---

---

---

---

---

---

¿Cuál planta era más común en el lugar de la muestra hace 7.000 años? ¿Qué tipo de condiciones ambientales piensas que prevalecían para que estas plantas fueran dominantes en ese momento?

---

---

---

---

---

---

---

---

¿Cómo debió ser el clima para que los pastos y hierbas proliferaran? ¿En qué momento se dio esta condición?

---

---

---

---

---

---

---

---

## Anexo centro de actividad D: Usando la evidencia para responder preguntas

### ● Materiales

Copias de las gráficas en tamaño carta para que los estudiantes las puedan usar. Pueden ser plastificadas para mayor duración.

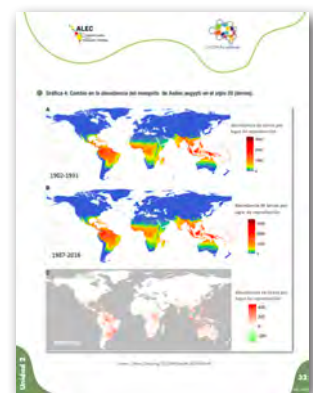
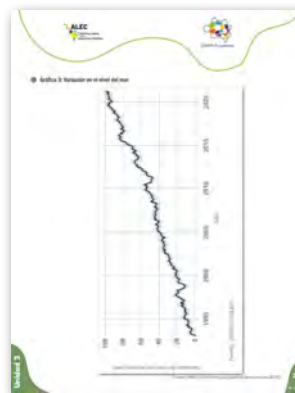
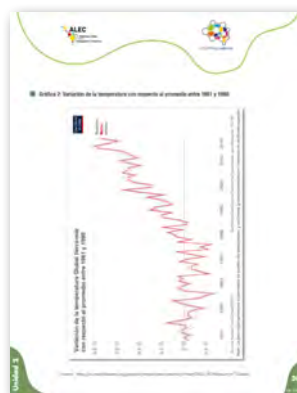
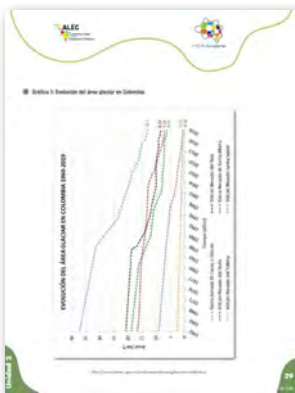
### ● Descripción de la actividad

Todas las personas debemos ser conscientes del cambio climático que estamos viviendo, pero ¿qué evidencia actual tenemos de que el clima está cambiando? Personas dedicadas a la investigación en todo el mundo obtienen datos de temperatura, distribución de especies, tiempo de floración de las plantas, nivel del mar o coberturas de hielo, entre otras cosas, para comunicarle al resto del mundo el estado actual del clima y sus cambios.

En este centro podrán consultar diferentes fuentes de información para responder 5 preguntas.

Deben buscar las respuestas en las gráficas e imágenes que tienen en el centro.

Antes de empezar a responder las preguntas observen todas las gráficas y describan brevemente qué muestra cada una y cómo se conecta esto con la idea de que el clima está cambiando.



● **Hoja de trabajo**

Gráfica 1:

---

---

---

---

---

Gráfica 2:

---

---

---

---

---

Gráfica 3:

---

---

---

---

---

Gráfica 4:

---

---

---

---

---

Ahora revisen las preguntas y elijan la gráfica que permite responder a cada una. Discutan la respuesta y escríbanla.

1. ¿Aproximadamente cuántos mm aumentó el nivel del mar entre el año 2000 y el año 2020? ¿Qué implicaciones puede tener esto para las personas?

---

---

---

---

2. ¿Qué porcentaje de área perdió el nevado del Cocuy en Colombia entre el año 1992 y el año 2019? ¿A qué piensan que se debe esta pérdida?

---

---

---

---

3. ¿Podemos afirmar que la abundancia del mosquito *Aedes aegypti* aumentó en las últimas décadas? ¿A qué piensan que se puede deber el cambio en la abundancia de esta especie de mosquito?

---

---

---

---

4. ¿De cuántos grados fue la anomalía máxima de temperatura en el año 2000? ¿Cuándo fue la última vez que la diferencia de temperatura (anomalía) fue inferior a 0°C?

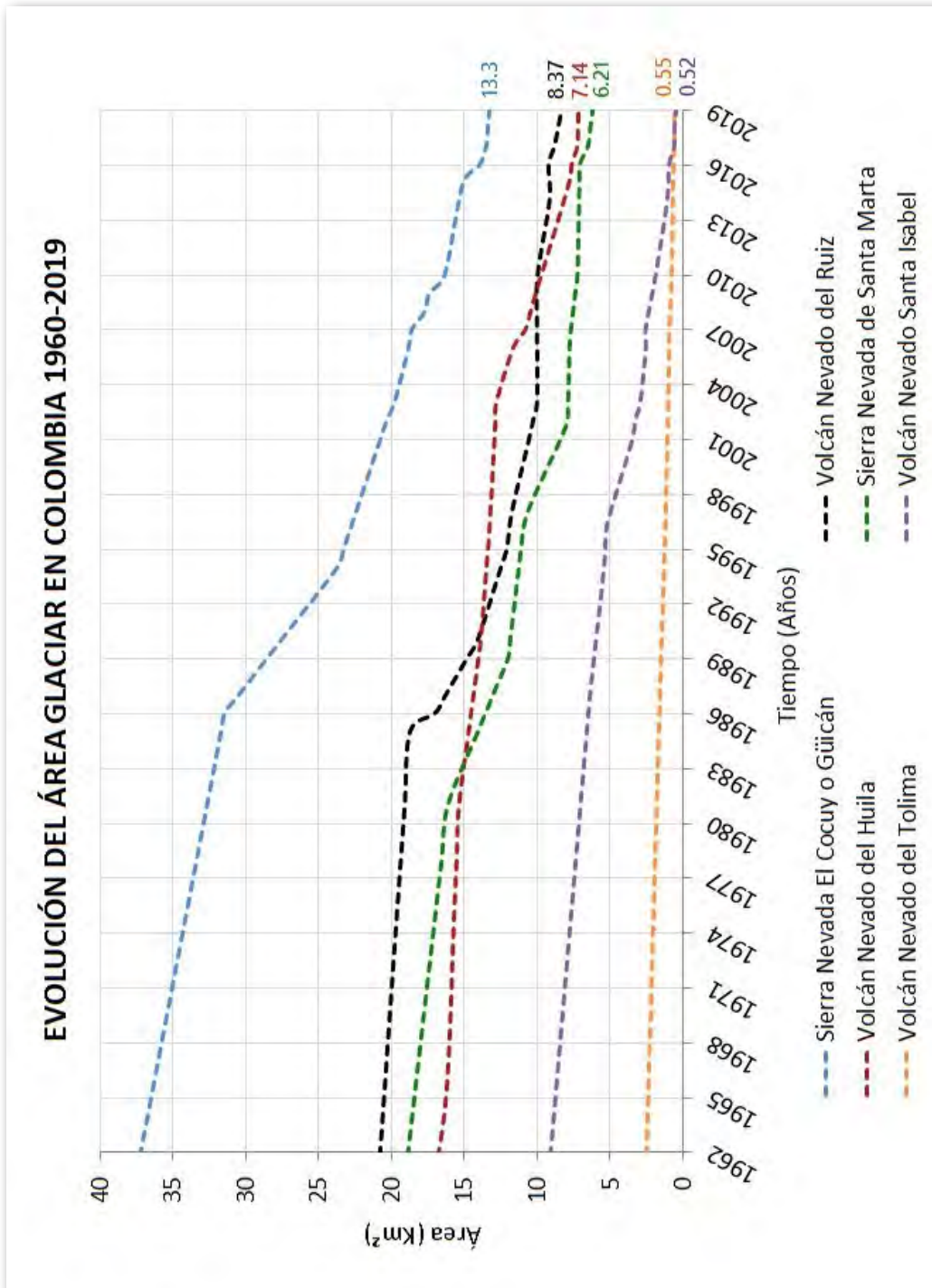
---

---

---

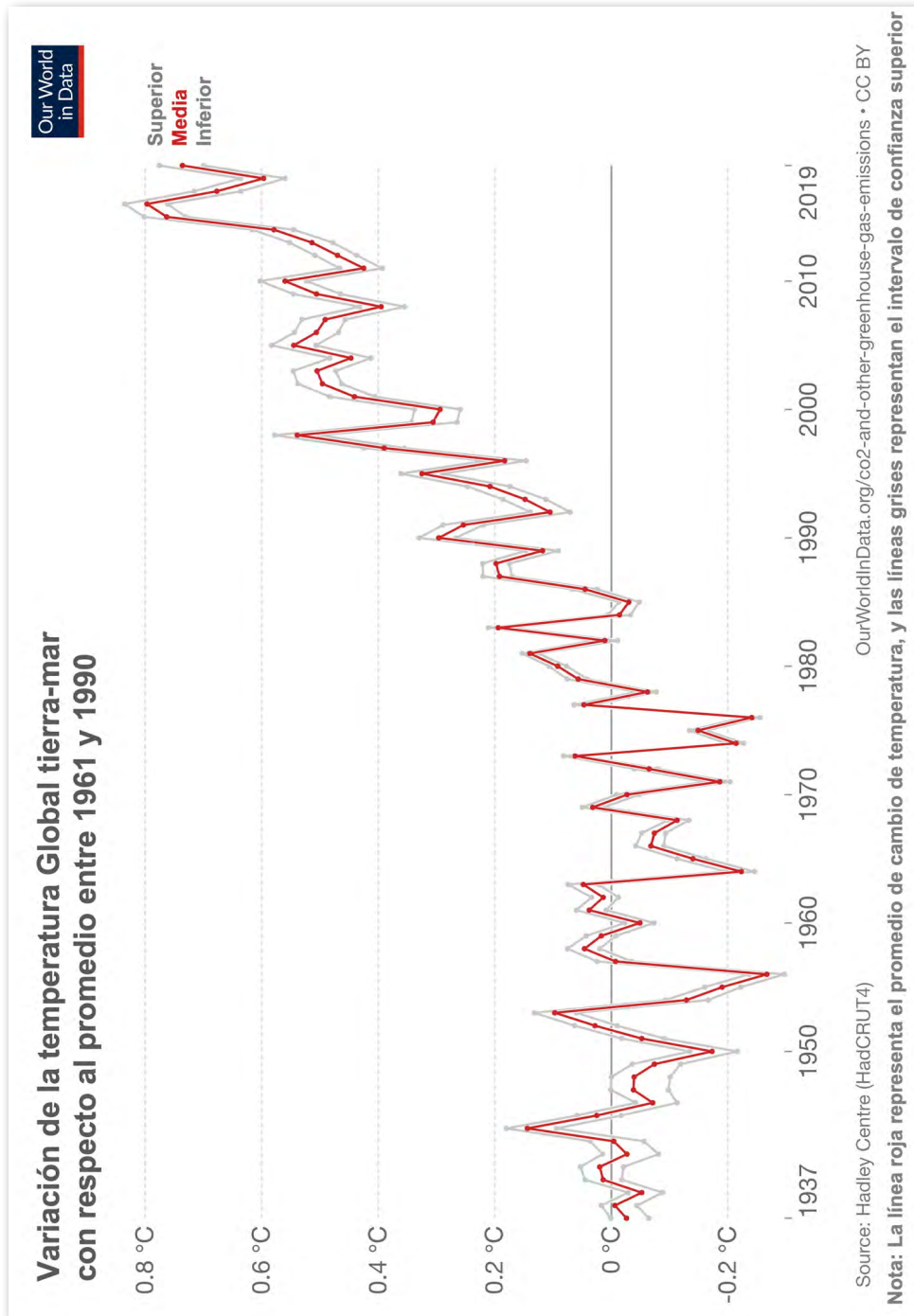
---

● Gráfica 1: Evolución del área glaciar en Colombia



<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares-colombia>

● **Gráfica 2: Variación de la temperatura con respecto al promedio entre 1961 y 1990**



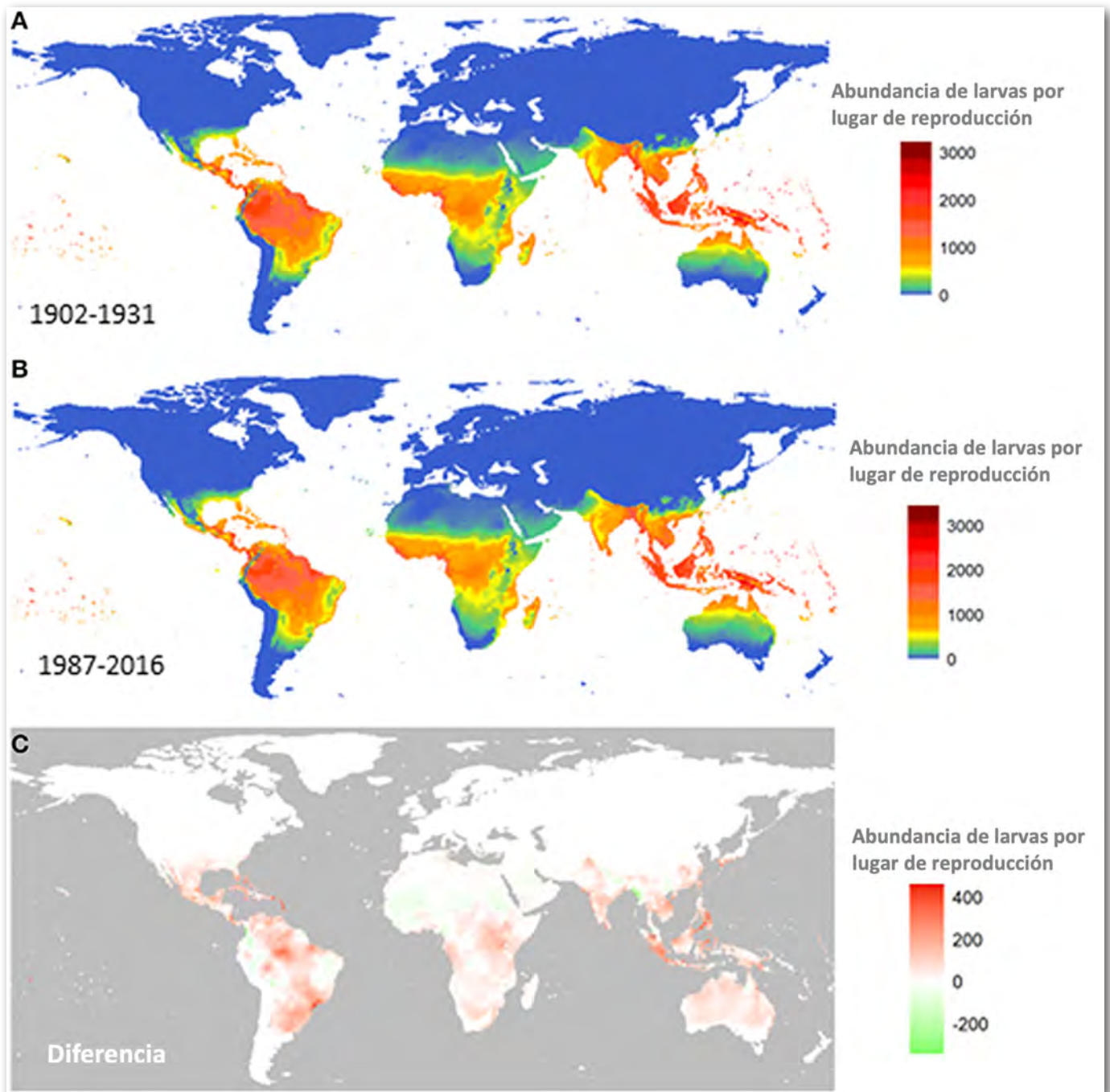
Fuente: <https://ourworldindata.org/grapher/temperature-anomaly?time=1850..2019&country=~Global>

● Gráfica 3: Variación en el nivel del mar



Fuente: <https://www.nasa.gov/specials/sea-level-rise-2020/>

● Gráfica 4: Cambio en la abundancia del mosquito de *Aedes aegypti* en el siglo 20 (larvas).



Fuente: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00148>

## UNIDAD 3

# Efecto invernadero y cambio climático: una cuestión de concentración



## GRAN IDEA

Algunos gases de la atmósfera atrapan la radiación infrarroja en la Tierra. El aumento de la concentración de estos gases lleva a un aumento de temperatura.



## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

2 sesiones de 45 minutos

### Resumen de la unidad

Los estudiantes trabajarán en dos actividades relacionadas con el fenómeno de efecto invernadero. Usarán un modelo físico y uno con su propio cuerpo para entender que entre mayor sea la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, más calor se acumula en el planeta.

### Aprendizajes esperados

- Reconocer que el efecto invernadero es un fenómeno natural que se debe a las propiedades de algunos gases en la atmósfera que no dejan salir la radiación infrarroja del planeta y la reemiten calentando la superficie terrestre.
- Nombrar los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestres (dióxido de carbono, metano, vapor de agua, óxido nitroso)
- Describir cómo las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, incrementan la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

### Materiales requeridos y preparación previa

#### Para toda la clase:

- Tiza o sogá para marcar en el piso
- Letreros con las palabras: Tierra, Atmósfera y Sol
- Tarjetas de color rojo
- Algún identificador para los equipos del juego (opcional)

#### Para cada grupo de 4 estudiantes:

- 2 frascos iguales de vidrio o un soporte para poner el termómetro
- 1 botella PET de 2 litros más partida en la parte superior
- 2 termómetros de alcohol o ambientales,
- bandas elásticas para sujetar los termómetros
- 1 cronómetro
- 1 copia de los anexos A y B



## Información para el docente



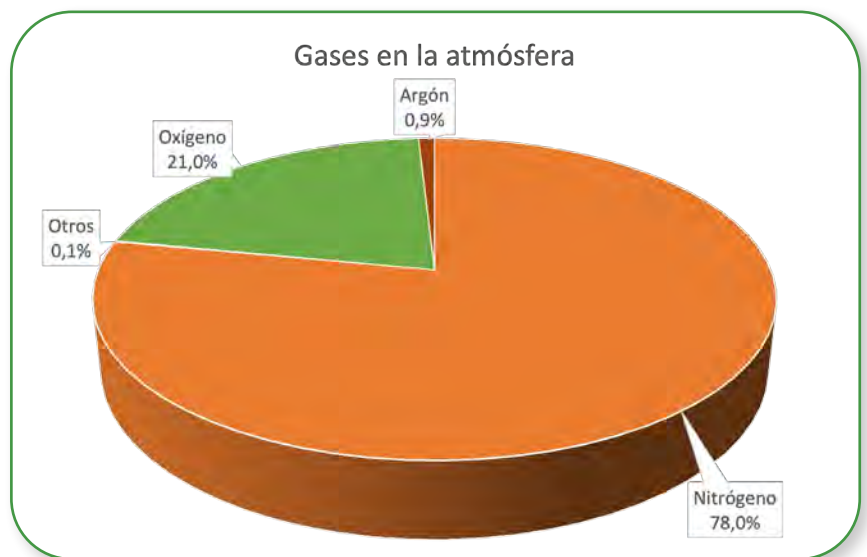
### Composición de la atmósfera

La atmósfera es la capa gaseosa de la Tierra que se extiende varios km desde la superficie terrestre, fundiéndose con el espacio exterior.

El gas más abundante en la atmósfera terrestre es el nitrógeno, que equivale a 78% de la composición de la atmósfera; el oxígeno da cuenta de 21%, y otro gas, el argón, corresponde al 0,9%.

El 0,1% restante incluye trazas de otros gases como el neón, el dióxido de carbono, el metano y el vapor de agua.

Aunque estos últimos representen solo una pequeñísima parte de los gases de la atmósfera terrestre son de gran importancia en el balance de energía de nuestro planeta.



### Gases de efecto invernadero (GEI)

La mayoría de la energía que tiene el planeta Tierra depende de la radiación solar. Aproximadamente un tercio de toda la radiación solar que llega a la parte más externa de la atmósfera es reflejada directamente hacia el espacio. El resto es absorbido por la superficie de la Tierra y en menor cantidad por la atmósfera.

Al calentarse el suelo, el mar y la atmósfera, cada uno de estos componentes irradia energía en forma de radiación infrarroja. La radiación infrarroja es calor.

La radiación infrarroja es emitida en todas las direcciones, incluyendo hacia el espacio. Parte de esta radiación que va hacia el espacio logra atravesar la atmósfera sin interactuar con esta. Sin embargo, la otra parte alcanza ciertos gases que la absorben, y por ende se calientan. Así, estos gases a su vez emiten de nuevo radiación infrarroja en todas las direcciones, incluyendo de vuelta a la superficie terrestre. La presencia de estos gases calienta el planeta al regresarle parte de la radiación infrarroja que se dirigía al espacio. Este efecto es mayor a medida que la concentración de estos gases aumenta.

No todos los gases en la atmósfera tienen esta propiedad. Los gases que pueden calentarse absorbiendo la radiación infrarroja son conocidos como gases de efecto invernadero (GEI) y los principales son el vapor de agua, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

Los gases de efecto invernadero se producen naturalmente en el planeta. La respiración celular libera dióxido de carbono, el metano se produce naturalmente en los pantanos y en el intestino de los rumiantes, el agua se evapora de los océanos y lagos y también del suelo. El óxido nitroso por su parte lo producen bacterias que descomponen el nitrógeno en el agua y el suelo en procesos naturales.

Gracias a los gases de efecto invernadero, la temperatura promedio del planeta es de  $15^{\circ}\text{C}$ , lo que permitió, junto con otras condiciones, la evolución y el florecimiento de la vida como la conocemos.

De hecho, si no tuviéramos GEI en la atmósfera, nuestro planeta tendría una temperatura aproximada de  $-18^{\circ}\text{C}$ , es decir, 33 grados más baja que la actual.

## El ciclo del carbono

El ciclo del carbono desempeña un papel clave en la regulación de la temperatura y el clima global de la Tierra al controlar la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera. El dióxido de carbono representa una gran parte del ciclo de este elemento, que permite el intercambio entre la atmósfera y los seres vivos, la materia orgánica en descomposición y los combustibles fósiles. Para revisar en mayor detalle el ciclo del carbono le invitamos a revisar el video 2 de la unidad, al que se puede acceder desde el segundo código QR.

Siendo un gas de efecto invernadero, el  $\text{CO}_2$  ayuda a la atmósfera terrestre a retener el calor generado por el Sol. Pero demasiado dióxido de carbono en la atmósfera provoca el aumento de la temperatura terrestre. Este aumento en el  $\text{CO}_2$  se debe a alteraciones en el ciclo del carbono. En este, hablamos de fuentes de carbono para referirnos a las partes o subsistemas en el ciclo que agregan carbono a la atmósfera —como la respiración de los seres vivos y la descomposición— y de sumideros de carbono para designar los elementos del ciclo que reducen dióxido de carbono de la atmósfera secuestrándolo —como los océanos, el suelo o los árboles. El equilibrio entre fuentes y sumideros tiende a mantener constante la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera y permite que nuestro planeta se mantenga a una temperatura apropiada para la vida, como la conocemos.

Si el ciclo natural se afecta por la generación de nuevas fuentes, como por el uso intensivo de combustibles fósiles, o por la pérdida de sumideros, como por la deforestación, el  $\text{CO}_2$  se acumula generando el calentamiento global. Por lo tanto, para evitar el calentamiento futuro se deben disminuir las fuentes adicionales de  $\text{CO}_2$  y aumentar los sumideros para mantener el equilibrio.

## Actividad humana y GEI



Aunque el efecto invernadero es un fenómeno natural, desde hace algo más de 100 años, los seres humanos estamos interfiriendo con el balance de energía del planeta.

Gran parte de la actividad humana tiene como consecuencia la emisión de  $\text{CO}_2$  y de otros GEI hacia la atmósfera, aumentando el efecto invernadero y en consecuencia la temperatura terrestre.

Las actividades humanas que tienen mayor impacto en la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera son la quema de combustibles fósiles para generar energía; el uso del suelo, por ejemplo al deforestar o al arar, y algunas industrias que emiten GEI directamente en sus procesos.



## Un poco de historia

Las propiedades de la atmósfera terrestre para retener el calor han sido investigadas desde hace mucho tiempo. Uno de los primeros en hablar del efecto invernadero fue el científico francés Joseph Fourier en 1824. Él dedujo que la atmósfera terrestre debía ser responsable de retener el calor emitido por el Sol, describiéndola como una caja con una tapa de vidrio. Él concluyó que la radiación del Sol en forma de luz encuentra menos resistencia para atravesar el aire hacia la superficie terrestre que para salir en forma de calor.

La estadounidense Eunice Foote, fue una científica con estudios en química y biología, aunque no obtuvo un grado específico debido a las limitaciones que en su época tenían las mujeres para asistir a la universidad. Foote midió experimentalmente, en 1856, el efecto del CO<sub>2</sub> en el calentamiento y argumentó que una mayor concentración de este gas en la atmósfera aumentaría la temperatura terrestre.



Unos años después, el físico irlandés John Tyndall, en 1859, mostró que el vapor de agua y otros gases crean el efecto invernadero. En su experimento no usó el Sol como fuente de calor sino la radiación de un cubo de cobre con agua hirviendo —esto en términos modernos es radiación infrarroja, como la que emite la superficie terrestre. Él concluyó que la atmósfera admite la entrada de la energía del Sol pero bloquea la salida del calor, lo que tiende a acumular calor en la superficie terrestre.

A finales del siglo XIX, Svante Arrhenius, un químico sueco, calculó los efectos de una reducción en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, concluyendo que implicaba un enfriamiento global que podría explicar las glaciaciones. Inversamente, afirmó que duplicar esta concentración conduciría a un calentamiento de 5°C e identificó a la quema de combustibles fósiles como una fuente significativa de CO<sub>2</sub>.

En los siglos XX y XXI el estudio del clima y en especial del cambio climático ha aumentado considerablemente y son numerosos los grupos de investigación que abordan aspectos relacionados con el efecto invernadero y cómo se ve afectado por la composición de la atmósfera.

A finales del siglo XX se formó el Panel Intergubernamental del Cambio Climático, IPCC, por su sigla en inglés, para recolectar y evaluar evidencia del cambio climático.





## Qué deberían saber sus estudiantes

El tema del efecto invernadero requiere algunos conocimientos previos por parte de sus estudiantes.

Por ejemplo, deben tener una idea general sobre la energía del Sol, que incluye la luz y el calor, aunque no es necesario que entiendan las diferentes longitudes de onda.

También deben entender que cuando algo se calienta ese calor es irradiado en diferentes direcciones. De nuevo, no se requiere la formalización del fenómeno, por lo que puede ser útil volver sobre situaciones cotidianas como acercarse a un calentador o a una parrilla y describir la sensación.

En esta unidad se hablará de algunos compuestos químicos. Los estudiantes más jóvenes seguramente no conocen la estructura química del dióxido de carbono o del metano, pero es importante que reconozcan cómo se producen naturalmente.

Debe ser claro, por ejemplo, que las plantas usan  $\text{CO}_2$  en la fotosíntesis y que este es también producto de la respiración celular. Al reconocer que se trata de la misma sustancia, será más fácil entender que es un gas incoloro e inodoro y no confundirlo con el humo o el hollín que se produce en la combustión.

Con frecuencia los niños y las niñas pueden confundir el efecto invernadero con el agujero en la capa de ozono. Debe ser claro para toda la clase que se trata de fenómenos diferentes con consecuencias distintas. El agujero en la capa de ozono no contribuye a aumentar el calentamiento global. En cambio, sí genera grandes riesgos a la salud. El ozono reduce parte de la radiación solar que entra en la atmósfera, en particular aquella que es nociva para la salud de los seres vivos, la radiación ultravioleta. Esta puede producir algunos tipos de cáncer y cataratas.

Por eso, a finales del siglo pasado se firmaron acuerdos para reducir la producción de las sustancias que estaban afectando el ozono atmosférico, lo que ha llevado a una lenta recuperación de la capa de ozono.

Finalmente, es posible que sus estudiantes tengan la idea de que el efecto invernadero es algo nuevo en el planeta y que es perjudicial para la Tierra. Esto se trabajará a lo largo de la lección, pero es importante que se entienda que se trata de un fenómeno natural exacerbado por las acciones humanas.



## Desarrollo de la lección

### ● Primera actividad

Luego de compartir sus ideas iniciales, explique a sus estudiantes que en las siguientes exploraciones van a aprender sobre el efecto invernadero en la atmósfera terrestre.

Pídales que se organicen en grupos de 4 a 5 personas para la primera actividad. Antes de entregar los materiales explique el procedimiento brevemente.

Cada grupo contará con 2 contenedores de vidrio del mismo tamaño (por ejemplo, frascos de mayonesa o compota) y una botella PET de 2 ó 3 litros cortada por la mitad. Además, deben tener 2 termómetros digitales o de alcohol; un reloj, cronómetro o temporizador, y pinzas o bandas elásticas.

Si tiene termómetros ambientales que se ajusten al montaje también los puede usar.

Para el experimento deben poner los termómetros dentro de los frascos de vidrio sin que toquen la superficie de los recipientes, usando pinzas o bandas de caucho. Luego a uno de los recipientes deberán ponerle la mitad de la botella PET por encima, encerrándolo.

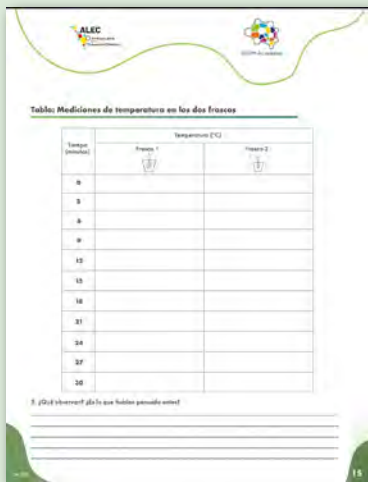
Registrarán la temperatura en los dos frascos cada 3 minutos por aproximadamente media hora.

Luego de explicar el procedimiento, pida a los grupos que designen algunos roles para el trabajo colaborativo.

Una persona será responsable de los materiales, otras dos se encargarán del registro y otra será la que comparta los hallazgos del grupo al resto de la clase.

Una vez se hayan asignado los roles, entregue a los grupos el anexo B y permítales ir al centro de distribución de materiales por las cosas que necesitan.

Visite los grupos para ver cómo están trabajando sus estudiantes y para ayudarles a hacer las mediciones de forma precisa. Pídales que le compartan



sus predicciones y que las justifiquen.

Cuando haya transcurrido el tiempo previsto, pida a los grupos que organicen sus registros y que recojan el material para devolverlo al centro de distribución.

En la siguiente sesión seguirán explorando el efecto invernadero y podrán sacar algunas conclusiones.

**Nota: si tiene pocos termómetros puede trabajar esta actividad con la mitad de la clase mientras la otra mitad trabaja en la actividad del juego que se presenta más adelante, y luego intercambiar los grupos.**

Aunque se usa con frecuencia la analogía de un invernadero, la manera en la que la atmósfera atrapa calor es algo distinta.

Los invernaderos aumentan la temperatura por dos efectos: uno mecánico al evitar el flujo de aire, aislando el aire caliente dentro del espacio y evitando la pérdida de calor, y otro efecto físico al usar coberturas que no permiten el paso de la radiación infrarroja (calor) dejando entrar la energía solar y evitando que salga el calor.

La atmósfera, por el contrario, calienta la Tierra por un solo efecto físico-químico debido a los gases que absorben e irradian hacia la superficie terrestre la radiación infrarroja.

**Nota para el docente**

Entre más grande sea el equipo GEI ubicado en la atmósfera, más cartones rojos quedarán en la Tierra al bloquear la salida de los miembros del equipo ENERGÍA-CALOR

**Segunda actividad**

Prepare a la clase para una actividad al aire libre. Marque con tiza un círculo de 1 m de diámetro en el medio del patio y márkelo como "TIERRA". Luego alrededor de este círculo dibuje uno más grande (6 m de diámetro) y márkelo como "ATMÓSFERA". Marque un lugar llamado "SOL".

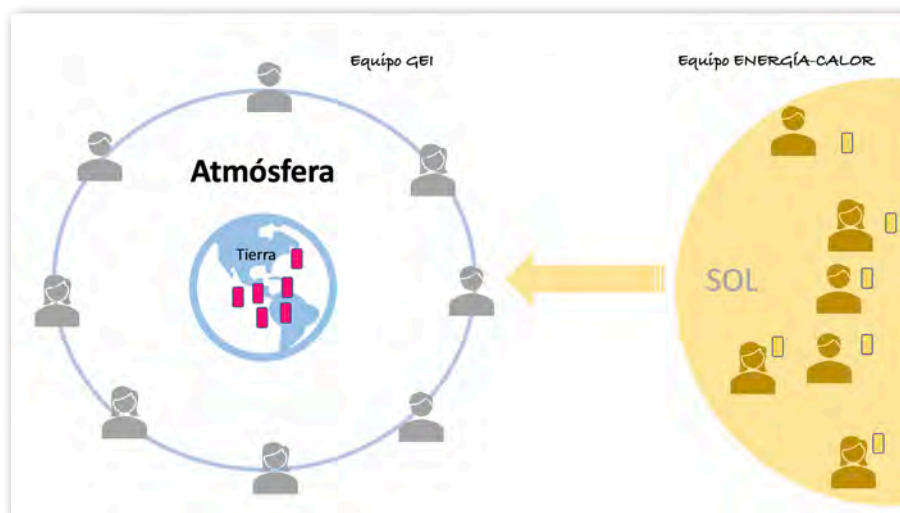
Este juego consiste en una actividad física en la que hay dos roles:

- Los que hacen de energía y calor, el equipo ENERGÍA-CALOR
- Los que hacen de gases de efecto invernadero, o equipo GEI

Prepare cartones de color: amarillos por un lado y rojos por el otro, 3 para cada miembro del equipo ENERGÍA-CALOR. Divida a la clase en los 2 equipos. Cada equipo con un rol como se indicó: ENERGÍA-CALOR y GEI. Pueden usar camisetas diferentes o ponerse un chaleco que indique a qué equipo pertenecen. Los participantes del equipo GEI deben estar sobre el círculo de la atmósfera espaciados de forma más o menos uniforme. Los que representan la energía que viene del Sol esperan su turno en el lugar SOL.

El juego se desarrolla de la siguiente forma:

1. Sale un solo jugador del equipo ENERGÍA-CALOR, desde el Sol con un cartón mostrando el lado amarillo, hacia la Tierra y entra sin dificultad al círculo de la atmósfera. Con el cartón amarillo no puede ser tocado por los miembros del equipo GEI.
2. Debe tocar la Tierra, darle la vuelta a su cartón, mostrando el lado rojo, y luego salir en línea recta en alguna dirección. Si algún GEI lo toca debe dejar el cartón rojo en la Tierra antes de volver al lugar Sol.
3. Luego siguen uno a uno los siguientes miembros del grupo ENERGÍA-CALOR realizando la misma acción.
4. Cuando terminan de pasar 3 veces cada uno de los miembros del equipo ENERGÍA-CALOR se cuentan los cartones rojos que quedaron en la Tierra y que representan el calor.



Trate de jugar al menos 2 veces. Una primera vez solo estarán en GEI 4 estudiantes distribuidos uniformemente sobre el círculo externo. En la segunda ocasión, estarán ubicados todos los miembros del equipo igualmente distribuidos.

Al final del segundo juego compare el número de cartones rojos que quedaron en la Tierra. En el segundo caso, en el que está todo el equipo GEI, muy seguramente quedarán más cartones rojos en la Tierra, lo que indica aumento de calor. Esto muestra el aumento de temperatura dado que más energía en forma de calor no escapó y se quedó en la Tierra y su atmósfera.

Puede usar cualquiera de las siguientes dos alternativas cuando haga las repeticiones del juego:

- realizar algún juego intermedio con más estudiantes en GEI en el círculo que al comienzo, pero menos que al final o
- cada 30 segundos en el juego hacer que un nuevo integrante de GEI entre en el círculo

## Cierre de la lección

Después de que se ha terminado el juego, vuelva con sus estudiantes al salón de clase para analizar las dos experiencias que se han realizado. Empiece pidiendo al portavoz de algún equipo que comparta lo que encontraron.

Pida a otros grupos que complementen los hallazgos para concluir que el frasco que estaba bajo la botella de PET se calentó más que el otro. Explique que el frasco que no está bajo la botella representa el planeta sin la atmósfera; aunque reciba energía del Sol no se calienta mucho porque el calor es irradiado de nuevo hacia el exterior.

Nuestro planeta es como el segundo recipiente, al tener una capa de atmósfera, el calor no se escapa tan rápidamente hacia afuera y en consecuencia el interior se va calentando.

Asegúrese de que sus estudiantes entiendan que este es un fenómeno natural y que de hecho es crucial para la vida en la Tierra. Sin el efecto de la atmósfera el planeta sería muy frío. Una buena analogía es con las cobijas: ponerse cobijas encima calienta nuestro planeta, reteniendo radiación térmica (efecto invernadero natural), ponerse más y más nos puede hacer sofocar (efecto invernadero magnificado, lo que genera el cambio climático).

Indique que a diferencia del experimento que acaban de hacer, la atmósfera terrestre no es una capa sólida, sino que se trata de una capa gaseosa en la que muchas moléculas de diferentes gases interactúan entre sí y con la radiación del Sol y el calor que es emitido desde la Tierra.

Explique que la energía del Sol llega al planeta calentándolo. Al aumentar la temperatura de la superficie terrestre, esta emite radiaciones infrarrojas que se dirigen hacia el espacio exterior.

Al llegar a la atmósfera, esta radiación (calor) encuentra algunos gases con propiedades particulares. Estos son los gases de efecto invernadero, que tienen la capacidad de absorber este calor y de irradiarlo de nuevo en todas las direcciones, incluyendo hacia a la superficie terrestre.

Invite a sus estudiantes a pensar en el juego que acaban de hacer. Los jugadores que salían del Sol, mostrando el lado amarillo de la tarjeta, pasaban fácilmente hacia el círculo de la Tierra. Al igual que en nuestro planeta, la energía que viene del Sol pasa a través de la atmósfera fácilmente hasta llegar a la superficie terrestre.

Cuando los rayos solares llegan a la Tierra estos son reflejados de vuelta al espacio en su mayoría como radiación infrarroja o calor, lo cual fue simulado en el juego cuando los jugadores del equipo ENERGÍA-CALOR intentan salir del círculo mostrando el lado rojo de la tarjeta.

Cuando esta radiación infrarroja o calor llega a la atmósfera es absorbida por algunos gases como el dióxido de carbono, el vapor de agua, el metano y el óxido nitroso. Esto es lo que simulan los jugadores del equipo de gases de efecto invernadero al tocar a los jugadores que están representando calor.

Estos gases reemiten el calor a la superficie terrestre. Esto se simuló cuando un jugador mostrando el lado rojo de la tarjeta había sido tocado por un jugador del equipo GEI y debía dejar las tarjetas rojas en la Tierra.

Concluya la lección volviendo sobre las ideas previas de sus estudiantes y revisando lo que saben ahora sobre el efecto invernadero. Es un buen momento para completar o para hacer un gráfico de anclaje como el que se presenta más adelante.

Vuelva sobre la idea de que el efecto invernadero es un fenómeno natural, pero explique que los seres humanos estamos afectándolo al producir más gases de efecto invernadero de los que normalmente se liberan.

Al quemar combustibles fósiles y deforestar estamos produciendo  $\text{CO}_2$  que llega a la atmósfera y también estamos generando más  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ; todo esto hace que más calor sea reirradiado al planeta y genera el aumento de temperatura que se ha registrado en los últimos 150 años.

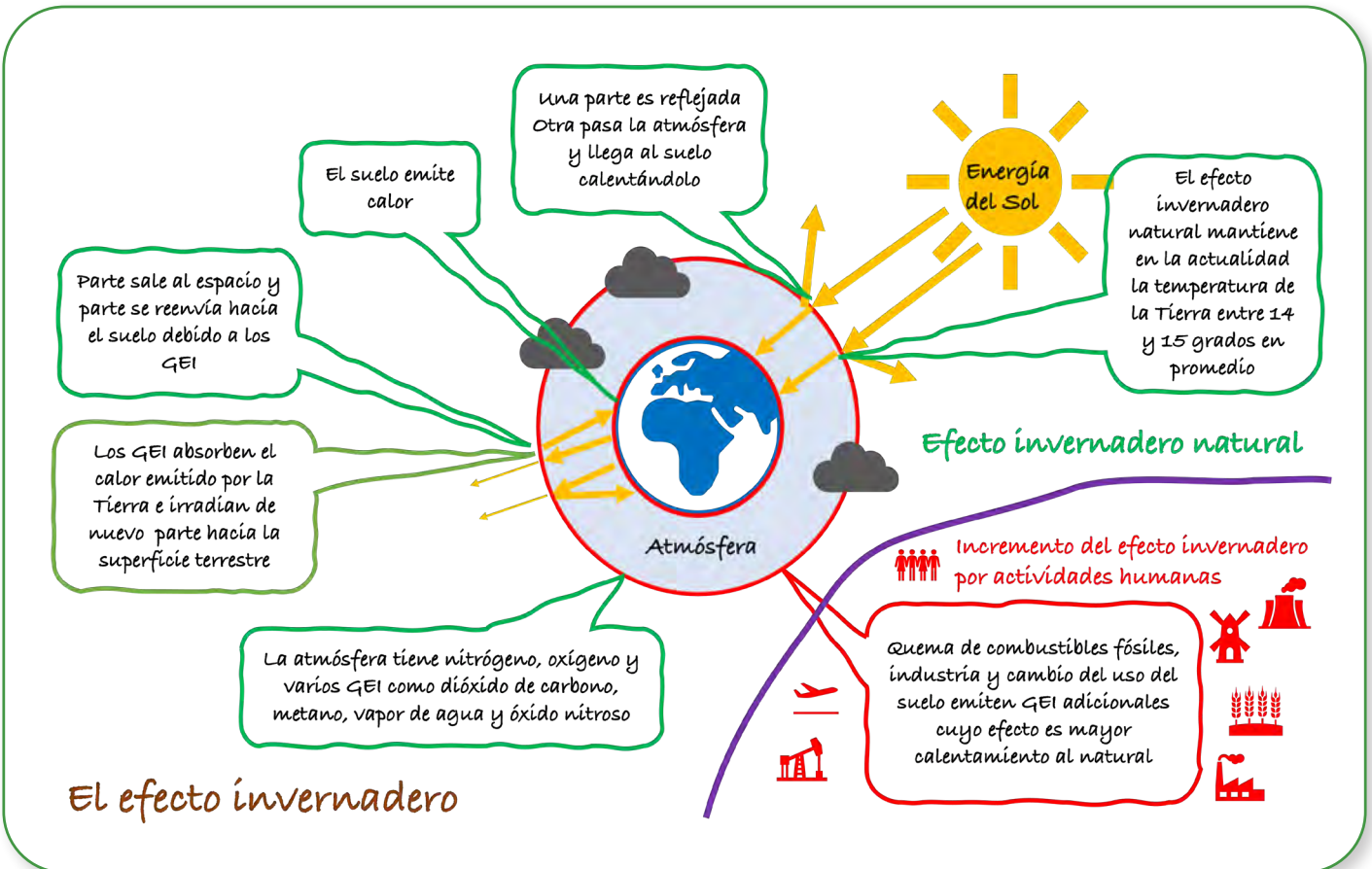
Se espera que en algún momento durante este siglo la cantidad de dióxido de carbono se duplique y que las cantidades de otros gases de efecto invernadero como el metano y el óxido nitroso también aumenten considerablemente.

Con más gases de efecto invernadero en el aire, el calor que se irradia desde la superficie terrestre es más fácilmente detenido y reirradiado hacia la Tierra, aumentando la temperatura del planeta.

## Gráfico de anclaje

Ayudar a sus estudiantes a darle sentido a lo que han experimentado mediante organizadores gráficos, esquemas o registros grupales, es una buena estrategia para ayudar a la comprensión y para recordar el vocabulario nuevo adquirido durante la lección.

A continuación, le presentamos una idea de un posible gráfico de anclaje para la lección 3. Sin embargo, la mejor estrategia es que lo construya en conjunto con sus estudiantes y por ende el resultado puede ser diferente al que se presenta.



## Glosario

- Balance de energía del planeta:** es el equilibrio entre la energía entrante del Sol y la energía saliente de la Tierra.
- Radiación infrarroja:** es un tipo de radiación de menor frecuencia que la luz visible y es emitida por cualquier cuerpo que se calienta.
- Combustibles fósiles:** Son sustancias que provienen de la materia orgánica que ha sido transformada por presión y temperatura por millones de años. Incluyen el petróleo y sus derivados, el carbón y el gas natural.

## Conexión con carreras en STEM



Muchas personas que se dedican a entender los fenómenos de la atmósfera terrestre son profesionales de la química. La química es una ciencia natural con amplias aplicaciones.

