



**COMPENDIO DE
CONTENIDOS
ESENCIALES SOBRE
CAMBIO CLIMÁTICO,
ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN**

Créditos

CONTENIDOS

Adrián Soria

REVISIÓN

Alan J. Hesse

Adi Benea

Noémi d'Ozouville

Henry Ágredo

Miriam Chacón

EDICIÓN

Martín Narváez

COORDINACIÓN GENERAL

Fundación Educación para
Comunidades Sostenibles - ©ECOS

Este material ha sido posible gracias al
financiamiento de la Fundación Charles Darwin
a través de COMON Foundation.

La reproducción parcial o total de esta
publicación, en cualquier forma y por cualquier
medio mecánico o electrónico, está permitida
siempre y cuando sea autorizada por los editores
y se cite correctamente la fuente.

FOTOGRAFÍAS PORTADA Y CONTRAPORTADA

Martín Narváez

DISTRIBUCIÓN GRATUITA

Para citar este documento:

Fundación Educación para Comunidades
Sostenibles (2024). "Compendio de Contenidos
Esenciales sobre Cambio Climático, Adaptación y
Mitigación". Puerto Ayora, Galápagos.

Contenido

Introducción al cambio climático	6
Introducción	6
El sistema climático	8
Fenómenos naturales que influyen en el clima	10
Las erupciones volcánicas	10
Las corrientes marítimas	10
El efecto albedo	12
El efecto invernadero	12
El cambio climático actual	14
Los gases de efecto invernadero y el cambio climático	15
El ciclo del Carbono	17
La huella de carbono	19
Efectos del cambio climático	20
Pérdida de glaciares continentales	21
Incremento de temperatura del mar	22
Incremento del nivel del mar	23
Acidificación de los océanos	23
Olas de calor	24
Inundaciones por precipitaciones extremas	24
Sequías	25
Incendios forestales	25
Huracanes y ciclones tropicales	26
Efectos de cambio climático en la sostenibilidad	27
Efectos del cambio climático sobre la biodiversidad	27
Efectos sobre la salud humana	30
Efectos sobre la seguridad alimentaria	31
Efectos sobre el acceso al agua	31
Efectos sobre la economía y finanzas	31
El Fenómeno de El Niño y el cambio climático	34
Así se forma El Fenómeno de El Niño	35
Mitigación para el cambio climático	37
Organismos y políticas sobre el cambio climático	41
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático	41
Protocolo de Kioto	41
Acuerdo de París	42
Objetivos del Desarrollo Sostenible	42
Panel Intergubernamental sobre el cambio climático	43
Las Conferencias de las Partes y los acuerdos por el clima	43
Acuerdo Ministerial 097 para Galápagos y el sistema educativo	45
Activismo y participación ciudadana en contra del cambio climático	45

Adaptación al cambio climático	48
Adaptación al cambio climático en Galápagos.....	48
Justicia climática	49
Glosario.....	51

**COMPENDIO DE
CONTENIDOS
ESENCIALES SOBRE
CAMBIO CLIMÁTICO
ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN**

Introducción al cambio climático

Introducción

El cambio climático (CC) es uno de los mayores retos a los cuales se ha enfrentado la humanidad a lo largo de toda su historia y sus consecuencias pueden ser devastadoras para la sociedad tal como la conocemos. Hoy en día se habla en medios de comunicación, en redes sociales, en la escuela, en los gobiernos locales y nacionales sobre el cambio climático, ¿pero entendemos verdaderamente en qué consiste? Para encontrar soluciones a los grandes problemas, primero debemos conocerlos y entenderlos. Este documento te ayudará a comprender mejor cómo y por qué sucede el cambio climático, cuáles son sus impactos ahora y en el futuro, y cuál es el mejor camino para que, desde las autoridades hasta la población en general, podamos enfrentar y solucionar este gran problema al cual nos enfrentamos.

El tiempo y el clima

El **tiempo** es el estado momentáneo de las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad, presión, precipitación, etc.) de la atmósfera en un sitio o lugar determinado, y por esto podemos decir que el tiempo cambia continuamente. A continuación, puedes ver ejemplos del tiempo en algunas ciudades del Ecuador del viernes 28 de febrero del 2020 a las 06h50:



Pronóstico del tiempo para el viernes 28 de febrero del 2020 a las 06h50
Fuente: El Telégrafo / INHAMI

Por otro lado, el clima es el conjunto de condiciones meteorológicas promedio en un sitio o lugar específico, a lo largo de un periodo de tiempo. Por ende, decimos que el clima nos remite a los valores medios de las variables meteorológicas calculados a partir de registros obtenidos durante un período de por lo menos 30 años. A continuación, puedes ver el clima de algunas ciudades del Ecuador:



<p>Guayaquil</p> <p>El clima de Guayaquil se caracteriza por ser cálido la mayor parte del año debido a su ubicación ecuatorial, aunque su proximidad al Océano Pacífico resulta en dos períodos climáticos distintivos: una temporada húmeda y lluviosa de enero a mayo, marcada por las corrientes cálidas de El Niño, y una temporada seca de junio a diciembre, influenciada por las corrientes frías de Humboldt. Según la clasificación de Köppen, Guayaquil tiene un clima tropical de sabana. La ciudad experimenta temperaturas elevadas, especialmente de enero a mayo, donde la combinación de humedad y temperatura puede hacer que la sensación térmica supere los 40°C.</p>	<p>Quito</p> <p>El clima de Quito se caracteriza por ser principalmente oceánico templado de altura, con influencias subtropicales, lo que conlleva una variedad de condiciones climáticas continentales que van desde áridas y templadas hasta húmedas y frías. Las zonas del sur, más altas y lluviosas son las más frías, mientras que el norte experimenta temperaturas más altas debido a su aridez. Quito mantiene condiciones primaverales todo el año debido a su ubicación ecuatorial, con dos estaciones distintas: un invierno lluvioso y ligeramente frío de octubre a mayo, y un verano ligeramente cálido y seco de junio a septiembre. La estación seca de cuatro meses es caracterizada por temperaturas más altas.</p>	<p>Cuenca</p> <p>Cuenca presenta un clima húmedo de montaña según la clasificación de Köppen, con pequeñas variaciones térmicas diurnas y anuales, manteniendo un clima primaveral constante y una alta humedad relativa. En la zona ecuatorial, las estaciones del año no son distintas, dividiéndose en un invierno lluvioso y fresco de octubre a abril, y un “verano” seco y ligeramente más frío entre mayo y septiembre. La temperatura promedio anual es de 16,3°C, siendo diciembre el mes más cálido (17,1°C) y julio el más frío (14,9°C), con una amplitud térmica anual inferior a 3°C. La precipitación es abundante y regular en invierno, con alrededor de 900 mm anuales y una diferencia de 115,4 mm entre los meses más secos y húmedos.</p>
<p>Ambato</p> <p>Ambato tiene un clima templado ecuatorial de montaña según la clasificación de Köppen, con pequeñas variaciones térmicas diurnas y anuales y un clima primaveral constante. Dividido en dos estaciones debido a la falta de sensibilidad de las estaciones en la zona ecuatorial, se experimenta un invierno poco lluvioso y fresco de octubre a abril, seguido de un “verano” seco y ligeramente más frío entre mayo y septiembre. La temperatura promedio anual es de 15,7 °C, siendo noviembre el mes más cálido (16,6 °C) y julio el más frío (14,2 °C), con una amplitud térmica anual inferior a 3 °C. La precipitación es escasa durante el invierno y bastante seca en verano, con alrededor de 550 mm de precipitación anual y una diferencia de 72,2 mm entre los meses más secos y húmedos. Abril registra los días más lluviosos (16), mientras que septiembre tiene la menor cantidad (12), y la humedad relativa promedia el 73,2% durante todo el año.</p>	<p>Manta</p> <p>Manta disfruta de un clima más agradable que el resto de la costa ecuatoriana gracias a su ubicación geográfica en el Centro-Sur del país. La influencia predominante de la Corriente Fría de Humboldt suaviza y modifica significativamente el clima local, convirtiéndose en un ambiente subtropical a templado marítimo la mayor parte del año. Esta corriente también contribuye a la aridez de la región, con solo un 15% de la pluviosidad total anual recibida, entre 150 y 250 mm, en contraste con los hasta 2500 mm anuales en otras áreas costeras. Las lluvias significativas en Manta ocurren entre finales de enero y la primera semana de abril, destacando febrero y marzo como los meses más lluviosos. Las temperaturas, típicas de regiones cercanas al ecuador, oscilan entre 26 °C y 31 °C como máxima, y entre 15 °C y 19 °C como mínima.</p>	<p>Machala</p> <p>Machala posee un clima semiárido cálido según la clasificación de Köppen, con altas temperaturas y una temporada lluviosa moderada, caracterizada por precipitaciones intensas pero breves, lo que resulta en un clima predominantemente seco a lo largo del año. La temperatura promedio anual es de 26 °C, con marzo como el mes más cálido (28,2 °C) y agosto como el más frío (23,8 °C). Aunque las temperaturas reales no son extremadamente altas, la humedad eleva la sensación térmica a más de 36 °C. El clima es isotérmico, con una amplitud térmica anual inferior a 5 °C, y una diferencia de 199,4 mm de precipitación entre los meses más secos y húmedos. Marzo registra los días más lluviosos (18), mientras que agosto tiene la menor cantidad (12), con una humedad relativa constante de 86,1% anualmente.</p>

Tabla 2. Clima en 6 ciudades del Ecuador
Fuente: NOAA y Climate-data.org



Para entender la diferencia entre estos dos términos se puede decir que el tiempo muestra la situación atmosférica durante un breve intervalo de tiempo como por ejemplo en este instante o en este mes, mientras que el clima define las condiciones generales de la atmósfera sobre ese mismo lugar durante decenas de años, es decir que el clima puede decirse que es la película o la sucesión de diferentes intervalos de tiempo que se dan en un lugar determinado.