De manera general, quienes se dedican a la química estudian la composición de la materia (elementos, moléculas, compuestos o mezclas) y sus diferentes cambios. Esto tiene aplicaciones en la industria alimenticia, en el desarrollo de medicamentos, en la agronomía y en el estudio del medio ambiente.

Una especialidad de esta profesión es la química atmosférica, que se encarga de comprender y medir los procesos químicos que se dan en la atmósfera de la tierra y otros planetas. Para esto, trabajan en equipos multidisciplinarios y construyen modelos informáticos que les permiten hacer predicciones respecto al comportamiento de diferentes sustancias químicas en la atmósfera, así como de sus impactos en la superficie terrestre.


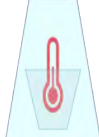


Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC-ND





● **Tabla: Mediciones de temperatura en los dos frascos**

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)	
	Montaje 1 	Montaje 2 
<b>0</b>		
<b>3</b>		
<b>6</b>		
<b>9</b>		
<b>12</b>		
<b>15</b>		
<b>18</b>		
<b>21</b>		
<b>24</b>		
<b>27</b>		
<b>30</b>		

5. ¿Qué observan? ¿Es lo que habían pensado antes?

---



---



---



---

## UNIDAD 4

# El cambio climático y el océano



## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

2 sesiones de 45 minutos

### Resumen de la unidad

Los estudiantes aprenderán sobre el papel del océano en la regulación climática mediante una experiencia sencilla sobre la formación de corrientes. Además, evidenciarán la expansión térmica del agua para relacionarla con y concluyen explorando los efectos de la acidificación del océano en los organismos marinos.

### Aprendizajes esperados

- Reconocer que los océanos proporcionan muchos bienes y servicios a las personas y en especial, regulan el clima del planeta por medio de las corrientes.
- Describir las consecuencias del aumento de la temperatura del océano en el nivel del mar.
- Explicar el proceso de acidificación en el océano por la absorción de CO<sub>2</sub> en exceso y las consecuencias de la disminución del pH oceánico en los organismos marinos.

### Materiales requeridos y preparación previa

#### Para toda la clase:

- 1 vaso de agua muy fría (aprox. 5°C)
- 1 vaso de agua caliente (50°C)
- Anilinas azul y roja
- 1 recipiente transparente suficientemente profundo
- 2 pedazos de esponja.

#### Para cada grupo de 4 estudiantes;

- 1 copia de los anexos A, B y C
- 1 Erlenmeyer o un frasco de vidrio transparente
- 1 tapón con perforaciones
- 1 tubo de vidrio delgado
- 1 termómetro de alcohol (si es posible)
- 1 marcador de vidrio
- 1 recipiente plástico o de vidrio, que no sea muy profundo
- 1 vaso de vinagre de cocina
- 1 o 2 conchas de moluscos

## GRAN IDEA

El aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y el aumento de la temperatura del planeta tienen efectos en los océanos como el aumento del nivel del mar y la acidificación de los océanos.



## Información para el docente



### El papel de los océanos en nuestro planeta

El 70% de la superficie de nuestro planeta está cubierta por océanos que se conectan entre sí.

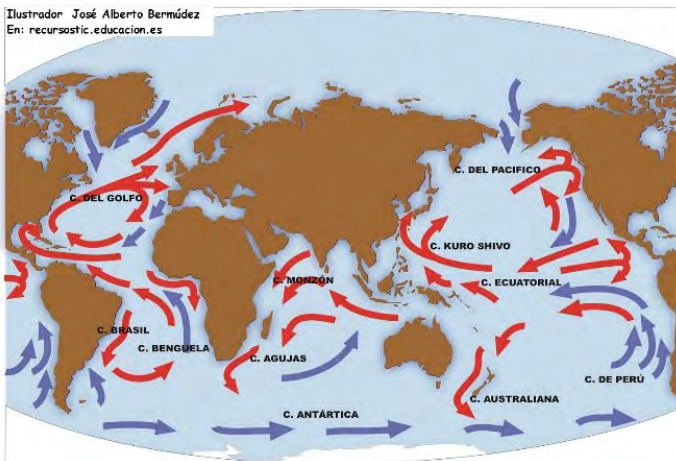
Esta gran masa de agua nos proporciona alimento, recreación, transporte y trabajo.

Además, los océanos redistribuyen los nutrientes, pero desde la perspectiva del cambio climático lo más importante es que los océanos regulan y afectan el tiempo atmosférico y el clima por varios mecanismos.

La primera forma es ayudando a mantener nuestro planeta caliente debido a la gran capacidad calorífica del agua. La mayoría de la radiación solar es absorbida por los océanos, particularmente en las aguas tropicales.

Otra forma es mediante la evaporación. El agua de los océanos se evapora constantemente aumentando la humedad del aire circundante para generar nubes que son llevadas por el viento. La mayoría de la lluvia que cae en la Tierra se origina en los océanos.

Algunos patrones de tiempo atmosférico están fuertemente influenciados por las corrientes oceánicas. Las corrientes son movimientos de agua del océano en un flujo continuo, que se generan, entre otros, por los vientos superficiales y por gradientes de temperatura y salinidad. Son verdaderos ríos en el océano.



Las corrientes oceánicas transportan agua cálida desde el Ecuador hacia los polos y agua fría desde los polos hacia los trópicos, redistribuyendo la energía y regulando el clima global y las precipitaciones.

Sin las corrientes oceánicas, las temperaturas regionales serían más extremas. Los trópicos serían más calientes y cerca a los polos sería más frío, de modo que, sin corrientes oceánicas, una parte de los continentes sería inhabitable para los seres humanos.

Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC

Los océanos también son muy importantes en el ciclo del carbono. Se estima que contienen hasta entre 50 y 60 veces más carbono que la atmósfera. En la superficie oceánica se dan intercambios rápidos en los que el carbono atmosférico en forma de  $\text{CO}_2$  se absorbe por dilución en el agua; en una menor cantidad en la fotosíntesis de las plantas, como las algas, y una fracción de este carbono se libera de nuevo mediante la respiración. Cuando las plantas acuáticas y los organismos que se alimentan de estas mueren, el carbono se mueve a zonas más profundas del océano en donde puede ser almacenado por cientos o miles de años.

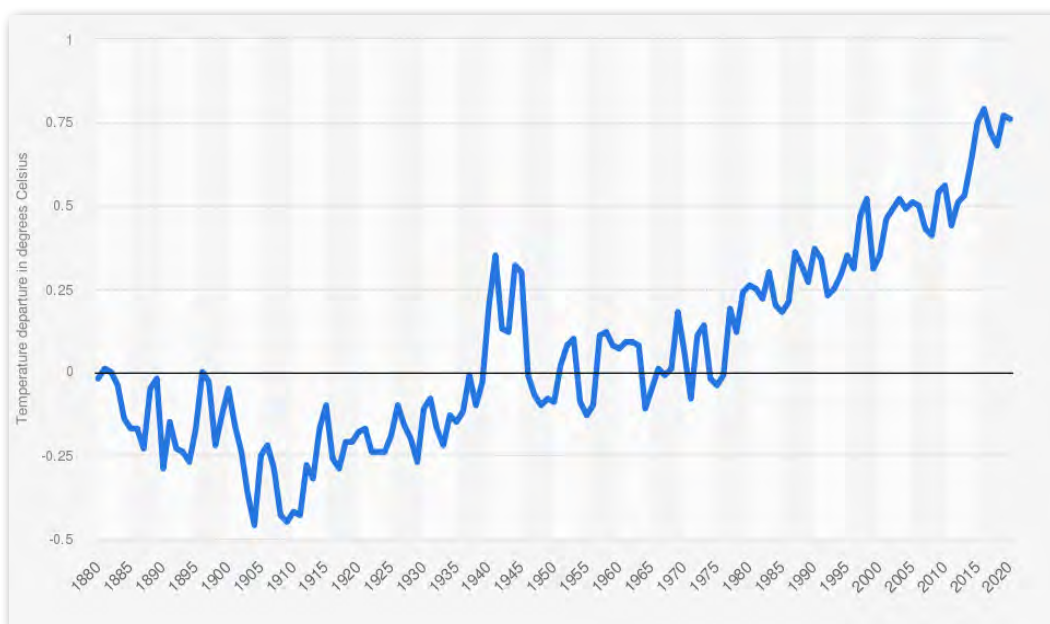
Estos procesos forman la denominada **bomba de carbono oceánica** que en consecuencia está integrada por dos componentes: una bomba biológica, que transfiere el carbono de la superficie hacia el lecho marino a través de la red trófica (y se almacena allí a largo plazo), y la bomba física que resulta de la dilución del  $\text{CO}_2$  en el océano. Como consecuencia el océano y los fondos oceánicos son entonces grandes **sumideros de carbono**.

Por otra parte, ciertos ecosistemas marinos desempeñan un papel fundamental en la absorción y fijación de carbono atmosférico. El carbono almacenado en marismas, manglares y pastos marinos se conoce como **carbono azul**.

Los océanos son el hábitat de cientos de miles de especies conocidas y probablemente de millones de especies aún no conocidas. Además de la alta diversidad, la biomasa contenida en los océanos es considerable.

## Efectos del cambio climático en el océano

El cambio climático está haciendo que las aguas superficiales del océano se calienten. Este aumento de temperatura ha sido especialmente marcado en las últimas décadas. Esto a su vez afecta la densidad del agua y las dinámicas que permiten la mezcla de las aguas cálidas superficiales con las aguas más frías de las zonas más profundas.



Anomalía o variación de la temperatura global de la superficie de los océanos con respecto a 1880  
Fuente: STATISTA

El aumento de temperatura de la superficie del océano también genera amenazas a la vida y a los ecosistemas marinos, como por ejemplo el blanqueamiento de los corales, el cual se abordará posteriormente.



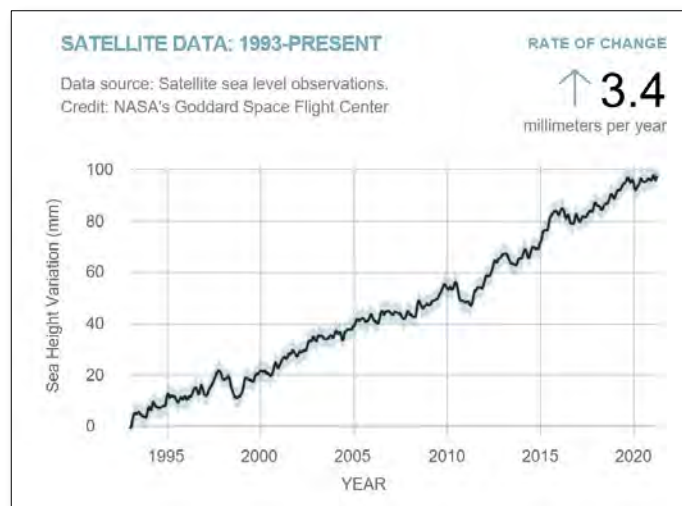
Estas fotos de Autor desconocido están bajo licencia CC BY-SA-NC

## Aumento del nivel del mar

El nivel del mar promedio ha aumentado más de 20 cm desde finales del siglo XIX y un tercio de este aumento se ha visto en las últimas dos décadas. Este aumento en el nivel del mar se debe principalmente a la expansión térmica del agua del mar debido al aumento de su temperatura (50%), el resto corresponde al derretimiento de los glaciares (42%) y a cambios en el almacenamiento del agua en los continentes (8%).

El incremento en el nivel del mar contribuye cada vez más a las inundaciones costeras y a la erosión.

Se espera que el riesgo relacionado con el aumento del nivel del mar, que incluye la erosión, las inundaciones y la salinización del suelo en las costas, se incremente significativamente para finales de este siglo a lo largo de todas las costas bajas y estuarios si no se hacen esfuerzos de adaptación adicionales.



Variación en el nivel del mar con respecto a 1993. Fuente: NASA

## Acidificación de los océanos

---

El aumento de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera afecta la composición química de los océanos.

El  $\text{CO}_2$  atmosférico se difunde en el océano por procesos físicos. Cuando se combina con el  $\text{H}_2\text{O}$ , el  $\text{CO}_2$  forma ácido carbónico, que se separa en bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y en iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ). Estos iones de hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) se unen a los iones de carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) presentes en el agua, formando más bicarbonato. Este proceso ha mantenido un equilibrio en el pH oceánico por siglos.

El incremento de  $\text{CO}_2$  por las actividades humanas, principalmente la quema de combustibles fósiles a nivel global, si bien en algunos países otros factores son más importantes, implica que hay más ácido carbónico, lo cual lleva a un descenso en el pH del océano. Este proceso se conoce como acidificación de los océanos.

El pH bajo limita la disponibilidad de carbonato de calcio, componente indispensable para la formación de la concha y del esqueleto de muchos organismos marinos.

Los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera están acelerando la acidificación de los océanos demasiado rápido para que las especies marinas tengan posibilidad de adaptación. La acidificación del océano afecta a varios organismos que incluyen corales (al morir se blanquean), algas, moluscos, así como especies de fito- y zooplancton. Los impactos incluyen la disminución de la supervivencia, de la calcificación, del crecimiento, del desarrollo y de la abundancia de los organismos marinos. Además, el calentamiento de las aguas tiende a empeorar los impactos provocados por la acidificación.

La acidificación incluso puede afectar el comportamiento y la supervivencia de los peces.

## Disminución del oxígeno

---

El calentamiento afecta el contenido de oxígeno disuelto en el océano de varias formas. El calentamiento altera los patrones de la circulación oceánica global, lo que reduce la mezcla de aguas superficiales ricas en oxígeno con aguas más profundas pobres en oxígeno.

Además, influye en la solubilidad del oxígeno en el agua. Cuanto más caliente está el agua, menos gas se puede disolver en ella.

También aumenta la rapidez con la que los organismos metabolizan y respiran, lo que incrementa el consumo de oxígeno marino.

## Efectos en la biodiversidad

---

El calentamiento del océano ha generado también cambios en la distribución de especies de todo tipo, desde fitoplancton hasta mamíferos marinos. Todas las especies están adaptadas a un rango de temperatura adecuado en el que son más capaces de vivir (conocido como su ventana térmica óptima). Esto y la presencia de alimento influye en dónde viven en el océano. A medida que los océanos se calientan, es probable que esta localización de la ventana térmica cambie para muchas especies, lo que hará que se trasladen a nuevas ubicaciones.

Algunas especies se están alejando de los trópicos para mantener su ventana térmica. Estos movimientos podrían provocar cambios en la interacción de las especies como resultado de la reorganización del ecosistema marino en su conjunto. Un ejemplo de esto es la expansión de especies tropicales a latitudes mayores donde se puede observar un aumento de pastoreo en los corales y pastos marinos, afectando la estructura de los ecosistemas.

Por otra parte, el aumento del nivel del mar ha generado la salinización, lo que ha causado una redistribución de las especies hacia adentro de la costa. Este aumento del nivel del mar también conlleva la pérdida de humedales costeros, lo cual impacta también el clima ya que el carbono azul de estos ecosistemas dejará de ser secuestrado.

Además, los cambios en la distribución espacial y la abundancia de varias especies de peces han generado pérdidas en el sector pesquero. Se estima que prácticamente todos los arrecifes coralinos se degradarán, incluso si el calentamiento global se mantiene en menos de 2°C. Además, los arrecifes superficiales que sobrevivan tendrán una composición y diversidad muy diferente a la actual.

La disminución de la salud ecosistémica de los arrecifes coralinos tiene un impacto en los servicios que estos proporcionan como la producción de alimento, la protección de las costas e incluso el turismo.

## Efecto en los huracanes

Es probable que el número de huracanes de gran categoría (3-5), tales como el Huracán Iota de 2020 que destruyó la isla de Providencia, haya aumentado en las últimas décadas y siga en aumento con el cambio climático.

Estudios recientes encuentran que el aumento observado en la intensificación rápida de huracanes en el Atlántico durante 1982-2009 es muy inusual en comparación con las simulaciones de la variabilidad climática, y es coherente con la respuesta esperada a largo plazo de los modelos utilizados incluyendo el impacto antropogénico. Estos resultados son sugerentes, pero no definitivos, y se necesita más investigación para obtener conclusiones más confiables.

Debido al aumento de la temperatura de los océanos, los huracanes que se formen en el Atlántico, muy probablemente, tendrán mayores tasas de precipitación que los actuales, con velocidades de viento extremas más altas.

Varios ingredientes se juntan para explicar esta intensificación de huracanes extremos: aguas tropicales más cálidas, un aire más caliente que puede almacenar más agua, más precipitación; esto conduce a que tengan más energía para desarrollarse.

Finalmente las inundaciones provocadas por huracanes y tormentas tropicales tienden a aumentar sustancialmente ya que además sube el nivel del mar.



Fuente: <https://pixabay.com/>



## Qué deberían saber sus estudiantes

Es importante que sus estudiantes tengan algunas ideas previas acerca del océano para que puedan aprovechar mejor la lección.

Por ejemplo, deben conocer el ciclo del agua para entender que la superficie del océano evapora grandes cantidades de agua y que esta evaporación depende de la temperatura.

También deben ser conscientes de que en los trópicos se recibe más energía en forma de radiación del Sol que en las zonas templadas.

En la primera actividad se demostrará la dilatación térmica del agua.

Es deseable que los estudiantes hayan construido previamente la noción de que las propiedades de los materiales pueden cambiar en función de su temperatura.

No se requiere que hayan formalizado este conocimiento, pero al menos que lo puedan conectar con experiencias cotidianas.

En la segunda experiencia se trabajará con el vinagre como un modelo del efecto del ácido carbónico en los carbonatos.

Si bien no es necesario que midan el pH, sí se espera que tengan una noción de lo que significa la acidez y deben comprender que los gases pueden diluirse en el agua.



Fuente: <https://pixabay.com/>

## Cómo planear la lección



### Inicio de la lección

Para empezar esta lección indague sobre los conocimientos que tienen sus estudiantes acerca del mar y los océanos.

En algunos contextos costeros, los niños y las niñas están muy familiarizados con el mar, aunque en otros contextos se trata de un sistema completamente desconocido.

Pregúnteles sobre la forma en la que estamos relacionados con el mar. Para algunas personas la relación es directa, porque obtienen de ahí su sustento, pero para otras personas puede no ser evidente cómo se relacionan con el mar.

Muestre imágenes de alimentos que se obtienen del mar para ayudar a ver a algunos estudiantes que, aunque vivamos lejos del océano, a veces obtenemos alimentos del mar.

También puede mostrar imágenes de playas para relacionarlo con la recreación y de barcos cargueros para explicar que muchos de los bienes que consumimos como la ropa o los objetos electrónicos, se transportan por vía marítima desde lugares muy lejanos.

Luego puede mostrar un mapamundi para identificar los principales océanos del mundo. No es necesario que se aprendan todos los nombres, sino que vean que al final todos los océanos están conectados y que cubren la mayoría de la superficie terrestre.



Fuente: Wikicommons

Explique que el agua de los océanos está mezclándose continuamente y moviéndose alrededor del planeta a través de diferentes corrientes oceánicas. Las corrientes son flujos de agua producidos por el viento, las mareas y por las diferencias en la densidad, producto de cambios en la temperatura y la salinidad del agua.

Invítelos a pensar en cómo el agua de los océanos Ártico y Antártico es diferente al agua que está en el mar Caribe. Permita que den sus ideas y ayúdelos a ver que el agua de los océanos en latitudes altas es más fría y que a medida que se disminuye de latitud, es decir cuando nos movemos hacia los trópicos, el agua es más cálida. También pueden pensar que el agua más profunda es más fría que la que está en la superficie. Indique que en esta lección verán cómo esas diferencias en temperatura ayudan a que el agua se mezcle y se mueva de un lugar a otro llevando nutrientes y también calor. Las corrientes regulan el clima global haciendo que los trópicos no sean tan calientes y que las regiones templadas no sean tan frías.

Retome con sus estudiantes lo que ellos saben acerca del ciclo del agua. Si lo considera, puede usar un modelo sencillo con una bolsa resellable en la que pone agua coloreada. La bolsa se deja en el sol y al cabo de un tiempo sus estudiantes podrán ver gotitas de agua condensadas en las paredes internas de la bolsa.



Al igual que en el modelo, el agua de los océanos se calienta por el Sol y se evapora generando precipitaciones cuando se enfría.

De hecho, la mayoría de la precipitación del planeta se origina en los océanos. Esta es otra forma en la que los océanos influyen el clima global.

Retome las ideas de sus estudiantes para concluir que el océano nos proporciona muchos bienes y servicios, como alimentación o transporte, y que al hacer parte del ciclo hidrológico también es muy importante para el clima global.

Para finalizar esta parte de la lección, puede preguntar a sus estudiantes, de qué forma piensan que el cambio climático está afectando a los océanos y pedirles que hagan una lista de los efectos que conocen o se imaginan.

## Desarrollo de la lección

En esta lección, sus estudiantes vivenciarán 3 experiencias, una de las cuales en modalidad demostrativa por el docente (A). Por lo que puede ser apropiado hacer cierres parciales luego de cada una de las experiencias de modo que le permita recoger lo que los grupos han aprendido y organizar el espacio y los materiales para la siguiente experiencia.

Para la primera experiencia, pida a sus estudiantes que se organicen en grupos de 4 ó 5 y entregue el anexo A con las instrucciones. Indique que en esta actividad el docente les mostrará la experiencia, pero en cada grupo deberán completar el anexo con sus predicciones y observaciones.

Presente a sus estudiantes el recipiente transparente con agua a temperatura ambiente. Asegúrese que tenga por lo menos 10 cm de profundidad el agua para que el fenómeno se pueda observar. Explíqueles que va a colocar un poco de agua fría de color azul en un extremo y en el extremo contrario un poco de agua caliente roja. A continuación pídale que registren en el anexo registren lo que piensan que va a suceder después de discutirlo en grupo.

Cuando todos los grupos hayan completado lo solicitado, explore con ellos algunas de las respuestas y la justificación para ellas.

A continuación pida a los grupos que se acerquen para observar el fenómeno. Sumerja cada uno de los dos pedazos de esponja en el agua fría y la caliente respectivamente. Luego coloque las esponjas flotando sobre el agua en los extremos opuestos del recipiente y permita que los estudiantes observen lo que sucede a partir de ese momento por unos minutos. Posteriormente vierta con cuidado sobre cada esponja toda el agua coloreada del color respectivo para amplificar el fenómeno. Los estudiantes deben seguir las instrucciones del anexo y completar las preguntas.

Luego de que los grupos hayan terminado puede reunir a la clase para hacer un cierre parcial y empezar a construir un gráfico de anclaje.

En una segunda sesión, vuelva sobre la importancia del océano para regular el clima global y llame la atención sobre la lista de los efectos del cambio climático que sus estudiantes sugirieron. Probablemente algunos hablaron del aumento del nivel del mar. Si no lo hicieron, presente usted esta consecuencia.

Muestre en un proyector o entregue una copia de la gráfica en el anexo B. Pida a sus estudiantes que expliquen lo que ven el gráfico. Deberán concluir que el nivel del mar ha venido aumentando.

Luego explique que en la siguiente experiencia analizarán una de las causas



del aumento del nivel del mar.

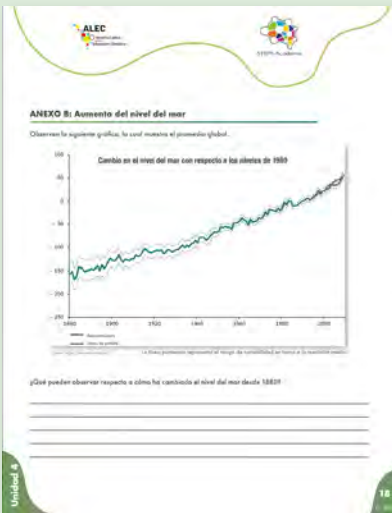
Lea en voz alta las instrucciones del anexo B y luego de asegurarse de que toda la clase las comprende, entregue al responsable de materiales de cada grupo un frasco de vidrio pequeño con agua fría coloreada y con un tapón perforado en el que tenga un termómetro y un tubo delgado de vidrio.

Deberán calentar el agua del frasco con una lámpara incandescente o poniéndola al Sol y registrar los cambios en la altura del agua en el tubo delgado de vidrio.

Luego de algunos minutos, indique que deben apagar la lámpara o entrar al salón y completar las preguntas del anexo B.

De nuevo puede reunir al grupo para que compartan sus ideas y usarlas para seguir completando el gráfico de anclaje.

Para la siguiente experiencia los estudiantes deben usar vinagre concentrado. Puede usar unas tiras indicadoras de pH para demostrar que el pH del vinagre es bajo, al igual que lo es el del ácido carbónico.



**Nota:**

- Algunos estudiantes pueden tener dificultades para asociar el CO<sub>2</sub> con la producción de ácido carbónico.
- Un sencillo experimento consiste en usar un indicador de pH como fenolftaleína diluido en agua en una bolsa resellable.
- Luego se introduce un pitillo y se pide a un estudiante que sople varias veces con el pitillo dentro del agua.
- Los estudiantes saben que durante la exhalación expulsamos CO<sub>2</sub> de los pulmones y podrán ver que el indicador cambia poco a poco de color.
- El cambio en el caso de la fenolftaleína será de rosado claro a transparente.



Una vez han acordado que el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera al entrar en contacto con el agua se transforma y cambia el pH de esta última, explique que en la actividad que van a realizar van a usar vinagre, simulando de forma amplificada la acidificación de los océanos.

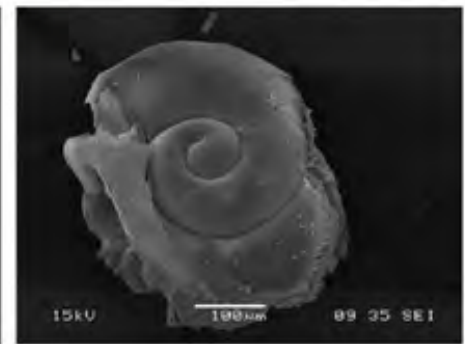
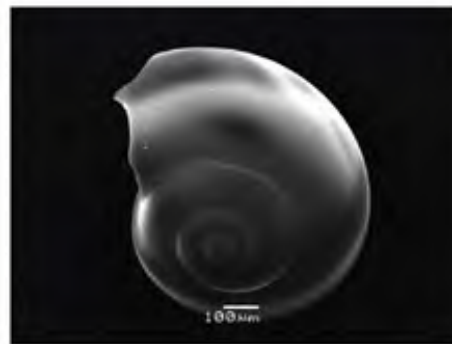
Pregunte a los estudiantes qué consecuencias piensan que puede tener que el agua de los océanos sea más ácida.

Revise de nuevo la lista de efectos que sus estudiantes identificaron en la primera sesión y vea si alguien mencionó el efecto sobre los organismos marinos. Si no, explique que ahora van a hacer una experiencia sencilla para ver cómo el pH ácido los afecta.

Muestre fotografías de moluscos y corales. Indique que deberán poner un par de conchas de moluscos en vinagre y ver lo que pasa. Para esto se guiarán con el anexo C.

Luego de algunos minutos pida a los estudiantes que describan lo que observan al colocar las conchas del vinagre.

Muestre fotos de organismos marinos afectados por la acidificación como las que se presentan a continuación y explique que esto está afectando a muchos organismos marinos incluidas las algas microscópicas que ayudan a la fijación del carbono.



<https://www.neefusa.org/nature/water/marine-life-and-ocean-acidity>

Explique que la acidificación del océano afecta de dos formas a estos organismos marinos. Por un lado dañando su concha, como se vio en el experimento y por el otro lado, reduciendo la disponibilidad de carbonato de calcio, con el cual construyen la concha.

Reúna a la clase y recoja los cierres parciales que ha hecho en cada experiencia para hacer un cierre completo.

## Cierre de la lección

---

Empiece por los resultados del anexo A. Los estudiantes debieron notar que el agua fría se va moviendo hacia el fondo.

Esta es una de las causas del movimiento del agua en los océanos: que el agua fría tiende a descender y el agua caliente tiende a subir. Por ejemplo, agua cálida proveniente del trópico llega al norte del Atlántico, donde se enfría y se hunde. A medida que sigue llegando más agua cálida, para abrirle campo a esta, el agua fría del fondo se mueve hacia el sur. Siglos más tarde estas aguas frías regresan a la superficie para continuar el ciclo.

Esto permite que el agua se intercambie constantemente entre diferentes zonas del planeta transportando nutrientes. A medida que los océanos se calientan estos flujos cambian y alteran los patrones de circulación de nutrientes y energía.

Ahora veamos los resultados de la experiencia B. Es posible que muchos de sus estudiantes hayan identificado el aumento del nivel del mar como una consecuencia del cambio climático en los océanos, pero es muy probable que solo lo hayan asociado al derretimiento de los polos.

A partir de la experiencia B, debieron notar que el agua se dilata cuando se calienta, es decir que su volumen aumenta.

Cuando se trata de algunos mililitros de agua en un tubo de vidrio, esto no parece muy importante pero cuando pensamos en toda el agua de los océanos el efecto es importante.

Aproximadamente la mitad del aumento del nivel del mar se debe a la dilatación térmica. El efecto del derretimiento del hielo corresponde a la mayor parte del resto del efecto. Indagarán sobre este efecto en más detalle en la unidad relacionada con la criósfera.

Finalmente retome la última experiencia y vuelva sobre la idea de que el cambio climático y la composición de la atmósfera afectan también la composición química del océano haciéndolo más ácido.

Esto influye negativamente en muchos organismos marinos y costeros, particularmente en aquellos que tienen estructuras de carbonatos como algunos moluscos y los corales.

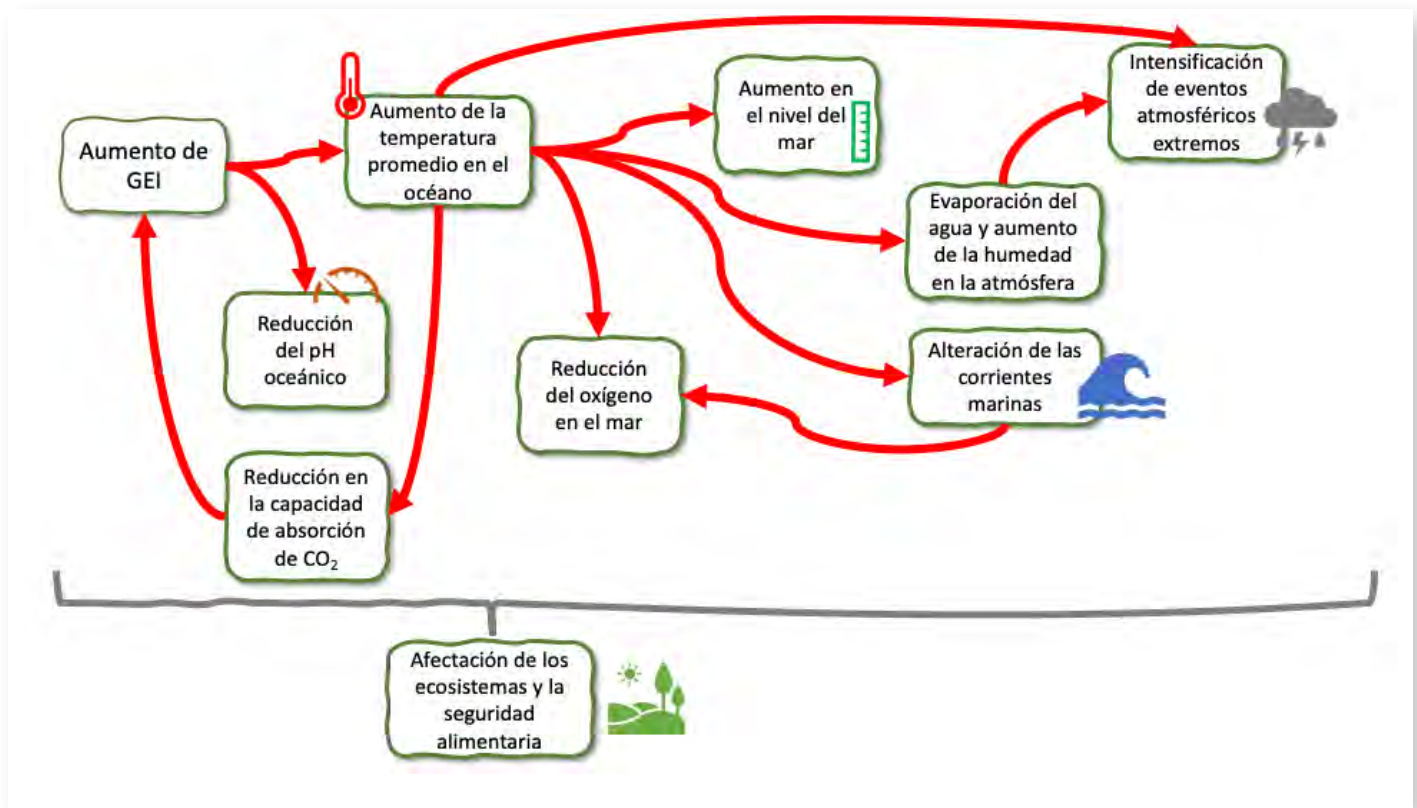
Vuelva sobre las ideas iniciales de sus estudiantes y construya con ellos un gráfico de anclaje que puede verse como el que se presenta a continuación.

Deberán ver que muchos de los efectos que identificaron se deben a las consecuencias sobre el nivel del mar, el pH o las corrientes marinas.

## Gráfico de anclaje

Una forma de ayudar a los estudiantes a ver la complejidad de las interacciones entre los diferentes componentes del planeta es hacer diagramas o esquemas que resuman lo aprendido en la lección.

Estos esquemas se llaman comúnmente gráficos de anclaje porque sirven para enlazar ideas importantes y ayudar a los estudiantes a construir y consolidar sus aprendizajes.



## Glosario

1. **Marisma:** se refiere a ecosistemas costeros inundados situados bajo el nivel del mar en los que predominan plantas herbáceas.
2. **Expansión térmica:** también referida como dilatación térmica, se refiere al aumento del volumen de la materia debido al incremento de la temperatura.
3. **Estuario:** desembocadura de un río caudaloso en el mar donde hay intercambio entre agua dulce y salada.
4. **Manglar:** zona inundada por el mar donde hay árboles resistentes a la sal.
5. **Pasto marino:** zona con pastizales subacuáticos.



## Conexión con carreras en STEM



Le recomendamos ver este video, enlazado en el código QR anterior, con sus estudiantes para aprender sobre diferentes profesiones que trabajan para entender el clima y luchar contra el cambio climático. Luego de verlo, invite a la clase a discutir lo que más les llama la atención y promueva una reflexión sobre opciones de vida en ciencia y tecnología.

La biología marina es una rama de la biología enfocada en estudiar todo lo relacionado con los organismos marinos y costeros. Las personas que se dedican a esto estudian los ecosistemas marinos y buscan su conservación.

Dada la gran diversidad de seres vivos que habitan el mar y lo mucho que desconocemos aún sobre estas especies, se requiere que muchas más personas puedan dedicarse a estudiar la vida marina.

Quienes se dedican a la biología marina, con frecuencia trabajan en equipos interdisciplinarios con personas dedicadas a la química, la física o la oceanografía ya que el estudio de los océanos debe tener en cuenta otros aspectos físicos como las corrientes, la temperatura o la composición del agua del mar.

Es por eso por lo que en algunos casos se habla de una carrera en ciencia del mar, que trasciende del trabajo de la biología e incluye otros aspectos no solo naturales sino sociales relacionados con el mar.

En este video se puede conocer al doctor Jaime Cantera, oceanógrafo y profesor universitario, quien ha investigado los ecosistemas marinos del pacífico colombiano y explica cómo el cambio climático puede afectar a los manglares y los arrecifes de coral.



Esta foto de autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC



## Anexos

### Anexo A: Las corrientes oceánicas

En esta experiencia se hará un modelo de la circulación oceánica debido a la temperatura.

La experiencia será conducida por el docente.

#### ● Materiales

1. Recipiente transparente de más de 10 cm de profundidad
2. Agua a temperatura ambiente
3. Agua muy fría, casi congelada coloreada con anilina azul
4. Agua muy caliente, a unos 50°C coloreada con anilina roja (no usar agua más caliente por seguridad)
5. 2 pedazos de esponja

#### ● Descripción de la actividad (para ser realizada por el docente)

En un recipiente se deberá poner agua a temperatura ambiente hasta alcanzar más de 10 cm para poder observar el movimiento del agua fría y caliente que están coloreadas.

Más adelante el docente vertirá agua caliente, coloreada de rojo, en un extremo del recipiente y fría, coloreada de azul, en el otro, pero antes respondan en grupo la siguiente pregunta:

¿Qué piensan que va a pasar con el agua fría (azul) y con la caliente (roja)?

---

---

---

---

---

Ahora, el docente empapará una esponja con el agua fría y la otra con el agua caliente y las pondrá flotando sobre el agua del recipiente en extremos opuestos y dejará por un par de minutos que el fenómeno avance. Luego vertirá cuidadosamente el agua caliente y fría restante sobre la esponja correspondiente. Cada grupo deberá dibujar lo que observa en la tabla siguiente y detallar la observación en palabras en las líneas dispuestas a continuación.

Inmediatamente después de poner el agua	A los 30 segundos de haber puesto el agua	Luego de un minuto o más

¿Qué observaron?

---



---



---



---



---

**Para saber más:**

Las corrientes oceánicas se generan por varias causas, una de ellas es las diferencias en la temperatura. En latitudes altas la temperatura es más baja y el agua es más fría, mientras que en las zonas tropicales el agua es más cálida. Estas aguas se intercambian constantemente debido, entre otras, a que se comportan como lo acaban de observar en el modelo.

Las corrientes oceánicas son importantes en todas las regiones del mundo. En Colombia varias corrientes afectan las costas del Caribe y el Pacífico, entre ellas, la corriente de El Niño.

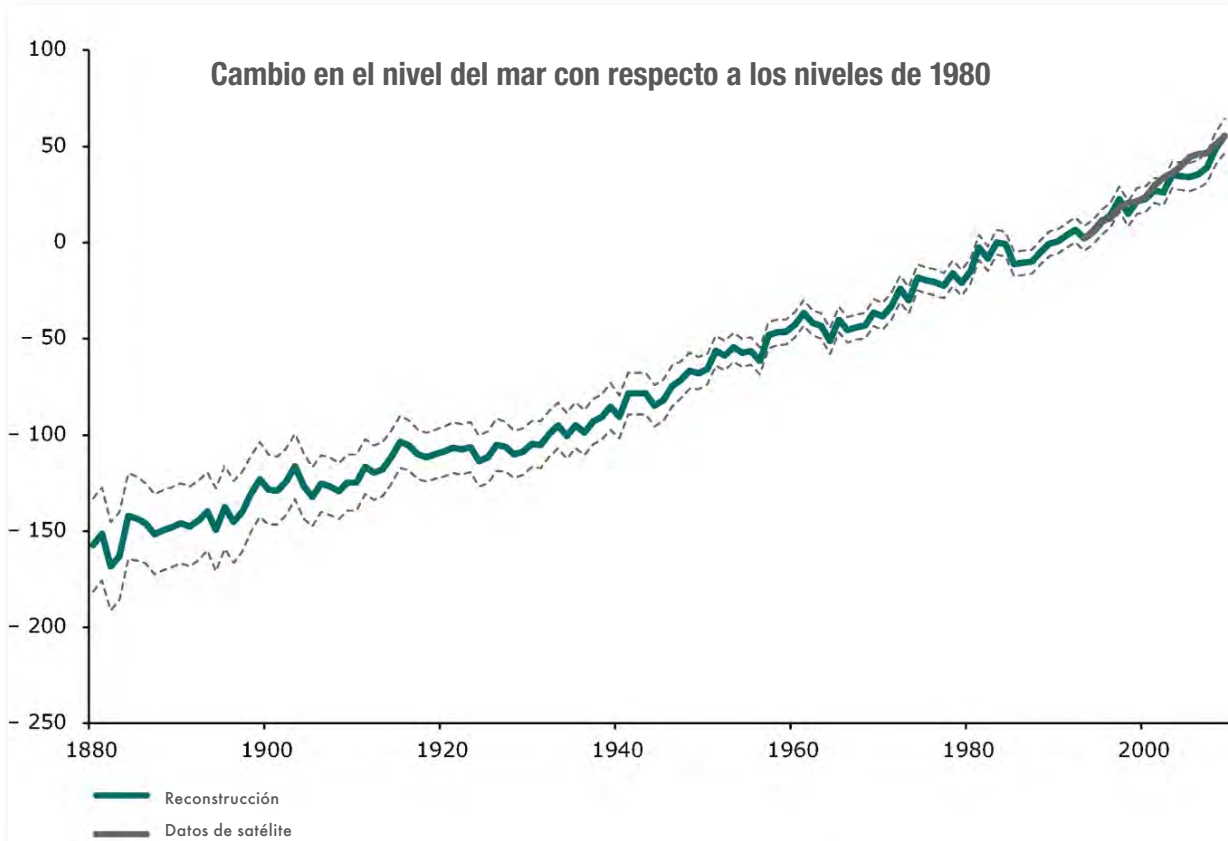
En el Pacífico del continente suramericano se encuentran dos corrientes de agua diferentes. Por un lado, la corriente de Humboldt, que mueve agua fría desde la Antártida hacia el norte y por otro lado la corriente de "El Niño" que se origina en aguas tropicales y lleva agua cálida desde el norte hacia el sur.



Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Hispanoam%C3%A9rica> Licencia: CC BY-SA 3.0

## ANEXO B: Aumento del nivel del mar

Observen la siguiente gráfica, la cual muestra el promedio global.



Fuente: <https://www.eea.europa.eu/>

La línea punteada representa el rango de variabilidad en torno a la medición media.

¿Qué pueden observar respecto a cómo ha cambiado el nivel del mar desde 1880?

---



---



---



---



---

¿A qué piensan que se debe este cambio? ¿Cómo podrían explicarlo?

---



---



---



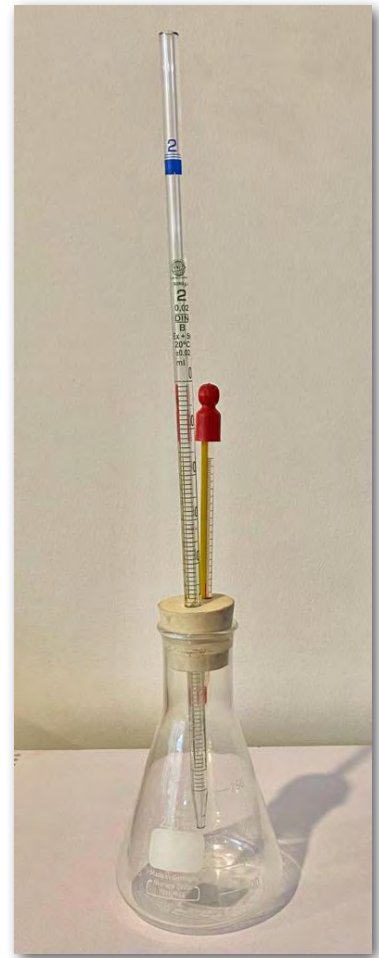
---

En esta experiencia vamos a observar qué le pasa al agua al calentarse.

Para esto, deben ir al centro de distribución de materiales y obtener los siguientes elementos:

- Frasco de vidrio transparente (opcional erlenmeyer)
- Tapa con dos perforaciones (si usa un erlenmeyer usar un tapón)
- Agua coloreada que llene completamente el recipiente
- Tubo de vidrio delgado (opcional pipeta)
- Plastilina o silicona para sellar los huecos en la tapa para el termómetro y el tubo de vidrio
- Termómetro de alcohol deseable
- Marcador de vidrio

Deben hacer un montaje como el que se observa a continuación:



Señalar con un marcador el nivel del agua coloreada en el tubo de vidrio y luego poner el frasco al sol o bajo una lámpara incandescente que apunte a la base del frasco de vidrio

Esperar 2 ó 3 minutos y volver a marcar el nivel del agua. ¿Qué observan?

---

---

---

---

---

¿Cómo ha cambiado la temperatura?

---

---

---

---

---

¿A qué piensan que se debe esto?

---

---

---

---

---

Si esto pasa con algunos ml de agua, ¿cuál será el efecto en toda el agua del océano?

---

---

---

---

---

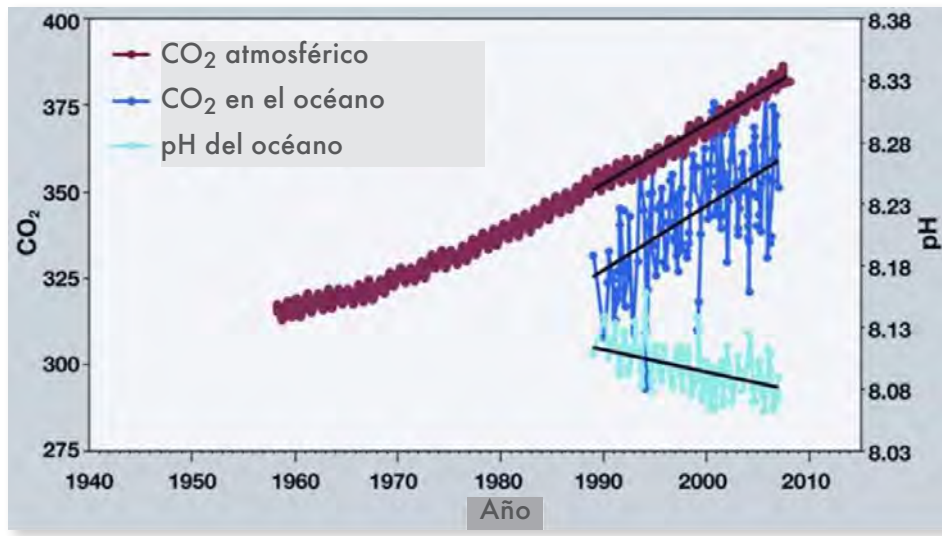
## ANEXO C: La acidificación del océano

El pH es una escala que describe qué tan ácida es una sustancia.

Esta escala va de 1 a 14 y entre menor sea el número, más ácida es la sustancia.

El pH del limón por ejemplo es cercano a 2, muy ácido.

Observen la siguiente gráfica y respondan a las preguntas.



Fuente: <https://coastadapt.com.au/>

¿Qué ha pasado con el nivel de acidez del océano desde 1990?

---



---

¿Cómo se relaciona esto con el aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera?

---



---

¿Qué consecuencias puede tener el cambio del nivel de acidez del océano?

---



---

En esta experiencia usaremos un modelo para ver una de las consecuencias del aumento de gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera terrestre.

Para esto deberán obtener los siguientes materiales:

- Recipiente plástico o de vidrio, que no sea muy profundo
- Vinagre de cocina
- Conchas de moluscos

El dióxido de carbono de la atmósfera se combina con el agua para formar una sustancia llamada ácido carbónico; esta sustancia es ácida, como el vinagre. Veremos cómo esto afecta a la fauna marina.

Tomen las conchas y descríbanlas. ¿Cómo es su color, textura, dureza?

---

---

Ahora pónganlas en el vinagre de modo que queden cubiertas completamente y esperen de 10 a 15 minutos.



Mientras esperan, piensen en qué importancia tienen estos organismos para los ecosistemas marinos. Escriban sus ideas a continuación.

---

---

---

---

Ahora que ha transcurrido el tiempo, saquen las conchas y obsérvenlas. ¿Cómo están ahora?

---

---

---

## UNIDAD 5

# La criósfera: la importancia del hielo en el planeta



## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

2 sesiones de 45 minutos

### Resumen de la unidad

Los estudiantes trabajarán en torno a la criósfera, y cómo esta se ve afectada por el cambio climático. Harán un modelo sencillo para reconocer cómo el derretimiento de diferentes tipos de hielo afecta el nivel del mar y explorarán el fenómeno del albedo para discutir el efecto del derretimiento de la banquisa.

### Aprendizajes esperados

- Describir cómo el derretimiento del hielo terrestre contribuye al aumento del nivel del mar.
- Explicar mediante un modelo cómo el derretimiento del hielo disminuye el albedo la Tierra.
- Reconocer las retroalimentaciones que se generan por el cambio climático en la criósfera.

### Materiales requeridos y preparación previa

#### Para toda la clase

- 1 termómetro infrarrojo
- 1 teléfono inteligente con la aplicación FizziQ instalada
- Copia del anexo B a color o recortes de diferentes superficies terrestres: hielo, agua, bosque, arena

#### Para cada grupo de 4 estudiantes:

- 2 recipientes transparentes de igual tamaño
- 2 cubos de hielo del mismo tamaño
- Un poco de plastilina
- Un marcador resistente al agua
- 1 copia del anexo A

## GRAN IDEA

El aumento de la temperatura terrestre genera el derretimiento de glaciares que a su vez aumentan el agua en el océano y su nivel. Además, disminuye el albedo del planeta generando más calentamiento.



## Información para el docente



### ¿Qué es la criósfera?

Hay lugares en la Tierra que son tan fríos, menos de 0°C, que el agua se congela. A toda el agua congelada en el planeta se le denomina criósfera. Esta palabra viene del griego **kryos** que significa frío o congelado. Alrededor del 10% de la superficie terrestre está cubierta por hielo.

El hielo en la criósfera se forma principalmente de dos maneras:

- por acumulación de nieve, como en la Antártida, en Groenlandia y en los glaciares continentales, y
- por congelación del agua, como en ríos y lagos; en el suelo congelado, denominado permafrost, y en el mar, denominado banquisa o hielo marino.

### Algunas formas de la criósfera en el planeta

#### Banquisa

El hielo marino o banquisa es agua de mar congelada que flota en la superficie del océano. Se forma tanto en el Ártico como en la Antártida en el invierno de cada hemisferio; se reduce en el verano, pero no desaparece por completo.

Este hielo flotante tiene un profundo impacto en el medio ambiente polar, influyendo en la circulación oceánica, el clima global y el clima regional.

A medida que se forman cristales de hielo en la superficie del océano, expulsan sal, lo que aumenta la salinidad de las aguas subyacentes. Esta agua fría y salada es densa y puede hundirse hasta el fondo del océano, donde fluye hacia el Ecuador.



Autor desconocido bajo licencia CC

La banquisa también crea una capa aislante en la superficie del océano, que reduce la evaporación y la pérdida de calor a la atmósfera. Como resultado, el clima en áreas cubiertas de hielo tiende a ser más frío y seco de lo que sería sin hielo.

## ● Glaciares

Los glaciares son masas de hielo muy grandes que se forman cuando cae mucha nieve en un lugar durante muchos años. Con el tiempo, la nieve del fondo es aplastada por el peso de la nieve nueva que cae. Esta nieve comprimida se convierte en hielo, formando un glaciar.

Los glaciares se pueden encontrar en todos los continentes excepto en Australia. Incluso se encuentran en los trópicos como en Colombia y en Ecuador en la forma de glaciares de montaña.



Los glaciares de montaña son una masa de hielo terrestre que fluye pendiente abajo, encerrada por elementos que la rodean, como las laderas de un valle o las cumbres de otras montañas.



Autor desconocido bajo licencia CC

Sobre la zona de convergencia intertropical solo tres áreas en el mundo presentan algún remanente de masas de hielo debido a su gran altitud.

La primera de ellas se localiza al este de África, en los volcanes Kilimanjaro, el monte Kenia y la cadena montañosa Rwenzori; el segundo lugar es en las montañas Irian Jaya en Nueva Guinea, y finalmente están las masas de hielo ubicadas al norte de Suramérica, que incluyen las de Colombia, Ecuador y Venezuela, y algunos en Bolivia y Perú al sur del Ecuador.

## ● Icebergs y plataformas de hielo

Otras formas son las plataformas de hielo que se forman cuando los glaciares se mueven hacia los océanos. Las plataformas de hielo existen principalmente en la Antártida y Groenlandia, así como en el Ártico cerca de Canadá.

Los icebergs son trozos de hielo que se desprenden de los glaciares y las plataformas de hielo y se desplazan a la deriva en los océanos.



## ● Permafrost

Por último, tenemos el suelo congelado. El suelo congelado es tierra o rocas en la que parte o toda el agua se ha congelado. Si el suelo permanece congelado por 2 o más años consecutivos se le conoce como "permafrost". De hecho, aproximadamente 1/4 de la tierra del hemisferio norte tiene permafrost debajo.



Autor desconocido bajo licencia CC

## Efectos del cambio climático en la criósfera

Los cambios en el clima también pueden alterar drásticamente las áreas cubiertas de nieve y hielo de la Tierra. A diferencia de otras sustancias que se encuentran en la Tierra, la nieve y el hielo existen relativamente cerca de sus puntos de fusión y pueden cambiar fácilmente entre sólido y líquido.

La criósfera, particularmente en las regiones polares, es extremadamente sensible a los cambios en el clima global. A medida que aumentan las temperaturas globales, el hielo que se encuentra en los continentes empieza a derretirse y el agua de deshielo fluye hacia el océano, aumentando el nivel del mar.

A pesar de que entre 1971 y 2018 el principal contribuyente al aumento del nivel del mar fue la dilatación térmica, con un 50%, mientras que el derretimiento de los glaciares aportó un 42%, hoy en día el derretimiento de los glaciares, tanto los de montaña como los de Groenlandia y la Antártida, ocupa el primer lugar.

Además de los efectos en el nivel del mar, el derretimiento de los glaciares de montaña tiene graves consecuencias para las personas que viven cerca de ellos. Más de mil millones de personas en todo el mundo dependen del agua de deshielo de los glaciares para beber y para la agricultura. Pero si los glaciares se derriten demasiado rápido, se pueden generar inundaciones y luego escasez de agua dulce. Además, el derretimiento de las capas de hielo podría resultar en la pérdida del hábitat para muchas especies de aves y mamíferos.

## Retroalimentaciones entre la criósfera y el cambio climático

Los impactos del cambio climático en la criósfera también afectan a otras partes del sistema, retroalimentando diferentes procesos.

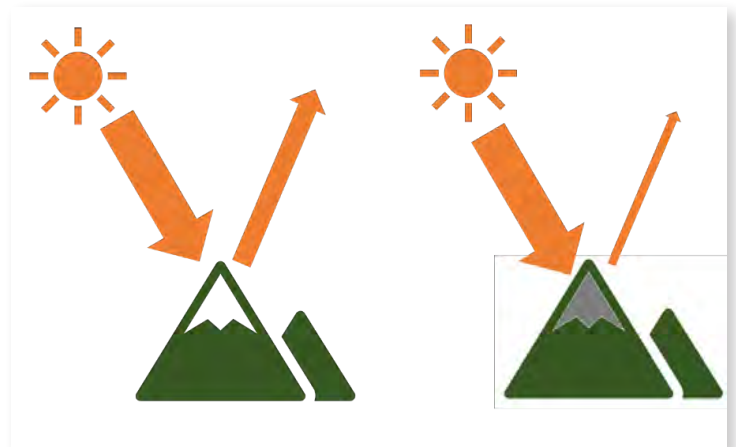
Los colores de la Tierra juegan un papel importante en la cantidad de luz solar que se absorbe y la cantidad que se refleja. Las nubes blancas, la nieve y el hielo son muy reflectantes y ayudan a regular la temperatura del planeta al hacer que la luz solar se refleje hacia el espacio.

### Albedo

Los científicos usan una medida llamada albedo para describir qué tan reflectante es una superficie. El albedo de un objeto es la relación entre la radiación reflejada y la radiación entrante. Una superficie que absorba toda la radiación tendría un albedo de 0 y una superficie que refleje toda la radiación tendría un albedo de 1.

Un derretimiento creciente de los glaciares alpinos y continentales, así como del hielo marino afecta el balance de radiación de la criósfera.

El albedo disminuye porque el suelo o las aguas abiertas absorben más radiación solar, lo que provoca un calentamiento adicional.



Además, el derretimiento de la nieve puede resultar en un cambio adicional en el albedo debido a cambios en la vegetación. Un bosque o la roca, por ejemplo, tienen un menor albedo que la nieve, lo que podría generar un mayor calentamiento (ver gráfica arriba). También se espera que el deshielo del permafrost produzca cambios en el albedo a medida que esas áreas se sequen o se inunden.

### Circulación oceánica

El derretimiento del hielo también puede alterar la salinidad del agua del mar a medida que se agrega agua dulce al océano. Dado que el agua dulce es menos densa que el agua del mar, el resultado sería un océano menos denso. Como la circulación de los océanos depende de la temperatura y de la salinidad (por eso se llama técnicamente circulación termohalina), al tener una menor salinidad se pueden alterar las principales corrientes oceánicas que transportan el calor a través del océano.

### Deshielo del permafrost

Otro efecto de retroalimentación es el deshielo del permafrost debido al calentamiento global que hace que las grandes cantidades de carbono y metano almacenados en este suelo congelado se liberen a la atmósfera. Se estima que el carbono secuestrado en el permafrost representa aproximadamente el doble del presente en la atmósfera.



## Qué deberían saber sus estudiantes

En países tropicales, la nieve o el hielo resultan en muchos casos desconocidos. Muchas personas pasan su vida sin conocer un glaciar de montaña (nevado). Sin embargo, para comprender y actuar contra el cambio climático es necesario reconocer al planeta Tierra como un sistema global que trasciende fronteras.

Aunque parezca que lo que pasa en el Ártico o en la Antártida no nos afecta, las consecuencias del calentamiento global en la criósfera impactan a todo el planeta. Por esto, se espera que sus estudiantes puedan comprender esta problemática desde una perspectiva global.

Sus estudiantes deberán tener algunos conocimientos previos para poderse involucrar en las actividades de aprendizaje previstas.

Deben, por ejemplo, ser conscientes de que un grado hace la diferencia entre congelar y derretir el agua, por lo que un ligero aumento de temperatura global del planeta puede hacer la diferencia entre el estado sólido y el líquido en muchas regiones.

Es bueno revisar previamente que tengan alguna idea de cómo la energía se distribuye en el planeta según la latitud para que reconozcan que las zonas con latitudes muy altas son usualmente muy frías.



Fuente: <https://pixabay.com/>



## Cómo planear la lección



### Inicio de la lección

Empiece la lección mostrando una imagen de un mapamundi o un globo y llamando la atención sobre los polos y las regiones cercanas a los polos.

Pregunte a sus estudiantes:

¿cómo piensan que es el clima en estas zonas del mundo?

Las niñas y los niños deberían reconocer que se trata de lugares fríos, algunos pueden hablar de la nieve o del hielo.

Indague sobre otros lugares en los que saben o creen que puede haber nieve o hielo. Es posible que algunos estudiantes hablen de las montañas altas o de lugares en el mundo en donde durante una época del año hace tanto frío que cae nieve.

Explique que aproximadamente un 10% de la superficie terrestre está cubierta permanentemente de hielo y que, durante el invierno en las latitudes altas, cerca de una tercera parte de nuestro planeta está cubierto de nieve y de hielo. Estas zonas en conjunto se conocen como criósfera, que viene de kryos, una palabra en griego que significa frío, helado o congelado.

Escriba la palabra en el tablero o en una cartelera y subraye la raíz “crio”. Escriba debajo congelado o frío.

Ahora cuestione a sus estudiantes sobre cómo se relaciona esto con el cambio climático. Probablemente le dirán que el aumento de la temperatura en el planeta está haciendo que ese hielo se derrita y esto está aumentando el nivel del mar.

Si ya han trabajado la ficha 4, seguramente reconocerán que el aumento del nivel del mar se debe también a la dilatación térmica del agua y que este derretimiento es otra contribución al aumento del nivel del mar.

Indique a la clase que realizarán una experiencia para modelar la contribución del derretimiento del hielo al aumento del nivel del mar. Para esto deben primero saber que el hielo en el planeta se puede formar de dos formas diferentes.

Muestre de nuevo el mapamundi y llame la atención sobre Groenlandia y el continente de la Antártida. Explique que las capas de hielo en estos lugares se forman por la caída de nieve que se va acumulando a lo largo de miles de

años. Así también se forman los picos nevados de las montañas altas.

Además, cerca al Ártico y la Antártida, las temperaturas son tan frías que el agua de mar se congela, este es el hielo marino que se conoce como banquisa, y flota sobre el océano.

## Desarrollo de la lección

Para la actividad que van a realizar, pida a sus estudiantes que formen grupos de 4 ó 5 integrantes y que designen a una persona responsable de los materiales. Esta persona deberá ir al centro de distribución y obtener los materiales descritos en el anexo A. Para la actividad deben modelar los dos tipos de hielo que acaba de mencionar. Un hielo estará sobre la plastilina, simulando el hielo terrestre que se forma por la acumulación y compactación de la nieve y otro hielo estará flotando en el recipiente simulando la banquisa.

Permita que los grupos trabajen en las primeras partes del anexo, que hagan el montaje y tomen los datos iniciales. Ahora deberán dejar sus montajes al Sol para que los hielos se derritan.

Mientras esto ocurre, reúna de nuevo al grupo para hacer una demostración sobre el albedo. Si es un día soleado puede salir al patio y pedir a los estudiantes que experimenten por sí mismos esta sensación y hacer el montaje.

Haga un círculo con la clase y pregunte si han tocado un mismo tipo material, pero con dos colores diferentes como blanco y negro, en un día soleado, ¿cómo se siente?

Explique que van a ver cómo se comportan diferentes superficies al recibir la luz del Sol. Corte las fotografías del Anexo B y pida que le indiquen cuál piensan que se sentiría más caliente y cuál menos. Organice las fotografías según el orden que le dijeron sobre el piso y explique que van a medir la temperatura para comprobarlo.

Puede usar un termómetro infrarrojo para tomar la temperatura de cada fotografía. Haga el registro y anote la temperatura en un pedazo de papel que pondrá al lado de cada foto.

Pregunte a la clase por qué piensan que las temperaturas son diferentes.

Permita que sus estudiantes propongan ideas, llamando la atención sobre que, en este caso, aunque las fotografías muestren objetos con composiciones diferentes (plantas, agua, hielo, etc.), todas son impresiones en papel, es decir todas tienen la misma composición.

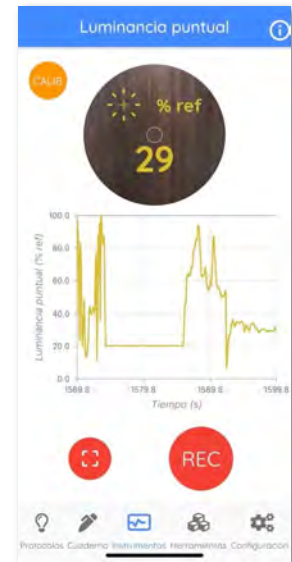
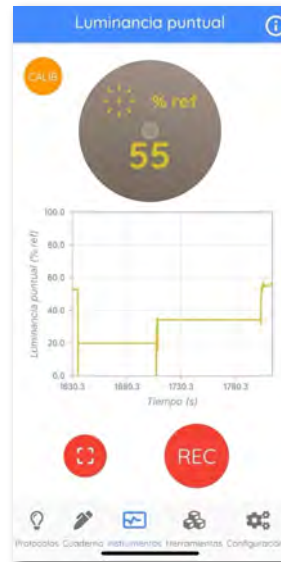
Vuelva sobre el ejemplo de los autos blancos y negros que mencionó al comienzo y ayúdeles a pensar que el color puede tener algo que ver.

Muchas superficies del entorno sirven para experimentar el efecto de albedo. Por ejemplo un auto blanco y uno negro puestos a los rayos del Sol.

Presente la aplicación FIZZIQ que descargó previamente en su celular y demuestre con una cartulina negra y una blanca cómo medir la cantidad de luz reflejada por cada superficie.

La aplicación usa los sensores de los teléfonos celulares para medir variables del entorno. Los celulares pueden utilizar la cámara para funcionar como un instrumento de medición de intensidad de luz o luxómetro.

**Nota:** diferentes tipos de celulares pueden funcionar de manera distinta con la misma aplicación. Haga pruebas previamente para ver la distancia y calidad de las fotos que hacen más evidente las diferencias.



Indique que para comparar las mediciones se deben tomar los datos a la misma distancia. Use algún objeto del salón como un cuaderno o una regla para determinar a qué distancia se pondrá el celular de la fotografía. Invite a alguien a hacer la primera medición y registre el nivel de luz en un trozo de papel. Haga lo mismo con las otras tres fotografías y luego pida a la clase que se fije en los datos que acaban de recoger.

Deberán notar que las superficies más oscuras reflejan una menor cantidad de luz y absorben más, calentándose más.

Indique que eso mismo pasa con el planeta Tierra y que ciertas superficies, como la nieve y el hielo, es decir la criósfera, reflejan mucha luz y ayudan a que el planeta esté menos caliente. Guarde las fotografías y los papeles con los datos de temperatura y porcentaje de luz reflejada para usarlos en el cierre.

Ahora es tiempo de volver a ver los montajes del anexo A. Pida a los grupos que revisen sus montajes y terminen las preguntas del anexo. Cuando hayan terminado reúna a la clase para el cierre.

## Cierre de la lección

Reúna a la clase para revisar las dos experiencias que acaban de hacer. Empiecen con el anexo A. Como pudieron ver, mientras que el derretimiento del hielo que se ha formado sobre la tierra por acumulación de nieve, como el de los glaciares de Groenlandia y la Antártida, afecta el nivel del mar, el derretimiento del hielo que se ha formado por el congelamiento del agua del mar y que flota sobre el océano no afecta el nivel del mar.

Pero esto no quiere decir que el derretimiento del hielo marino no tenga consecuencias en el clima del planeta. Si ya han trabajado la sobre la unidad de los océanos, recordarán que las diferencias de temperatura facilitan la circulación del agua, por lo que al derretirse este hielo se afectan las corrientes marinas.

Pero el derretimiento del hielo en el planeta tiene otros efectos además del aumento del nivel del mar y el cambio en las corrientes. Como vieron en la demostración, las superficies claras (como la nieve y el hielo) reflejan una mayor cantidad de luz y por lo tanto se calientan menos.

Recuerde a sus estudiantes que esta propiedad de los materiales se conoce como **albedo**. Escriba la palabra en el tablero e indique que describe la energía reflejada por una superficie. Recuerde el trabajo con la unidad de efecto invernadero en la que se veía que una parte de la energía del Sol era reflejada por el planeta. Como el hielo y la nieve tienen un albedo alto, ayudan a reflejar una buena cantidad de energía del Sol haciendo que el planeta se caliente menos.

A medida que se derrite el hielo y la nieve de la Tierra, el albedo de la superficie del planeta disminuye y por lo tanto se refleja menos energía solar, de modo que más energía es absorbida y entonces el planeta se calienta más.

Empiece a construir un gráfico de anclaje en el que se vean los procesos que acaban de revisar.

Invite a pensar en cómo el derretimiento de la criósfera nos puede afectar directamente. Puede mostrar una imagen como la que se presenta a continuación que muestra el retroceso del glaciar Nevado del Cocuy entre 1995 y 2015. Pregunte a sus estudiantes:

¿qué impacto puede tener esto para la gente que vive cerca del glaciar?, y ¿para los animales o plantas?

Promueva una discusión en la que se reconozca que los pocos nevados tropicales están desapareciendo y que esto afecta a las personas que usan el agua de deshielo del glaciar, así como a las plantas y animales que viven en esta zona.



Tomado de: <https://www.elcolombiano.com/especiales/antologia-periodistica/la-inminente-desaparicion-de-los-seis-nevados-del-pais-EY7540107>

Puede presentar esta tabla desarrollada por el IDEAM en la que se evidencia el cambio en la cobertura de glaciación del país.

Periodo	Área (km <sup>2</sup> )
±1850	349
50's	110
80's	91
90's	68
2010	47
2016	40
2017	38
2019	36
2020	34.85

Periodo	Porcentaje de pérdida (km <sup>2</sup> )
±1850 a 50's (100 años)	69%
50's a 80's (30 años)	17%
80's a 90's (10 años)	25%
90's a 2010 (20 años)	30%
50's a 2020 (70 años)	68%
80's a 2020 (40 años)	62%
2010 a 2020 (10 años)	26%
2019 a 2020	3.5%

Fuente: IDEAM, 2021

Invite a la clase a ver la disminución y si lo considera pertinente, pídeles que construyan una gráfica con los datos de área para ver más fácilmente el cambio. Esto ayudará a sus estudiantes a visualizar la magnitud de la pérdida y puede ser una buena oportunidad para practicar sus habilidades para representar y organizar datos.

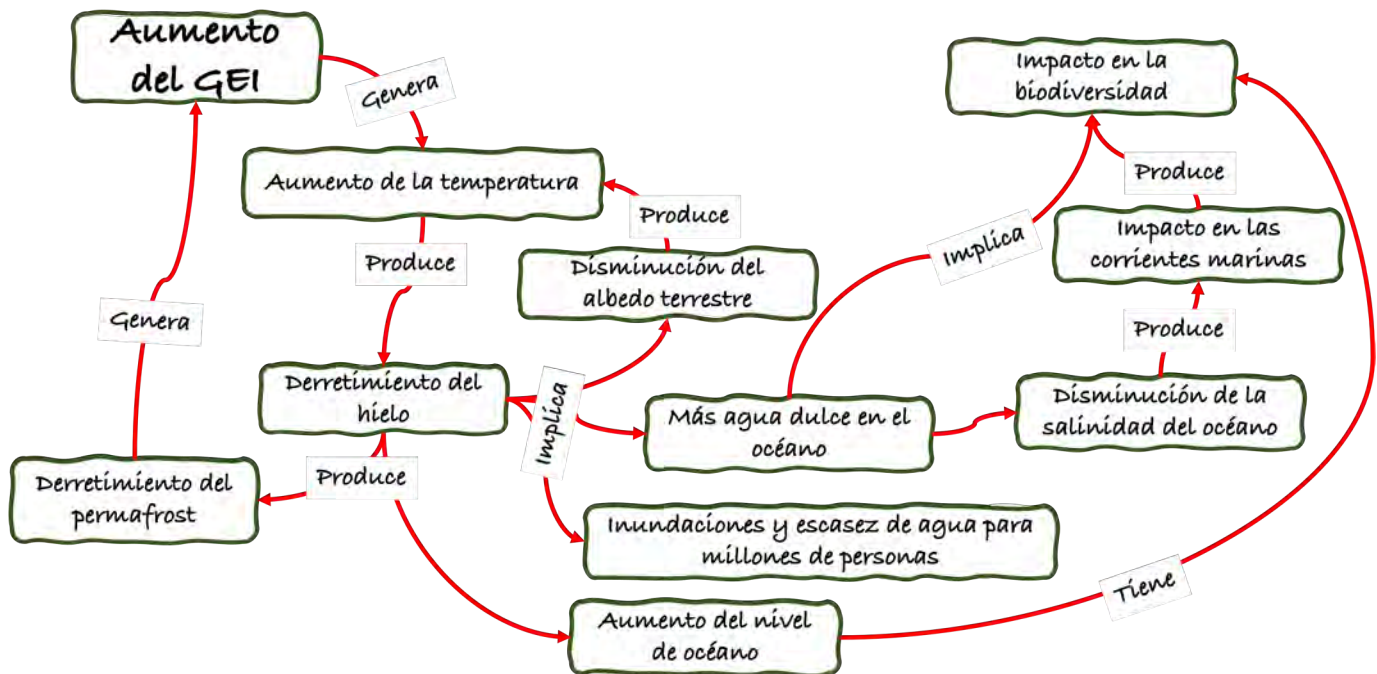
Complete esta información en el gráfico de anclaje y para cerrar pida a sus estudiantes que en sus propias palabras escriban un párrafo corto en el que expliquen cómo los efectos del cambio climático en la criósfera los pueden afectar.

Invite a algunas personas a que voluntariamente compartan su escrito como reflexión final.

Presente la glaciología como carrera en STEM y proponga a sus estudiantes buscar los nombres y biografías de los investigadores locales en esta especialidad.

## Gráfico de anclaje

Una forma de ayudar a los estudiantes a ver la complejidad de las interacciones entre los diferentes componentes del planeta es hacer diagramas o esquemas que resuman lo aprendido en la lección. Estos esquemas se llaman comúnmente gráficos de anclaje porque sirven para enlazar ideas importantes y ayudar a los estudiantes a construir sobre esto



## Glosario

1. **Banquisa:** capa de hielo marino flotante que se forma en los océanos polares.
2. **Permafrost:** capa de suelo que ha permanecido congelada al menos durante 2 años consecutivos.
3. **Albedo:** se refiere a la proporción de luz o radiación que es refleja por una superficie.



## Conexión con carreras en STEM



Le recomendamos ver este video, enlazado en el código QR anterior, con sus estudiantes para aprender sobre diferentes profesiones que trabajan para entender el clima y luchar contra el cambio climático. Luego de verlo, invite a la clase a discutir lo que más les llama la atención y promueva una reflexión sobre opciones de vida en ciencia y tecnología.

La geología es una profesión científica que se encarga de estudiar los procesos internos y externos de la Tierra. Quienes se dedican a esta disciplina estudian aspectos tan diversos como las rocas y los volcanes.

La geología es muy importante para la exploración de yacimientos de minerales, pero también para entender cómo se formó nuestro planeta y cómo ha cambiado a lo largo de su historia.

Las personas que se dedican a la geología desempeñan un importante papel en la comprensión de fenómenos naturales como los terremotos o los tsunamis.

Algunas personas que se dedican a la geología o a las ciencias de la tierra se pueden especializar en glaciología. Una ciencia dedicada al estudio de los fenómenos actuales y pasados del agua congelada del planeta. Desde las capas de hielo de la Antártida hasta los nevados colombianos, estas personas buscan comprender cómo está cambiando la criósfera y qué podemos aprender del pasado en estos gigantes de hielo.

En este video, la geocientífica Adriana Ariza nos habla de su profesión y cómo sus investigaciones la llevaron hasta la Antártida.



Esta foto de autoría propia



## Anexos

### Anexo A: El hielo se derrite

#### ● Materiales:

- 2 recipientes plásticos del mismo tamaño (tipo ensaladera o bol) transparentes
- 2 cubos de hielo
- Plastilina
- Marcador
- Agua

#### ● Descripción de la actividad

Cerca del 10% de nuestro planeta está cubierto permanentemente de hielo o nieve, pero debido al incremento acelerado de temperatura que está sufriendo el planeta por el aumento de GEI en la atmósfera, este hielo se está derritiendo.

Este hielo se forma por dos mecanismos diferentes. Una parte del hielo se forma mediante la acumulación de nieve que se va compactando por el peso a lo largo de miles de años como en los glaciares, y otra parte se forma por el congelamiento de agua marina.

En este modelo vamos a ver cómo afecta el derretimiento de estos dos tipos de criósfera al nivel del mar.

Para esto deberán hacer dos montajes como se muestran a continuación.

#### Montaje 1. Hielo marino

Agregar una taza de agua al recipiente plástico y poner un cubo de hielo en el agua. Con el marcador señalar el nivel del mar en el exterior del recipiente.



#### Montaje 2. Hielo en un glaciar

Poner una montaña de plastilina pegada al fondo del recipiente plástico y agregar una taza de agua de modo que la montaña de plastilina sobresalga. Luego poner un cubo de hielo sobre la plastilina y con el marcador señalar el nivel del mar en el exterior del recipiente.



Pongan los dos recipientes al Sol y respondan las siguientes preguntas.

¿Qué esperan que pase con el nivel del agua en el recipiente del montaje 1?

---

---

---

---

¿Qué esperan que pase con el nivel del agua en el recipiente del montaje 2?

---

---

---

Dejen derretir todo el hielo y vuelvan a medir.

¿Qué observaron en el recipiente 1?

---

---

---

¿Qué observaron en el recipiente 2?

---

---

---

---

¿Cómo pueden explicar estas observaciones?

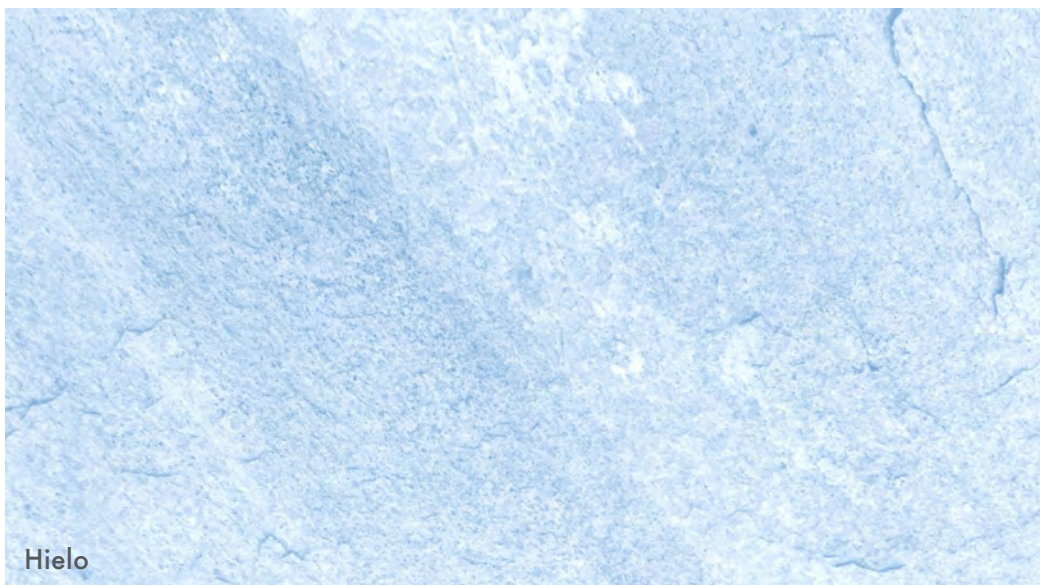
---

---

---

## ANEXO B: El albedo

Imprimir a todo color estas imágenes y recortarlas para la demostración sobre el albedo. Si no cuenta con una impresora puede usar cartulinas o papel de colores similares. Trate de que sea el mismo papel para cada caso.





## UNIDAD 6

# Cambio climático y el suelo



## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

2 sesiones de 45 minutos

### Resumen de la unidad

Los estudiantes trabajarán en torno al suelo para entender cómo este afecta y se ve afectado por el cambio climático. Además, realizarán algunas experiencias que les permitirán comprender mejor el rol del suelo en la regulación del clima.

### Comprensiones y aprendizajes esperados

- Reconocer la importancia de la tierra y en particular del suelo para nuestra vida.
- Identificar algunos efectos del cambio climático en las propiedades y funciones del suelo
- Comprender que las actividades humanas que degradan el suelo pueden afectar al clima

### Materiales requeridos y preparación previa

#### Para cada grupo de 4 estudiantes:

- 3 muestras de suelo diferente (una de un jardín, otra de un potrero y otra de un lugar deforestado o degradado)
- 3 vasos plásticos medianos con agujeros en el fondo
- 3 vasos plásticos grandes,
- 1 jarra medidora o probeta
- Agua
- 1 cronómetro
- 2 bandejas plásticas del mismo tamaño
- 1 ventilador (pueden usar solo uno y pasar por turnos para compartirlo con los otros grupos)
- 1 regadera para poner agua
- 1 bolsa plástica de basura para proteger el piso del salón
- 2 bloques del mismo tamaño para poner las bandejas ligeramente inclinadas

## GRAN IDEA

El suelo proporciona muchos bienes y servicios, incluida la regulación del clima mediante el ciclo de carbono. El cambio climático y las acciones humanas afectan el suelo y los servicios que este provee.



## Información para el docente



### El suelo y sus servicios

El suelo es una delgada capa sobre la tierra en la que pueden crecer las plantas. Está compuesto por material inorgánico y orgánico:

- Entre el inorgánico se encuentran partículas de roca, arena y arcilla, al igual que aire y agua que se encuentra en los poros.
- El orgánico incluye restos vegetales, así como organismos que lo habitan (animales, bacterias y hongos).

El suelo es el entorno en el que crecen las plantas; les proporciona calor, nutrientes y agua. Las plantas que crecen en el suelo proporcionan un hábitat valioso y fuentes de alimento para animales y microorganismos, formando ecosistemas. Los ecosistemas dependen del suelo, y este puede ayudar a determinar en dónde se pueden encontrar. Los microorganismos del suelo convierten los restos y desechos orgánicos en productos que pueden ser reutilizados por los seres vivos. La descomposición permite que haya elementos disponibles para la nutrición de plantas y otros organismos. En el suelo también hay microorganismos que fijan nitrógeno atmosférico y lo transforman en sustancias que pueden ser usadas por otros seres vivos.

El suelo es el hogar de más de una cuarta parte de todas las especies vivas en el planeta Tierra. Se dice que una cucharadita de suelo de jardín puede contener miles de especies, millones de individuos y cien metros de redes de hongos. Con esta gran biodiversidad, los microorganismos del suelo pueden ser una importante fuente de recursos químicos y genéticos. Por ejemplo, pensemos en la penicilina, aislada del hongo del suelo de género *Penicillium* por Alexander Fleming en 1928, y en la estreptomycin, derivada en 1944 de una bacteria que vive en el suelo tropical.

Una buena estructura del suelo permite que el agua se mueva hacia abajo más rápido, disminuyendo el flujo superficial y evitando las inundaciones. Cuando llueve, el suelo actúa como una esponja, absorbiendo el agua. Luego de esto, el agua puede ser usada por plantas, microorganismos y otros seres vivos, o moverse hacia los acuíferos y lagos subterráneos, desde donde puede fluir hacia arroyos y ríos antes de llegar finalmente al océano. Si la lluvia tiene contaminantes nocivos, el suelo actúa como filtro. Los contaminantes son capturados por las partículas del suelo y el agua sale más limpia en los acuíferos y ríos.



Esta foto de Autor desconocido bajo licencia CC BY-SA-NC

### El suelo y el clima

El papel de los suelos en la regulación del clima está determinado por la emisión y el secuestro de gases de efecto invernadero (GEI) y también por impactos en retroalimentaciones biofísicas como el albedo y la evapotranspiración. Los suelos del mundo constituyen un gran depósito de reservas de carbono terrestre, es decir son un sumidero de carbono. Después de los océanos, el suelo es el segundo sumidero natural de carbono más grande, superando a los bosques en su capacidad para capturar dióxido de carbono del aire.

Estas reservas incluyen tanto carbono orgánico como inorgánico y son un componente importante del ciclo global del carbono. El secuestro de carbono del suelo es un proceso en el que el CO<sub>2</sub> se almacena en la reserva de carbono del suelo mediado principalmente por las plantas a través de la fotosíntesis. El carbono almacenado en forma de materia orgánica en el suelo se encuentra en residuos frescos de plantas y macroorganismos, materia en descomposición y humus. Este último es una forma estable de materia orgánica que permite almacenar carbono por largos periodos de tiempo.

El suelo también puede influir en el clima en una escala más pequeña. Los suelos que son más húmedos retienen el calor y estabilizan el entorno de los cambios de temperatura más que los suelos más secos. La variación natural en las propiedades del suelo puede conducir a áreas con mejor almacenamiento de humedad y calor que sus alrededores. Los suelos también son importantes en los ciclos hídricos regionales que a su vez pueden afectar las tasas de evapotranspiración y, por lo tanto, afectar hasta cierto punto el clima local.

Los suelos pueden ejercer otros efectos físicos sobre el clima a través de la alteración del albedo. Este impacto está determinado por como las propiedades del suelo y su cobertura influyen en la oscuridad de la superficie terrestre. Por ejemplo, la pérdida de vegetación en grandes extensiones puede disminuir el albedo y en consecuencia el aumento de la energía solar capturada por la Tierra.

## **Degradación del suelo**

La degradación del suelo se define como una reducción o pérdida de la productividad biológica o económica y de la complejidad del suelo. Alrededor de una cuarta parte de la superficie terrestre libre de hielo está sujeta a la degradación inducida por el ser humano. La degradación del suelo incluye la erosión, la salinización, la compactación y formación de costras y el anegamiento con un movimiento de agua deficiente.

Las principales causas de la degradación del suelo son las malas prácticas agrícolas que agotan ciertos nutrientes; el riego ineficiente, que afecta negativamente la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes; las prácticas de cultivo agresivas como el arado profundo y la labranza pesada que debilitan los agregados del suelo, el mal uso de los fertilizantes que puede afectar a los organismos beneficiosos a través de desequilibrios de nutrientes, la contaminación ambiental, el pastoreo excesivo y la tala de bosques que destruye la cubierta vegetal protectora de la tierra.

Cuando el suelo se degrada, el carbono orgánico del suelo puede liberarse a la atmósfera, junto con el óxido nitroso, lo que hace que la degradación del suelo sea uno de los mayores contribuyentes al cambio climático. En este fenómeno se ha perdido una parte importante del carbono que se encontraba capturado en el suelo.

La función del suelo se está perdiendo cada vez más rápido debido a prácticas de manejo insostenibles, lo que impacta a todos los procesos y servicios que obtenemos de este.

Estas fotos de Autor desconocido bajo licencia CC BY-SA-NC





Esta foto de Autor desconocido bajo licencia CC BY-SA-NC

## Efectos del cambio climático en el suelo

El cambio climático afecta a los suelos de diversas formas. Los extremos de calor influyen en el ciclo del carbono al cambiar los flujos de CO<sub>2</sub> entre los ecosistemas y la atmósfera, y combinados con eventos de sequía resultan en una reducción del sumidero de carbono del suelo, ya que la productividad primaria bruta se reduce considerablemente y la respiración de los organismos del ecosistema es mayor, dado el aumento de la temperatura.

El cambio climático exagera la degradación del suelo, particularmente en áreas costeras bajas, deltas de ríos, zonas secas y áreas de permafrost.

La desertificación, que es la degradación del suelo en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas está aumentando debido a que las tendencias de calentamiento sobre las tierras secas son el doble del promedio mundial. Por lo tanto, se estima que un clima más cálido dará lugar a aumentos regionales en la extensión de las tierras secas.

Se espera que un clima más cálido intensifique el ciclo hidrológico a medida que facilita que haya más vapor de agua en la atmósfera. Se ha documentado un gran número de eventos de lluvia extrema en las últimas décadas que implican un aumento de las inundaciones superficiales y la erosión del suelo, un aumento del estrés hídrico de las plantas y una menor seguridad hídrica (disponibilidad de agua para las necesidades de una comunidad)

**El enverdecimiento:** Desde que se empezaron a usar satélites para observar el planeta, se ha visto un aumento global en la actividad fotosintética de la vegetación, lo que se conoce como enverdecimiento, en el sur de la Amazonía, el sur de Australia, el Sahel, África Central, la India y el este de China. Este enverdecimiento se ha atribuido a factores directos como la gestión del uso humano de la tierra, así como a factores indirectos como la fertilización por CO<sub>2</sub>, el cambio climático y la deposición de nitrógeno.

El enverdecimiento medido es un producto de los datos de radiancia recibidos por los satélites y, como tal, no proporciona información sobre los indicadores de salud de los ecosistemas, como la composición y riqueza de las especies, la ausencia de enfermedades, el vigor, la resiliencia del sistema y los diferentes componentes de los ecosistemas.

Dentro de la tendencia mundial también se detectan disminuciones regionales en la actividad fotosintética de la vegetación, o pardeamiento, en el norte de Eurasia, el suroeste de los Estados Unidos, los bosques boreales en América del Norte, Asia interior y la cuenca del Congo, en gran parte como resultado de la intensificación del estrés por sequía. Desde finales de la década de 1990, las tasas y los grados de pardeamiento han excedido los del enverdecimiento en algunas regiones, cuyo resultado colectivo ha sido una desaceleración de la tasa mundial de enverdecimiento



Carátula reporte investigación realizada por la Universidad de Boston  
Remote Sensing of Vegetation Leaf Area

## Usos de la tierra y clima

El cambio del uso de la tierra es cualquier forma en la que los humanos modificamos el paisaje natural. Algunos cambios implican una destrucción permanente, como la construcción de ciudades. Otros, como el abandono de tierras de cultivo y la restauración forestal, pueden intentar reparar daños.

Los cambios en el uso de la tierra transforman el paisaje y pueden contribuir a la degradación del suelo. Uno de los cambios más evidentes es la deforestación y la pérdida de áreas naturales como praderas o humedales, que puede alterar los servicios ecosistémicos que estos proveen, incluyendo su capacidad de actuar como sumideros de carbono y de regular el clima global y local.



Esta foto de Autor desconocido bajo licencia CC BY-SA-NC

### ● La deforestación

Los árboles absorben dióxido de carbono de la atmósfera y liberan oxígeno durante la fotosíntesis, pero también llevan a cabo el proceso opuesto, la respiración. Sin embargo, cuando los bosques están creciendo, la fotosíntesis supera la respiración y el carbono sobrante se almacena en los troncos y raíces de los árboles, así como en el suelo. Cuando se talan los bosques, buena parte del carbono almacenado se libera nuevamente a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub> debido a la descomposición o a la quema. Así es como la deforestación y la degradación forestal contribuyen al calentamiento global.

La deforestación también afecta el clima local. La deforestación disminuye la evapotranspiración localmente, lo que tiene un impacto en la disminución de lluvias locales y el aumento de la temperatura, pero también puede tener otros impactos al interactuar con sistemas oceánicos a escalas más regionales. Por ejemplo, la deforestación en Brasil hace que la superficie deforestada se caliente al quedar expuesta a los rayos del sol y esto aumenta el gradiente de temperatura con el océano, promoviendo corrientes húmedas que terminan aumentando la precipitación en algunas partes del continente. La conversión de bosques primarios a bosques gestionados, la tala ilegal y la gestión forestal no sostenible pueden tener efectos físicos adicionales en el clima regional, incluidos los derivados de los cambios de albedo (fracción de luz solar reflejada por la superficie) y la evapotranspiración.



Esta foto de Autor desconocido bajo licencia CC BY-SA-NC

## ● La urbanización

A medida que las ciudades crecen hacia el exterior, la expansión urbana a menudo invade las áreas circundantes, incluidas las tierras agrícolas, los bosques y otras áreas naturales. Cuando las tierras de cultivo se pierden debido al crecimiento urbano, puede haber una presión adicional para convertir áreas naturales en tierras de cultivo para aumentar la capacidad agrícola. La urbanización aumenta la temperatura media anual del aire superficial en las ciudades y en sus alrededores debido al cambio en el albedo, a los materiales utilizados, a la falta de circulación de aire y al calor generado por el uso de la energía (por ejemplo, del transporte). Este fenómeno se conoce como el efecto de isla de calor urbana que hace que las olas de calor sean más intensas en las ciudades, particularmente por la noche. Además, a pesar de que solo cubren el 0,4-0,9% de la superficie terrestre, un poco más de la mitad de la población humana vive en pueblos y ciudades, que generan alrededor de tres cuartas partes de las emisiones globales de carbono por el uso de energía.



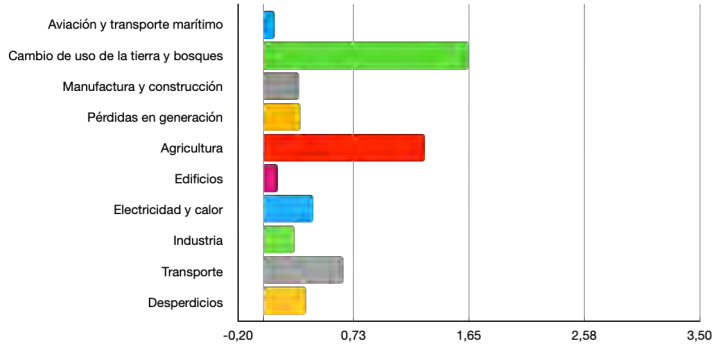
## Usos de la tierra y GEI

El uso de la tierra y la calidad del suelo son factores críticos en el cambio climático. Aunque a nivel global el sector que más impacto tiene en la producción de gases de efecto invernadero es la producción y consumo de energía debido a la quema de combustibles fósiles; la agricultura y el cambio en el uso de la tierra son globalmente el segundo sector con más emisiones, y en algunos países representan incluso el sector que más emite.

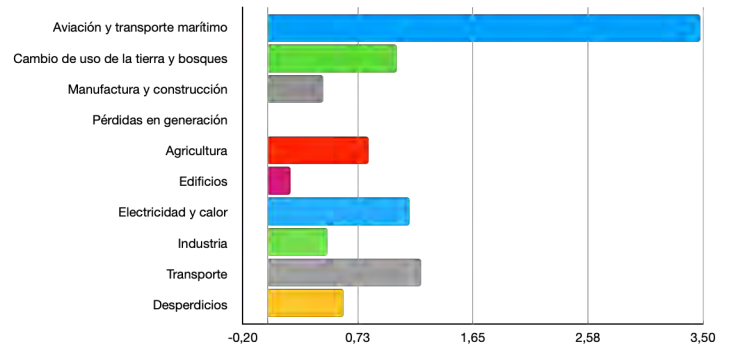
El cambio en el uso del suelo y la agricultura son grandes emisores en países como Colombia y Brasil, pero al mismo tiempo; pueden ser una alternativa para aumentar la captura de carbono, ya sea porque se plantan árboles o porque se protegen ecosistemas que almacenan carbono, como se puede observar en la gráfica de República Dominicana.

Por ello es importante que cada país examine su contribución a la reducción de los GEI desde su propia realidad. En Colombia, por ejemplo, el potencial de mitigación más alto está en el uso de la tierra y la agricultura, porque son los sectores que más gases emiten, aunque también puede ser apropiado buscar alternativas a las termoeléctricas con otras fuentes de energía como la solar y la eólica, pero no sería una prioridad reemplazar la generación actual con hidroeléctricas dada su muy baja producción de GEI en operación.

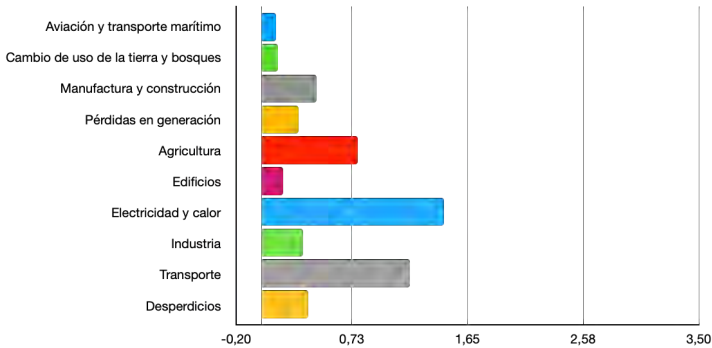
En las siguientes gráficas se pueden observar las emisiones por actividad en diferentes países de Latinoamérica y lo que sucede a nivel mundial.



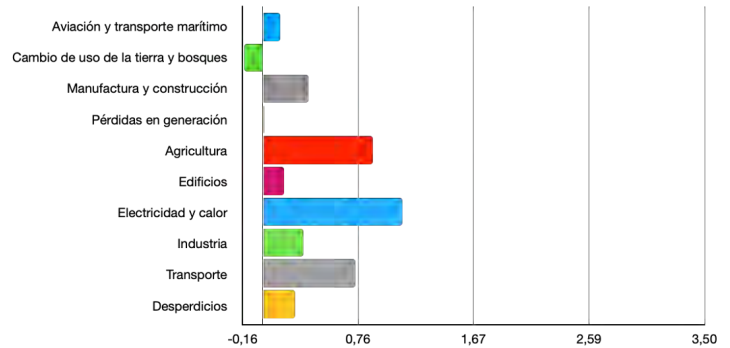
**Colombia**  
(Toneladas per cápita - Datos: ourworldindata-2019)



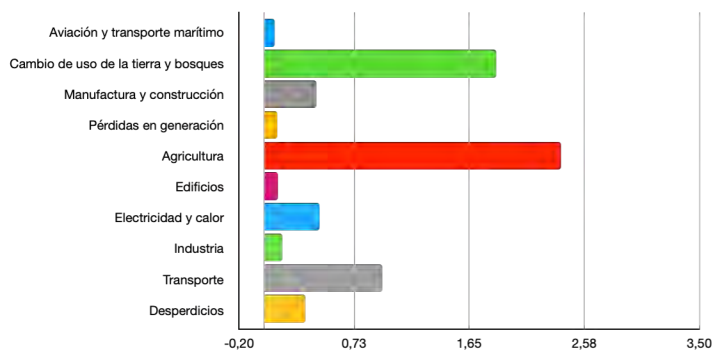
**Panamá**  
(Toneladas per cápita - Datos: ourworldindata-2019)



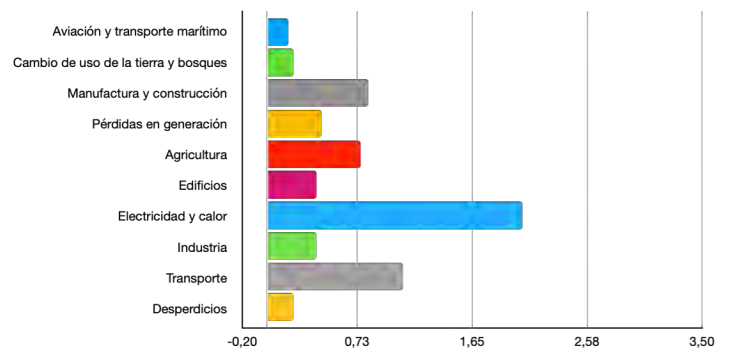
**México**  
(Toneladas per cápita - Datos: ourworldindata-2019)



**República Dominicana**  
(Toneladas per cápita - Datos: ourworldindata-2019)



**Brasil**  
(Toneladas per cápita - Datos: ourworldindata-2019)



**Mundial**  
(Toneladas per cápita - Datos: ourworldindata-2019)

## Mantener suelos saludables para actuar por el clima

La forma en la que cambiamos y usamos el suelo disponible tiene impactos en el clima. Se pueden realizar algunas medidas relacionadas con el suelo que contribuyen a la adaptación al cambio climático, la mitigación y el desarrollo sostenible

### ● Aumentar el carbono orgánico del suelo

Los suelos pueden actuar como tecnologías para la eliminación de dióxido de carbono mediante el secuestro de carbono orgánico del suelo. El objetivo del manejo del suelo para el secuestro de carbono es crear un balance positivo en el cual la entrada de carbono en el suelo (residuos de cultivos, biomasa de cultivos de cobertura, estiércol, compost) sea mayor que la pérdida del suelo (mineralización, erosión, lixiviación, fuego).

Las prácticas de manejo del suelo para crear un balance positivo de carbono incluyen una agricultura de conservación con incorporación de estiércol orgánico y otras enmiendas, perturbación mínima del suelo o ninguna, retención de residuos de cultivos en la superficie del suelo como mantillo, establecimiento de un cultivo de cobertura durante la temporada baja, adopción de rotaciones complejas, e integración de cultivos con árboles y ganado.



Esta foto bajo licencia Wikicommons

### ● Conservar ecosistemas naturales y bosques



Otras opciones incluyen la conservación de los ecosistemas naturales, especialmente aquellos con alto contenido de carbono orgánico del suelo como turberas, humedales, pastizales, manglares y bosques y la restauración de suelos altamente degradados para aumentar la cantidad de carbono en el suelo.

Reducir la deforestación tiene un gran potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Mantener y aumentar la superficie forestal, en particular los bosques nativos en lugar de los monocultivos y las plantaciones de rotación corta, contribuye al mantenimiento de las reservas mundiales de carbono forestal y en el suelo de los bosques. Si bien la reducción de la deforestación y la degradación forestal

puede ayudar directamente a alcanzar los objetivos de mitigación, un ordenamiento sostenible de los bosques destinado a proporcionar madera, fibra, biomasa y recursos no maderables puede proporcionar medios de vida a largo plazo para las comunidades, reducir el riesgo de conversión de los bosques a usos no forestales y mantener la productividad de la tierra, reduciendo así los riesgos de degradación de la tierra. En 2007, el IPCC llegó a la conclusión de que, a largo plazo, una estrategia de ordenación forestal sostenible destinada a mantener o aumentar las reservas forestales de carbono, al tiempo que produce un rendimiento anual sostenido de madera, fibra o energía del bosque, generará el mayor beneficio sostenido de mitigación.

La forestación (conversión en bosque de tierras que históricamente no han contenido bosques); la reforestación



(conversión en bosque de tierras que anteriormente contenían bosques pero que se han convertido para algún otro uso) y la restauración forestal (prácticas destinadas a recuperar la integridad ecológica en un paisaje forestal deforestado o degradado) pueden aumentar el secuestro de carbono tanto en la vegetación como en los suelos. La acumulación de carbono ocurre a tasas más rápidas en los bosques de edad joven o mediana edad y disminuye a partir de ese momento, de modo que los bosques más antiguos tienen una absorción de carbono más pequeña, aunque mayores reservas en su biomasa.

Algunas de estas respuestas tienen efectos inmediatos, por ejemplo, la conservación de ecosistemas con alto contenido de carbono. Otras tardan décadas en obtener resultados medibles

como la aforestación (o crear nuevos bosques) y la reforestación, así como la restauración de ecosistemas, la agrosilvicultura y la recuperación de suelos degradados.

### ● Suelos saludables y adaptación al cambio climático

La gestión del suelo no solo es importante para la mitigación del cambio climático, sino que desempeña un importante papel en la adaptación. Los suelos saludables pueden ayudar a mejorar la resiliencia a eventos climáticos extremos como huracanes, inundaciones y sequías.

El suelo sano tiene mucha materia orgánica y una buena estructura para retener grandes cantidades de agua, reduciendo la escorrentía en tiempos de inundación y preservando más agua para tiempos de sequía. Las raíces vivas en un suelo sano mantienen la capa superior del suelo en su lugar, evitando que se erosione durante las fuertes lluvias o por el viento





## Qué deberían saber sus estudiantes

Esta lección requiere que sus estudiantes tengan algunas ideas previas acerca del ciclo del carbono y que reconozcan especialmente el papel de las plantas y los microorganismos del suelo en el ciclo del carbono.

Es recomendable asegurarse de que para los estudiantes es claro que las plantas capturan  $\text{CO}_2$  mediante la fotosíntesis, pero también expulsan  $\text{CO}_2$  durante la respiración y que solo si la fotosíntesis excede la respiración el carbono se secuestra.

También deben tener claro que superficies diferentes se calientan de forma diferente y que en función de aspectos como el color pueden reflejar más o menos radiación. Esto es el concepto de albedo que se trabaja en la unidad sobre la criósfera.

Es recomendable que hayan trabajado previamente algunos aspectos sobre el suelo y su estructura, de modo que reconozcan que este está formado por partículas de diferentes tamaños, material inorgánico y restos de plantas. Esto les ayudará a entender algunas de las funciones del suelo.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-ND



## Cómo planear la lección

### Inicio de la lección

Empiece indicando el propósito de la lección: ver cómo el clima y el suelo se relacionan. Indague por las concepciones e ideas previas de sus estudiantes acerca del suelo, pregúnteles qué entienden por suelo y qué función piensan que desarrolla este componente del planeta.

Con las ideas de los estudiantes puede construir un gráfico sencillo en el que se evidencie la importancia del suelo para las personas. Sus estudiantes podrán identificar aspectos como el sostén para estructuras humanas, la producción de alimentos y la biodiversidad, pero no necesariamente reconocerán que los suelos tienen un papel en el clima.

Si no lo mencionan invíteles a pensar en qué relación puede tener el suelo con el clima. Lo primero que deberían reconocer es que las plantas y los bosques crecen en el suelo y dependen de este para su salud. Por lo tanto, una forma en la que el suelo se relaciona con el clima es mediante el crecimiento vegetal. Incluya esta información en el cuadro que está construyendo con los aportes de los estudiantes. Si lo considera pertinente puede volver sobre el ciclo del carbono usando algunos de los videos de la lección 3.

Permita a los estudiantes observar dos muestras de suelo (una de suelo rico en materia orgánica, como suelo para jardín y otra de suelo degradado) invíteles a describir la muestra usando aspectos como el color, el olor, la uniformidad o no de las partículas, la presencia de restos vegetales, etc. Explique que los suelos negros como el que están viendo y otros tipos de suelo, pueden contener mucho carbono en forma de materia orgánica y humus, de hecho, los suelos del mundo son el segundo reservorio de carbono después de los océanos y almacenan más carbono que la atmósfera y toda la vegetación del mundo combinadas. Por eso, los suelos son muy importantes en la regulación del clima global.

Invite a la clase a pensar en las diferencias entre las dos muestras que observaron. Motive una discusión sobre la degradación del suelo a nivel global, indicando que la mayoría de los suelos del mundo se han deteriorado por la acción humana y por acciones naturales como la erosión. Incluya esta información en el gráfico de anclaje y continúe preguntando a sus estudiantes qué acciones humanas pueden estar llevando a la degradación del suelo. Si no lo mencionan explique que la agricultura, la quema, la deforestación y la urbanización contribuyen a la degradación del suelo globalmente.

## Desarrollo de la lección

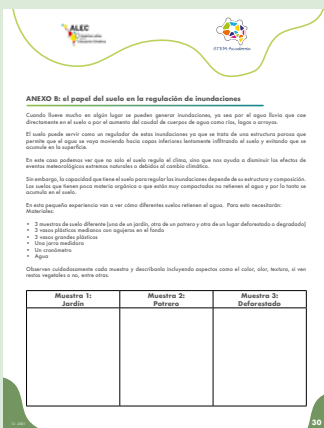
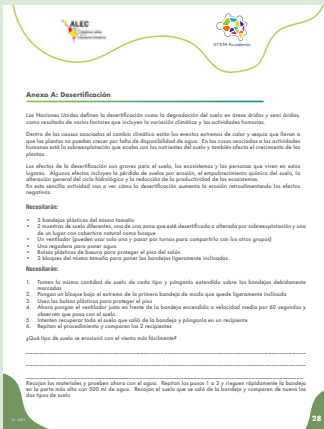
Retome las funciones del suelo que sus estudiantes reconocieron e invite a pensar en las inundaciones y deslizamientos. ¿Por qué se producen estos fenómenos? ¿Qué tiene que ver la estructura del suelo con esto?

Recuerde a la clase que, debido al cambio climático, en algunos lugares del mundo la precipitación está aumentando considerablemente llevando que haya más frecuentemente eventos como lluvias torrenciales que llevan a veces a inundaciones y a deslizamientos de tierra.

Explique que el suelo puede actuar como una esponja y cuando hay mucha lluvia, absorbe el agua para que no se quede acumulada en la superficie. Cuando el suelo está erosionado y tiene menos materia orgánica, tiene menor capacidad de absorber el agua. Para comprender mejor esto, van a trabajar en equipos en el anexo A, en el que compararán la capacidad de retener agua de diferentes tipos de suelo. Cuando los grupos hayan trabajado, reúna a la clase y tome nota de los principales hallazgos.

En una segunda sesión, invite a la clase a pensar en cómo el aumento de la temperatura afecta a los suelos. Empiece explicando que uno de los principales efectos del cambio climático en el suelo es la desertificación. Para entender qué es esto, puede empezar por tratar de inferir algo sobre la palabra. Sus estudiantes pueden concluir que desertificación implica volver desierto algo que no lo es. Llame la atención sobre lo que sus estudiantes saben de los desiertos para reconocer que se trata de lugares muy secos, con poca vegetación, cálidos y con suelos que son prácticamente arena y se erosionan muy fácilmente por la acción del viento. Como ellos infirieron, la desertificación se da en lugares que son naturalmente secos, pero que por el cambio climático se están volviendo tan secos como desiertos. Esto por supuesto afecta a los seres vivos que habitan en estos lugares y a las personas que dependen de estos ecosistemas.

Para saber un poco más sobre la desertificación van a trabajar en grupos en una pequeña exploración descrita en el anexo B. Pida a los estudiantes que se organicen en grupos y entregue una copia del anexo B, junto con los materiales necesarios para el trabajo en grupo. Permita que los grupos desarrollen las actividades propuestas y reúna a la clase para un cierre parcial en el que compartan sus principales conclusiones.



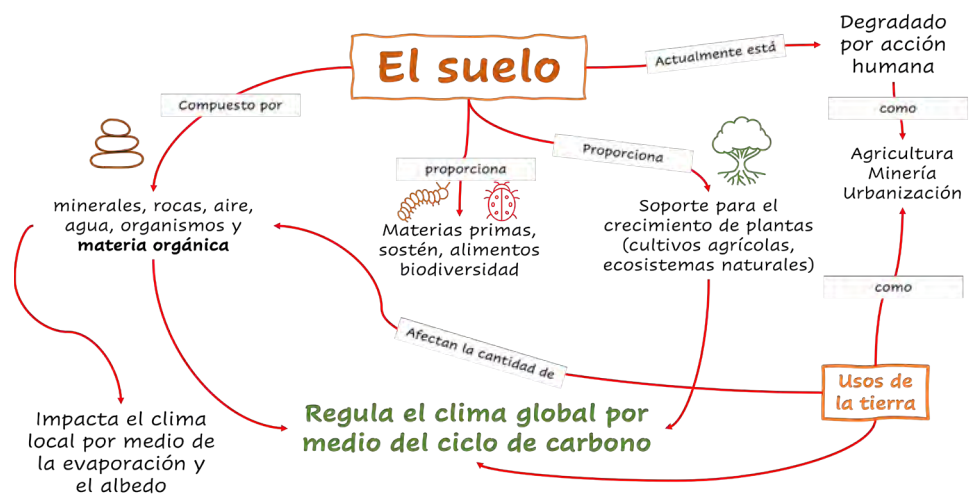
## Cierre de la lección

Reúna a la clase para revisar lo que han aprendido en las dos experiencias anteriores. Empiece volviendo sobre las funciones del suelo y cómo este nos provee diferentes bienes y servicios.

Recuerde lo observado en la experiencia del anexo A, en la que se pudo ver que la calidad del suelo se relaciona con su capacidad de retener agua, por lo tanto, un suelo más saludable, con mayor contenido de materia orgánica, puede evitar las inundaciones en lugares en los que hay mucha precipitación, al absorber el agua e infiltrarla hacia reservorios subterráneos. Los suelos erosionados con poca materia orgánica tienen una estructura que tiene menos capacidad de retener agua y de infiltrarla a capas inferiores, por lo que el agua se acumula en la superficie dañando los cultivos o se desplaza a los lugares en donde habitan las personas. Entonces un suelo saludable no solo almacena carbono, de modo que tiene un efecto directo en el clima global, sino que regula los impactos climáticos, ayudando a las personas a enfrentar las consecuencias del cambio climático

Continúe analizando el hecho de que el calentamiento global está generando la desertificación del suelo en muchos lugares. Anote que este efecto se ve incrementado por prácticas agrícolas inadecuadas, como el uso excesivo de arado, el desvío de cuerpos de agua o la compactación del suelo. Gestionar el suelo para que tenga más estructura y mayor contenido de materia orgánica ayuda a prevenir la erosión.

Incluya esta información en el gráfico de anclaje que ha venido construyendo con sus estudiantes. Este puede verse similar a lo que se observa a continuación:



Como complemento al trabajo sobre el suelo le proponemos que invite a la clase a pensar en cómo la acción humana afecta y transforma el suelo. Pida a sus estudiantes que piensen en cómo ha cambiado la cobertura terrestre en los últimos 50 o 100 años. ¿Qué cosas no existían antes? ¿Qué cosas ya no existen? Esta discusión debería llevarlos a pensar en que el uso del suelo ha cambiado, que los terrenos que eran bosques, por ejemplo, ahora son cultivos o ciudades o que los humedales se han secado para generar lugares de pastoreo. Explique entonces el concepto de uso de la tierra como la forma en que las personas usamos y transformamos el paisaje. Llame la atención sobre el hecho de que estos cambios en el uso de la tierra pueden afectar el clima global, por ejemplo, si implican deforestación o degradación del suelo, porque estas actividades llevan a que el carbono secuestrado en la biomasa de los árboles y en la materia orgánica del suelo se libere hacia la atmósfera.

Continúe discutiendo sobre el cambio en el uso de la tierra pensando en cómo estos cambios afectan el clima local. Llame la atención sobre las ciudades y los centros urbanos.

Indague sobre sus experiencias previas en lugares urbanos y rurales cercanos, ¿han podido comparar cómo se siente la temperatura, la humedad o los vientos en un lugar con muchos edificios en comparación con un lugar cercano, pero sin construcciones humanas?

Para el 2016 más del 80% de las personas en América Latina y el Caribe vivía en ciudades, y este fenómeno ha ido aumentando. ¿Pero qué tiene que ver esto con el clima? La urbanización pone algo de presión sobre el suelo, aunque dado que las ciudades se concentran en una pequeña superficie su impacto no es tan alto. Sin embargo, las construcciones y actividades que se realizan en las ciudades influyen en el microclima de la zona.

Como su nombre lo indica, el microclima se refiere a los patrones de variables atmosféricas en un lugar reducido. Por ejemplo, en una ciudad o en el colegio.

Invite a la clase a que hagan una lista de los edificios, materiales y superficies que pueden encontrar en el colegio, por ejemplo: el salón está hecho de ladrillo, las ventanas de vidrio y metal, la puerta de madera; el patio tiene pavimento; el jardín tiene árboles y pasto; También pueden observar los equipos como la cocina que tiene estufas y hornos o la sala de sistemas que tiene aire acondicionado.

Explíqueles que deberán determinar cómo es la temperatura en diferentes lugares del colegio usando un termómetro infrarrojo. Estos termómetros permiten conocer la radiación térmica, es decir la energía en forma de calor irradiada por un objeto y por lo tanto no requieren estar en contacto directo con la superficie. Su trabajo consiste en recorrer la escuela y tomar la temperatura de las superficies y del aire a un metro de la superficie para ver cómo varían.

¿Hay algún tipo de superficie o estructura en la que la temperatura sea mayor? ¿Hay algún tipo de superficie o estructura en la que la temperatura sea menor?

Explique el concepto de isla de calor urbana indicando que este aumento de temperatura se debe a los materiales que se usan para la construcción y a las estructuras que dificultan las corrientes de aire en las ciudades. Además, el uso de electrodomésticos genera calor como subproducto.

Indíqueles que una forma de disminuir este fenómeno es incluyendo superficies que absorban menos calor o aumenten la humedad, por ejemplo, zonas verdes en los techos o materiales alternativos. Tener mayor área de las ciudades destinada a parques y zonas verdes también ayuda a disminuir el efecto de isla de calor urbana, al aumentar el albedo y la evapotranspiración, dos factores que influyen en el enfriamiento de la superficie. Motiva una discusión para que sus estudiantes puedan pensar en alguna solución para disminuir el fenómeno de isla de calor en la escuela.



Imagen gratuita de PXPHERE

## Glosario

1. **Sumidero de carbono:** es un reservorio natural o artificial que acumula y almacena compuestos químicos de carbono por un periodo largo de tiempo.
2. **Enverdecimiento:** incremento de la vegetación determinada por satélites, debido en gran parte al efecto fertilizante del aumento del dióxido de carbono en la atmósfera.
3. **Productividad primaria bruta:** Energía total fijada por fotosíntesis



## Conexión con carreras en STEM



La agronomía describe un conjunto de ciencias aplicadas a la agricultura. Se basa en conocimientos científicos y tecnológicos, así como sociales y económicos para entender los procesos productivos agrícolas. Quienes se dedican a la agronomía trabajan en diferentes campos: en el manejo del suelo, el mejoramiento de las variedades de las especies usadas, el control sanitario, la sostenibilidad ambiental de los procesos agrícolas, entre otros.

Las personas que se dedican al estudio del suelo trabajan en una especialidad dedicada a esta especialidad, aunque también hay personas de profesiones como biología, geografía o física.

Los suelos del mundo almacenan grandes cantidades de carbono en forma de materia orgánica, pero su degradación debida a las actividades humanas está haciendo que ese carbono sea liberado a la atmósfera contribuyendo al cambio climático. Sin embargo, un suelo gestionado de forma apropiada puede ayudar a mitigar el cambio climático y contribuye a la adaptación. Por eso, la investigación científica sobre el suelo es una forma de actuar por el clima.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-ND



## Anexos

### ANEXO A: El papel del suelo en la regulación de inundaciones

Cuando llueve mucho en algún lugar se pueden generar inundaciones, ya sea por el agua lluvia que cae directamente en el suelo o por el aumento del caudal de cuerpos de agua como ríos, lagos o arroyos.

El suelo puede servir como un regulador de estas inundaciones ya que se trata de una estructura porosa que permite que el agua se vaya moviendo hacia capas inferiores lentamente infiltrando el suelo y evitando que se acumule en la superficie.

En este caso podemos ver que el suelo no solo regula el clima, sino que nos ayuda a disminuir los efectos de eventos meteorológicos extremos naturales o debidos al cambio climático.

Sin embargo, la capacidad que tiene el suelo para regular las inundaciones depende de su estructura y composición. Los suelos que tienen poca materia orgánica o que están muy compactados no retienen el agua y por lo tanto esta se acumula sobre la superficie del suelo.

En esta pequeña experiencia van a ver cómo diferentes suelos retienen el agua.

#### ● Materiales

- 3 muestras de suelo diferente (una de un jardín, otra de un potrero y otra de un lugar deforestado o degradado)
- 3 vasos plásticos medianos con agujeros en el fondo
- 3 vasos grandes plásticos
- Una jarra medidora
- Un cronómetro
- Agua

Observen cuidadosamente cada muestra y descríbanla, incluyendo aspectos como el color, olor, textura, si ven restos vegetales o no, entre otros.

<b>Muestra 1: Jardín</b>	<b>Muestra 2: Potrero</b>	<b>Muestra 3: Deforestado</b>

Ahora deberán hacer un montaje sencillo para ver la capacidad que tiene cada uno de estos suelos para retener e infiltrar el agua.

Para esto deberán poner la misma cantidad de suelo de los diferentes tipos en los vasos perforados y marcar con un trozo de cinta a qué suelo pertenece.

Ahora pongan una medida de agua en la jarra medidora similar al volumen de las muestras de suelos.

Lo importante es que usen la misma cantidad para cada muestra por lo que será más fácil acordar un volumen como 200 ml aproximadamente. Si usan vasos más grandes deberán usar más agua.



Uno de los integrantes del grupo debe encargarse del tiempo, otro deberá poner el agua en los vasos con las muestras de suelo, una tercera persona hará observaciones de la superficie y una última persona se encargará de marcar el nivel del agua en los vasos grandes que soportan a los que tienen las muestras de suelo.

Para ver la cantidad de agua que se infiltra hacia las capas interiores del suelo deberán poner otro vaso plástico transparente o de vidrio bajo el vaso con la muestra como se muestra en la figura de abajo:



Ahora agreguen toda el agua que midieron en la jarra al vaso y contabilicen 60 segundos desde que empieza a caer agua en el suelo.

Una vez hayan transcurrido los 60 segundos marquen el nivel del agua que atravesó el suelo y que se recogió en el vaso de abajo.

Pueden usar la misma jarra medidora para determinar el volumen que quedó abajo.

Este procedimiento se repetirá para las otras muestras de suelo.

## Anexo B: Desertificación

---

Las Naciones Unidas definen la desertificación como la degradación del suelo en áreas áridas y semiáridas, como resultado de varios factores que incluyen la variación climática y las actividades humanas.

Dentro de las causas asociadas al cambio climático están los eventos extremos de calor y sequía que llevan a que las plantas no puedan crecer por falta de disponibilidad de agua. En las causas asociadas a las actividades humanas está la sobreexplotación que acaba con los nutrientes del suelo y también afecta el crecimiento de las plantas.

Los efectos de la desertificación son graves para el suelo, los ecosistemas y las personas que viven en estos lugares. Algunos efectos incluyen la pérdida de suelos por erosión, el empobrecimiento químico del suelo, la alteración general del ciclo hidrológico y la reducción de la productividad de los ecosistemas.

En esta sencilla actividad van a ver cómo la desertificación aumenta la erosión retroalimentando los efectos negativos.

### ● Materiales

- 2 bandejas plásticas del mismo tamaño
- 2 muestras de suelo diferentes, una de una zona que esté desertificada o alterada por sobreexplotación y una de un lugar con cobertura natural como bosque
- Un ventilador (pueden usar solo uno y pasar por turnos para compartirlo con los otros grupos)
- Una regadera para poner agua
- Bolsas plásticas de basura para proteger el piso del salón
- 2 bloques del mismo tamaño para poner las bandejas ligeramente inclinadas.

### ● Descripción de la actividad

1. Tomen la misma cantidad de suelo de cada tipo y pónganlo extendido sobre cada bandeja debidamente marcada.
2. Pongan un bloque bajo el extremo de la primera bandeja de modo que quede ligeramente inclinada.
3. Usen las bolsas plásticas para proteger el piso.
4. Ahora, pongan el ventilador justo en frente de la bandeja encendido a velocidad media por 60 segundos y observen qué pasa con el suelo.
5. Intenten recuperar todo el suelo que salió de la bandeja y pónganlo en un recipiente.
6. Repitan el procedimiento y comparen los 2 recipientes.

¿Qué tipo de suelo se erosionó con el viento más fácilmente?

---

---

---

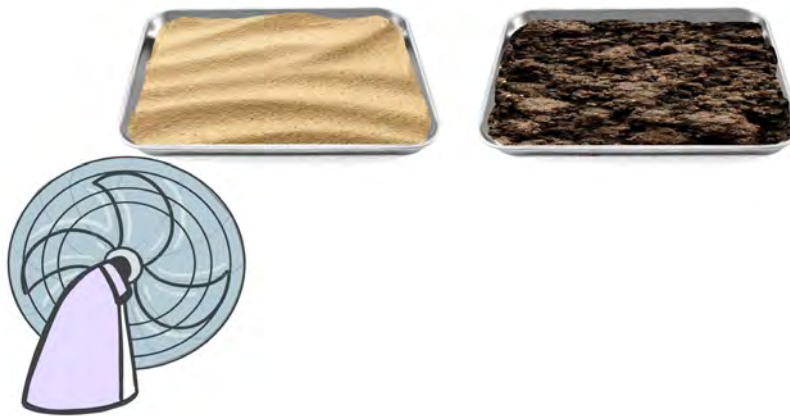
Recojan los materiales y prueben ahora con el agua. Repitan los pasos 1 a 3 y rieguen rápidamente la bandeja en la parte más alta con 500 ml de agua. Recojan el suelo que se salió de la bandeja y comparen de nuevo los dos tipos de suelo.

¿Qué tipo de suelo se erosionó con el agua más fácilmente?

---

---

---



La erosión del suelo desertificado aumenta el riesgo de deslizamientos y además disminuye la capacidad del suelo para soportar la vida vegetal, lo que lleva a hambrunas y pobreza. Es por eso que los países del mundo están alertas a la desertificación y buscan formas de prevenirla.

¿Qué saben del riesgo de desertificación en su región?

---

---

---

¿Cómo pueden los agricultores evitar la pérdida de nutrientes en el suelo?

---

---

---

## UNIDAD 7

# Cambio climático y agricultura: transformar la producción



## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

2 a 3 sesiones de 45 minutos

### Resumen de la unidad

Los estudiantes analizarán la relación entre la agricultura y el cambio climático; usarán plataformas informáticas y textos para ver cómo la agricultura contribuye al cambio climático al incentivar la deforestación y también cómo este sector es afectado por la reducción de la polinización natural.

### Aprendizajes esperados

- Reconocer que la agricultura es un sector que emite grandes cantidades de GEI anualmente y que este sector es un motor de la deforestación, especialmente en el trópico
- Describir los efectos negativos que tiene el cambio climático en la productividad agrícola, especialmente por las afectaciones a la polinización natural
- Identificar prácticas agrícolas y de manejo de la tierra que pueden ayudar a mitigar el cambio climático
- Conocer sistemas de información y plataformas de ciencia ciudadana que permiten a todas las personas participar en el monitoreo y construcción de conocimiento

### Materiales requeridos y preparación previa

#### Para cada grupo de 4 estudiantes

- 1 computadores con internet, editor de presentaciones
- 1 copia de la hoja de preguntas del anexo A
- 1 copia del texto sobre las abejas de la National

Geographic o acceso a la revista en línea vía internet

- 1 copia del anexo C Material para desarrollar el huerto (opcional)

## GRAN IDEA

La agricultura es una actividad humana que emite grandes cantidades de GEI, pero que a su vez se ve afectada por el cambio climático. Transformar la forma en la que producimos alimentos y fibras puede ayudar a mitigar los efectos y a disminuir los impactos.



## Información para el docente



### La agricultura

La agricultura se define como el arte y la ciencia de cultivar la tierra y criar ganado. Incluye la preparación de productos vegetales y animales para uso de las personas y su distribución a los mercados. La agricultura proporciona la mayor parte de los alimentos y tejidos del mundo.

La agricultura ha sido muy importante en la historia de la humanidad, particularmente en el surgimiento de las civilizaciones. Durante miles de años, los seres humanos pasaban la mayor parte de su vida buscando comida, cazando y recolectando, pero hace cerca de 11.500 años, las personas aprendieron a cultivar plantas y empezaron a transformar el paisaje para suplir sus necesidades.

La agricultura es responsable de muchas emisiones de gases de efecto invernadero cada año debido a los cambios en el uso del suelo y a prácticas de producción agrícolas insostenibles. Y a su vez, el sector agrícola se ve afectado severamente por el cambio climático, especialmente en países pobres y esto pone en riesgo la seguridad alimentaria.

La gestión agrícola puede transformarse para evitar las emisiones de GEI y mantener la productividad, garantizando la alimentación y la provisión de fibras.

### Emisiones de GEI debidas a la agricultura

#### ● La agricultura y la deforestación

La tierra agrícola cubre casi el 40% de la superficie libre de hielo de la tierra. Para seguir el ritmo de una población mundial en crecimiento, se espera que ese uso de la tierra se expanda aún más, ejerciendo presión sobre los bosques tropicales y pastizales vulnerables.

Cada año el mundo pierde alrededor de 5 millones de hectáreas de bosque. El 95% de esto ocurre en los trópicos. Al menos tres cuartas partes de esta pérdida es impulsada por la agricultura: la tala de bosques para cultivar, criar ganado y producir productos como el papel.

La producción de carne vacuna es responsable del 41% de la deforestación; el aceite de palma y la soya representan otro 18%; y la tala para papel y madera en los trópicos otro 13%. La demanda de soya está estrechamente relacionada con la demanda de carne de res y otras proteínas animales. Entre el 70% y el 75% de toda la soya se convierte en alimento para el ganado, para pollos, cerdos y peces de cultivo.

## ● La degradación del suelo y su pérdida de carbono orgánico

El metro superior de los suelos del mundo contiene tres veces más carbono que toda la atmósfera, lo que lo convierte en un importante sumidero de carbono.

Pero la actividad humana, en particular la agricultura, puede hacer que el carbono se libere del suelo a un ritmo más rápido del que se reemplaza. Esta liberación neta de carbono a la atmósfera contribuye al calentamiento global. Esto se ha atribuido a la pérdida de carbono de los suelos agrícolas debido a la llegada del arado. La labranza puede causar la pérdida de cantidades significativas de carbono debido a la exposición del carbono orgánico del suelo a la aireación.

El 8% del total de las reservas mundiales de carbono del suelo, se pueden haber perdido de los dos metros superiores del suelo del mundo desde los albores de la agricultura. Esta cifra se conoce como la "deuda total de carbono del suelo".

## ● Emisiones por el ganado

Las emisiones del ganado, de estiércol y liberaciones gastroentéricas, representan aproximadamente el 32% de las emisiones de metano causadas por humanos.

Lo que comen las vacas tiene un gran efecto en la cantidad de metano que producen. Digerir ciertos tipos de alimentos produce más metano que digerir otros alimentos. Por ejemplo, digerir heno y pasto produce más metano que el maíz.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

## ● Pérdidas y desperdicio



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

El período 2010 a 2016, la pérdida y el desperdicio de alimentos a nivel mundial fueron equivalentes a entre 8 y 10% de las emisiones antrópicas totales de GEI. Las causas de la pérdida de alimentos, por ejemplo la falta de refrigeración y el desperdicio en el consumo, difieren sustancialmente entre los países desarrollados y en desarrollo, así como entre regiones.

Las opciones técnicas para reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos incluyen mejores técnicas de cosecha, almacenamiento en la granja, infraestructura y empaque.

## Efectos del cambio climático en la agricultura

### ● Disminución de la productividad

El cambio climático ha afectado los rendimientos en muchos lugares. No todos los cambios son negativos: el rendimiento de algunos cultivos ha aumentado en algunos lugares. Sin embargo, en general, el cambio climático está reduciendo la producción mundial de alimentos básicos como el arroz y el trigo.

El calentamiento tiende a reducir los rendimientos porque los cultivos aceleran su desarrollo, produciendo menos grano en el proceso. Las temperaturas más altas también interfieren con la capacidad de las plantas para obtener y usar la humedad.

Las emisiones de carbono podrían ayudar a la agricultura al mejorar la fotosíntesis en muchos cultivos importantes; sin embargo, los beneficios potenciales de la fertilización con carbono no parecen superar los perjuicios.

### ● Efectos en la polinización

Uno de los servicios ecosistémicos más importantes para la producción sostenible de cultivos es la interacción mutualista entre plantas y animales: la polinización. La polinización animal de especies de plantas silvestres y cultivadas está amenazada como resultado de múltiples presiones ambientales que actúan en concierto. Se ha demostrado que los cambios en el uso de la tierra, como la fragmentación del hábitat y la intensificación agrícola, afectan negativamente las interacciones planta-polinizador.

El clima cambiante impacta a los polinizadores al cambiar las temporadas de crecimiento y floración y debilita potencialmente las poblaciones de plantas de las que dependen los polinizadores. Además, las temperaturas más cálidas han alterado los patrones de migración, afectando a especies polinizadoras como las mariposas.

El efecto del cambio climático en la polinización puede ocurrir a través de cambios en los rangos de las especies o por cambios en el momento de las etapas de crecimiento. Los insectos y las plantas pueden reaccionar de manera diferente a los cambios de temperatura, creando desajustes temporales (fenológicos) y espaciales (distributivos), con graves consecuencias demográficas para las especies involucradas. Los desajustes pueden afectar a las plantas por la reducción de las visitas de insectos y la deposición de polen, mientras que los polinizadores experimentan una menor disponibilidad de alimentos.

Según el IPCC, otros impactos incluyen cambios en la distribución y virulencia de patógenos que afectan a los polinizadores; mayor mortalidad de polinizadores debido a fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes; escasez de alimentos para los polinizadores debido a la reducción de la duración e intensidad de la floración; y agravamiento de otras amenazas, como la pérdida y fragmentación del hábitat.

El aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico también está reduciendo el contenido de proteínas del polen, con un impacto potencial en la biología de la población de polinizadores.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

## ● Plagas y enfermedades

El cambio climático está modificando la dinámica de plagas y enfermedades tanto de los cultivos como del ganado. La naturaleza y la magnitud de los cambios futuros dependen del contexto agroecológico y de gestión local. Esto se debe a los muchos mecanismos biológicos y ecológicos por los cuales el cambio climático puede afectar la distribución, el tamaño de la población y los impactos de las plagas y enfermedades en la producción agrícola.

Estos mecanismos incluyen cambios en la susceptibilidad del huésped debido a los efectos de la concentración de CO<sub>2</sub> en la composición del cultivo y al estrés climático; cambios en la biología de plagas y enfermedades o sus vectores (p. ej., más ciclos generacionales, cambios en la presión de selección que impulsa la evolución); desajustes en el tiempo entre plagas o vectores y sus 'enemigos naturales'; cambios en la supervivencia o persistencia de plagas o patógenos de enfermedades (p. ej., cambios en la arquitectura del cultivo impulsados por la fertilización con CO<sub>2</sub> y el aumento de la temperatura, lo que proporciona un entorno más favorable para la persistencia de patógenos como los hongos), y cambios en la distribución de plagas.

Es probable que el cambio climático altere las plagas, las enfermedades y los vectores de las enfermedades de los cultivos y el ganado. Si bien los cambios específicos en la presión de plagas y enfermedades variarán con la geografía, el sistema agrícola y la plaga/patógeno, existe evidencia sólida de que es probable que cambien las presiones de plagas y enfermedades; tal incertidumbre requiere estrategias sólidas para la mitigación de plagas y enfermedades.

## Efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria existe cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos que satisfagan sus necesidades dietéticas y preferencias alimentarias para una vida activa y saludable.

El cambio climático aumenta e intensifica los riesgos para la seguridad alimentaria de los países y poblaciones más vulnerables, incluyendo las de zonas áridas y semiáridas, los países sin litoral y los pequeños Estados insulares en desarrollo.

El cambio climático afecta a la seguridad alimentaria en todas sus dimensiones: acceso, disponibilidad, utilización y estabilidad. El cambio climático afecta la producción de alimentos y, por lo tanto, la disponibilidad de alimentos. Este también afectará los medios de vida y los ingresos de los pequeños productores de alimentos y, a través, del aumento de los precios de los alimentos y la volatilidad, los medios de vida de los compradores netos de alimentos pobres, restringiendo el acceso a los alimentos.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

El aumento de la variabilidad climática y el aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos afectarán la estabilidad del suministro, el acceso y la utilización de los alimentos.

Los estudios apuntan a posibles cambios en la calidad nutricional de algunos alimentos (por ejemplo, concentración reducida en proteínas y en algunas vitaminas y minerales), debido al aumento del CO<sub>2</sub>, particularmente en la harina de los principales cereales y en la yuca.

El cambio climático puede tener una variedad de impactos en la calidad del agua potable, que es clave para la buena absorción de nutrientes. Se ha comprobado que el cambio climático tiene un impacto en la inocuidad de los alimentos, en particular en la incidencia y prevalencia de enfermedades transmitidas por los alimentos.

Los efectos netos del cambio climático en la seguridad alimentaria y la nutrición dependen de las vulnerabilidades de los sistemas afectados. Las poblaciones en mayor riesgo son aquellas que dependen de la agricultura y los recursos naturales, con medios de vida que están altamente expuestos a los impactos del cambio climático y que tienen una capacidad muy limitada para responder.

Las variables climáticas relevantes para la seguridad alimentaria son la temperatura y la precipitación, pero también incluyen otras relacionadas como la radiación solar, el viento y la humedad, así como fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Se proyecta que el impacto del cambio climático a través de los cambios en estas variables afectará negativamente todos los aspectos de la seguridad alimentaria global (disponibilidad, acceso, utilización y estabilidad de los alimentos).



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

Es necesario reconocer que los impactos del cambio climático varían regionalmente. Por ejemplo, en el hemisferio norte, las temperaturas más cálidas en las latitudes medias y altas alargará la temporada de crecimiento, lo que puede beneficiar la productividad de los cultivos.

De todas maneras, el continuo aumento de las temperaturas puede afectar el rendimiento mundial de alimentos tan comunes como el trigo. En las regiones de latitudes medias y bajas, también se espera que el aumento de las temperaturas sea un factor limitante para la productividad del maíz para fines de siglo.

Aunque en algunas regiones el calentamiento podría tener beneficios, se puede afirmar que el aumento de eventos climáticos extremos, junto con factores no climáticos como la limitación de nutrientes, la disminución de la salud del suelo y el incremento de especies invasoras, superan los posibles beneficios que pueda traer el aumento de temperatura.

Los extremos climáticos, en particular la sequía grave, afectan desproporcionadamente a los pequeños productores de bajos ingresos. Los extremos también comprometen la infraestructura crítica de la cadena de suministro de alimentos, lo que dificulta el transporte y el acceso a los alimentos cosechados.

## Respuesta frente al cambio climático en el uso del suelo

La agricultura es una fuente de emisiones de GEI muy importante, así como un factor que genera grandes presiones sobre la cobertura boscosa. Se están probando diferentes sistemas agrícolas para evaluar las sinergias entre la mitigación y la adaptación y conducir a soluciones bajas en carbono y resistentes al clima para la seguridad alimentaria sostenible y la salud de los ecosistemas.

Estos incluyen la diversificación de cultivos, el mantenimiento de la diversidad genética local, la integración animal, la gestión orgánica del suelo, la conservación del agua y el reconocimiento de las comunidades microbianas.

### ● Agroecología

La agroecología es una disciplina científica, un conjunto de prácticas y un movimiento social. El objetivo general es beneficiar a las comunidades humanas y no humanas en la esfera ecológica, con menos impactos ambientales o sociales negativos y menos insumos externos.

Las prácticas agroecológicas reciclan la biomasa y regeneran las actividades bióticas del suelo para lograr el equilibrio en los flujos de nutrientes y asegurar condiciones favorables de crecimiento del suelo y las plantas, minimizar la pérdida de agua y nutrientes, y mejorar el uso de la radiación solar.

La agroecología se ha propuesto como un conjunto clave de prácticas en la construcción de resiliencia climática.



Sus resultados incluyen la conservación y restauración del suelo y, por lo tanto, el secuestro de carbono del suelo, la reducción del uso de fertilizantes minerales y químicos, la protección de las cuencas hidrográficas, la promoción de los sistemas alimentarios locales, la reducción de los desechos y el acceso justo a alimentos saludables a través de dietas nutritivas y diversificadas.

## ● Agricultura climática inteligente

La agricultura climáticamente inteligente es un enfoque desarrollado para abordar los desafíos actuales de la seguridad alimentaria y el cambio climático.

Está basada en tres pilares: aumentar la productividad y los ingresos, mejorar la resiliencia de los medios de vida y los ecosistemas y reducir las emisiones de GEI de la atmósfera.

Estos se pueden implementar cambiando las prácticas de gestión. Por ejemplo, mejorar la materia orgánica del suelo para mejorar la capacidad de retención de agua de los paisajes agrícolas también mejora el secuestro de carbono.

En los sistemas de cultivo anual, los cambios de las prácticas de labranza convencionales a la labranza mínima pueden convertir el sistema en uno que proporciona beneficios de adaptación y mitigación.

Los sistemas agrícolas mixtos que integran cultivos, ganado, pesca y agrosilvicultura podrían mantener el rendimiento de los cultivos frente al cambio climático, ayudar al sistema a adaptarse al riesgo climático y minimizar las emisiones de GEI al mejorar cada vez más el flujo de nutrientes en el sistema.

Tales sistemas pueden ayudar a diversificar la producción y/o los ingresos y apoyar el uso eficiente y oportuno de los insumos, contribuyendo así a una mayor resiliencia.

## ● Agricultura de conservación o regenerativa

La agricultura intensiva durante la segunda mitad del siglo XX condujo a la degradación del suelo y a la pérdida de recursos naturales y contribuyó al cambio climático. Las prácticas sostenibles de gestión del suelo pueden abordar tanto la seguridad alimentaria como los desafíos del cambio climático que enfrentan estos sistemas agrícolas.

La agricultura de conservación, denominada por algunos regenerativa, se basa en los principios de perturbación mínima del suelo y cobertura permanente del suelo, combinados con una rotación adecuada de cultivos.

Este sistema de producción agrícola utiliza un conjunto de prácticas de manejo de suelos y residuos que controlan la erosión y al mismo tiempo mejoran la calidad del suelo, al aumentar el contenido de materia orgánica y mejorar la porosidad, la estabilidad estructural, la infiltración y la retención de agua.

La agricultura de conservación trae cambios favorables en las propiedades del suelo que afectan los servicios ecosistémicos, incluida la regulación del clima a través del secuestro de carbono y las emisiones de GEI.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

## ● Intensificación sustentable

La necesidad de producir aproximadamente un 50% más de alimentos para 2050 para la creciente población mundial puede implicar aumentos significativos en las emisiones de GEI y en los impactos ambientales asociados, incluida la pérdida de biodiversidad. Los recientes llamados a la intensificación sostenible se basan en la premisa de que el daño al medio ambiente a través de la extensificación supera los beneficios de los alimentos adicionales producidos en nuevas tierras.

La intensificación sostenible reconoce que el aumento de la productividad debe ir acompañado del mantenimiento de otros servicios de los ecosistemas y una mayor resiliencia a las perturbaciones. De hecho, en áreas de cultivo intensivo esto puede requerir una reducción de la producción en favor de una mayor sostenibilidad en sentido amplio. Un ejemplo de eficiencia mejorada es la agricultura de precisión que generalmente se refiere a la optimización de la producción en los campos a través de aplicación de agroquímicos, gestión precisa del agua y gestión de cultivos a pequeña escala. La agricultura de precisión es un enfoque tecnológicamente avanzado que utiliza el monitoreo continuo del rendimiento de los cultivos y el ganado para informar activamente las prácticas de manejo.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

El monitoreo preciso del rendimiento de los cultivos en el transcurso de la temporada de crecimiento permitirá a los agricultores economizar en sus insumos en términos de agua, nutrientes y manejo de plagas. Por lo tanto, puede contribuir a la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y a reducir los insumos innecesarios.

## ● Agricultura urbana



El consumo urbano de alimentos es una de las mayores fuentes de flujos de materiales urbanos, huella de carbono urbana y huella del suelo. La creciente separación de las poblaciones urbanas y periurbanas con respecto a los cultivos es uno de los factores que favorece la transición nutricional hacia las dietas urbanas. Estas dietas se basan en una alta diversidad de productos alimenticios, independientemente de la temporada, la producción local y las grandes distancias que recorren los alimentos entre la producción y el consumo. Las dietas urbanas también se basan mucho en carne, lo que ha aumentado las emisiones de GEI a nivel mundial.

La agricultura urbana y periurbana reduce la huella de carbono de los alimentos al evitar el transporte de larga

distancia. Estos tipos de agricultura también limitan las emisiones de GEI mediante el reciclaje de residuos orgánicos y aguas residuales que de otro modo liberarían metano desde vertederos. Además, la agricultura urbana y periurbana contribuye a la adaptación al cambio climático, al reducir el efecto de isla de calor urbano, aumentar la infiltración de agua y ralentizar las escorrentías para evitar inundaciones.

## ● Cambios en la dieta

Ya vimos que las actividades agrícolas emiten cantidades sustanciales de gases de efecto invernadero (GEI).

Las actividades de la cadena de suministro de alimentos más allá de la puerta de la granja (por ejemplo, transporte, almacenamiento, envasado) también emiten GEI, entre otros, debido al uso de energía. Las emisiones de GEI de la producción de alimentos varían según los tipos de alimentos.

La producción de alimentos de origen animal (por ejemplo, carne y productos lácteos) emite una mayor cantidad de GEI que los cultivos, especialmente en sistemas ganaderos industriales intensivos. Esto es principalmente cierto para los productos producidos por el ganado rumiante, como las vacas, debido a los procesos de fermentación entérica que son grandes emisores de metano.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

Cambiar las dietas hacia una menor proporción de alimentos de origen animal, una vez implementados a escala, reduce la necesidad de criar ganado y cambia la producción de cultivos de alimentos para animales a alimentos para humanos. Esto reduce la necesidad de tierras agrícolas en comparación con la actual y, por lo tanto, genera cambios en el sistema alimentario actual. Desde el campo hasta el consumidor, esto reduciría las emisiones generales de GEI.

Además, el consumo de alimentos regionales y estacionales puede reducir las emisiones de GEI, si se cultivan de manera eficiente. Más allá de los cambios en las dietas, otros cambios de comportamiento de los consumidores, como la reducción del desperdicio de alimentos, también pueden tener, a escala, efectos en las emisiones generales de GEI de los sistemas alimentarios.

## ● Reducir el desperdicio



La disminución de la pérdida y el desperdicio de alimentos puede reducir las emisiones de GEI y contribuir a la adaptación a través de requerir menos superficie terrestre para la producción de alimentos.

Entre 2010 y 2016, la pérdida y el desperdicio de alimentos a nivel mundial contribuyeron con aproximadamente 6% del total de las emisiones antropogénicas de GEI.

Actualmente, del 25 al 30% del total de alimentos producidos se pierde o desperdicia.

Las opciones técnicas como las técnicas de cosecha mejoradas, el almacenamiento, la infraestructura, el transporte, el embalaje, el comercio minorista y la educación pueden reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos en toda la cadena de suministro.

## Educación, formación y capacitación

La educación y la transferencia de conocimiento es muy importante para tener una gestión adecuada del suelo y para mitigar y adaptarse al cambio climático.

Esto incluye tanto espacios de formación académica como no académica que permitan a los agricultores, consumidores y tomadores de decisiones aprender sobre las relaciones entre el uso del suelo, las prácticas de producción y el cambio climático.

Los procesos participativos implican la incorporación de los agricultores en las estructuras de gobernanza, la investigación y el diseño de sistemas para la generación y difusión de conocimientos y tecnología, de modo que se puedan tener en cuenta las necesidades y el conocimiento locales.

La ciencia ciudadana ha sido probada como una herramienta útil con potencial para la conservación de la biodiversidad y la movilización del conocimiento de la sociedad.

En los sistemas alimentarios, los poseedores de conocimientos (por ejemplo, agricultores y pastores) están capacitados para recopilar datos científicos con el fin de promover la conservación y la gestión de los recursos o para conservar y utilizar los conocimientos tradicionales en los países desarrollados relevantes para la adaptación y mitigación del cambio climático mediante el uso de las TIC.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

La educación también implica formación profesional, investigación y fortalecimiento institucional. El diseño de nuevos módulos educativos desde la educación primaria hasta la secundaria y la educación terciaria podría ayudar a crear nuevos puestos de trabajo en el ámbito de la sostenibilidad (por ejemplo, programas de certificación).

Por ejemplo, un área podría ser educar a los gerentes de programas de reciclaje para ciudades eficientes en el uso de alimentos donde los alimentos y los desechos orgánicos se reciclan para convertirse en fertilizantes.



## Qué deberían saber sus estudiantes

Para abordar esta lección es importante que su clase haya consolidado algunos conceptos previamente y que los pueda movilizar al contexto específico.

Sus estudiantes deben conocer el ciclo del carbono y reconocer que este se mueve entre los seres vivos y la atmósfera mediante la fotosíntesis y la respiración. Deben entender también que la descomposición es una fuente de  $\text{CO}_2$  debido a la respiración microbiana.

Además, para este punto es recomendable que reconozcan que el suelo puede actuar como un sumidero de carbono al secuestrar materia orgánica.

Dado que se mencionarán otros GEI como el metano o el óxido nitroso, que también son emitidos por el sector agrícola, es deseable que su clase sepa previamente qué es un gas de efecto invernadero y cuáles son los principales en nuestro planeta.

Como una de las actividades previstas se refiere a las poblaciones de polinizadores, se espera que los estudiantes sean conscientes de que muchas plantas se reproducen sexualmente por medio de la polinización y que los insectos desempeñan un papel sumamente importante en este proceso.

Finalmente, ya que se realizarán actividades en computador, sus estudiantes deben tener un manejo mínimo de computadores para poder usar la herramienta Global Forest Watch.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC



## Cómo planear la lección



### Inicio de la lección

Esta lección es una oportunidad para profundizar sobre cómo el uso del suelo y la tierra impacta el clima de nuestro planeta.

Si ya ha trabajado en la lección que habla del suelo, puede volver sobre el gráfico de anclaje que construyó con su clase y retomar la idea de que una de las formas en la que usamos la tierra es para la producción de alimentos.

Explique que en esta lección se enfocarán en la agricultura. Indague sobre lo que sus estudiantes conocen acerca de la agricultura, por ejemplo, usando como referencia la alimentación escolar o los textiles.

- ¿Cómo se producen estos elementos?
- ¿De dónde vienen los ingredientes o insumos para producirlos?

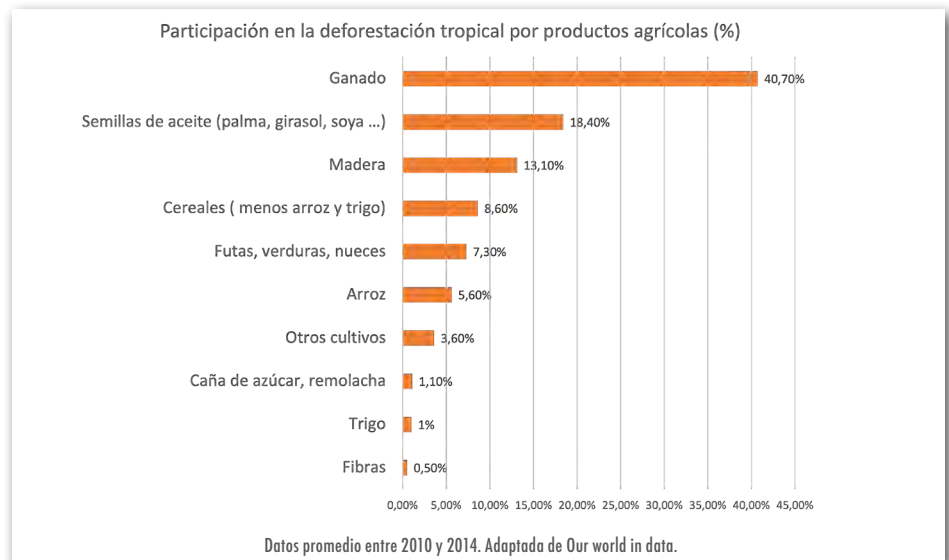
La agricultura nos proporciona alimentos y fibras, y a medida que las poblaciones humanas crecen, se requieren más de estos productos.

Ahora invíteles a pensar cómo esta mayor demanda de productos agrícolas afecta al suelo y al clima. Si no lo mencionan, ayúdeles a ver que para cultivar estas plantas se requiere tierra y que para esto se deben transformar las coberturas naturales.

Puede mostrar un gráfico como el siguiente (que encontrará en el anexo D), que da cuenta de los principales cultivos que llevan a la deforestación en las zonas tropicales. Pida a la clase que analice el gráfico, haciendo preguntas como: ¿cuál es el producto que más contribuye a la deforestación tropical?

Sus estudiantes deben reconocer que la cría de ganado es el producto con mayor impacto y que alrededor de un 40% de la deforestación tropical debida a la agricultura es para la producción de ganado.

Puede llamar la atención también sobre los cultivos de semillas de aceite y ver que son el segundo producto respecto a su impacto en la deforestación.



Continúe afirmando que la agricultura se ha convertido en un fuerte impulsor de la deforestación y que esto tiene implicaciones en el clima, pregunte cómo la deforestación afecta el clima global y local.

Sus estudiantes deben reconocer que al deforestar se liberan grandes cantidades de carbono que han sido secuestradas en la biomasa de los árboles y en el suelo, contribuyendo así a aumentar el efecto invernadero.

Continúe reflexionando con la clase sobre el impacto de la agricultura en el clima. Por ejemplo, analicen cómo el cultivo puede resultar en una fuente de gases de efecto invernadero. Para esto puede retomar el video sobre el ciclo del carbono de la unidad de efecto invernadero y recordar que el suelo tiene materia orgánica y carbono secuestrado.

La agricultura implica manipulación del suelo en prácticas como el arado que remueven las capas superiores del suelo y además con frecuencia usa fertilizantes para mejorar la productividad. Estas prácticas también generan gases de efecto invernadero, porque al arar demasiado el suelo el carbono secuestrado queda expuesto y al usar demasiados agroquímicos se liberan también gases como el metano o el óxido nitroso.

Por último vuelva sobre la cría de ganado indagando sobre lo que sus estudiantes saben de la fermentación entérica en el intestino de las vacas. Si no lo mencionan, indíqueles que los rumiantes en su digestión producen metano y la descomposición de sus heces también produce metano que es otro gas de efecto invernadero.

Use esta información para empezar a construir un gráfico de anclaje que complementará a lo largo de la lección.

Indique a la clase que trabajarán en algunas experiencias para explorar más a fondo cómo se conecta la agricultura con el cambio climático.

## Desarrollo de la lección

La primera actividad que podrán realizar sus estudiantes se relaciona con la deforestación. Esta actividad se desarrolla en la sala de sistemas o en el aula si se cuenta con computadores portátiles o tabletas.

Pida a sus estudiantes que piensen en cómo ha cambiado la cobertura terrestre en los últimos 50 ó 100 años ¿Qué cosas no existían antes? ¿Qué cosas ya no existen? Esta discusión debería llevarlos a pensar en que el uso del suelo ha cambiado, que los terrenos que eran bosques, por ejemplo, ahora son cultivos o ciudades o que los terrenos que eran bosques, por ejemplo, ahora son cultivos o ciudades o que los humedales se han secado para generar lugares de pastoreo.

Explique que estos cambios en la tierra se pueden monitorear de muchas formas. Recientemente se usan sistemas de información geográfica, que permiten organizar muchos datos de diferente tipo, por ejemplo, sobre variables físicas, económicas o sociales, asociándolos con el espacio.

Estos sistemas son usados por personas que se dedican a la investigación científica, a la gestión ambiental, a la sociología, a la planificación, entre otros, para comprender mejor el espacio y modelar los efectos de diferentes cambios.

Usando un computador con conexión a internet presente el video creado por Google Earth en el que se muestran imágenes de satélite aceleradas del cambio en los bosques de diferentes partes del mundo

<https://www.youtube.com/watch?v=b4eLTYUcj7k>

Pregunte a sus estudiantes qué les llamó la atención sobre este video y promueva una discusión sobre cómo la agricultura ha impulsado el cambio del suelo en diferentes partes del mundo.

Las imágenes de satélite como las que vieron en el video de Google Earth proporcionan datos a los sistemas de información geográfica para hacer análisis.

En esta ocasión trabajarán en un aplicativo llamado “Global Forest Watch”, una plataforma en línea que proporciona datos y herramientas para el monitoreo de bosques.

Organice a la clase equipos de 2 ó 3 estudiantes y entregue el anexo A. Permita que los grupos se familiaricen con la plataforma y luego indíqueles que deberán resolver una pregunta de investigación usando el aplicativo y las instrucciones del anexo.

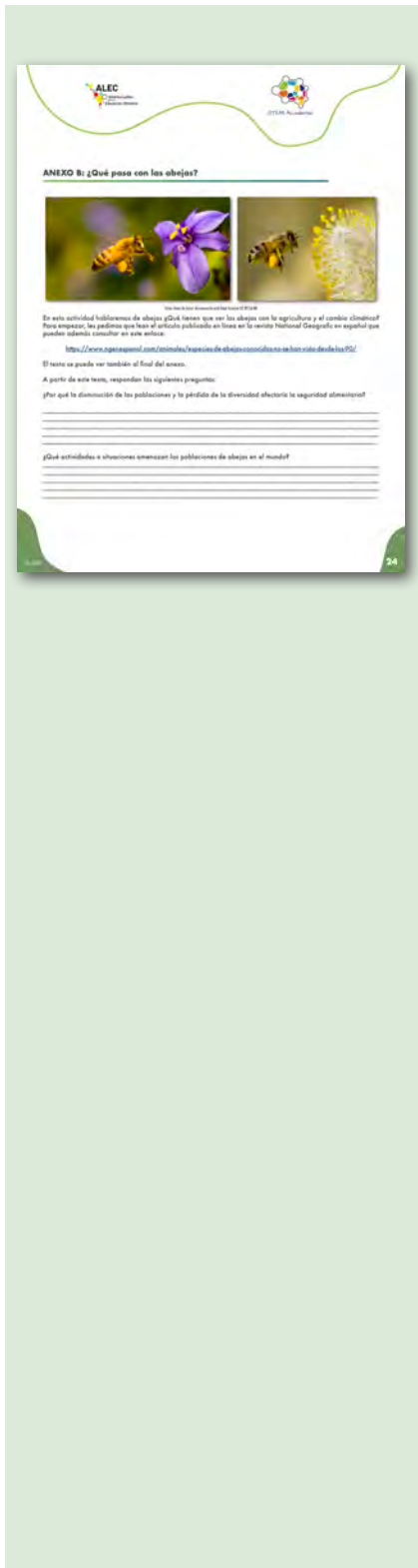
Cuando los grupos hayan terminado reúna a la clase para compartir sus hallazgos y tome nota para un cierre final de la lección.

En una segunda sesión retome el hecho de que la agricultura es un importante motor de la deforestación, generando más gases de efecto invernadero.



Imagen tomada de:  
<https://www.youtube.com/watch?v=b4eLTYUcj7k>





Pero además de ser un sector que contribuye al cambio climático, la agricultura es muy afectada por el cambio climático. Cuestione a los estudiantes sobre cómo el cambio climático puede afectar a la agricultura.

Algunas de las ideas que pueden tener incluyen el hecho de que a mayor temperatura algunas plantas no pueden sobrevivir o que se aumenten los periodos de sequía.

Indique que a veces los efectos no son directos en las plantas, como en el caso de la sequía, sino en las relaciones ecológicas que estas tienen con otras especies. Entregue a cada grupo una copia del anexo B. Permita que los grupos trabajen en el anexo y cuando hayan terminado, reúna a la clase para compartir sus respuestas.

El análisis de la lectura y de los gráficos debe permitir reconocer que las poblaciones de polinizadores se ven afectadas por el cambio climático de diferentes formas y que esto puede llevar a que la polinización natural no se dé. Esto afecta la producción de los cultivos y disminuye los ingresos de los agricultores.

Aunque en algunas partes del mundo, las poblaciones de abejas melíferas están aumentando por la apicultura para producción de miel, en otras están disminuyendo. Pero otros polinizadores nativos, como las abejas melíponas en Colombia, así como otros insectos, son especialmente sensibles al cambio climático, por lo que es muy importante aprender más sobre este proceso.

Explique que una forma de ayudar a conocer mejor es mediante la ciencia ciudadana. Indague sobre lo que sus estudiantes piensan que es, y si no la conocen explique que la ciencia ciudadana es una forma en la que la sociedad se involucra en la investigación científica ayudando en la recolección o en el análisis de datos. Así, en lugar de tener un equipo de solo algunas personas, la investigación se puede ver beneficiada de muchas personas que colaboran de diferentes formas.

Una forma de hacerlo es haciendo registros de observaciones de seres vivos. Así las personas que investigan la ciencia pueden conocer la distribución de los organismos y tener datos de diferentes partes del mundo.

En Colombia, las abejas sin aguijón o abejas melíponas son comunes y hay muchas especies distribuidas a lo largo de todo el país.

Presente el proyecto de Naturalista: Abejas sin aguijón de Colombia, al cual puede acceder usando el siguiente enlace:

<https://colombia.inaturalist.org/projects/abejas-sin-aguijon-de-colombia>

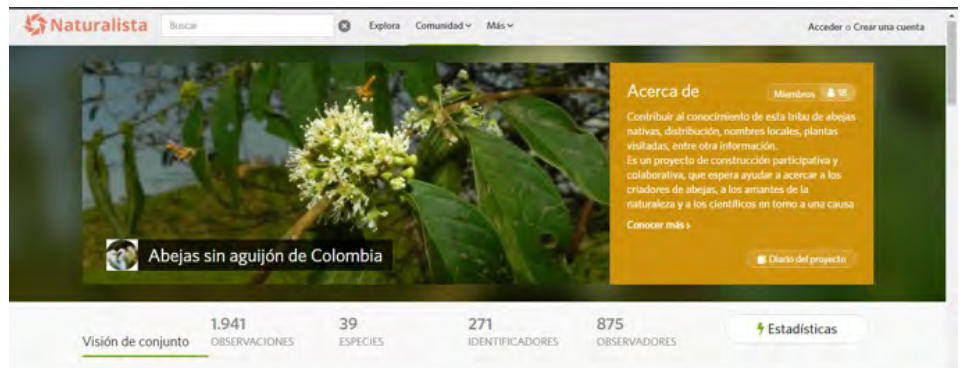


Imagen tomada de: <https://colombia.inaturalist.org/projects/abejas-sin-aguijon-de-colombia>

Muestre algunas de las fotos del proyecto y explique que, de esta manera, la comunidad identifica las especies y que al subir la foto, los datos de la posición geográfica quedan registrados. Así se va construyendo un mapa de en dónde puede aparecer cada especie y se mejora el conocimiento sobre las abejas sin aguijón.

Invite a la clase a crear una cuenta en este proyecto y a tomar fotografías de abejas sin aguijón en su ciudad o cuando viajen.

Como actividad opcional en el anexo C, le proponemos plantear un proyecto de huerta urbana en su escuela. La idea es reconocer que la presión sobre la tierra para la producción de alimentos y además las emisiones del transporte pueden disminuirse al producir algunos alimentos en los espacios urbanos.

Prepare la huerta reconociendo los espacios disponibles en la escuela para cultivar o para poner camas elevadas e identificando con sus estudiantes los cultivos que pueden desarrollarse apropiadamente en espacios limitados y con el clima de la región.

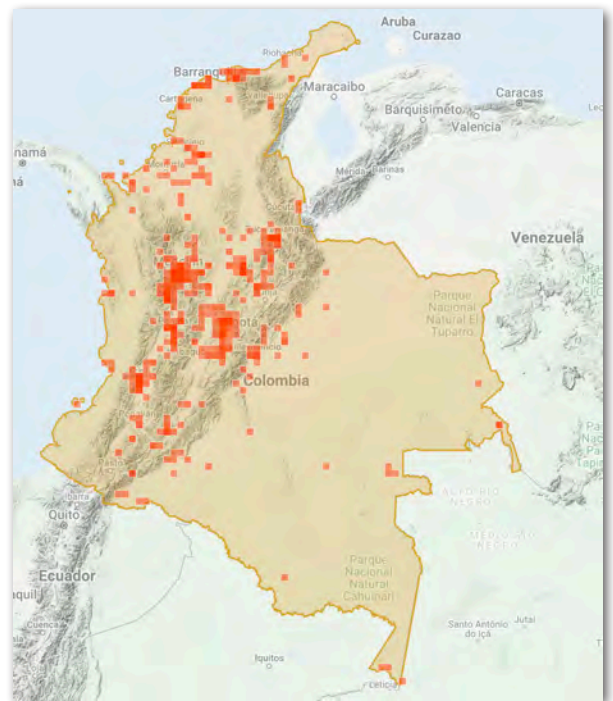


Imagen tomada de: <https://colombia.inaturalist.org/projects/abejas-sin-aguijon-de-colombia>

Además, se deberá indagar por el uso que se les dará a los productos, por ejemplo, en el comedor escolar o si se van a entregar a las familias de los

estudiantes. Es muy importante que lo que la huerta produzca se consuma efectivamente para que el proyecto tenga sentido.

Puede organizar grupos de estudiantes para que cada grupo se encargue de una parte de la recolección de información para el diseño de la huerta. Luego entre todos podrán hacer el montaje.

¡Las huertas urbanas requieren cuidado! Dependiendo de las especies y el lugar, se deberán establecer horarios de riego y revisión de las plantas para evitar enfermedades. Busque alternativas para el riego como sistemas automatizados, que pueden desarrollarse en conjunto con la clase de tecnología.

## Cierre de la lección

Para cerrar la lección retome la construcción del gráfico de anclaje empezando por los efectos de la agricultura en el clima. Como pudieron ver usando la herramienta Global Forest Watch, la ganadería y la producción de palma de aceite han incrementado la deforestación en muchos lugares como Brasil e Indonesia.

Esta es una de las formas en la que la agricultura resulta en emisiones de gases de efecto invernadero. Recuerde las otras fuentes que identificaron en la discusión inicial y haga énfasis en el hecho de que además de la deforestación, la agricultura puede generar GEI a través de la pérdida de carbono orgánico del suelo y por el uso de agroquímicos.

Como vieron en el anexo B, las consecuencias del cambio climático en la agricultura pueden llevar a la baja productividad. Específicamente la limitación de la polinización natural pone retos adicionales para mantener la producción de los cultivos. Mantener una población sana de polinizadores es por lo tanto de gran importancia para evitar la inseguridad alimentaria y la pérdida de cultivos.

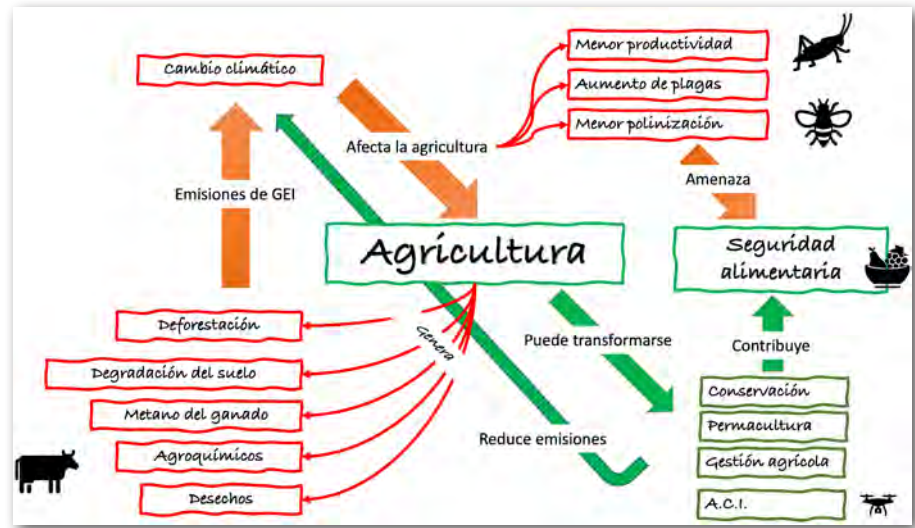
Use la información disponible en el video 2 de la unidad para presentar algunas opciones de respuesta desde la agricultura.

Explique que una forma para que la agricultura no sea fuente de gases de efecto invernadero es usar cultivos mixtos y buscar conservar la materia orgánica del suelo.

Es importante también mantener la productividad de los cultivos para no poner en riesgo la seguridad alimentaria, por lo que se han propuesto prácticas como la agricultura climáticamente inteligente o la agricultura de precisión, para lograr que los cultivos mantengan la productividad sin impactar negativamente el ambiente.



Complete el gráfico de anclaje con esta información, en un diagrama que puede parecerse a este:



Llame la atención sobre la agricultura urbana y si lo desea use el anexo C para diseñar con su clase una huerta urbana.

Por último, invite a la clase a pensar de nuevo de dónde provienen los alimentos y fibras que consumen diariamente. Si consumimos menos carne, o si comemos productos agrícolas que se han producido de forma que no afecten al medio ambiente, también podemos aportar a mitigar el cambio climático.

## Glosario

- 1. Pérdidas:** las pérdidas de alimentos ocurren cuando un alimento no llega a ser consumido por problemas en la producción, el almacenamiento o la distribución.
- 2. Vector de enfermedades:** Un vector es un organismo que puede transmitir una enfermedad infecciosa de un animal infectado a otro o al ser humano.
- 3. Agrosilvicultura:** Combinación de sistemas de producción agrícola o ganadera con sistemas de aprovechamiento forestal.



## Conexión con carreras en STEM



Le recomendamos ver este video, enlazado en el código QR anterior, con sus estudiantes para aprender sobre diferentes profesiones que trabajan para entender el clima y luchar contra el cambio climático. Luego de verlo, invite a la clase a discutir lo que más les llama la atención y promueva una reflexión sobre opciones de vida en ciencia y tecnología.

La microbiología es una rama profesional que se enfoca en el estudio de los organismos microscópicos, estos incluyen bacterias y virus, pero también hongos y otros organismos unicelulares.

Quienes se dedican a la microbiología tienen diversas opciones de trabajo. Algunas personas se dedican a la investigación en medicina, otras a la industria y muchas se desempeñan en el campo de la agronomía.

En este campo, la microbiología se enfoca en comprender mejor las enfermedades de las plantas y animales de consumo y a desarrollar estrategias para prevenir y manejar estas enfermedades.

Quienes se dedican a la microbiología agrícola con frecuencia se involucran en investigación o desarrollo en el campo de la biotecnología, usando varias técnicas para modificar organismos vivos, en las que se incluyen técnicas de ingeniería genética.

Teniendo en cuenta que el cambio climático afecta en gran medida a los cultivos y animales de uso agrícola, poder modificarlos para que sean más resistentes a condiciones extremas resulta útil, pero también es importante contar con cultivos que logren una buena productividad sin afectar el medio ambiente.

En la entrevista a la microbióloga María Andrea Uzcátegui se puede conocer un poco más sobre esta profesión y su impacto en la lucha contra el cambio climático.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

## Anexos

### Anexo A: Monitoreo de la deforestación

Una forma de ver cómo cambia la cobertura terrestre es mediante las imágenes de satélite. Estas imágenes con otros conjuntos de datos permiten analizar la deforestación y el cambio en el uso de la tierra.

Existen diferentes herramientas para hacer estos análisis, una es Global Forest Watch que permite obtener datos y herramientas para monitorear los bosques. Usando la tecnología y los sistemas de información, esta herramienta permite a cualquier persona acceder a información casi en tiempo real sobre dónde y cómo están cambiando los bosques en todo el mundo.

Hoy ustedes van a explorar esta herramienta para conocer un poco más cómo la agricultura afecta a los bosques del mundo.

Usando el navegador entren a: <https://www.globalforestwatch.org/map/>



Imagen tomada de: <https://www.globalforestwatch.org>

Hagan clic en la pestaña que dice mapa y usando las flechas busquen una zona de interés, como por ejemplo la Amazonía. Seleccionen el tipo de imagen de satélite.

Algunas tienen imágenes históricas de hace 20 años o más y otras tienen mejor resolución, pero no hay datos anteriores. Puede usar la opción del satélite de Google.



Imagen tomada de: <https://www.globalforestwatch.org/map/>

Ahora usen el menú del lado para seleccionar la información que quieren ver. Por ejemplo, pueden seleccionar la opción de cambio forestal y marcar la visualización de pérdida de cobertura arbórea. Esta aparecerá con color rosa en el mapa. Explore la herramienta por un momento para prepararse para la siguiente actividad.

Si se paran con el ratón sobre el mapa podrán ver una opción de análisis que da información sobre el área que están señalando. Ahora van a usar estos datos para hacer una pequeña investigación. Pueden escoger alguna de las siguientes preguntas y usar la información de la plataforma para responderla.

Deberán hacer un pequeño reporte indicando sus hallazgos.

Posibles preguntas:

- ¿En qué departamentos de Colombia se presenta más pérdida de cobertura arbórea?
- ¿Cómo se relaciona la deforestación en Brasil con la producción de aceite de palma?
- ¿Cómo se puede explicar que en la zona de Temuco en Chile haya al tiempo pérdida de cobertura arbórea y ganancia de esta cobertura?
- ¿En qué año empiezan a aparecer alertas de deforestación en la zona norte del departamento de Caquetá en Colombia?

Si lo prefieren, pueden crear su propia pregunta y obtener información para resolverla. Para el reporte que harán pueden usar algún programa manejador de diapositivas y escribir la pregunta, así como capturas de pantalla de las imágenes que les sirvieron para dar respuesta a su pregunta y una pequeña conclusión al respecto.

## ANEXO B: ¿Qué pasa con las abejas?



Estas fotos de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

En esta actividad hablaremos de abejas. ¿Qué tienen que ver las abejas con la agricultura y el cambio climático? Para empezar, les pedimos que lean el artículo publicado en línea en la revista National Geographic en español que pueden además consultar en este enlace:

<https://www.ngenespanol.com/animales/especies-de-abejas-conocidas-no-se-han-visto-desde-los-90/>

El texto se puede ver también al final del anexo.

A partir de este texto, respondan las siguientes preguntas:

¿Por qué la disminución de las poblaciones y la pérdida de la diversidad afectaría la seguridad alimentaria?

---

---

---

---

---

¿Qué actividades o situaciones amenazan las poblaciones de abejas en el mundo?

---

---

---

---

---

Ahora observen la siguiente gráfica:.

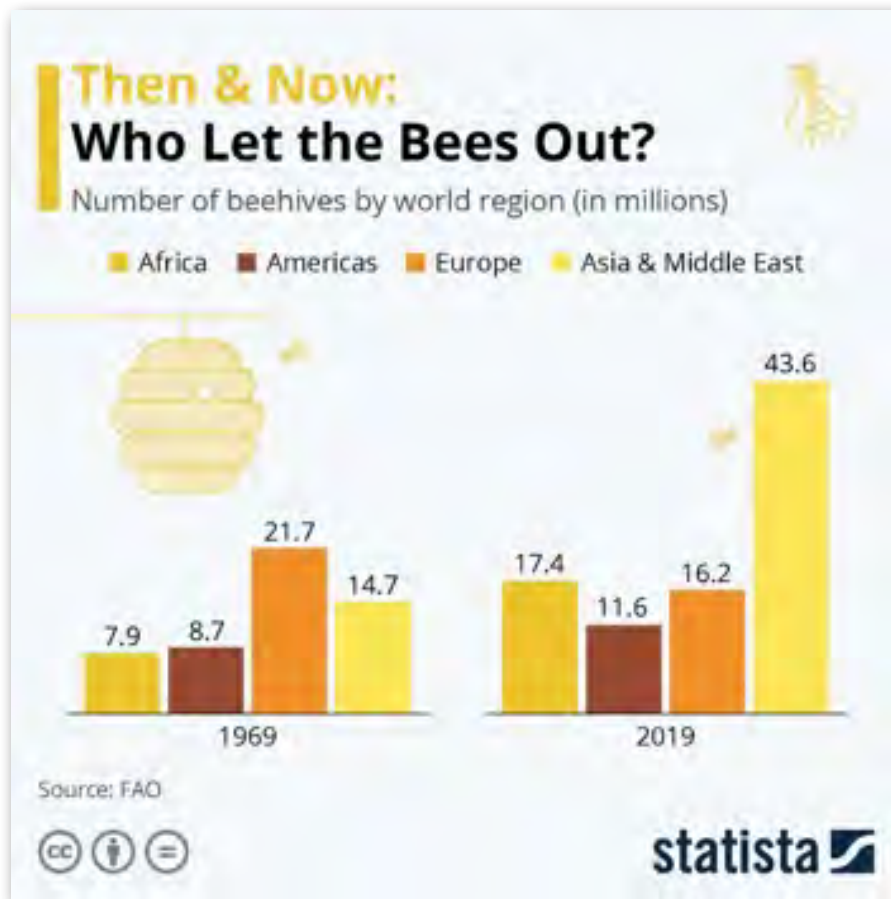


Imagen tomada de: <https://www.statista.com/chart/24898/number-of-beehives-by-region/>

¿Qué pueden afirmar sobre las poblaciones de abejas en América y Europa en los últimos 50 años?

---



---



---



---

¿A qué puede deberse el incremento en colmenas de abejas en África y Asia?

---



---



---



---

## Más del 25 % de las especies de abejas conocidas no se han visto en 30 años

Un cuarto de las especies de abejas silvestres no han sido vistas desde hace tres décadas, lo cual ha alarmado a científicos de todo el mundo.

Un par de científicos argentinos se dieron cuenta recientemente de una reducción alarmante en la diversidad de especies de abejas silvestres en el mundo. Según los registros de Eduardo Zattara y Marcelo Aizen, de la Universidad Nacional del Comahue en Argentina, existe un 25 % menos de especies reportadas entre 2006 y 2015, en comparación con los registros que tenemos antes de 1990.

Este decremento tan importante en la variedad de abejas se identificó con los datos registrados en el Centro de Información sobre Biodiversidad Global, una plataforma pública donde investigadores y ciudadanos pueden registrar avistamientos de especies de estos insectos, vitales para la polinización.



### Un insecto vital para el equilibrio de la Tierra

El hecho de que un cuarto de las especies de abejas se haya reducido tanto alarma a científicos de todo el mundo por la crisis alimentaria que podría darse a partir de la extinción de estos insectos. Con respecto a este hallazgo, Zattara destacó lo siguiente:

*“Estamos produciendo más alimentos para alimentar a nuestra creciente Población. Estamos utilizando formas muy convenientes desde el punto de vista económico para cultivar cultivos de un solo cultivo, Lo que está eliminando gran parte del hábitat natural de las abejas”.*

Por esta razón, el experto piensa que su trabajo debe de resultar en soluciones a largo plazo para la conservación de las poblaciones de abejas en todo el mundo. Sin embargo, los investigadores se dieron cuenta de que la disminución no es constante en todas las familias de abejas, sino que varía dependiendo del daño que exista en su hábitat natural.

### ¿Dónde están todas las abejas?

Al analizar los datos recabados, los científicos argentinos sugirieron que existe la posibilidad de que las especies que no se han visto no necesariamente estén extintas. Sin embargo, sí son lo suficientemente raras como para que no se hayan avistado en décadas.

Los pesticidas, la destrucción de sus ecosistemas y el calentamiento global son tres de los ejes más importantes que han contribuido a la merma de estas poblaciones. Sin embargo, las investigaciones se han limitado a explorar el continente americano, así como algunas partes de Europa. Por esta razón, Zattara y Aizen señalan la necesidad de expandir el espectro que abarca las áreas observadas hasta la fecha.

Tomado de: <https://www.ngenespanol.com/animales/especies-de-abejas-conocidas-no-se-han-visto-desde-los-90/>

## ANEXO C: Consideraciones para iniciar un huerto urbano

¿Están pensando en construir un huerto urbano en su escuela o en su casa? Esta breve guía les ayudará a organizarse mejor.

Antes de empezar, reflexionen:

¿Por qué quieren hacer un huerto urbano?

---

---

---

Ahora deben analizar el espacio disponible. Tengan en cuenta que al ser un huerto urbano no debe requerir grandes espacios, por el contrario, la idea es usar de forma inteligente lo que tenemos para producir alimentos. Algunas cosas que pueden tener en cuenta para elegir el lugar adecuado incluyen que reciba bastante sol, que sea fácil acceder al agua y que esté protegido de daños por animales domésticos, ¿en qué lugar podrían organizar el huerto?

---

---

---

Con el lugar decidido deberán pensar en los contenedores para la siembra, hay de muchos tipos y precios. Pueden reusar materiales como botellas PET, llantas, bolsas, etc. Lo importante es que puedan tener suficiente tierra para que las plantas se desarrollen, al menos 20 cm de profundidad.

¿Cuántos contenedores piensan que requieren? y ¿cómo pueden obtenerlos?

---

---

---



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

Ahora deben seleccionar las plantas. Para esto deberán averiguar sobre las plantas que crezcan mejor en el clima de su escuela y que puedan crecer bien en el espacio elegido. Algunas hortalizas se desarrollan muy bien en contenedores, mientras que otras no tanto; hay algunas frutas que se pueden cultivar en macetas, pero muchas vienen de árboles.

Su tarea es investigar muy bien sobre las plantas que pueden cultivar en el huerto, pueden ir a la biblioteca, consultar en línea o preguntar a expertos.

¿Qué plantas pueden sembrar?

---

---

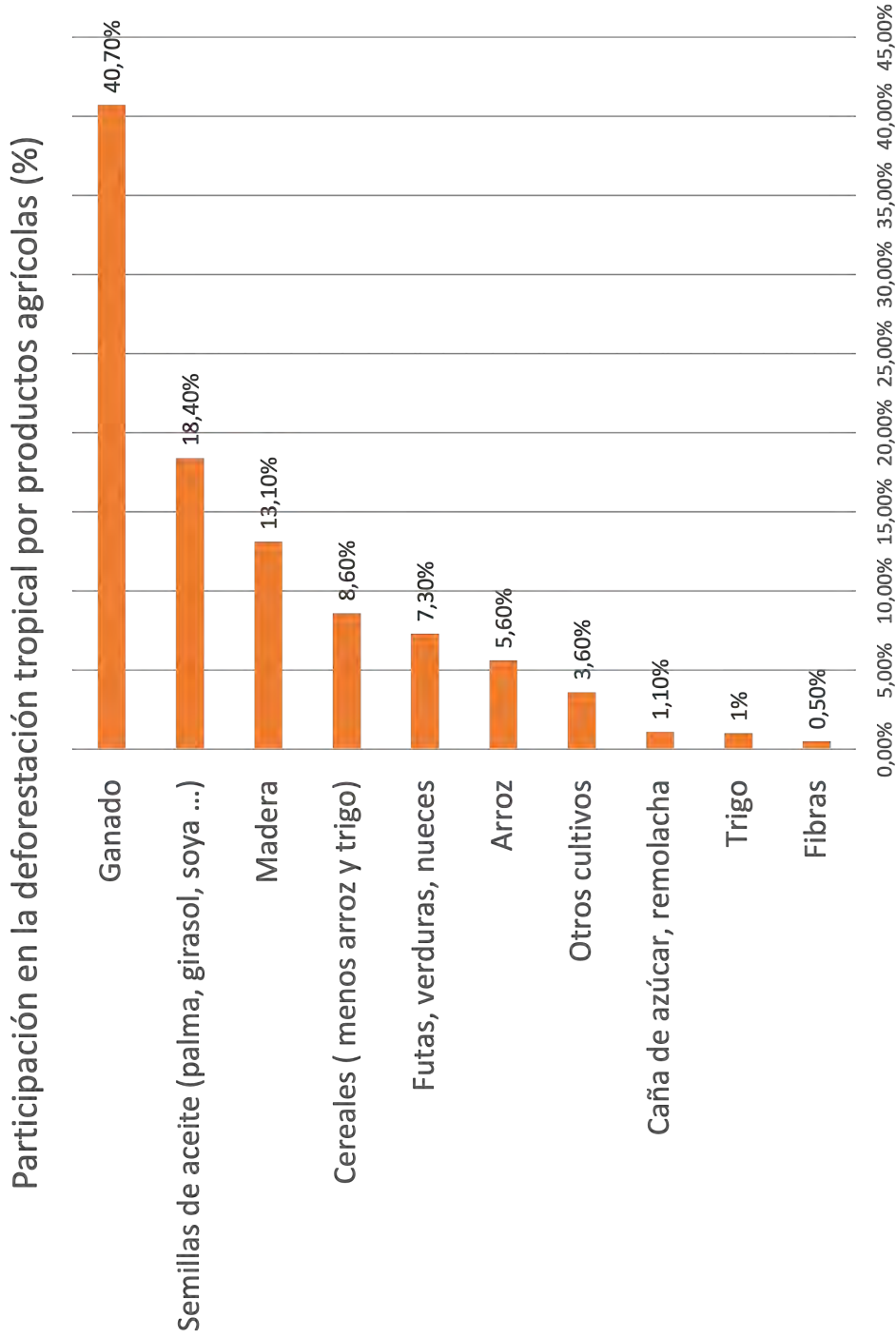
---

Los huertos requieren atención y cuidado. Planeen cómo lo van a regar, ya sea con regadera o por goteo y quiénes se encargarán de revisar las plantas. Pueden crear una planilla para que las personas encargadas reporten el estado del huerto.

NOTA: La tecnología puede ser una gran aliada de nuestro huerto. Automatizar el riego de las plantas o generar alertas cuando la humedad del suelo sea muy baja pueden ser retos divertidos para construir dispositivos tecnológicos.

Por último, mientras su huerto crece deben asegurarse de que será usado. Si al final del proceso, las verduras o hierbas que cultivaron no son consumidas, el tiempo, recursos y energía que le entregaron al proceso se habrán desperdiciado. Busquen recetas que incluyan estos vegetales para que sus familias los usen una vez se hayan cosechado.

## ANEXO D: Participación en la deforestación



Datos promedio entre 2010 y 2014. Adaptada de Our world in data.

## UNIDAD 8

# Los gases de efecto invernadero y nuestro consumo



Estas fotos de Autor desconocido están bajo licencia CC BY-NC-ND



## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

2 sesiones de 45 minutos

### Resumen de la unidad

Los estudiantes analizarán las actividades humanas que contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero y les darán sentido a las cantidades mediante una actividad de comparación. Reflexionarán sobre cómo los hábitos de consumo individuales afectan su huella carbono para finalizar con un juego sobre la alimentación en el conocerán la huella ambiental de algunos alimentos.

### Aprendizajes esperados

- Listar los principales gases de efecto invernadero y las actividades humanas que los producen.
- Comparar las emisiones de CO<sub>2</sub>eq de diferentes países y sectores.
- Estimar la huella de carbono individual y reflexionar sobre cómo se puede reducir este impacto.
- Reflexionar sobre la alimentación y su impacto en el clima.

### Materiales requeridos y preparación previa

#### Para toda la clase:

- 1 presentación en power point del anexo C o una copia para cada grupo

#### Para cada grupo de 4 estudiantes:

- 1 copia de las tarjetas del anexo A previamente recortadas
- 1 computador o tableta con acceso a internet
- 4 copias del anexo B
- 1 copia del anexo D con las tarjetas previamente recortadas.

## GRAN IDEA

Las actividades humanas generan grandes cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero que producen el calentamiento terrestre. Podemos disminuir nuestra huella de carbono transformando nuestros hábitos de consumo.



## Información para el docente



### Los gases de efecto invernadero

Los gases que atrapan el calor en la atmósfera se denominan gases de efecto invernadero. Estos gases pueden tener dos orígenes: natural o por la actividad humana (antrópico). La actividad humana ha generado la mayoría de los gases de efecto invernadero que han llevado al incremento de la temperatura terrestre en los últimos 150 años.

Dentro de los gases de efecto invernadero (GEI) que se producen por la actividad humana, tres son especialmente importantes por la cantidad en que se emiten y por el efecto que tienen en las propiedades de la atmósfera.

Estos son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ).



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC-NDY

#### ● Dióxido de carbono $\text{CO}_2$

El dióxido de carbono está presente de forma natural en la atmósfera como parte del ciclo del carbono. Sin embargo, las actividades humanas lo están alterando al agregar más  $\text{CO}_2$  a la atmósfera y al disminuir la capacidad de los sumideros naturales, como los bosques y el suelo. En estos se captura, a veces por siglos y milenios, el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera, disminuyendo su concentración y en consecuencia regulando el efecto invernadero, que como ya se vio, es indispensable para mantener la temperatura global del planeta en un rango adecuado.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC-NDY

El dióxido de carbono pasa a la atmósfera a través de la quema de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo), desechos sólidos, árboles y otros materiales biológicos, y también como resultado de ciertas reacciones químicas en la fabricación de cemento.

El uso de combustibles fósiles para el transporte, la generación de la electricidad y la industria es la fuente principal de  $\text{CO}_2$  en la mayor parte de países. Sin embargo, también puede ser resultado de acciones humanas como la deforestación, la tala de bosques para la agricultura y la degradación de los suelos.

## ● Metano CH<sub>4</sub>

El metano también está presente de forma natural en la atmósfera. Es emitido por fuentes naturales como los pantanos, mientras que los procesos naturales en el suelo y las reacciones químicas en la atmósfera ayudan a eliminarlo. Sin embargo, las actividades humanas están incrementando la cantidad de este gas en la atmósfera.

El ganado doméstico, como el ganado vacuno, produce CH<sub>4</sub> como parte de su proceso digestivo normal. Además, cuando el estiércol animal se almacena o maneja en tanques de retención, también se produce CH<sub>4</sub>.

El metano se genera al descomponerse la materia orgánica. Esto sucede en rellenos sanitarios, en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales y en la digestión anaeróbica en el compostaje.

Los sistemas de gas natural y petróleo son otra importante fuente de emisiones de metano. El metano es el componente principal del gas natural. El metano se emite a la atmósfera por fugas durante la producción, procesamiento, almacenamiento, transmisión y distribución de gas natural, y durante la producción, refinamiento, transporte y almacenamiento de petróleo crudo. La minería del carbón también es una fuente de emisiones de CH<sub>4</sub>.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC-NDY

## ● Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

El óxido nitroso también está presente de forma natural en la atmósfera como parte del ciclo del nitrógeno de la Tierra y tiene una variedad de fuentes y sumideros naturales. Pero, al igual que en los dos gases anteriores, las actividades humanas están incrementando su cantidad en la atmósfera.

El óxido nitroso puede resultar de diversas actividades agrícolas de manejo del suelo, como la aplicación de fertilizantes sintéticos y orgánicos y otras prácticas de cultivo, el manejo del estiércol o la quema de residuos agrícolas.

Se emite óxido nitroso cuando se queman combustibles. La cantidad de N<sub>2</sub>O emitida por la quema de combustibles depende del tipo de combustible y la tecnología de combustión, el mantenimiento y las prácticas operativas.



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-NC-NDY

El óxido nitroso se genera como subproducto durante la producción de químicos como el ácido nítrico, que se utiliza para fabricar fertilizantes comerciales sintéticos, y en la producción de ácido adípico, que se utiliza para fabricar fibras, como el nailon, y otros productos sintéticos.

El óxido nitroso también se genera a partir del tratamiento de aguas residuales domésticas durante la nitrificación y desnitrificación del nitrógeno presente, generalmente en forma de úrea, amoníaco y proteínas.

## Comparación de los tres principales gases de efecto invernadero

Para poder entender los efectos de estos gases en la atmósfera se deben analizar tres aspectos de cada gas. Su concentración o abundancia, su tiempo de vida media y su potencial de calentamiento.

### ● La concentración

Se refiere a la cantidad de un gas en particular en el aire. Mayores emisiones de gases de efecto invernadero conducen a concentraciones más altas en la atmósfera. Las concentraciones de gases de efecto invernadero se miden en partes por millón o partes por mil millones.

Otra forma de medir la cantidad de gases de efecto invernadero es mediante su peso absoluto con unidades como toneladas.

### ● La vida media

Cada gas de efecto invernadero permanece en la atmósfera durante diferentes periodos de tiempo, desde unos pocos años hasta miles de años. Esto influye en su efecto en el clima.

### ● Potencial de calentamiento

Debido a su composición, los gases de efecto invernadero tienen diferentes potenciales de absorción de energía. El potencial de calentamiento global (o GWP por sus siglas en inglés) permite hacer comparaciones de los impactos del calentamiento global de diferentes gases. Es una medida de cuánta energía absorberá 1 tonelada de gas durante un periodo de tiempo determinado, en relación con 1 tonelada de dióxido de carbono. La siguiente tabla presenta una comparación entre el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso

	DIÓXIDO DE CARBONO	METANO	ÓXIDO NITROSO
Concentración	417,04 partes por millón	1890,9 partes por mil millones	331 partes por mil millones
Tiempo de vida	El dióxido de carbono tiene una vida muy larga en la atmósfera. Entre 300 y 1000 años.	El CH <sub>4</sub> emitido hoy dura una década en promedio, que es mucho menos tiempo que el CO <sub>2</sub> .	El N <sub>2</sub> O emitido hoy permanece en la atmósfera durante más de 100 años, en promedio.
Potencial de calentamiento global	El CO <sub>2</sub> por definición, tiene un GWP de 1 porque es el gas que se utiliza como referencia.	Se estima que el metano (CH <sub>4</sub> ) tiene un GWP de 28 a 36 durante 100 años. Aunque el tiempo de vida del metano es menor que el del CO <sub>2</sub> , su potencial de calentamiento es mucho mayor	El óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) tiene un GWP de 265 a 298 veces mayor que el del CO <sub>2</sub> en un periodo de tiempo de 100 años.

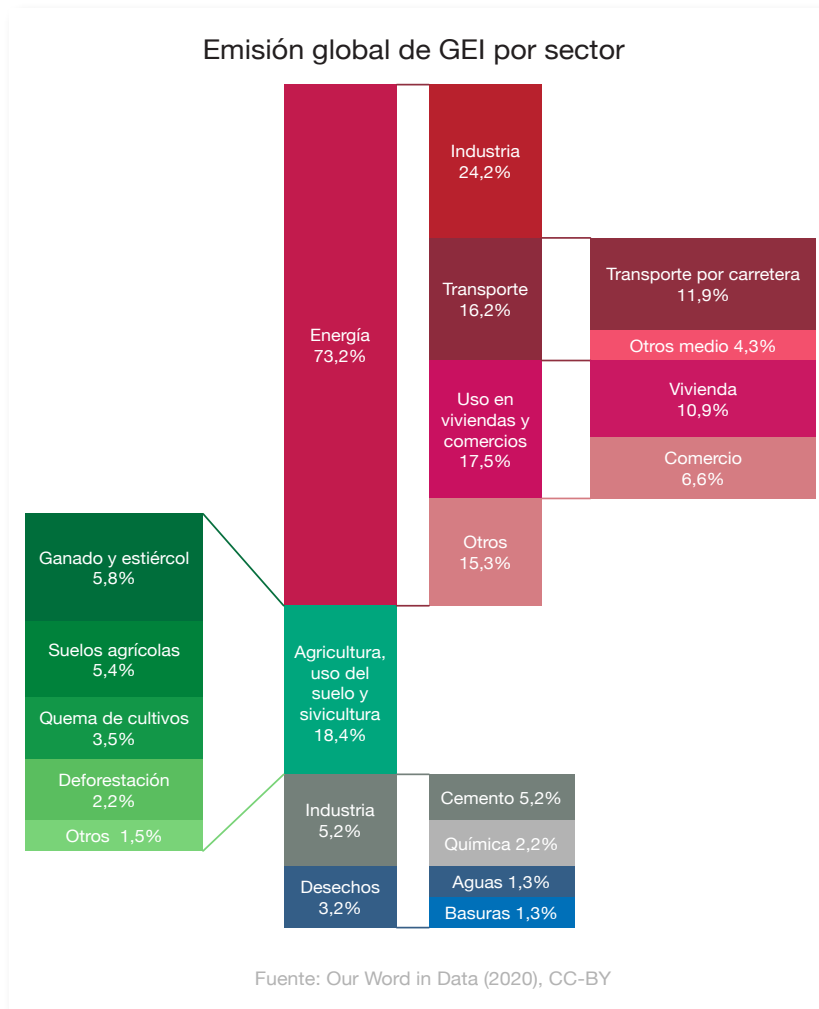
## Emisiones de GEI por sector

Como ya se mencionó, los GEI se pueden producir naturalmente como productos de los ciclos de nutrientes, pero el aumento en su concentración atmosférica en los últimos 150 años se debe fundamentalmente a las actividades humanas.

Si queremos reducir las emisiones de una manera eficaz y coherente con la economía y las tecnologías actuales, primero debemos comprender de dónde provienen estas emisiones.

La gran mayoría de las emisiones de GEI a nivel global provienen del uso de energía (si bien a nivel de cada país la situación puede ser algo diferente); casi una quinta parte de la agricultura y el uso de la tierra, que aumenta a una cuarta parte cuando se considera el sistema alimentario en su conjunto, y el 8% restante de la industria y los residuos.

A nivel global y para muchos países el componente de mayor contribución a los GEI tiene que ver con la demanda de energía. Países como Colombia no siguen este patrón. Para mayor información ver la ficha sobre cambio climático y suelo.



## ● La energía: panorama general

La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. En la naturaleza se presentan de forma continua múltiples procesos de transformación de la energía, como cuando la radiación solar (energía electromagnética) se transforma en calor al subir la temperatura de una superficie expuesta a esta radiación solar. Las plantas hacen otro tanto convirtiendo la radiación solar en energía química, por ejemplo.

El ser humano ha inventado muchos dispositivos tecnológicos para realizar transformaciones de la energía. Los ejemplos son múltiples: un panel solar convierte la radiación solar en energía eléctrica, una hidroeléctrica convierte la energía cinética del agua en energía eléctrica, un vehículo eléctrico convierte la energía química en la batería en energía eléctrica, luego en energía cinética del vehículo para terminar en calor, por ejemplo, en los frenos y rodamientos.

Usar energía implica transformarla, generar energía implica transformarla. Cada una de estas transformaciones tiene costos, no solo en términos de dinero, sino también de impacto sobre el medio. No existe ningún proceso de transformación de energía que esté libre de impacto, ni que sirva para todas las situaciones posibles. Toda transformación de energía (incluyendo su generación y uso) emite GEI directa o indirectamente.

Dentro de este sector, la principal fuente de emisiones está, como se observa en la gráfica anterior, en la generación y uso de energía por parte de industrias, como las de producción de hierro, acero, fertilizantes, alimentos, tabaco, metales no ferrosos, papel, celulosa, maquinaria, textiles, entre muchas otras.

Además, se usa energía para transportar personas y productos por el mundo. Alrededor del 16% de las emisiones de gases de efecto invernadero actuales corresponden al transporte. El transporte por carretera aporta con un 12%, de los cuales el 60% proviene de los viajes de pasajeros (automóviles, motocicletas y autobuses), mientras que el 40% restante proviene del transporte de mercancías por carretera (camiones). El restante 4% de GEI es emitido por el transporte de personas y mercancías por vía aérea, marítima y férrea.

Las edificaciones también usan grandes cantidades de energía. Más del 10% de las emisiones están relacionadas con climatización, la cocción, el uso de electrodomésticos y la iluminación en el hogar.



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

Mensajes de algunas personas poco conocedoras del problema y de las tecnologías asociadas podrían llevar a pensar que la solución está en una transición rápida hacia la generación de la mayor parte de la energía eléctrica a partir de "sistemas alternativos", como las granjas solares o eólicas, y que todos los medios de transporte sean eléctricos. Como veremos a continuación, esta solución es probablemente inviable por razones técnicas, financieras y ambientales.

## ● Producir energía eléctrica: no existe una sola solución perfecta

La energía eléctrica tiene una gran demanda por lo fácil que es utilizarla para diversos fines. Sin embargo, su producción tiene impactos sin importar la fuente. Tomemos un ejemplo: los paneles solares. Una vez instalados no generan gases de efecto invernadero, pero su producción sí, así como su disposición al final de su vida útil. Igualmente requieren terrenos amplios cuando se usan a gran escala, lo cual implica cambiar el uso del suelo. Adicionalmente, solo pueden proveer por sí mismos energía eléctrica cuando está presente la radiación solar, y la cantidad de energía depende de esta radiación. Si se quiere que los paneles produzcan energía para la noche, debe duplicarse su cantidad y utilizar un número importante de baterías, las cuales tienen un impacto en el medio ambiente en su producción y disposición final. Por esta razón, el porcentaje de energía eléctrica obtenida a partir de paneles solares en la actualidad solo puede ser una fracción bastante pequeña de las necesidades de un país.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

Examinemos otro caso: las hidroeléctricas. Su construcción emite GEI, y además se cambia el uso del suelo en grandes extensiones con un impacto ambiental importante, si bien el área afectada es mucho menor que la que requieren los paneles solares para una misma capacidad de producción de energía eléctrica. Pero su operación depende de las precipitaciones que en épocas de sequía son bajas. En su operación la emisión de GEI es baja, al igual que con paneles.

La producción de energía eléctrica requiere una selección cuidadosa de las fuentes disponibles en cada país o región con el fin de garantizar la confiabilidad y continuidad en el suministro al costo más bajo de producción, incluyendo los costos ambientales que no siempre se tienen en cuenta integralmente en el análisis.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

Por ello, la selección para cada país de una matriz óptima de generación de energía eléctrica depende de sus condiciones particulares. Para algunos países el uso de hidroeléctricas no es viable, lo que los lleva lamentablemente a utilizar generación a partir de combustibles fósiles, como el gas, o a partir de centrales nucleares en el mejor de los casos, en lo que a GEI se refiere.

Transformar las matrices de generación de energía eléctrica hacia una solución óptima que tenga en cuenta factores ambientales y las múltiples restricciones y compromisos entre factores requiere cuantiosos recursos y tiempo. Desechar algunos sistemas de generación de energía eléctrica con una vida útil de varias décadas para reemplazarlos por otros de menor huella en el ambiente no siempre resulta en un balance positivo al examinar lo que implica en el ambiente no solo su operación, sino su construcción inicial y desecho al final de su ciclo de vida.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

Por esto, la acción más rápida y directa sobre el problema del uso de la energía es hacer un uso racional de ella. Producir energía eléctrica es costoso en todo sentido, sin importar el tipo de conversión de energía que usemos. También es importante seleccionar para cada caso concreto, de cada país e incluso región dentro de un país, las mejores alternativas de conversión. No hay solución perfecta.

## El transporte

El transporte es un sistema de transformación desde diferentes fuentes de energía a energía cinética y representa a nivel global el 16% de la emisión de GEI, como ya vimos. El tipo de transporte más utilizado es el que parte del uso de combustibles fósiles para transformar energía química en energía cinética. Este tipo de transporte es el que más contribuye a este 16% dada la liberación de CO<sub>2</sub> en el proceso de combustión.

A menudo se plantea el vehículo eléctrico como la solución al transporte en términos ambientales, incluso se menciona como una estrategia de contaminación cero. El vehículo eléctrico no es nuevo. Los primeros ejemplares datan de 1839 y tanto durante el siglo XIX como XX ha venido creciendo el número de prototipos y recientemente el número de vehículos eléctricos producidos, con variantes intermedias como el vehículo híbrido eléctrico el cual utiliza combustibles fósiles y energía eléctrica.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA-NC

El uso de la electricidad para el transporte ha crecido mucho más rápidamente en el transporte ferroviario, dado que los trenes no requieren el almacenamiento de la energía, la cual toman directamente de cables tendidos sobre la vía férrea. En contrapartida, los demás medios de transporte como el auto, los buses, los camiones o el avión, requieren llevar almacenada la energía eléctrica. El medio más corriente para almacenar energía eléctrica actualmente es la batería, la cual presenta retos tecnológicos importantes, a pesar de su continuo mejoramiento, debido a su producción, su peso, su disposición final y los efectos que produce en el medio ambiente. Otras alternativas como el hidrógeno que puede ser utilizado en celdas de energía, son tecnologías en desarrollo aún muy costosas y en consecuencia aún inviables para la mayoría de propósitos.

Tomando el caso del vehículo eléctrico, su producción en la actualidad implica en promedio la generación de 70% más GEI que la producción de su contraparte de gasolina, debido a los materiales que se requieren. Por ello, un auto eléctrico en un país que obtiene un porcentaje alto de su energía eléctrica de combustibles fósiles no representa una ventaja interesante, los GEI que no genera el vehículo se generan en buena medida en la producción de la energía eléctrica que requiere.

Aun en países como Colombia, que obtienen la mayor parte de su energía eléctrica de hidroeléctricas, un auto eléctrico no es ambientalmente rentable sino después de varias decenas de miles de kilómetros recorridos. El saldo ambiental de sacar de uso un vehículo de gasolina que aún funciona bien para reemplazarlo por uno eléctrico puede resultar negativo. Es probable que la tecnología avance en las próximas décadas para resolver algunos problemas de los autos eléctricos, como el de las baterías, su velocidad de carga y su autonomía. Pero aun así, un cambio viable y deseable de los vehículos de combustión por eléctricos tomará décadas.

Por ello, la mejor alternativa para reducir el impacto del transporte a corto plazo es la movilidad sostenible multimodal: caminar, bicicleta, transporte público así como seleccionar el lugar de vivienda teniendo en cuenta los desplazamientos requeridos.



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

## ● Residuos

Los residuos generan actualmente un poco más del 3% de las emisiones de GEI. La materia orgánica y los residuos de animales, plantas, seres humanos y sus productos de desecho se desechan en vertederos en los que la descomposición produce metano, al ser entornos con poco oxígeno. Además estos desechos también se acumulan en las aguas residuales produciendo metano y óxido nitroso.



## ● Industria directa

El dióxido de carbono se produce como subproducto de un proceso de conversión química utilizado en la producción del cemento. El CO<sub>2</sub> también se puede emitir durante la producción de amoníaco, que se utiliza, por ejemplo, para purificar el suministro de agua, productos de limpieza y como refrigerante.

## ● Agricultura y uso del suelo

La agricultura, la silvicultura y el uso de la tierra representan directamente el 18,4% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Dependiendo de las prácticas de gestión utilizadas en las tierras de cultivo, el carbono se puede perder o secuestrar en los suelos y la biomasa. Esto afecta el equilibrio de las emisiones de dióxido de carbono: se puede emitir CO<sub>2</sub> cuando se degradan las tierras de cultivo, o secuestrarlo cuando se restauran.

El 2,2% de las emisiones netas de dióxido de carbono se deben a cambios en la cobertura forestal. La reforestación se cuenta como 'emisiones negativas' y la deforestación como 'emisiones positivas'. El cambio forestal neto es, por tanto, la diferencia entre la pérdida y la ganancia forestales. Las emisiones se basan en las reservas de carbono perdidas de los bosques y los cambios en las reservas de carbono en los suelos forestales.

La quema de residuos agrícolas –vegetación sobrante de cultivos como arroz, trigo, caña de azúcar, entre otros– libera dióxido de carbono, óxido nitroso y metano, representando el 3,5% de las emisiones de GEI. Los agricultores a menudo queman los residuos de los cultivos después de la cosecha para preparar la tierra para la nueva siembra de cultivos.

El óxido nitroso, un gas de efecto invernadero fuerte, se produce cuando se aplican fertilizantes nitrogenados sintéticos a los suelos. Esto incluye las emisiones de los suelos agrícolas para todos los productos agrícolas, incluidos los alimentos para consumo humano directo, la alimentación animal, los biocombustibles y otros cultivos no alimentarios (como el tabaco y el algodón).

Los animales (principalmente rumiantes, como el ganado vacuno y ovino) producen gases de efecto invernadero a través de un proceso llamado 'fermentación entérica': cuando los microbios en sus sistemas digestivos descomponen los alimentos, producen metano como subproducto.

El óxido nitroso y el metano se pueden producir a partir de la descomposición de estiércol animal en condiciones de bajo oxígeno. Esto ocurre a menudo cuando se maneja una gran cantidad de animales en un área confinada donde el estiércol se almacena típicamente en grandes pilas o se desecha en lagunas y otros tipos de sistemas de manejo de estiércol.

Esto significa que la carne de res y de cordero tienden a tener una alta huella de carbono (5,8% de las emisiones totales de GEI), y comer menos esta carne es una forma eficaz de reducir las emisiones de su dieta.

## ● La alimentación

El sistema alimentario mundial, que abarca la producción y los procesos posteriores a la agricultura, como el procesamiento y la distribución, es un factor clave que contribuye a las emisiones. La alimentación es responsable de aproximadamente el 26% de las emisiones globales de GEI.

La ganadería y la pesca representan el 31% de las emisiones de alimentos. Los animales criados para la producción de carne, lácteos, huevos y mariscos contribuyen a las emisiones de varias formas. El ganado rumiante, principalmente el ganado vacuno, por ejemplo, produce metano a través de sus procesos digestivos, la gestión del estiércol, la gestión de los pastos. El consumo de combustible de los barcos pesqueros también entra en esta categoría.

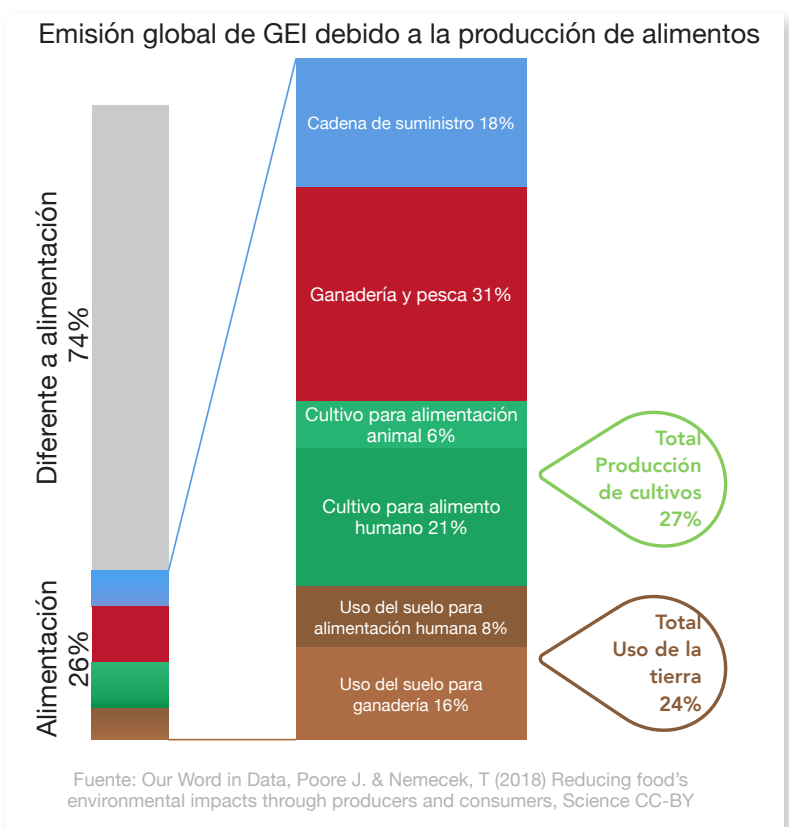
La producción de cultivos representa el 27% de las emisiones alimentarias. El 21% de las emisiones de alimentos proviene de la producción de cultivos para consumo humano directo y el 6% proviene de la producción de alimentos para animales. Representan las emisiones directas que resultan de la producción agrícola, que incluyen óxido nitroso por la aplicación de fertilizantes y estiércol, metano de la producción de arroz y dióxido de carbono de maquinaria agrícola.

El uso de la tierra representa el 24% de las emisiones alimentarias. La expansión agrícola da como resultado la conversión de bosques, pastizales y otros sumideros de carbono en tierras de cultivo o pastizales, lo que genera emisiones de dióxido de carbono. El 'uso de la tierra' aquí es la suma del cambio de uso de la tierra, la quema de sabanas, el arado y el volcado de suelos.

Las cadenas de suministro representan el 18% de las emisiones alimentarias. El procesamiento de alimentos, el transporte, el envasado y la venta minorista requieren insumos de energía y recursos.

Para reducir las emisiones es esencial evitar el desperdicio de alimentos. Las emisiones de desechos alimentarios son grandes: una cuarta parte de las emisiones de la producción de alimentos termina como desperdicio, ya sea por las pérdidas de la cadena de suministro o por los consumidores. El envasado duradero, la refrigeración y el procesamiento de alimentos pueden ayudar a prevenir el desperdicio de alimentos.

Como se mencionó anteriormente, seleccionar fuentes de generación de energía de menor impacto en emisiones de GEI es complejo, pero es aún más complejo reducir la emisión de gases de efecto invernadero en los procesos en la agricultura. Se requieren insumos como fertilizantes para satisfacer la creciente demanda de alimentos y es inevitable que el ganado produzca metano. Se necesita por lo tanto una variedad de soluciones que incluye cambios en las dietas, reducción del desperdicio de alimentos, mejoras en la eficiencia agrícola, y tecnologías que hagan que las alternativas alimentarias bajas en carbono sean escalables y asequibles.





## Qué deberían saber sus estudiantes

Un primer aspecto que deben saber los estudiantes es que los gases son un estado de la materia, que ocupan un espacio, tienen masa, y por ende se pueden pesar.

Esta lección se debe presentar luego de que sus estudiantes hayan trabajado el efecto invernadero. Deben saber que se trata de un fenómeno natural provocado por los gases en la atmósfera terrestre, y que, debido al aumento de algunos de esos gases, este efecto se está exacerbando, generando un aumento de la temperatura terrestre con grandes consecuencias en el clima y los ecosistemas del planeta.

En esta lección se debe reforzar la idea de que los GEI se producen naturalmente en muchos procesos, pero que las acciones humanas aumentan su cantidad. Una idea errónea que aparece con frecuencia es pensar que el  $\text{CO}_2$  es lo mismo que el smog o el material particulado, por lo que se asocia la emisión de  $\text{CO}_2$  con la baja calidad del aire o con el humo. Aunque en muchos casos estos productos se originan en combustiones que también producen  $\text{CO}_2$ , será bueno ayudar a la clase a reconocer que el  $\text{CO}_2$  es un gas incoloro e inodoro y que se origina también en procesos como la respiración o la descomposición. En contrapartida, el material particulado son partículas sólidas suspendidas en el aire, que al ser inhaladas al respirar pueden producir enfermedades con el tiempo.

El metano y el óxido nitroso son gases menos conocidos y por lo tanto las fuentes de emisiones antrópicas y naturales de estos GEI son también menos conocidas por los estudiantes. En esta lección se espera que reconozcan que, aunque son gases menos abundantes, tienen efectos importantes en el calentamiento y por lo tanto su emisión merece atención.

Por último, para algunos estudiantes es difícil imaginarse un kilogramo o una tonelada de un gas, por lo que muchas veces las mediciones de huellas de carbono o de GEI por país o sector resultan poco dicentes para los estudiantes. En la lección se hará una pequeña actividad para ayudarles a ver esto.



## Cómo planear la lección



### Inicio de la lección

Empiece la lección volviendo sobre lo que sus estudiantes saben sobre el efecto invernadero. Puede usar los gráficos de anclaje desarrollados en la lección correspondiente para apoyar a la clase.

Deben recordar que el efecto invernadero es un fenómeno natural que permite que la energía del Sol caliente la superficie terrestre, pero que al aumentar las cantidades de gases de efecto invernadero en la atmósfera debido a las actividades humanas, la Tierra se está calentando muy rápido y mucho más de lo deseable para el ser humano y para los ecosistemas, de los que además dependemos.

Indague sobre lo que sus estudiantes saben o recuerdan acerca de los gases de efecto invernadero. Es posible que recuerden el dióxido de carbono o el metano y que asocien su emisión a la quema de combustibles fósiles.

Explique que en esta lección conocerán un poco más sobre los principales gases de efecto invernadero y las actividades humanas que los producen para luego reflexionar sobre cómo nuestras acciones individuales pueden aumentar o disminuir las emisiones de estos gases.

Empiece hablando del dióxido de carbono. Pregunte a la clase si este gas se puede producir de forma natural. Sus estudiantes deben reconocer que este gas se produce naturalmente en la respiración y que es usado por las plantas durante las fotosíntesis. Si lo considera necesario, puede apoyarse en el video de la lección 3 en el que se presenta el ciclo de carbono.

Invite a los estudiantes a hacer una lista de las actividades humanas que producen dióxido de carbono. Seguramente la lista mencionará los combustibles fósiles; anímelos a pensar en otras actividades que podrían generar este tipo de emisiones.

Tome nota de lo que sus estudiantes saben sobre el CO<sub>2</sub>.

Pregunte ahora sobre otros GEI que sus estudiantes conozcan. Si no lo mencionan, llame la atención sobre el metano, con preguntas como: ¿han escuchado algo de este gas?, ¿de dónde viene?

Es posible que algunos de sus estudiantes reconozcan que el gas domiciliario que usan en sus hogares para cocinar o calentar el agua es metano y quizás algunos lo relacionen con pantanos. Si no mencionan la digestión de los rumiantes, no la incluya en los registros hasta más adelante.

Finalmente mencione el óxido nitroso. Este gas es probablemente menos conocido que los otros dos. Indague sobre lo que sus estudiantes pueden saber o inferir sobre este gas. Si no lo conocen, solo escriba el nombre en el tablero.

Algunos estudiantes pueden mencionar el vapor de agua o el ozono como GEI. Anótelos en el tablero, pero aclare que la lección se enfocará solo en los tres primeros.

Ahora proceda a mencionar algunas cosas sobre los tres principales gases de efecto invernadero. Puede apoyarse en el primer video de la unidad para construir con la clase. Mientras muestra las características de los 3 GEI, haga preguntas para que sus estudiantes revisen sus ideas al respecto. Por ejemplo puede preguntar:

Indique ahora que van a trabajar en grupos para entender mejor lo que

¿Cuál de los 3 gases es más abundante en la atmósfera?

¿Qué gas se mantiene más tiempo en la atmósfera?

¿Cuál de los 3 gases tiene mayor potencial de calentamiento global?

significan las cantidades de GEI que se emiten anualmente en el planeta y para analizar cómo sus acciones individuales pueden contribuir a esas emisiones.

Para la primera parte se usará un sencillo juego que les permitirá comprender a qué equivale una tonelada de dióxido de carbono.

Luego trabajarán usando un calculador de huella de carbono en línea para analizar sus propios comportamientos y evaluar posibles cambios en este que ayuden a disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## Desarrollo de la lección

### ● Actividad 1

Recorte y entregue las fichas y afirmaciones del juego descrito en el anexo A.

Pida a los estudiantes que tomen una afirmación y luego traten de asociar la cantidad de GEI descrita con el equivalente en masa de objetos conocidos.

Permita que trabajen con las diferentes asociaciones ayudándoles a ver que realmente hay una gran cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, y que aunque no lo sintamos o podamos ver, cada año agregamos grandes cantidades de estos gases a nuestra atmósfera.

Una vez los grupos hayan explorado con las tarjetas, reúna a la clase para poner en común las equivalencias.

A partir de la discusión sobre las cantidades, presente la siguiente actividad.

### ● Actividad 2

Explique que van a calcular su huella de carbono individual, es decir los kilogramos (o toneladas) de CO<sub>2</sub> y otros GEI que se emiten para que ellos se puedan alimentar, vestir o transportar.

Si tiene acceso a un proyector y buena conexión a internet puede hacer una demostración de cómo acceder a la aplicación de la calculadora de huella de carbono desarrollada por la Oficina de Educación Climática, OCE.

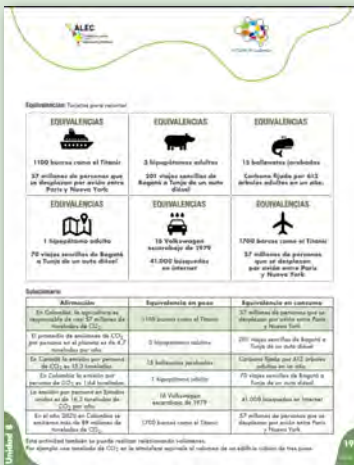
<https://www.oce.global/animations/CarbonFootprint-final/footprint.html>

Si no tiene una buena conexión, puede descargar la aplicación para usarla fuera de línea. Puede prever que la clase se mueva a la sala de computadores para que cada grupo tenga acceso a un computador con el aplicativo.

Muestre pregunta a pregunta aclarando a sus estudiantes si tienen dudas sobre el vocabulario o sobre cómo responder.

Una vez haya demostrado cómo usar el aplicativo, distribuya copias del anexo B con las instrucciones para el trabajo. Aunque la actividad se pueda llevar a cabo en grupos, el cálculo de la huella de carbono deberá ser individual, por lo que es recomendable contar con copias del anexo para cada integrante del grupo.

Mientras la clase trabaja en los cálculos, visite los grupos apoyando el análisis que hacen de sus resultados. Tenga en cuenta que el aplicativo permite avanzar, aunque no se den respuestas, pero entre menos respuestas dé mas impreciso será el cálculo, entonces anime a sus estudiantes a responder todas las preguntas que puedan.



<https://www.oce.global/animations/CarbonFootprint-final/footprint.html>

Después de que hayan calculado y analizado su huella de carbono, deberán hacer cambios en sus respuestas para disminuir la huella. Ayúdeles a ver que algunos cambios sencillos como apagar las luces o cambiar la dieta pueden ayudar a disminuir las cantidades de CO<sub>2</sub> que se emiten.

## Cierre de la lección

Reúna a la clase para compartir sus ideas acerca de cómo disminuir su huella de carbono. Tome nota de las propuestas que sus estudiantes encontraron al cambiar las respuestas de su cuestionario.

Puede construir un gráfico de anclaje usando los comentarios de sus estudiantes acerca de las explicaciones y las actividades.

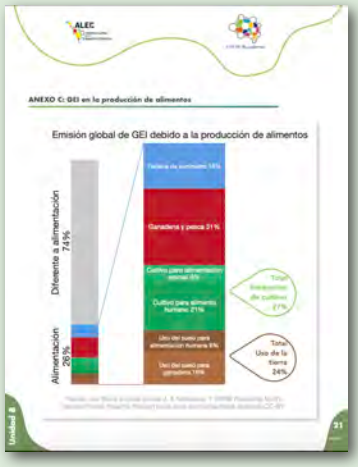
Para ello, pregúnteles qué piensan que deben recordar y usando esta información haga un esquema en una cartelera que sirva de referencia para futuras lecciones o para la implementación de un proyecto de aula.

## Una posible organización de este gráfico de anclaje se presenta a continuación:



Llame la atención sobre la alimentación y cómo lo que comemos afecta de manera importante nuestra huella.

Indague sobre lo que sus estudiantes piensan acerca de cómo la alimentación genera GEI. Es posible que reconozcan aspectos relacionados con la producción, por ejemplo la conversión de bosques en pastizales para ganado o en tierras de cultivo, también la energía que se usa para la cosecha y la distribución o para el procesamiento y empaque de la comida que finalmente



llega a la mesa.

Muestre el gráfico del anexo C para ver un estimado de cómo las diferentes actividades en el sistema alimentario contribuyen globalmente a las emisiones de GEI.

Analice con la clase esta imagen, mostrando que una cuarta parte de todas las emisiones del planeta vienen de la alimentación, y de estas un tercio aproximadamente tiene que ver con el ganado y las pesquerías. Además, como probablemente ya lo identificaron, el transporte y el procesamiento generan un 18% de las emisiones alimentarias y el uso del suelo 24%.

Por eso, hacer cambios en lo que comemos es una forma de disminuir nuestra huella de carbono. Si la carne vacuna es una importante fuente de GEI, disminuir su consumo puede ayudarnos a tener un menor impacto en el planeta. De la misma forma, si elegimos productos con menos empaques, esto reduce el CO<sub>2</sub> que se libera por el proceso de empaquetamiento o si compramos productos locales habrá menos carbono asociado al transporte.

Puede dedicar una sesión adicional o invitar a sus estudiantes a que en casa revisen el contenido multimedia “el impacto de nuestra comida” que les permitirá explorar un poco más sobre cómo la alimentación impacta el cambio climático:

<https://www.oce.global/es/resources/actividades-multimedia/el-impacto-de-nuestra-comida>



<https://www.oce.global/es/resources/actividades-multimedia/el-impacto-de-nuestra-comida>

Como complemento a la lección, puede presentar el perfil de una persona que tiene experiencia en movilidad sostenible. Explique que dado que el transporte depende en gran medida de la combustión de combustibles fósiles, profesionales de la ingeniería en todo el mundo buscan formas de generar medios de transporte que tengan una menor huella de carbono y en consecuencia reduzcan la emisión de GEI en el transporte.

## Glosario

- 1. Sistema alimentario:** se refiere a todos las actividades y elementos relacionados con el suministro de alimentos, que incluyen la producción, la distribución, la transformación, entre otros.
- 2. Uso de la tierra:** término que describe la modificación de ambientes naturales para usos humanos, por ejemplo: agricultura, urbanización o plantaciones manejadas.
- 3. Sector (productivo):** Clasificación de actividades económicas que producen bienes y servicios.



## Conexión con carreras en STEM



Le recomendamos ver este video, enlazado en el código QR anterior, con sus estudiantes para aprender sobre diferentes profesiones que trabajan para entender el clima y luchar contra el cambio climático. Luego de verlo, invite a la clase a discutir lo que más les llama la atención y promueva una reflexión sobre opciones de vida en ciencia y tecnología.

La ingeniería mecánica es una profesión con múltiples aplicaciones. Las personas que se dedican a la ingeniería mecánica se encargan de diseñar y a veces de fabricar máquinas y sistemas electromecánicos.

Una de las aplicaciones de la ingeniería mecánica que ayuda a actuar por el clima, es el desarrollo de sistemas de movilidad sostenible. Las personas usan grandes cantidades de combustibles fósiles para moverse y mover sus productos y una forma de disminuir las emisiones asociadas a esto es pensar en formas alternativas de movilidad.

Algunas alternativas incluyen bicicletas y patinetas públicas, a veces con motores eléctricos. Las personas que se dedican a la ingeniería mecánica pueden trabajar en el diseño de la estructura de estos vehículos para minimizar su peso, para que resistan un uso intensivo y para que su comportamiento en movimiento garantice la seguridad. También, de existir estaciones, diseñan los mecanismos de sujeción entre la estación y las patinetas o las bicicletas para evitar usos no autorizados.

Estas personas trabajan de la mano de otras disciplinas STEM como la ingeniería electrónica o la informática para diseñar la arquitectura de los sistemas y tener un control de los vehículos. También en estos equipos suelen trabajar personas de ingeniería industrial para determinar la ubicación de las estaciones, el número de bicicletas o patinetas, y las rutas de redistribución de los vehículos.

En esta entrevista, el ingeniero mecánico Harry Luque explica un poco más el concepto de movilidad sostenible.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-NC



## Anexos

### Anexo A: ¿Qué es una tonelada de CO<sub>2</sub>?

#### Sugerencia para jugar:

Trabajo en grupos de 2. Se colocan boca abajo las tarjetas de afirmaciones en un montón, ya barajadas. Las de equivalencia se colocan boca arriba.







- Un estudiante toma una tarjeta de afirmaciones y busca la equivalencia correspondiente.
- Solo si ambos estudiantes están de acuerdo, el estudiante que hizo la equivalencia se queda con las dos tarjetas.
- El segundo estudiante toma una tarjeta de afirmaciones. El juego continúa hasta que se hayan apareado todas las tarjetas.
- Finalmente el profesor indica cuál es el resultado correcto a todo el salón.

#### Afirmaciones:

Tarjetas para recortar

<p><b>AFIRMACIONES</b> Equivalente CO<sub>2</sub></p> <p><b>En el año 2020 en Colombia se emitieron más de 89 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.</b></p>	<p><b>AFIRMACIONES</b> Equivalente CO<sub>2</sub></p> <p><b>En Canadá la emisión por persona de CO<sub>2</sub> es 15,3 toneladas.</b></p>	<p><b>AFIRMACIONES</b> Equivalente CO<sub>2</sub></p> <p><b>El promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> por persona en el planeta es de 4,7 toneladas por año</b></p>
<p><b>AFIRMACIONES</b> Equivalente CO<sub>2</sub></p> <p><b>La emisión por persona en Estados Unidos es de 16,3 toneladas de CO<sub>2</sub> por año.</b></p>	<p><b>AFIRMACIONES</b> Equivalente CO<sub>2</sub></p> <p><b>En Colombia, la agricultura es responsable de casi 57 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.</b></p>	<p><b>AFIRMACIONES</b> Equivalente CO<sub>2</sub></p> <p><b>En Colombia la emisión por persona de CO<sub>2</sub> es 1,64 toneladas.</b></p>

**Equivalencias: Tarjetas para recortar**

<p><b>EQUIVALENCIAS</b></p>  <p><b>1100 barcos como el Titanic</b></p> <p><b>57 millones de personas que se desplazan por avión entre París y Nueva York</b></p>	<p><b>EQUIVALENCIAS</b></p>  <p><b>3 hipopótamos adultos</b></p> <p><b>210 viajes sencillos de Bogotá a Tunja de un auto diésel</b></p>	<p><b>EQUIVALENCIAS</b></p>  <p><b>15 ballenatos jorobados</b></p> <p><b>Carbono fijado por 612 árboles adultos en un año.</b></p>
<p><b>EQUIVALENCIAS</b></p>  <p><b>1 hipopótamo adulto</b></p> <p><b>70 viajes sencillos de Bogotá a Tunja de un auto diésel</b></p>	<p><b>EQUIVALENCIAS</b></p>  <p><b>16 Volkswagen escarabajo de 1979</b></p> <p><b>41.000 búsquedas en internet</b></p>	<p><b>EQUIVALENCIAS</b></p>  <p><b>1700 barcos como el Titanic</b></p> <p><b>89 millones de personas que se desplazan por avión entre París y Nueva York</b></p>

**Solucionario**

Afirmación	Equivalencia en peso	Equivalencia en consumo
En Colombia, la agricultura es responsable de casi 57 millones de toneladas de CO <sub>2</sub> .	1100 barcos como el Titanic	57 millones de personas que se desplazan por avión entre París y Nueva York
El promedio de emisiones de CO <sub>2</sub> por persona en el planeta es de 4,7 toneladas por año.	3 hipopótamos adultos	210 viajes sencillos de Bogotá a Tunja de un auto diésel
En Canadá la emisión por persona de CO <sub>2</sub> es 15,3 toneladas.	15 ballenatos jorobados	Carbono fijado por 612 árboles adultos en un año.
En Colombia la emisión por persona de CO <sub>2</sub> es 1,64 toneladas.	1 hipopótamo adulto	70 viajes sencillos de Bogotá a Tunja de un auto diésel
La emisión por persona en Estados Unidos es de 16,3 toneladas de CO <sub>2</sub> por año.	16 Volkswagen escarabajo de 1979	41.000 búsquedas en internet
En el año 2020 en Colombia se emitieron más de 89 millones de toneladas de CO <sub>2</sub> .	1700 barcos como el Titanic	89 millones de personas que se desplazan por avión entre París y Nueva York

Esta actividad también se puede realizar relacionando volúmenes. Por ejemplo una tonelada de CO<sub>2</sub> en la atmósfera equivale al volumen de un edificio cúbico de tres pisos.

## ANEXO B: Mi huella de carbono

Una forma de ver cómo nuestros hábitos de consumo y comportamientos influyen en las emisiones de gases de efecto invernadero es calculando nuestra huella de carbono. Esto es una medida de la cantidad equivalente de dióxido de carbono que se emite en la producción, distribución y consumo de los bienes y servicios que usamos.

Para estimar la huella de carbono de una persona se usa información sobre la forma en la que se genera energía, se producen alimentos o se transportan bienes como la ropa y se divide por la cantidad de personas en un país o en el mundo.

Usualmente se presenta la huella de carbono en cantidad de dióxido de carbono (kilogramos) por año. Hoy te invito a calcular tu huella de carbono usando la aplicación desarrollada por la Oficina para la Educación Climática. Puedes acceder usando el siguiente enlace:

<https://www.oce.global/animations/CarbonFootprint-final/footprint.html>

Recuerda ajustar el idioma a español en el menú desplegable que aparece en la parte superior izquierda.

### Ahora responde las preguntas que la aplicación te hará y espera el resultado

¿Cuál es tu huella de carbono?

---

¿Cómo es tu huella respecto a la huella promedio de tu región? ¿Mayor, igual o menor?

---

¿Cómo es tu huella respecto a la huella promedio de Europa? ¿Mayor, igual o menor?

---

¿Qué actividad (infraestructuras del continente, alojamiento, transporte, comida, consumo) es la que más impacto tiene en tu huella de carbono?

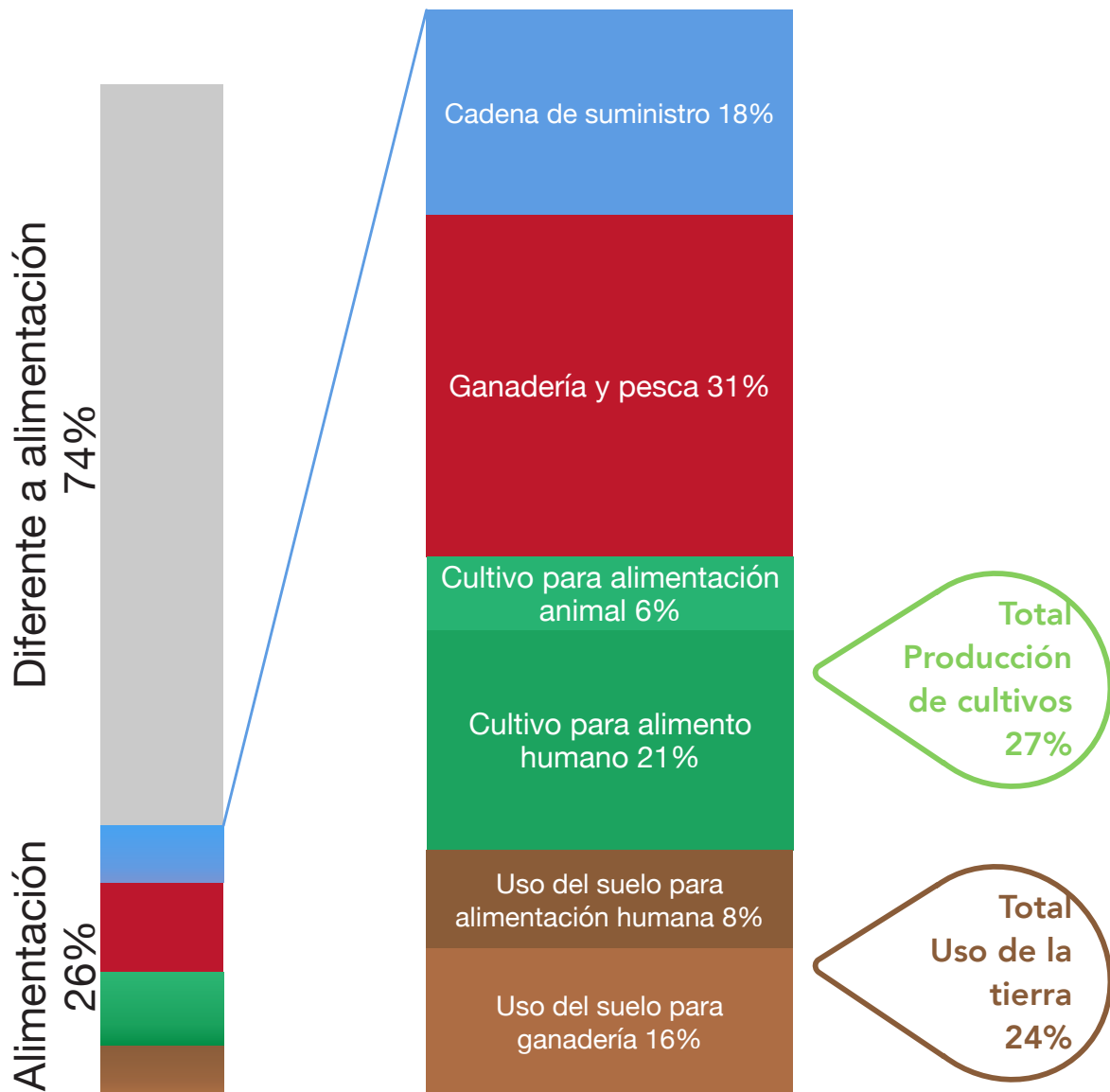
---

Escoge dos preguntas de la actividad que más impacto tienen y cambia las respuestas para obtener una menor huella. Registra tus datos en la siguiente tabla.

Actividad	Respuesta en el primer cálculo	Respuesta en el segundo cálculo	Disminución en la huella de carbono

## ANEXO C: GEI en la producción de alimentos

### Emisión global de GEI debido a la producción de alimentos



Fuente: Our World in Data, Poore J. & Nemecek, T (2018) Reducing food's environmental impacts through producers and consumers, Science CC-BY

## ANEXO D: Tarjetas de alimentos

Las tarjetas de alimentos permiten estimar la cantidad de GEI y de recursos como el agua y la cantidad de suelo que implican diferentes hábitos de consumo de alimentos. Este juego fue desarrollado por la OCE París. Se pueden realizar varias actividades con estas tarjetas, a continuación se describen dos de ellas.

Para más detalles visitar: [www.oce.global](http://www.oce.global)

### Preparación:

- Imprima las tarjetas usando impresión por ambas caras.
- Recorte las tarjetas y si es posible plastifíquelas.

### Posibles actividades:

- Reparta un juego de tarjetas por grupo de 2 a 4 estudiantes.
- Pida a los estudiantes de cada grupo ensamblar dos dietas, una de alto consumo de recursos y de alta generación de GEI y otra más amigable con el ambiente.
- Pida luego a los grupos reportar sus selecciones y comparar el uso de recursos y la cantidad de GEI emitidos.
- Otra posibilidad es que cada integrante del grupo ensamble una dieta similar a la suya actual y que luego se comparen en términos de uso de recursos y generación de GEI.



## ANEXO D: Tarjetas de alimentos




**AZÚCAR DE REMOLACHA**  
7 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,013 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**1,53 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,013 m<sup>2</sup>**



**NUECES**  
30 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,02 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**138,34 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,43 m<sup>2</sup>**



**AZÚCAR DE CAÑA**  
7 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,022 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**4,34 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,014 m<sup>2</sup>**




**GUISANTES**  
90 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,03 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**13,47 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,26 m<sup>2</sup>**



**MAÍZ**  
75 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,04 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**5,33 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,08 m<sup>2</sup>**



**ACEITE DE GIRASOL**  
10 ml

HUELLA DE CARBONO  
**0,04 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**10,08 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,18 m<sup>2</sup>**



**ACEITE DE COLZA**  
10 ml

HUELLA DE CARBONO  
**0,04 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**2,38 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,11 m<sup>2</sup>**



**ACEITE DE OLIVA**  
10 ml

HUELLA DE CARBONO  
**0,05 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**21,42 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,26 m<sup>2</sup>**



**CEBOLLA**  
100 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,05 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**1,40 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,04 m<sup>2</sup>**

## ANEXO D: Tarjetas de alimentos



**AZÚCAR DE CAÑA**  
7 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**NUECES**  
30 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**AZÚCAR DE REMOLACHA**  
7 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**ACEITE DE GIRASOL**  
10 ml

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**MAÍZ**  
75 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**GUISANTES**  
90 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**CEBOLLA**  
100 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**ACEITE DE OLIVA**  
10 ml

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**ACEITE DE COLZA**  
10 ml

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education

## ANEXO D: Tarjetas de alimentos




**LIMÓN**  
130 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,05 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**10,79 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,12 m<sup>2</sup>**




**MANÍ**  
20 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,06 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**36,43 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,18 m<sup>2</sup>**



**ZANAHORIA**  
150 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,06 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**4,20 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,05 m<sup>2</sup>**



**ACEITE DE PALMA**  
10 ml

HUELLA DE CARBONO  
**0,07 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**0,06 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,02 m<sup>2</sup>**



**MANZANA**  
180 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,07 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**32,40 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,11 m<sup>2</sup>**




**PUERRO**  
150 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,08 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**2,10 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,06 m<sup>2</sup>**



**BRÓCOLI**  
150 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,08 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**17,85 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,09 m<sup>2</sup>**




**PATATAS**  
150 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,11 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**15,19 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,23 m<sup>2</sup>**



**BANANAS**  
180 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,11 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**13,80 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,23 m<sup>2</sup>**

## ANEXO D: Tarjetas de alimentos



**ZANAHORIA**  
150 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**MANÍ**  
20 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**LIMÓN**  
130 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**PUERRO**  
150 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**MANZANA**  
180 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**ACEITE DE PALMA**  
10 ml

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**BANANAS**  
180 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**PATATAS**  
150 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**BRÓCOLI**  
150 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education

## ANEXO D: Tarjetas de alimentos



**TRIGO Y CENTENO (PAN)**  
 75 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,15 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**61,35 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,35 m<sup>2</sup>**



**FRUTOS DEL BOSQUE Y UVAS**  
 120 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,18 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**50,40 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,29 m<sup>2</sup>**



**BEBIDA DE SOYA**  
 20 cl

HUELLA DE CARBONO  
**0,2 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**5,60 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,14 m<sup>2</sup>**



**TOFU**  
 100 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,2 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**9,28 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,22 m<sup>2</sup>**




**HUEVOS**  
 1 huevo

HUELLA DE CARBONO  
**0,26 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**32,30 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,35 m<sup>2</sup>**




**ARROZ**  
 75 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,32 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**163,33 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,21 m<sup>2</sup>**



**TOMATE**  
 180 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,32 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**55,50 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,12 m<sup>2</sup>**




**QUESO DE VACA**  
 20 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,37 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**85,62 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**1,35 m<sup>2</sup>**



**CAFÉ**  
 1 taza

HUELLA DE CARBONO  
**0,4 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**Insignificante**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,30 m<sup>2</sup>**

## ANEXO D: Tarjetas de alimentos



**BEBIDA DE SOYA**  
20 cl

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**FRUTOS DEL BOSQUE Y UVAS**  
120 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**TRIGO Y CENTENO (PAN)**  
75 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**ARROZ**  
75 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**HUEVOS**  
1 huevo

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**TOFU**  
100 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**CAFÉ**  
1 taza

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**QUESO DE VACA**  
20 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**TOMATE**  
180 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education

## ANEXO D: Tarjetas de alimentos




**YUCA**  
200 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,45 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**Insignificante**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,61 m<sup>2</sup>**



**CHOCOLATE NEGRO**  
1 onza

HUELLA DE CARBONO  
**0,46 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**5,40 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,68 m<sup>2</sup>**



**LECHE DE VACA**  
20 cl

HUELLA DE CARBONO  
**0,64 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**125,60 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**1,80 m<sup>2</sup>**



**PESCADO (CRIADERO)**  
100 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,98 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**265,52 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,61 m<sup>2</sup>**



**CARNE DE AVE**  
100 g

HUELLA DE CARBONO  
**0,99 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**66,45 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**1,24 m<sup>2</sup>**



**CARNE DE CERDO**  
100 g

HUELLA DE CARBONO  
**2,11 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**308,58 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**3,06 m<sup>2</sup>**



**CARNE DE CORDERO**  
100 g

HUELLA DE CARBONO  
**3,31 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**149,21 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**30,64 m<sup>2</sup>**



**CRUSTÁCEOS (CRIADERO)**  
100 g

HUELLA DE CARBONO  
**3,62 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**478,38 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**0,40 m<sup>2</sup>**



**CARNE DE TERNERA**  
100 g

HUELLA DE CARBONO  
**8,72 kg CO<sub>2</sub>-eq**

CONSUMO DE AGUA  
**126,96 l**

SUPERFICIE DE TIERRA NECESARIA  
**28,60 m<sup>2</sup>**

## ANEXO D: Tarjetas de alimentos



**LECHE DE VACA**  
20 cl

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**CHOCOLATE NEGRO**  
1 onza

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**YUCA**  
200 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**CARNE DE CERDO**  
100 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education




**CARNE DE AVE**  
100 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**PESCADO (CRIADERO)**  
100 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**CARNE DE TERNERA**  
100 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**CRUSTÁCEOS (CRIADERO)**  
100 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education



**CARNE DE CORDERO**  
100 g

---

EL IMPACTO DE NUESTRA ALIMENTACION

**oce** Office for Climate Education

## UNIDAD 9

# La adaptación al cambio climático: una necesidad



Estas fotos de Autor desconocido están bajo licencia CC BY-NC-ND



## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

2 a 3 sesiones de 45 minutos.

### Resumen de la unidad

Los estudiantes conocerán los efectos del cambio climático en las poblaciones humanas y en los ecosistemas y comprenderán el concepto de adaptación. Analizarán ejemplos de acciones de mitigación y adaptación para luego hacer modelos de soluciones tecnológicas para la adaptación.

### Aprendizajes esperados

- Identificar los efectos comprobados del cambio climático en los ecosistemas y en las poblaciones humanas.
- Diferenciar los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en el marco del cambio climático y reconocer la necesidad de que las poblaciones humanas y naturales se adapten a un clima cambiante.
- Describir diferentes tipos de estrategias de adaptación al cambio climático basadas en la naturaleza y en la tecnología.

### Materiales requeridos y preparación previa

#### Para cada grupo de 4 estudiantes:

- 1 copia del anexo A con las tarjetas previamente recortadas
- 1 copia del anexo B
- 1 recipiente plástico transparente.
- Plástico envolvente.
- 1 vaso pequeño de vidrio o plástico
- Agua
- Sal
- 1 copia del anexo C
- Palos de madera, cartón, plástico.

## GRAN IDEA

Las comunidades pueden adaptarse a los efectos del cambio climático usando diferentes estrategias.



## Información para el docente



### La adaptación



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

La adaptación al cambio climático se refiere a las acciones que reducen el impacto negativo del cambio climático, al tiempo que aprovechan las nuevas oportunidades potenciales. Implica ajustar políticas y acciones debidas a los cambios observados o esperados en el clima. La adaptación puede ser reactiva, ocurriendo en respuesta a los impactos climáticos, o anticipatoria, ocurriendo antes de que se observen los impactos del cambio climático.

La adaptación (responder a los impactos climáticos) y la mitigación (reducir las emisiones de GEI) son complementos necesarios para abordar el cambio climático. Si bien ni las acciones de adaptación ni las de mitigación por sí solas pueden prevenir impactos significativos del cambio climático, en conjunto pueden reducir significativamente los riesgos. La mitigación es necesaria para reducir el ritmo y la magnitud del cambio climático, mientras que la adaptación es esencial para reducir los daños del cambio climático que no se pueden evitar.

### Efectos del cambio climático en los ecosistemas y las poblaciones humanas

La adaptación al cambio climático es una necesidad, porque sus efectos ya tienen consecuencias en los sistemas naturales y humanos. Según el IPCC en 2022, algunos de los efectos que se pueden atribuir con alto nivel de confiabilidad al cambio climático inducido por las acciones humanas incluyen:



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

- **Eventos atmosféricos extremos más frecuentes y severos**, que llevan a daños en infraestructura, ecosistemas, personas y asentamientos. Estos eventos incluyen sequías, incendios, olas de calor, lluvias torrenciales, entre otros.
- **Pérdida de biodiversidad y funcionalidad de los ecosistemas**, incluso mayor a la que se predecía en modelos previos. Hay evidencia de afectaciones en la estructura de los ecosistemas terrestres y marinos, cambios estacionales y disminución de la resiliencia natural. Esto afecta también a millones de personas que dependen de estos recursos para su sobrevivencia.
- **Cambios en la distribución de las especies**, se estima que aproximadamente la mitad de las especies evaluadas en el reporte se han movido hacia latitudes más altas o mayores altitudes.
- **Reducción de la seguridad alimentaria e hídrica**, aunque la productividad agrícola en promedio ha aumentado globalmente, este crecimiento se ha visto desacelerado en los últimos 50 años debido al cambio climático. El calentamiento del océano y la acidificación han disminuido la producción de alimentos marinos en algunos lugares del mundo. Los problemas de acceso a los alimentos y las dietas pobres han generado un aumento de la malnutrición en varios lugares del mundo, especialmente pequeñas comunidades con niños, ancianos o mujeres embarazadas.
- **Impacto negativo en la salud de las personas**, el cambio climático ha afectado globalmente a la salud tanto física como mental. En todo el mundo se ha visto un aumento de enfermedades asociadas al clima o los alimentos y de aquellas transmitidas por el agua. También las enfermedades transmitidas por vectores han aumentado su rango de distribución.
- **Impacto en infraestructura y forma de vida de las personas**, los eventos extremos afectan infraestructura de transporte, agua potable y energía. Esto lleva a pérdidas económicas, a problemas de salud y en general a una disminución del bienestar.
- **Aumento de las crisis humanitarias y el desplazamiento**, debidos a los eventos extremos, que llevan a las personas más vulnerables a migrar. Se ha visto que las inundaciones y sequías han incrementado la inseguridad alimentaria en África, Centro y Suramérica.

En algunos casos, se ha podido evidenciar que los esfuerzos de adaptación han reducido la vulnerabilidad de las personas, pero globalmente las personas y sistemas más vulnerables han sido afectados de una manera desproporcionada.



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

## Conceptos clave

El cambio climático es un problema global pero los efectos no están distribuidos de forma homogénea en el mundo. Esto se debe en parte a que los climas locales son influenciados de forma diferencial por el aumento de temperatura del planeta, pero especialmente a que la forma en que pueden responder diferentes sistemas o personas a un cambio en el clima puede ser muy distinta entre uno y otro. Los conceptos de amenaza, vulnerabilidad, riesgo, adaptación y resiliencia pueden servir para explicar estas diferencias.

### ● Amenaza

Representa la probabilidad de ocurrencia de un evento, por ejemplo una tormenta o un sismo. Buena parte de las amenazas ligadas a eventos de la naturaleza no se pueden anticipar o prevenir, otras son producto de la acción humana y en el corto plazo tampoco se pueden prevenir.

### ● Riesgo

Son las consecuencias adversas potenciales para los sistemas humanos o ecológicos. En el contexto de los impactos del cambio climático, los riesgos resultan de interacciones dinámicas entre los peligros o amenazas relacionadas con el clima, la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas humanos o ecológicos afectados. El nivel de riesgo dependerá de la vulnerabilidad, la exposición, el nivel de desarrollo y la capacidad de adaptación.

A corto plazo, un aumento de 1.5°C en la temperatura global conllevará a un aumento de las amenazas climáticas y generará múltiples riesgos para los ecosistemas y las personas.

Los riesgos serán mayores en los lugares en que los ecosistemas y las personas están más cerca a los límites térmicos superiores, a lo largo de las costas o tienen una relación muy estrecha con el hielo o los ríos.

### ● Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se define como la propensión o predisposición a verse afectado negativamente y abarca una variedad de conceptos que incluyen susceptibilidad al daño y falta de capacidad para hacer frente y adaptarse. La vulnerabilidad de las personas y los ecosistemas a los efectos del cambio climático difiere mucho globalmente. Esto es consecuencia de diferencias históricas en aspectos como el desarrollo económico, el uso del suelo y el agua, la inequidad o la inestabilidad política.

Más de 3000 millones de personas en todo el mundo viven en contextos que son altamente vulnerables al cambio climático y varios ecosistemas y especies terrestres y marinas son especialmente vulnerables también. La vulnerabilidad de los ecosistemas y la de las personas están íntimamente relacionadas; por ejemplo, el uso insostenible del suelo y el agua, la deforestación y la pérdida de la biodiversidad, afectan negativamente las capacidades de las personas para adaptarse al cambio climático.



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC



Los factores antrópicos no climáticos como la contaminación con residuos sólidos o tóxicos también pueden aumentar la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas. Entonces, evitar estos otros determinantes ayuda a que los sistemas puedan adaptarse mejor al cambio climático.

## ● Resiliencia

Se define como la capacidad de recuperarse y volver a un estado anterior después de una perturbación. En términos más generales, el término describe no solo la capacidad de mantener la función, la identidad y la estructura esenciales, sino también la capacidad de transformación.

Es la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales para hacer frente a un evento peligroso o tendencia o perturbación, respondiendo o reorganizándose de manera que mantengan su función, identidad y estructura esenciales y manteniendo al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación. El desarrollo resiliente al clima es posible cuando los gobiernos, la sociedad civil y el sector privado toman decisiones de desarrollo inclusivas que priorizan la reducción del riesgo, la equidad y la justicia, y cuando los procesos de toma de decisiones, las finanzas y las acciones se integran en todos los niveles de gobernanza, sectores y plazos.

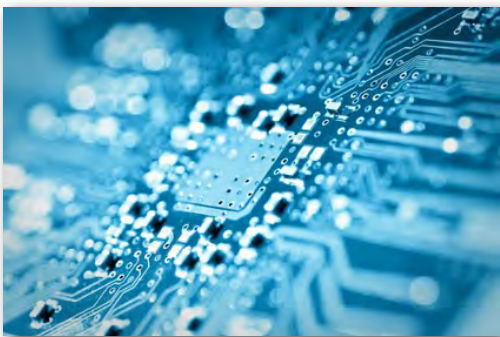
## ● Adaptación

La adaptación se puede definir como los ajustes de sistemas naturales o humanos en respuesta de una amenaza actual o futura. Estos ajustes, moderan los daños y aprovechan al máximo las oportunidades beneficiosas.

## Estrategias de adaptación al cambio climático

Las acciones de adaptación al cambio climático son específicas del contexto y las oportunidades, pero pueden incluir acciones como inversiones de ingeniería (muros de contención, rompeolas), soluciones basadas en la comunidad y la gestión de los recursos naturales (cuotas de uso, rotación de cultivos, o soluciones basadas en la naturaleza (reforestación). A continuación, veremos algunos ejemplos de formas de adaptación al cambio climático que pueden ayudar a reducir los impactos negativos en las personas y los ecosistemas.

## ● Tecnología e ingeniería para la adaptación



La ingeniería y la tecnología serán fundamentales para el proceso de adaptación, tanto asegurando que la infraestructura actual esté protegida de los efectos del cambio climático, como desarrollando nuevos sistemas de infraestructura adecuados para las condiciones climáticas cambiantes. Invertir en esfuerzos de ingeniería para proteger la infraestructura es esencial para minimizar los riesgos.

Las tecnologías digitales pueden contribuir a mejorar la capacidad de adaptación al cambio climático al apoyar el flujo de información climática útil y contextualizada localmente, así como la comunicación entre las partes interesadas para responder a los impactos climáticos.

Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

La ingeniería industrial y de procesos permite gestionar de forma más eficiente los recursos y servicios, ayudando a disminuir las inequidades en el suministro de agua potable o el acceso a los alimentos.

Considerar los impactos y riesgos del cambio climático en el diseño y la planificación de asentamientos e infraestructura urbanos y rurales es fundamental para la resiliencia y la mejora del bienestar humano.

## ● **Biología**

La biotecnología agrícola proporciona formas de mitigar y mejorar la adaptación a los cambios ambientales. Utilizando la biotecnología agrícola, se pueden desarrollar más rápidamente plantas y animales que se adapten a las condiciones ambientales cambiantes, como la sequía, el aumento de las temperaturas, las nuevas enfermedades y otros factores estresantes.

Por ejemplo, se está utilizando la biotecnología agrícola para desarrollar cultivos tolerantes a la sequía, incluidos el trigo, el arroz, el tomate, la soya y el algodón.

Los criadores de animales usan la biotecnología agrícola para desarrollar ganado tolerante al calor que sea más capaz de regular la temperatura corporal durante las condiciones de calor. Estos bovinos han reducido el estrés por calor, debido al pelo más corto y los cambios metabólicos.

Además de ayudar a mitigar y adaptarse al cambio climático, la aplicación de la biotecnología agrícola puede ayudar a avanzar en la sostenibilidad de los sistemas alimentarios. A través de la innovación y la ciencia basadas en la evidencia, incluida la biotecnología agrícola, podemos ampliar la caja de herramientas para que los agricultores, pescadores y otros productores produzcan más con menos: menos tierra, menos agua, menos insumos y recursos. Las soluciones innovadoras y creativas son necesarias para que los sistemas alimentarios sigan el ritmo de las necesidades y desafíos cambiantes. El aumento de la productividad agrícola puede reducir los impactos ambientales de la agricultura, y también aliviar la pobreza, mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición, y elevar los niveles de vida.

## ● **Soluciones basadas en la naturaleza (mejorar la resiliencia de sistemas naturales)**

Las soluciones basadas en la naturaleza son enfoques que trabajan con la naturaleza y la mejoran para abordar los desafíos sociales y ambientales; abarcan una amplia gama de acciones que protegen, restauran o gestionan de manera sostenible los ecosistemas para proporcionar beneficios a las personas. Pueden apoyar la adaptación al cambio climático a través de la protección contra inundaciones, la regulación de la calidad del aire y el agua, o el enfriamiento urbano, al tiempo que contribuyen a la mitigación del cambio climático y al mantenimiento o mejora de la biodiversidad.



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

## ● Transición de los sistemas energéticos

Dentro de las transiciones del sistema energético, las opciones de adaptación más factibles apoyan la resiliencia de la infraestructura, los sistemas de energía confiables y el uso eficiente del agua para los sistemas de generación de energía existentes y nuevos.

La diversificación de la generación de energía desde fuentes con menor huella de carbono que puedan descentralizarse según el contexto (por ejemplo, eólica, solar, hidroeléctrica a pequeña escala) y la gestión de la demanda (por ejemplo, almacenamiento y mejoras de eficiencia energética) puede reducir las vulnerabilidades al cambio climático, especialmente en las poblaciones rurales.

Los mercados energéticos sensibles al clima, las normas actualizadas para los activos energéticos de acuerdo con el cambio climático actual y proyectado, las tecnologías de redes inteligentes, los sistemas de transmisión robustos y la capacidad mejorada para responder a los déficits de suministro tienen una alta viabilidad a mediano y largo plazo, con beneficios colaterales de mitigación.

## Soluciones con sensibles al género

Cuando se piensa en soluciones de mitigación o adaptación al cambio climático, es necesario reconocer que no todas las personas son igualmente vulnerables a los efectos climáticos. Las personas más pobres en países en desarrollo sufren más efectos que otras personas y tienen menos capacidad de resiliencia. Las mujeres y los niños son especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático y por lo tanto, los planes y programas de adaptación al cambio climático y reducción del riesgo de desastres deben tener por objeto aumentar la base de activos de las mujeres, promover su participación en la planificación y ejecución de estas actividades y mejorar su empoderamiento en la sociedad. La promoción de la diversificación de las oportunidades económicas y/o de subsistencia de los pobres y la adopción de tecnología sensible al género son ejemplos de la adaptación con conciencia de género.

Las acciones de adaptación al cambio climático y reducción del riesgo de desastres podrían conducir a la inadaptación, empeorando involuntariamente los desequilibrios socioeconómicos. Las acciones de adaptación no tienen automáticamente resultados positivos para la igualdad de género por lo que es importante para garantizar que las acciones de adaptación no exacerbren las desigualdades sociales existentes basadas en el género y otras desigualdades.

Se necesitan esfuerzos para cambiar la dinámica desigual de poderes y para fomentar la toma de decisiones inclusivas para la adaptación al clima para tener un impacto positivo en la igualdad de género. Las inequidades en la alfabetización sobre el cambio climático agravan la vulnerabilidad de las mujeres



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

al cambio climático a través de su efecto negativo en la percepción del riesgo climático. Por ejemplo, las diferencias de género en la alfabetización climática exacerban la vulnerabilidad en contextos agrícolas en el acceso a recursos y oportunidades para cultivos resistentes al clima.

Si bien la vulnerabilidad de las mujeres se asume en muchos programas, sus capacidades y contribuciones únicas a la adaptación y a todo el ciclo de gestión de desastres (mitigación, preparación, respuesta y recuperación) no han sido bien documentadas. De hecho, los conocimientos y la experiencia individuales y colectivos de las mujeres en la gestión de los recursos naturales y otras actividades sociales a nivel familiar y comunitario las equipan con habilidades únicas que benefician los esfuerzos de adaptación y prevención de desastres.

## Evitar la maladaptación

Las respuestas desadaptativas al cambio climático pueden crear bloqueos de vulnerabilidad, exposición y riesgos que son difíciles y costosos de cambiar y pueden también exacerbar las desigualdades existentes. La maladaptación puede evitarse mediante una planificación e implementación flexibles, multisectoriales, inclusivas y a largo plazo de acciones de adaptación con beneficios para muchos sectores y sistemas.

Las acciones que se centran en los sectores y los riesgos de forma aislada y en los beneficios a corto plazo a menudo conducen a una maladaptación si no se tienen en cuenta los impactos a largo plazo de la opción de adaptación y el compromiso de adaptación a largo plazo. La implementación de estas acciones desadaptativas puede resultar en infraestructura e instituciones que son inflexibles y/o costosas de cambiar. Por ejemplo, los diques reducen efectivamente los impactos en las personas y los activos a corto plazo, pero también pueden resultar en bloqueos y aumentar la exposición a los riesgos climáticos a largo plazo a menos que se integren en un plan de adaptación a largo plazo.

La biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas al cambio climático se ven disminuidas por acciones desadaptativas, que también limitan los servicios de los ecosistemas. Ejemplos de estas acciones desadaptativas para los ecosistemas incluyen la extinción de incendios en ecosistemas naturalmente adaptados al fuego o el uso de defensas duras contra inundaciones. Estas acciones reducen el espacio para los procesos naturales y representan una forma grave de maladaptación para los ecosistemas que se degradan, reemplazan o fragmentan, reduciendo así su resiliencia al clima.



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC



## Qué deberían saber sus estudiantes

Esta es una de las últimas unidades que le proponemos, de modo que sus estudiantes debieron comprender previamente que las acciones humanas han llevado a un aumento de la temperatura terrestre y que este tiene impactos en el clima. Para esta unidad deberá ser claro para sus estudiantes que la evidencia es contundente respecto al papel de las actividades humanas en el cambio climático actual.

Es muy importante que sus estudiantes reconozcan que no todos los impactos ambientales de las acciones humanas son impactos climáticos, aunque estos pueden incrementar la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos. Por ejemplo, la contaminación con microplástico en el océano no es un efecto climático, pero incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas marinos y costeros a los efectos del cambio climático.

Sus estudiantes deben tener una idea realista de que podemos cambiar el curso de algunos efectos, desacelerando el cambio climático y manteniendo el aumento de temperatura en  $1.5^{\circ}\text{C}$ , pero también deben ser conscientes de que las acciones de mitigación tienen un límite y que algunas de las consecuencias son irreversibles. Por ejemplo, la extinción de algunas especies.

Para este momento sus estudiantes habrán notado que los efectos del cambio climático no se distribuyen por igual en todo el mundo. Algunas poblaciones humanas y ecosistemas naturales son más afectados que otros.

Finalmente, será importante reconocer que frente a problemas complejos no hay soluciones perfectas. Las estrategias de adaptación que resultan apropiadas en un contexto pueden generar incluso más vulnerabilidad en otro; entonces debemos reconocer los límites de las opciones de respuesta y monitorearlos frecuentemente.



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC



**Nota:** se usa la expresión inercia climática para referirse a el fenómeno en el que un sistema climático muestra resistencia o lentitud para desviarse de un estado dinámico dado, depende de aspectos físicos y de retroalimentaciones que se dan en las diferentes interacciones.



Permita que sus estudiantes propongan ideas y luego invítelos a pensar que algunas de las acciones pueden resultar inefectivas ante una situación que ya está pasando. Por ejemplo, si sus estudiantes mencionan que las personas pueden usar menos energía o producir menos desechos, esto puede globalmente disminuir las emisiones, pero no va a cambiar el hecho de que la concentración actual de GEI está generando aumento de precipitaciones o sequías más largas.

Introduzca el concepto de **inercia climática** para explicar que, dado que el sistema climático es complejo y tiene muchas interacciones, puede tomar mucho tiempo para que cambios de factores como la estabilización de los niveles de GEI puedan mostrar resultados.

Pregunte de nuevo a la clase ¿Qué pueden hacer las personas? Ayúdeles a pensar que, dado que los efectos del cambio climático ya nos están impactando y que las acciones para disminuir las emisiones de GEI pueden tomar bastante tiempo en disminuir estos efectos, lo mejor que pueden hacer las personas es aprender a vivir con estos efectos y minimizar los impactos negativos que estos efectos tienen en su vida.

Entonces, si no podemos evitar que haya más lluvia ¿Qué podemos hacer para que estas lluvias no generen inundaciones, pérdidas de cultivos, enfermedades...etc.? Pueden decir cosas como construir casas de materiales resistentes de los ríos, construir en zonas altas, entre otras.

Explíqueles que ese tipo de acciones son las que llamamos adaptación. Describa brevemente diferentes tipos de adaptación e invite a sus estudiantes a trabajar en grupos para que puedan revisar la diferencias entre acciones de mitigación y acciones de adaptación.

Entregue a cada grupo una copia del **Anexo A** y permítalos trabajar para clasificar las diferentes acciones. Luego reúna de nuevo a la clase y discutan cuáles acciones son actividades de mitigaciones, es decir, están encaminadas a disminuir las emisiones de GEI y cuáles son de adaptación, o sea que no implican una reducción de emisiones sino acciones que permiten vivir con los efectos del cambio climático.

## Desarrollo de la lección

Ahora que sus estudiantes reconocen diferentes acciones de adaptación, puede invitarles a revisar dos ejemplos de cómo las personas se pueden adaptar al cambio climático. Esta actividad tomará normalmente entre 45 y 60 minutos.

Entregue a cada grupo una copia del **anexo B** y los materiales necesarios para que trabajen en las dos actividades. Indique que deben empezar montando

el desalinizador ya que lo deben dejar un tiempo al sol para que el agua se evapore. Mientras tanto podrán trabajar en la segunda actividad en la que pretenderán trabajar en ingeniería para hacer construcciones que soporten mejor las inundaciones.

Cuando haya pasado suficiente tiempo puede invitar a la clase a revisar lo que vieron en la primera actividad sobre el desalinizador. ¿Habían pensado que podría obtenerse agua dulce de esta manera? Este tipo de tecnologías son muy importantes para comunidades que viven en zonas secas costeras, porque así pueden obtener agua dulce a partir del agua del mar; de hecho, el agua que se obtiene no solo es dulce, sino que normalmente es potable y apta para el consumo, ya que el proceso de destilación que se realiza para eliminar la sal también elimina contaminantes.

Luego permita a la clase continuar con sus diseños en la segunda parte del anexo B. Esta actividad puede tomar dos sesiones de clase, en función de las opciones que sus estudiantes propongan y del tiempo que les tome la construcción del modelo. Planee tiempo adicional por si es necesario.

Cuando los diseños estén terminados, permita a la clase compartir sus ideas y analizar cómo se podría traducir este diseño a casas reales. ¿Qué materiales podrían ser útiles? ¿De qué forma podrían construirse estas casas para que resistan las inundaciones?

Recuerde entonces que una de las estrategias de adaptación tiene que ver con la infraestructura. Las construcciones en muchos lugares deben repensarse para resistir mejor a eventos meteorológicos extremos que se hacen cada vez más comunes en algunos lugares.

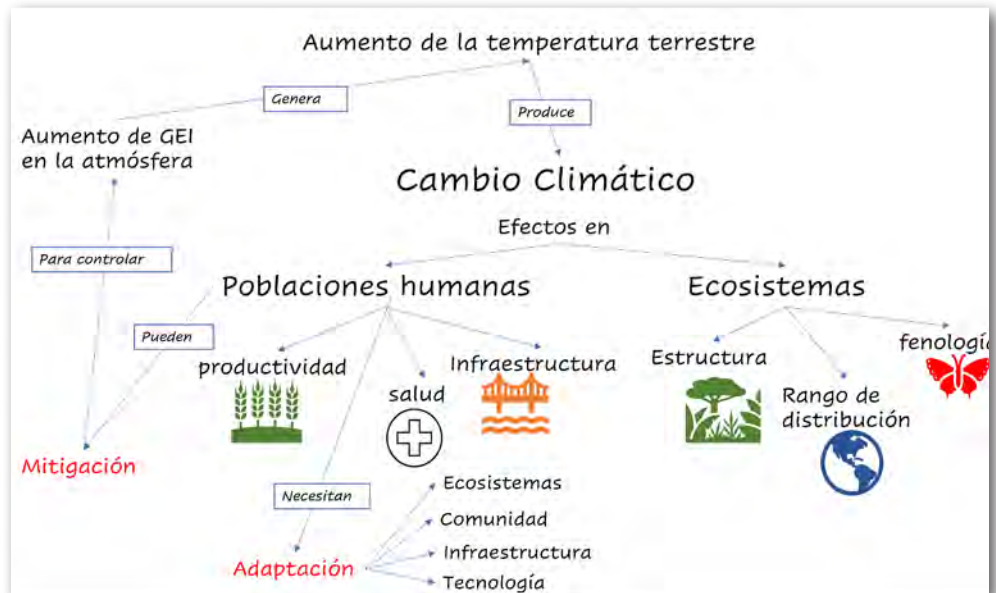
**Nota:** Otra opción, con estudiantes mayores y en conexión con tecnología, puede ser construir un sistema de alerta temprana de inundaciones, usando sensores electrónicos. En este tipo de sensores se podría por ejemplo determinar qué caudal río arriba resulta en un peligro para una comunidad, y así evacuar antes de que se de una inundación aguas abajo.

## Cierre de la lección

A partir de lo que han trabajado en la lección puede guiar la construcción de un gráfico de anclaje similar a este. Recuerde que, dado que los efectos del cambio climático ya se están viviendo, no es suficiente con controlar las emisiones de GEI, sino que es necesario adaptar las formas en que vivimos para hacer frente a estos efectos.

**Una posible organización de este gráfico de anclaje se presenta a continuación:**





Recuerde que la adaptación puede ser basada en la tecnología y que eso ayudará a comunidades a hacerle frente a eventos extremos como las inundaciones o la sequía. Invite a la clase a pensar cómo el acceso a la tecnología debe ser equitativo para que las personas que más necesitan estrategias de adaptación puedan tener estas opciones. Incluya la información que considere relevante en su gráfico de anclaje.

Para finalizar, le proponemos trabajar con sus estudiantes en un mapa de riesgo y un plan de adaptación para la escuela o el barrio. Busque datos actualizados en los sistemas de información meteorológica de su localidad y en los sistemas de gestión del riesgo.

Invite a la clase a hacer una lista de los riesgos climáticos que pueden enfrentar en la escuela o la localidad y luego presente la información. Propongan opciones de adaptación que puedan realizar o promover en su comunidad.

## Glosario

- 1. Soluciones basadas en la naturaleza:** Estrategias que aprovechan la naturaleza y el poder de los ecosistemas saludables para proteger a las personas, optimizar las infraestructuras y salvaguardar el futuro.
- 2. Mercados energéticos:** son los espacios en que se realiza la compra, la venta y la comercialización de la energía en sus distintas formas.
- 3. Defensas duras:** a veces mencionada como ingeniería dura, involucra la construcción de estructuras artificiales para controlar procesos naturales. Por ejemplo, la construcción de malecones para prevenir la erosión costera.



## Conexión con carreras en STEM



Le recomendamos ver este video, enlazado en el código QR anterior, con sus estudiantes para aprender sobre diferentes profesiones que trabajan para entender el clima y luchar contra el cambio climático. Luego de verlo, invite a la clase a discutir lo que más les llama la atención y promueva una reflexión sobre opciones de vida en ciencia y tecnología.

Los efectos del cambio climático ya están teniendo consecuencias en diferentes aspectos de la vida de los seres humanos. Uno de los aspectos más afectados por el cambio climático es la salud de las personas.

Se han visto aumentos en las enfermedades transmitidas por vectores, malnutrición y hasta problemas de salud mental debido al cambio climático. Por eso los sistemas de salud deben adaptarse para atender estos efectos y así procurar salud y bienestar a las personas. Esto significa que la salud pública debe planearse en el marco del cambio climático y tener en cuenta que, aunque las amenazas sean iguales para todos, algunos grupos son más vulnerables como los niños o los ancianos, así como las personas empobrecidas.

Un sistema de salud eficiente requiere del trabajo de otros profesionales que aportan al personal médico, la ingeniería sanitaria puede apoyar a los sistemas para que sean más eficaces y para que tengan en cuenta los diferentes riesgos asociados al cambio climático, evitando medidas que aumenten las desigualdades o que resulten inaccesibles para las comunidades.

Para aprender un poco más sobre la epidemiología climática, se presenta esta entrevista a la ingeniera ambiental Diana Jiménez dedicada a la epidemiología climática.



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA

## Anexos

### Anexo A: Mitigación y adaptación

Hay diferentes formas en las que podemos enfrentar el cambio climático. Una forma es disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar las formas de captura de GEI. Podemos contribuir para disminuir las emisiones cuidando nuestros consumos, ahorrando energía y usando medios de transporte bajos en emisiones. Todas las acciones que ayuden a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero se consideran acciones de **mitigación del cambio climático**.

Pero no solo la mitigación es necesaria para enfrentar el cambio climático. Ya estamos viviendo los efectos del cambio climático en muchos lugares del mundo; estos efectos no son iguales para todos y en algunos casos pueden convertirse en riesgos para las personas. Es por eso por lo que otra forma de enfrentar el cambio climático es cambiando las formas en que construimos y producimos para que esos efectos no amenacen nuestras vidas, esto es lo que llamamos **adaptación al cambio climático**.

Algunas acciones son solo para mitigar el cambio climático, mientras que otras pueden ser acciones solo para adaptación sin tener impacto en las emisiones de GEI. Con frecuencia, algunas acciones como las estrategias de adaptación basadas en la naturaleza pueden tener efectos de adaptación y de mitigación. En esta actividad les pedimos que analicen diferentes acciones y las clasifiquen según si son una estrategia de adaptación o de mitigación.

Recorten las tarjetas que se presentan a continuación y pónganlas boca abajo. Tomen una tarjeta, léanla en voz alta y decidan en qué columna de la tabla de abajo ponerla. Discutan por qué es una estrategia de adaptación o de mitigación según el caso.



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

● **Tarjetas de actividades**

Cambiar los vehículos de gasolina a híbridos o eléctricos	Reforestar grandes extensiones de tierra	Comer menos carne
Construir corredores biológicos para facilitar la migración de animales	Biotecnología para que las plantas resistan condiciones climáticas extremas	Plantar árboles para reestablecer bosques nativos
Apagar los equipos eléctricos que no se están usando	Aumentar las fuentes de energía renovables	Usar más la bicicleta y menos el carro
Usar techos verdes para absorber el agua lluvia	Recuperar el agua lluvia para usarla en la casa	Comprar ropa de segunda mano
Sembrar plantas en las rondas de ríos y quebradas	Construir lejos de los ríos	Canalizar los ríos
Comprar electrodomésticos más eficientes	Hacer menos búsquedas o pasar menos tiempo en Internet	Hacer un jardín de flores para atraer polinizadores
Comprar alimentos locales y de temporada	Mantener un sistema de alertas meteorológicas	Construir carreteras y calles con materiales que soporten mucha lluvia

● **Tabla de clasificación**

Adaptación	Mitigación

## ANEXO B: Gestionar el agua

### ● Actividad 1: agua salada - agua dulce



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

Debido al cambio climático, las precipitaciones en algunos lugares del mundo han cambiado, también hay lugares donde la cantidad de agua es inconsistente durante todo el año. Esto puede significar muy poca o demasiada agua, lo que dificulta garantizar el acceso constante al agua potable.

Las comunidades pueden adaptarse a la falta de agua mediante la construcción de sistemas de almacenamiento de agua lluvia y el uso de tecnologías de desalinización para crear agua dulce en las zonas costeras propensas a la sequía.

En esta actividad les invitamos a pensar en una forma de obtener agua dulce a partir del agua salada. Escriban a continuación sus ideas.

---

---

---

---

---

---

---

---

Una forma de obtener agua dulce es mediante la evaporación y la condensación del agua. Para esto los invitamos a hacer esta experiencia.

- Tomen un poco de agua y pónganle bastante sal.
- Pongan el agua en un recipiente como un bol.
- Pongan en medio del bol un vaso pequeño de vidrio.
- Cubran el bol con plástico envolvente .
- Pongan una piedra o una canica encima del plástico, haciendo que este se suma un poco en el medio, justo encima del vaso pequeño de vidrio.
- Ahora, pongan el bol en un lugar soleado.
- Luego de algunas horas pueden volver y observar.
- Al final del día, recojan el bol con cuidado, para no voltear el vaso pequeño de vidrio y tomen un poco del agua que hay en el vaso.
- Pruébenla ¿es salada?



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

Los desalinizadores funcionan calentando el agua salada, usualmente con la energía del sol, para que esta se evapore. En la evaporación, solo el agua cambia de estado, mientras que la sal queda en el fondo. El vapor de agua sube y al chocar con el plástico se condensa, es decir vuelve al estado líquido y se van formando gotitas. Estas gotitas se van haciendo más grandes y cómo el plástico está sumido en el medio, fluyen hasta ese punto donde eventualmente se precipitan.

Investiguen acerca de alguna comunidad en su país que tenga limitación de provisión de agua dulce. Describan la problemática:

---



---



---

Piensen en cómo la desalinización puede ser una adaptación para comunidades que experimentan largos periodos de sequía ¿Qué necesitan para implementar esta solución? ¿Qué dificultades pueden encontrar?

---



---



---

## ● Actividad 2: cuando llueve mucho



Estas fotos de Autores desconocidos están bajo licencia CC BY-SA-NC

Pero el cambio climático puede afectar las comunidades debido al aumento de las precipitaciones. Esto, sumado a la degradación del suelo y a que en ocasiones los pueblos no cuentan con sistemas de alcantarillado, genera inundaciones y afectaciones a las viviendas y la infraestructura.

Una forma de adaptación de las comunidades que tienen alto riesgo de inundación es mediante la infraestructura. ¿Pueden imaginar cómo deberían ser las construcciones para poder enfrentar las inundaciones?

Las personas que hacen ingeniería han pensado en soluciones para ayudar a las comunidades a tener construcciones que resistan las inundaciones. Algunas soluciones incluyen construir sobre pilotes, canalizar el agua, construir con nuevos materiales, entre otros.

En esta actividad, van a simular que hacen parte de un equipo de ingeniería que quiere probar diferentes materiales y estilos de construcción para ayudar a las personas que viven en un lugar que se inunda con frecuencia. Primero deberán probar algunos materiales para saber cómo reaccionan al agua. En este caso usaremos los siguientes materiales:

Cartón paja, palitos de madera, plastilina, toallas absorbentes.

Algunas preguntas que pueden evaluar en su prueba son ¿Qué tanta agua absorbe los diferentes materiales? ¿Cómo el mojarse afecta las propiedades de los materiales? ¿Cuál material absorbe menos agua? ¿Cuál material conserva mejor su fuerza luego de mojarse?

Deberán diseñar uno o varios experimentos para probar los materiales y luego presentar sus resultados.

A manera de extensión podrán elegir un material para hacer pruebas de diseño y verificar qué tipo de diseño puede resistir mejor las inundaciones.

## UNIDAD 10

# Ecoansidad: al clima con las emociones



Estas fotos de Autor desconocido están bajo licencia CC BY-NC-ND



## Cómo preparar la lección

### Tiempo previsto

2 sesiones de 45 minutos

### Resumen de la unidad

Los estudiantes expresarán sus emociones respecto al cambio climático y reconocerán cuáles son las más frecuentes en la clase. Trabajarán en grupos usando el arte como medio para imaginar otros futuros posibles y propondrán acciones concretas para actuar por el clima.

### Aprendizajes esperados

- Reconocer y describir las emociones que nos genera el cambio climático.
- Imaginar un futuro sostenible y proponer acciones para lograrlo.
- Identificar acciones individuales y colectivas que podemos desarrollar para desacelerar el cambio climático.

### Materiales requeridos y preparación previa

#### Para toda la clase:

- 1 presentación o cartelera con el anexo A
- Materiales diversos para artes (papel, lápices, colores, pintura, pinceles..., etc.)
- Para cada estudiante
- 1 copia del anexo A
- Tijeras (opcional)
- 1 copia del anexo B
- 1 copia del anexo A
- Tijeras (opcional)
- 1 copia del anexo B

## GRAN IDEA

A veces nos sentimos abrumados por el problema del cambio climático. Podemos actuar por el clima para sentirnos mejor.



## Información para el docente



En esta unidad se abordarán tres temáticas interrelacionadas. Por un lado, se presentan actividades que pueden ayudar a trabajar la ecoansiedad que los estudiantes pueden estar sintiendo como resultado de la crisis climática y por otro lado se proveerán referencias a algunos ejemplos de acciones climáticas desde la escuela, que no solo contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático, sino que son una forma de reducir y canalizar la ansiedad. Todo eso, mediado por una educación científica y climática de calidad, así que este apartado culmina con un cuadro sobre la educación en ciencias y su relación con la educación sobre el cambio climático.

### Ecoansiedad

Desde hace algunos años se ha venido detectado un fenómeno psicológico creciente en las personas que ha sido denominado eco ansiedad o ansiedad climática. Esta se define como la ansiedad relacionada con las preocupaciones sobre los efectos del cambio climático y la degradación ambiental en general. No se trata de una enfermedad mental, sino de una emoción de ansiedad arraigada en la incertidumbre sobre el futuro, que nos alerta sobre los peligros de un clima cambiante. Esta ansiedad sobre el clima va usualmente acompañada de emociones con frecuencia negativas, que a su vez pueden afectar el estado de ánimo, el comportamiento, los pensamientos e incluso la capacidad de emprender acciones. La ansiedad climática afecta de forma desproporcionada a niños, niñas y jóvenes, y en la medida en que conocen más sobre el problema, pero sin una comprensión integral, esta preocupación aumenta.

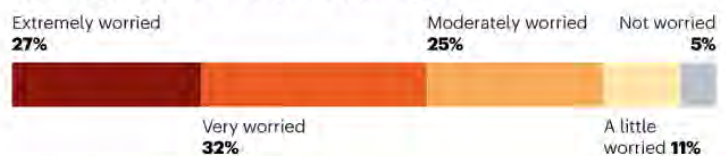
Un estudio resumido en la revista NATURE, muestra esta gráfica producto de una encuesta aplicada a 10.000 jóvenes en 10 países distribuidos en todos los continentes. Esta investigación fue publicada originalmente en la revista The Lancet. El estudio mostró que la mayoría de los jóvenes estaban en las escalas de extremadamente y muy preocupados acerca del cambio climático y solo un 5% manifestaba no preocuparse al respecto. Este tipo de emociones se presenta tanto en países afectados por el cambio climático como en países con menores afectaciones.

El cambio climático es una realidad, como lo hemos visto a lo largo de las lecciones de este programa. Al ser cada vez más tangible y al ser mencionado en diferentes contextos, la conciencia sobre el problema crece y es normal que crezca la ansiedad. Esto de alguna manera es un reflejo del interés que tienen las personas por su futuro en relación con el cambio climático y da cuenta de que las personas se preocupan por el tema.

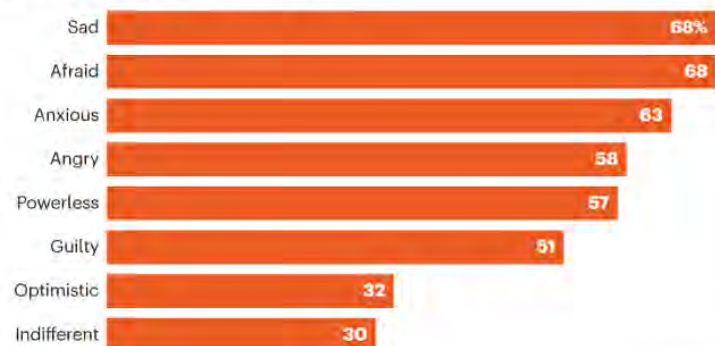
#### CLIMATE ANXIETY

A survey of 10,000 young people shows that negative feelings about climate change can cause psychological distress.

##### How worried are you about climate change?



##### Climate change makes me feel...



Fuente: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-02582-8.pdf>

El estudio indagó sobre emociones particulares y se encontraron algunos resultados preocupantes. El miedo y la tristeza aparecen como las emociones más frecuentes que sienten los jóvenes cuando piensan en el cambio climático.

Hay un nivel de pesimismo importante sobre el futuro del planeta, que muchas veces se ve incrementado por mensajes catastrofistas que hablan del fin de la sociedad humana. Esta situación de pesimismo aumenta cuando las personas creen que las respuestas del gobierno son inapropiadas.

## La ecoansiedad como motor de la acción

Las reacciones emocionales de las personas frente al cambio climático abarcan un amplio conjunto de manifestaciones como preocupación, miedo, ira, dolor, desesperación, culpa o vergüenza, pero también, afortunadamente, aparecen emociones relacionadas con la esperanza y la motivación. De hecho, la literatura muestra que emociones que compiten entre ellas como la esperanza y el miedo pueden aparecer simultáneamente.

Algunos expertos opinan que la ansiedad climática puede tener aspectos positivos cuando esta ansiedad sirve de motivación para emprender acciones de adaptación o de mitigación, pero para que esto suceda tiene que existir una emoción de esperanza. Por ello se habla de la dupla *ansiedad y esperanza climática*.

Cuando las personas perciben un nivel alto de incapacidad frente a la amenaza, es usual que se niegue del hecho, ya sea decidiendo no pensar en ello porque no hay nada que hacer, ya sea negando la existencia de la amenaza, en este caso el cambio climático y sus efectos en nuestra vida. Una sensación de incapacidad también puede llevar a tomar acciones poco sustentadas, buscando cualquier solución posible que brinde una esperanza, aunque sus efectos netos puedan ser negativos en relación con la vulnerabilidad de las personas o de los ecosistemas.

Pero una sensación de ansiedad mezclada con una percepción de capacidad de lograr cambios lleva a la acción. Pero, no es suficiente con sentir que se pueden llevar a cabo acciones por el clima, si no hay una motivación sobre la urgencia de esos cambios. Sin embargo, esa urgencia viene acompañada con frecuencia de ansiedad.

## Cómo enfrentar la ecoansiedad

Algunas de estas estrategias son adaptativas y pueden ser útiles, como, por ejemplo, adoptar una actitud de resolución de problemas, buscar apoyo social o expresar sus emociones. Otra categoría de estrategias es denominadas desadaptativas (o inútiles), como la evitación, la negación, el optimismo poco realista o las ilusiones.

A pesar de que estas últimas podrían ayudar a las personas a hacer frente a la ansiedad, en última instancia no son útiles en relación con el cambio climático si hacen que la persona se dé por vencida, abandone los comportamientos proambientales, acepte el status quo o participe de forma desinformada en acciones que no contribuyen ni a la mitigación ni a la adaptación.

## Cómo trabajar con los estudiantes la ecoansiedad

### ● Reconocer las emociones respecto al cambio climático

Los docentes pueden ayudar a niños, niñas y jóvenes que sufren ansiedad climática. Primero, pueden validar sus preocupaciones, escucharles y darles tiempo para expresarse. Algunas estrategias de afrontamiento se basan en la expresión y regulación de las emociones. La idea es permitirles nombrar y comprender las emociones que sienten, que pueden ser negativas, reconociendo su legitimidad. Debemos entonces proporcionar oportunidades para que las personas exploren sus emociones, haciéndoles ver que sus emociones son normales y que lo que están experimentando está justificado. Por lo tanto, es importante proporcionar a nuestros estudiantes diversas oportunidades para el debate, para intercambiar emociones y discutir libremente sobre ellas.

Una forma de lidiar con la ecoansiedad es involucrarse en la acción climática, sentir que se está haciendo algo por disminuir las emisiones individuales o por involucrar a otros en algunas acción por el clima. Entonces como adultos podemos impulsar comportamientos proambientales y resaltar el hecho de que muchos de ellos tienen impacto.

### ● Actuar por el clima

Tomar acción proporciona una percepción de control y reduce la ansiedad, pero es importante tener en cuenta que dado que la crisis climática es un fenómeno complejo y de gran alcance, las acciones individuales tienen un efecto muy limitado. Entonces es necesario reconocer este límite y aceptarlo y comprender que finalmente lo importante es que se den muchas acciones individuales para que se tenga un efecto.

Una estrategia para que esta complejidad no genere frustración es centrarse en los problemas asociados con la crisis climática, desglosándolos y determinando planes de acción concretos y realistas con los cuales los estudiantes pueden comprometerse. Tomar medidas es una forma efectiva de luchar contra la ansiedad ecológica, ya que permite adaptarse a la situación al ver el impacto inmediato, incluso si su escala es pequeña. También puede ser útil proporcionar ejemplos positivos de una manera que los inspire. Estos ejemplos pueden estar relacionados con acciones locales sostenibles o con las acciones de activistas que inspiran acciones ambientales.

Al respecto, se pueden revisar diferentes organizaciones en el mundo con múltiples ejemplos de acciones climáticas que las escuelas están desarrollando para contribuir al medio ambiente.

Por ejemplo, el documento acciones climáticas desde la escuela, desarrollado en Colombia por el Fondo Acción, recoge experiencias de diferentes comunidades educativas que han decidido actuar por el clima.



## ● Reimaginar el futuro y conectar con la naturaleza

Con frecuencia, la crisis climática es considerada desalentadora, triste y dramática. Por esto es necesario replantear la crisis y encontrarle un significado más positivo.

Una interesante alternativa es ofrecer a los estudiantes la oportunidad de reimaginar o reinventar su futuro, poder soñar con lo que puede significar un futuro sostenible y positivo. Esta forma de visualización de un ideal a alcanzar es una técnica efectiva para reducir la ansiedad.

Otra forma de hacerlo es pasar tiempo en la naturaleza. Actividades como plantar árboles o hacer caminatas ecológicas pueden tener un efecto significativo en la ecoansiedad de las personas. Este tipo de experiencias las reconecta con el mundo natural y permite renovar la esperanza sobre los cambios posibles. Además, aleja la mente de mucha información que puede ser negativa.



## ● Aprender sobre el clima, reconocer información de calidad e informar a otros

Los docentes pueden apoyar a sus estudiantes para que tengan una idea realista del problema del cambio climático y así puedan tomar decisiones sobre las acciones que pueden desarrollar. Cuando una amenaza no se entiende lo suficiente, puede ser fuente de ansiedad, mientras que cuando se entienden los aspectos principales, es más simple para involucrarnos, ya que entendemos dónde y cómo es posible actuar y cuál es el efecto de estas acciones.

Esto pasa por una educación sobre la ciencia del clima, las evidencias del cambio climático y la información más reciente disponible y de las alternativas de solución que se están desarrollando en diferentes partes del mundo. Una buena educación sobre el cambio climático también puede ser un motivante para actuar educando a otras personas. Proporcionando información de calidad, actualizada y accesible en un momento en que la desinformación produce grandes daños, incluso a la agenda por el clima.

Aunque aún no hay mucha investigación acerca de la eficacia de las diferentes aproximaciones y propuestas para la educación climática, se han identificado algunas características comunes en aquellas que resultan efectivas.

Determinar qué aspectos o experiencias llevan a que las personas actúen de cierta manera o de otra no es fácil. Los comportamientos de los seres humanos dependen de muchos factores y se regulan en formas complejas. Sin embargo, se pueden establecer correlaciones entre variables para determinar algunos aspectos que pueden influir en las decisiones y en el comportamiento.

Dados los grandes retos ambientales y climáticos que los jóvenes enfrentan actualmente y enfrentarán en el futuro, la OECD se viene preguntando hace años si la educación que reciben las personas es adecuada para afrontar estos retos. El más reciente informe de esta organización<sup>1</sup> analizó las pruebas PISA de 2018 para determinar qué tan preparados estaban los estudiantes de 15 años para enfrentar los retos ambientales.

Entre los muchos hallazgos de este reporte, vale la pena mencionar la correlación hallada con el desempeño general en ciencias. Los estudiantes que mostraron más actitudes proambientales tuvieron también en promedio mejores puntajes en ciencias y el desempeño general en ciencias se correlaciona altamente con el conocimiento específico en temas ambientales. Además, se encontró que para los estudiantes que tenían tanto conciencia sobre los problemas ambientales como la creencia de que esos problemas pueden ser mejorados en los próximos 20

1. OECD (2022), Are Students Ready to Take on Environmental Challenges?, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/8abe655c-en>

años (optimistas informados), se podían encontrar dos factores asociados: la cantidad de actividades de ciencias (en general) y la exposición a aproximaciones basadas en la indagación.

Estos resultados sugieren que para lograr que los jóvenes estén preparados para afrontar los retos ambientales, lograr una educación científica de calidad, con tiempo suficiente y aproximaciones apropiadas, resulta tan relevante como la formación específica en temas ambientales. Pensar científicamente y conocer sobre la ciencia, ayuda a las personas a reconocer las complejidades de los retos ambientales, pero al mismo tiempo a darles una dimensión realista, reconociendo el poder de la ciencia y la tecnología para hacer grandes transformaciones.

Finalmente, este reporte analizó específicamente las preguntas enfocadas en temas ambientales y encontró que no ha habido grandes mejoras entre 2006 y 2015, lo que indica que las personas requieren más y mejor educación en temas ambientales, especialmente en países que tienen desempeños más bajos en otras áreas también.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de algunas ideas importantes sobre la importancia de la educación científica en el marco del cambio climático y sobre cómo promover una educación climática efectiva en el aula.

### Educación científica y educación climática: qué funciona

- **Hacer conexiones con la vida cotidiana de los estudiantes** es de importancia crítica para un aprendizaje efectivo. Es importante hacer que la amenaza distante, global y nebulosa del cambio climático sea personalmente relevante reconociendo que los impactos del cambio climático son más obvios en otras partes del mundo (como las regiones polares), pero también identificando el efecto en los contextos locales.
- **Incluir diferentes métodos de enseñanza activos y centrados** en el estudiante, como, por ejemplo, aprendizaje por indagación, laboratorios, salidas de campo, debates y discusiones en grupo, estos métodos de enseñanza han demostrado ser efectivos para la ciencia y la educación ambiental. Los juegos de roles y las simulaciones que imitan la realidad a menudo se utilizan para involucrar a los estudiantes en la comprensión de otras perspectivas, proyectar lo que podría suceder en el futuro y aumentar el interés y la motivación en el aprendizaje.
- **Centrarse específicamente en superar los conceptos erróneos** con respecto al cambio climático. Para esto, la integración de las habilidades de docentes y científicos proporciona múltiples beneficios. Los maestros ganan confianza para facilitar la exploración de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia y en algunos casos, los estudiantes pueden interactuar con científicos para recopilar datos, compartir hipótesis o discutir proyectos.
- **Usar datos** (incluyendo datos recopilados por los estudiantes) y discutir sobre cómo se construye el conocimiento científico es esencial para que los estudiantes aprendan sobre la evidencia del cambio climático y cómo justificar estas conclusiones para contrarrestar las afirmaciones escépticas.
- **Educar con aproximaciones que reflejen la complejidad**, para aprender a enfrentar fenómenos donde se presentan interacciones complejas en diferentes escalas y direcciones.
- **Educar para la adaptación**, que permita a los estudiantes desarrollar capacidad para responder a peligros específicos, así como para reducir las vulnerabilidades generales en el marco de la incertidumbre.
- **Llevar a cabo un proyecto de cambio climático** que permita ir más allá del aula o la capacitación para brindar a los estudiantes la oportunidad de actuar en el contexto más amplio de su escuela o comunidad. Estos proyectos pueden ser de mitigación, adaptación o incluso proyectos que permiten comunicar los conceptos del cambio climático a otros.



## Qué deberían saber sus estudiantes



A lo largo de estas unidades se han abordado aprendizajes considerados indispensables para todo ciudadano en el contexto del cambio climático, así como las acciones de mitigación y de adaptación que requiere cada sociedad. La educación climática implica comprender principios científicos del clima y el cambio climático.

Para eso se requiere una comprensión básica del sistema climático, incluyendo los factores naturales y antropogénicos que lo afectan. También conocimiento sobre cómo las observaciones del clima, los registros y los modelos computacionales contribuyen al conocimiento científico del clima y el cambio climático.

Todo esto permite desarrollar habilidades para evaluar la validez de los argumentos acerca del clima y el cambio climático y para utilizar esa información para tomar decisiones apropiadas.

No se espera que los estudiantes comprendan cada detalle acerca de todos los conceptos fundamentales del conocimiento en la ciencia climática. La comprensión completa de estos conceptos interconectados requerirá un enfoque de pensamiento en sistemas, lo cual significa la habilidad para comprender interconexiones complejas de todos los componentes del sistema climático.

Lograr la alfabetización climática requiere comprender algunos principios físicos y naturales del sistema climático. la siguiente gráfica resume 7 principios o ideas importantes para comprender mejor el clima y su cambio.



**EL SOL ES LA PRINCIPAL FUENTE DE ENERGÍA PARA EL SISTEMA CLIMÁTICO DE LA TIERRA.**



**EL CLIMA ESTÁ REGULADO POR INTERACCIONES COMPLEJAS ENTRE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE LA TIERRA.**



**LA VIDA EN LA TIERRA DEPENDE DEL CLIMA, ES MOLDEADA POR ÉL Y LO AFECTA.**



**EL CLIMA VARÍA EN EL ESPACIO Y TIEMPO A TRAVÉS DE LOS PROCESOS NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS.**



**NUESTRA COMPRENSIÓN DEL SISTEMA DEL CLIMA SE MEJORA A TRAVÉS DE OBSERVACIONES, ESTUDIOS TEÓRICOS Y ESTUDIOS DE MODELIZACIÓN.**



**LAS ACTIVIDADES HUMANAS ESTÁN IMPACTANDO EL SISTEMA CLIMÁTICO.**



**EL CAMBIO CLIMÁTICO TENDRÁ CONSECUENCIAS PARA EL SISTEMA DE LA TIERRA Y LAS VIDAS HUMANAS.**

**Idea 1:** la principal fuente de energía del planeta es el Sol. La luz solar que llega a la Tierra puede calentar la tierra, el océano, y la atmósfera.

**Idea 2:** el clima de la Tierra está influenciado por interacciones entre el Sol, el océano, la atmósfera, las nubes, el hielo, la tierra y la vida. Estas interacciones son variables, lo que genera climas diferentes en distintas partes del planeta.

**Idea 3:** los organismos sobreviven dentro de rangos específicos de temperatura, precipitación, humedad y luz solar. Por lo que el clima de un lugar determina el tipo de seres vivos que lo pueden o no habitar.

**Idea 4:** el clima del planeta cambia en diferentes escalas de tiempo y varía en el espacio. Pero hay evidencias para afirmar que la temperatura promedio de la Tierra es ahora la más caliente en los últimos 1.300 años.

**Idea 5:** se hacen múltiples observaciones y mediciones para comprender el sistema climático usando diferentes artefactos tecnológicos como estaciones meteorológicas, boyas y satélites, entre otros. Además se usan otros registros para aprender de climas pasados como los anillos de crecimiento de los árboles, núcleos de hielo y las capas sedimentarias. Estas observaciones, experimentos y teoría son utilizados para construir modelos computacionales que permiten hacer predicciones acerca del clima en el futuro.

**Idea 6:** se tiene ya un consenso muy grande sobre el hecho de que la mayor parte del incremento observado en las temperaturas globales promedio desde la primera parte del siglo XX se debe a las actividades humanas, principalmente por el incremento en las concentraciones de gases de efecto invernadero.

**Idea 7:** los cambios producidos en el clima afectarán a los seres humanos en aspectos como la disponibilidad de agua dulce, la productividad agrícola, la seguridad alimentaria, la economía, la salud, entre otros.

Se espera que después de una buena educación científica y del desarrollo de actividades explícitas de educación climática, de las cuales esta serie de lecciones es un posible ejemplo, estas 7 ideas sean comprendidas con suficiente profundidad por el estudiantado.



## Cómo planear la lección

### Inicio de la lección

La crisis climática puede resultar abrumadora para sus estudiantes, llevándoles a emociones como la rabia, la frustración, el bloqueo y la ansiedad. En general no se trata de un problema sin solución sino de una reacción normal ante una situación complicada.

Sin embargo, es frecuente que los niños, niñas y jóvenes no tengan oportunidades de expresar o enfrentar sus emociones ante el cambio climático, lo que puede resultarles una gran carga.

Tenga en cuenta que a medida que sus estudiantes aprenden más sobre el cambio climático, serán más conscientes de la gravedad del problema, así que, si ha trabajado con ellos otras unidades sobre el clima y el cambio climático, eso puede haber contribuido a cambiar su ansiedad frente al clima. La información circulante sobre el cambio climático a menudo es alarmista en extremo, por lo que comprender mejor el cambio climático ayuda a regular las emociones. Por otro lado, si poco o nada sabían de él, al enterarse de los efectos puede llevar a aumentar su ansiedad. Por esto le proponemos algunas actividades para ayudar a sus estudiantes a reconocer y gestionar sus emociones sobre el cambio climático.

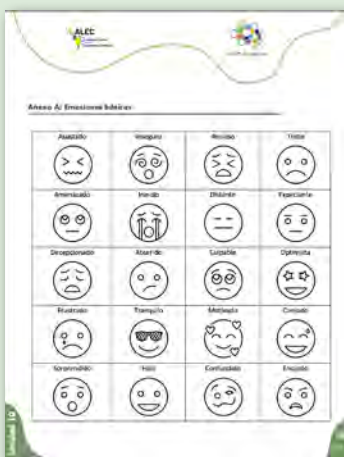
Para empezar, reúna a la clase y explíqueles que van a tomar un tiempo para pensar en cómo se sienten respecto al cambio climático. Indique que han venido trabajando a lo largo de varias semanas sobre el tema pero que ahora van a pensar en cómo se sienten al respecto.

Invite a la clase a compartir cómo se sienten acerca del cambio climático. Pregunté cosas como ¿qué les preocupa sobre el cambio climático? o ¿qué sienten cuando ven una imagen sobre la deforestación o la degradación ambiental?

Permita a sus estudiantes compartir libremente sus emociones. Tenga en cuenta que no es muy común que en las clases se pida expresar las emociones. Muchas personas podrán sentirse incómodas; no les presione para expresar sus emociones y continúe indagando a quienes voluntariamente quieran compartir, haciéndoles saber que todas las emociones que han expresado son normales.

Use el anexo A para mostrar y nombrar algunas emociones. Luego pida a cada estudiante que elija 2 ó 3 emociones del anexo que reflejen mejor cómo se sienten ante el cambio climático. Pueden recortar las emociones que eligieron y ponerlas en grupos en el piso.

Podrán ver qué emociones son más comunes y también ver que lo que sienten



también lo sienten otras personas.

Resalte el hecho de que, aunque hay emociones negativas como la ira, o la tristeza también hay emociones positivas como la esperanza o la motivación.

## Desarrollo de la lección

---

Una vez hayan hablado de las emociones, explíqueles que una forma de gestionar esas emociones que a veces se sienten abrumadoras es pensar en situaciones futuras diferentes a las que creemos que se van a dar. Por ejemplo, nuestras emociones respecto al cambio climático nos pueden hacer sentir que el futuro será muy difícil, con grandes daños ambientales o con mayores riesgos para nuestra seguridad; claramente ese no es el futuro que queremos. Entonces podemos imaginar y desear algo diferente.

Pida a la clase que se organice en grupos de 4 estudiantes. Van a usar el arte como un medio para imaginar un futuro diferente y más sostenible.

Tienen 3 opciones de producción artística: un dibujo, una dramatización o una canción. Pueden elegir cualquiera de las 3. Luego deberán imaginar y describir eso que desean, un futuro para ellos y para el mundo diferente al que ven cuando están ansiosos. ¿Cómo son las ciudades? ¿Qué hacen las personas para divertirse? ¿Qué pasó en el mundo que logró que se dieran esos resultados?

Asigne un periodo de clase para que planeen la puesta en escena o la creación de su pieza artística y luego en la siguiente sesión pídale que la muestren a toda la clase.

Usen el tiempo para divertirse y compartir, al tiempo que reconocen algunas acciones que los pueden llevar a un futuro sostenible.

Agradezca a los grupos por compartir sus ideas y cuestiúneles sobre si ven posibles algunas de las cosas que mostraron en sus presentaciones. Quizás se sientan más optimistas luego de haber plasmado esas ideas, quizás no. No juzgue sus emociones, solo permítales expresarlas.

## Cierre de la lección

Como cierre de la lección le proponemos hacer una actividad al aire libre para reconectar a sus estudiantes con la naturaleza y para que tomen un poco de distancia del problema. Busque un lugar al que puedan ir todos en el que haya naturaleza, puede ser un parque natural o una reserva; pero si le es difícil salir de la escuela, busque un lugar en el patio, por ejemplo, cerca de un jardín o de un gran árbol.

Reúna a la clase antes de la actividad al aire libre y explíqueles que van a visitar un lugar nuevo o a ver un lugar conocido con nuevos ojos. Salgan del salón y empiecen la actividad.

Planee diferentes actividades en función del lugar que haya seleccionado. Puede por ejemplo pedir a sus estudiantes que cierren los ojos y escuchen con cuidado, que reconozcan los sonidos naturales (aves, viento) y que se enfoquen en ellos tratando de ignorar los otros posibles ruidos (carros, música). Si está en un parque natural puede hacer una caminata para ver los diferentes hongos, insectos o plantas y enfocarse en sus formas o colores, o puede pedir a la clase que se acueste sobre el pasto y se quede observando las nubes por un rato.

Las actividades al aire libre reconectan con la naturaleza y pueden ser buenas para gestionar emociones negativas frente a la crisis ambiental. No se trata de una salida para aprender algo en específico sino de un espacio para hacer un alto, respirar, disfrutar y reconectar.

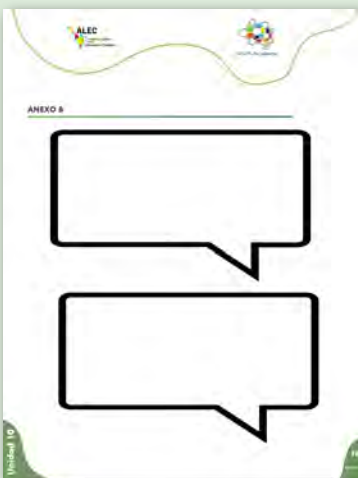
Cuando vuelva al salón de clases invite a sus estudiantes a hacer un mural de posibles acciones que pueden llevar a cabo individualmente para ayudar al clima. Se ha comprobado que una de las formas en que podemos afrontar la ansiedad que nos genera el cambio climático es actuando por el clima, sintiendo que estamos haciendo algo por resolver el problema.

Reconozca que el cambio climático puede ser un problema complejo y que se requieren muchas acciones de varias personas, por eso hoy se les invita a hacer cambios en sus hábitos y en su vida, para disminuir su huella de carbono y ayudar al planeta.

Tenga a disposición una cartelera amplia, marcadores y varios habladores como los que se muestran en el anexo B.

Dé un ejemplo del cambio que usted puede hacer; por ejemplo, puede decir que usará más la bicicleta para ir a trabajar. Escriba esto en un hablador y péguelo en la cartelera. Invite al resto a hacer lo mismo.

Exhiba el mural en el salón como un recordatorio para hacer cambios sencillos y posibles que contribuyan al clima.



## Glosario

---

- 1. Alfabetización climática:** Se refiere a la formación básica de las personas para reconocer los principios de la ciencia climática y cómo se relaciona con sus acciones.
- 2. Actitudes proambientales:** Hacen parte de un constructo psicológico que muestra una tendencia a evaluar positivamente aspectos relacionados con el medio ambiente e incluye aspectos como la conciencia ambiental y el sentido de autoeficacia.
- 3. Crisis climática** se usa la expresión crisis o emergencia climática para dar un sentido de gravedad al cambio climático y sus efectos. Al incorporar estas palabras se asume que se requiere de una acción urgente y poderosa para poder enfrentar el cambio climático actual.

## Conexión con carreras en STEM



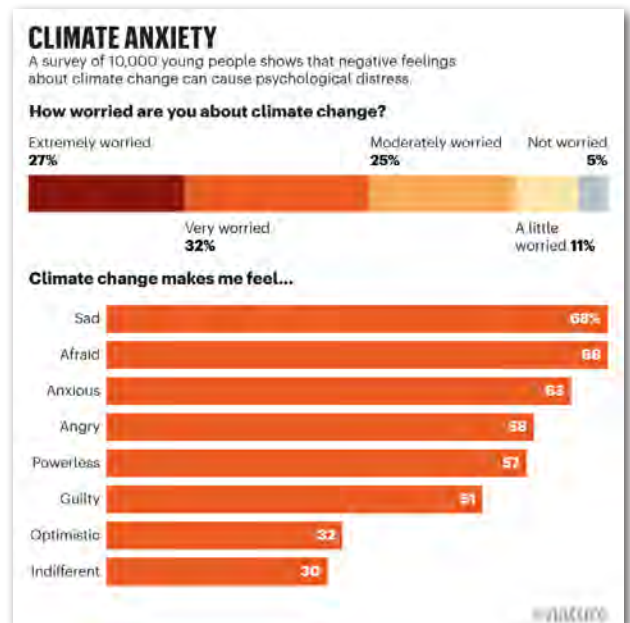
Le recomendamos ver este video, enlazado en el código QR anterior, con sus estudiantes para aprender sobre diferentes profesiones que trabajan para entender el clima y luchar contra el cambio climático. Luego de verlo, invite a la clase a discutir lo que más les llama la atención y promueva una reflexión sobre opciones de vida en ciencia y tecnología.

Poder tomar datos y luego interpretarlos de formas que permitan ver relaciones, patrones y tendencias es crucial para poder hacer conclusiones y determinar la confiabilidad de la información. Para procesar los datos es necesario recurrir a aplicativos de computador que se encargan de procesar estadísticamente la información.

Existen carreras STEM asociadas a esta labor como la estadística, una especialidad de las matemáticas, así como ingeniería de computadores o de "software" responsables de diseñar y utilizar bases de datos y programas de computador para procesar esta información.





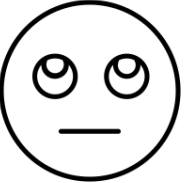

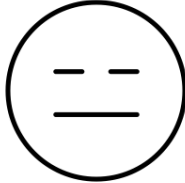
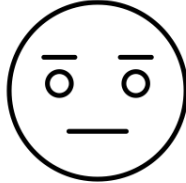












Muchas otras profesiones trabajan de la mano de personas dedicadas a la estadística o usan estos conocimientos en su investigación. Por ejemplo, las ciencias humanas como la psicología o las ciencias de la educación necesitan tomar datos para reconocer patrones o relaciones en el comportamiento o las emociones de una población y luego deben usar estadísticas para interpretar estos datos y llegar a conclusiones.

En el video que se accede por este código QR se puede ver la entrevista de Luisa Ramírez, psicóloga dedicada a la investigación que explica cómo en su profesión usa las matemáticas y la estadística para entender mejor las ideas de los jóvenes sobre el cambio climático.



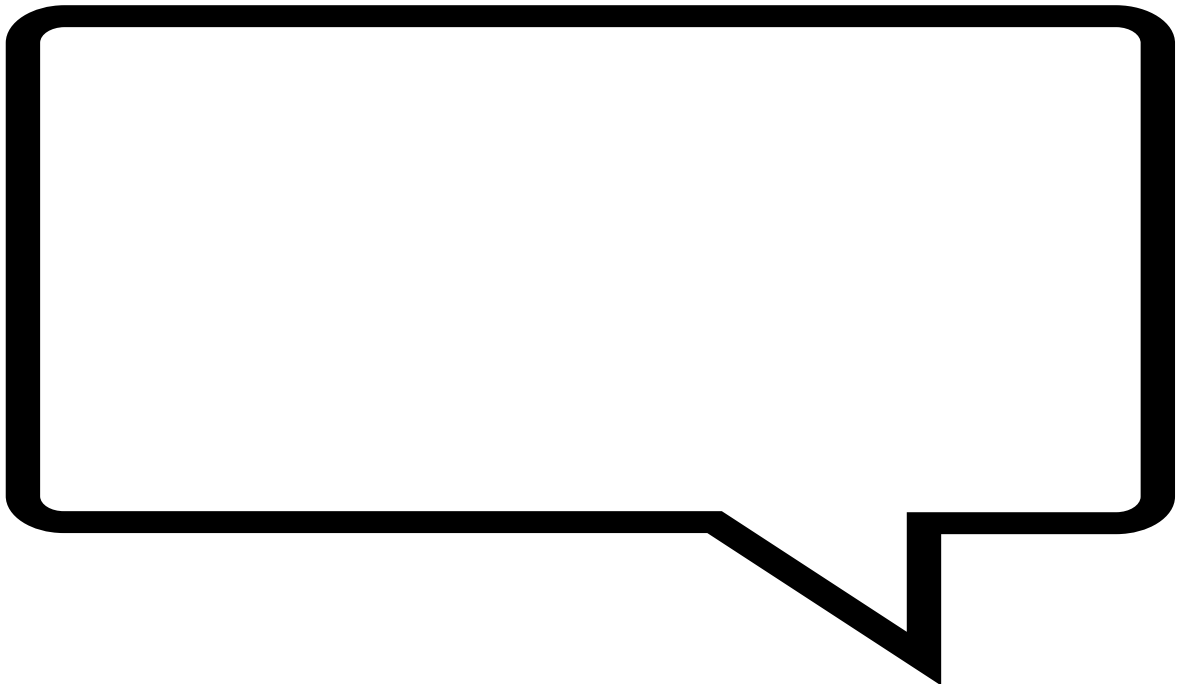
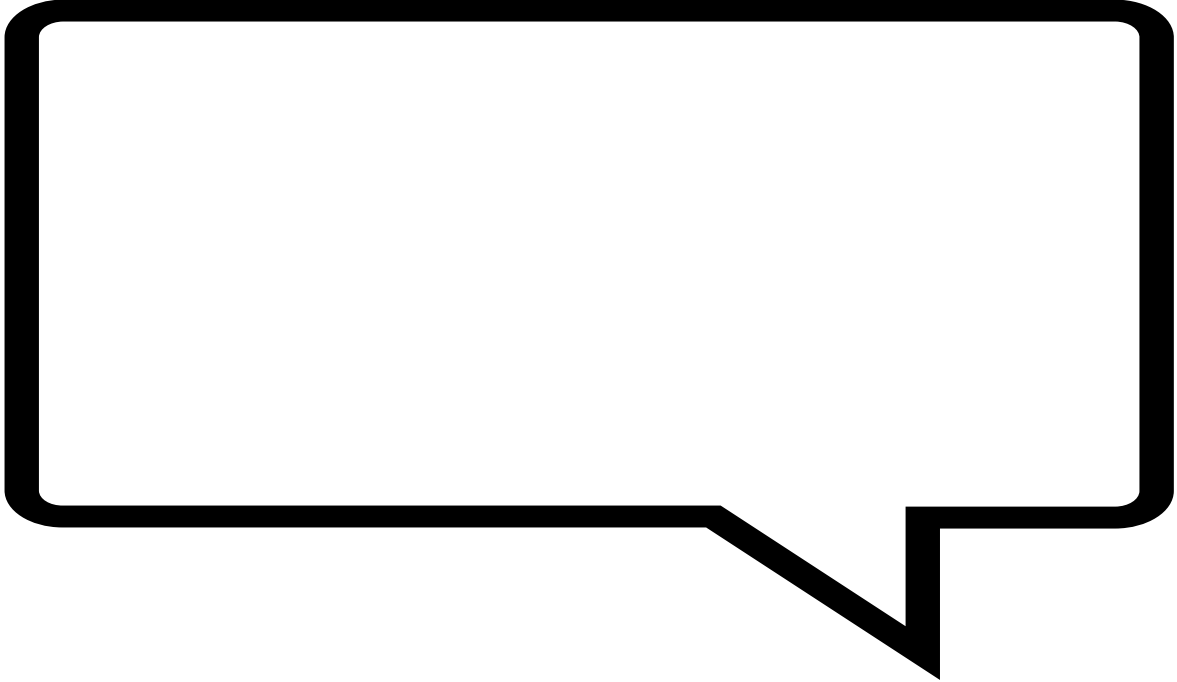
## Anexos

### Anexo A: Ejemplos de algunas emociones básicas

Asustado 	Inseguro 	Ansioso 	Triste 
Amenazado 	Herido 	Distante 	Expectante 
Decepcionado 	Aburrido 	Culpable 	Optimista 
Frustrado 	Tranquilo 	Motivado 	Cansado 
Sorprendido 	Feliz 	Confundido 	Enojado 

## ANEXO B

---



El proyecto **ALEC (América Latina para la Educación Climática)**, coordinado por la Office for Climate Education (OCE) tiene por objetivo promover la educación sobre el cambio climático en América Latina, comenzando en México y Colombia, con la ambición de incluir otros países del continente. Para lograr esto, los participantes del proyecto trabajan alrededor de tres aspectos principales: **La adaptación de recursos pedagógicos al contexto local, el desarrollo profesional de los docentes y la creación de una comunidad de prácticas.**

Este manual fue desarrollado por el programa STEM-ACADEMIA de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN) a partir del material propuesto por OCE (Office for Climate Education), centro de referencia de UNESCO con sede en París. Contiene 10 unidades didácticas de diferentes temáticas relacionadas con el cambio climático.

Cada unidad didáctica en esta colección recorre una ruta de aprendizaje que parte de información científica actualizada para ayudar al profesorado a planear una enseñanza explícita. Luego se presentan tres momentos didácticos para el desarrollo de las lecciones. el inicio en el que se exploran las ideas iniciales y se dan actividades en motivación, el desarrollo en el que se proponen actividades vivenciales y de análisis para construir comprensión y el cierre en el que se hace una revisión de lo aprendido. Además, se presentan conexiones con carreras STEM.

Se incluyen en la colección unidades didácticas relacionadas con la definición del clima, las evidencias del cambio climático, el efecto invernadero, los efectos del cambio climático en el océano, la criósfera y el suelo, la relación entre agricultura y cambio climático, el consumo responsable, la adaptación al cambio climático y la ecoansiedad.



ISBN PENDIENTE

Versión 2023-05

## PROYECTO IMPLEMENTADO POR



## CON EL APOYO DE