ACTIVIDAD: *Pregunta e investiga:*

a. De acuerdo con lo presentado en la tabla 1 y 2 compara la diferencia entre tiempo y clima de cada una de las ciudades. Discute el resultado con tus compañeros.

b. ¿Cómo está el tiempo en este momento en Galápagos? Investiga, ¿cómo es el clima de Galápagos? Discute los resultados con tus compañeros.

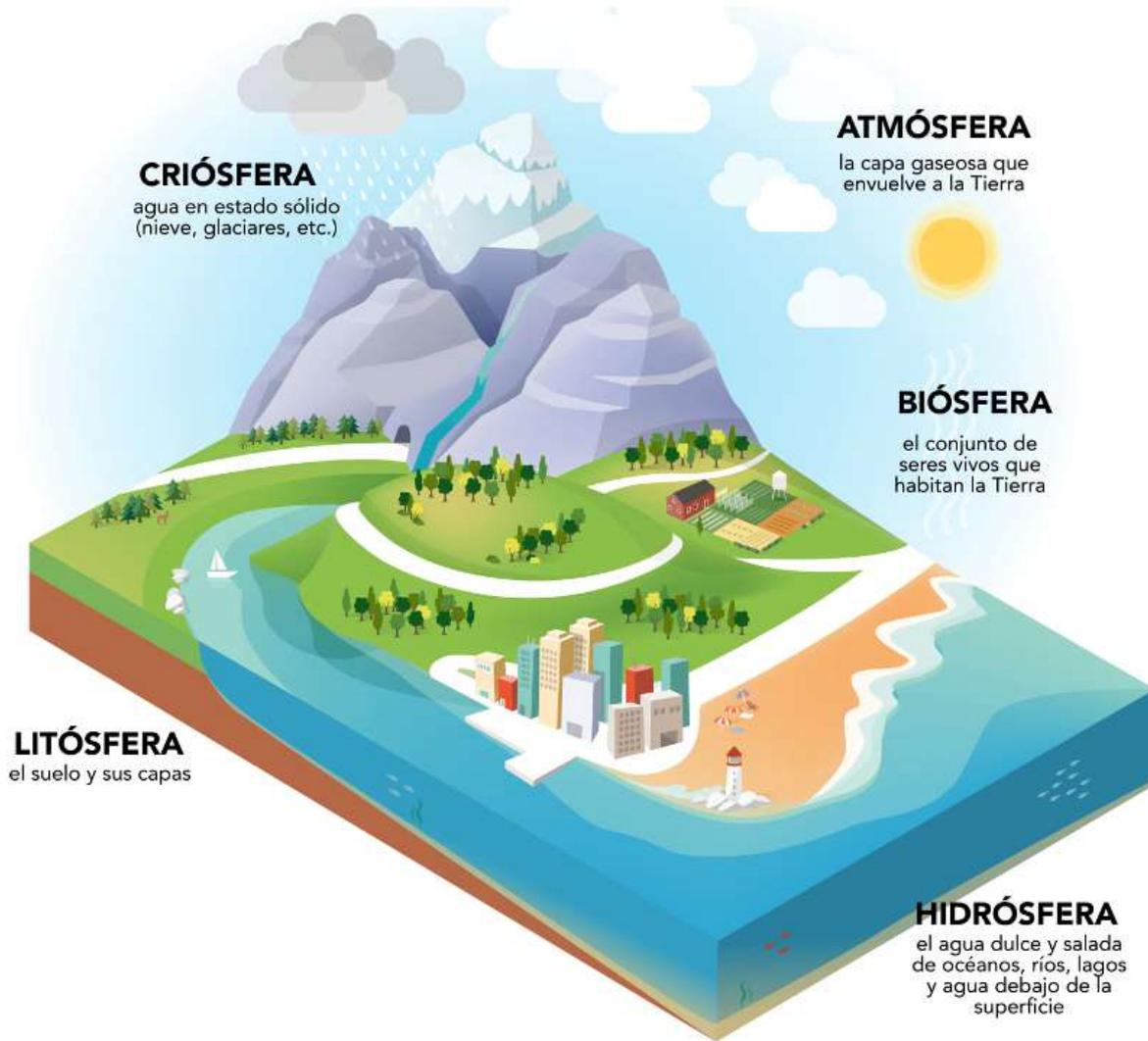
Elabora una explicación junto con tus compañeros de grupo sobre: ¿Cómo podrían explicar la diferencia entre clima y tiempo a un curso de estudiantes de 6 años?

El sistema climático

El sistema climático es un entramado sumamente complejo que incluye cinco subsistemas principales: la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera, la criosfera, y la biosfera. Estos subsistemas interactúan entre sí, y a lo largo del tiempo, el sistema climático ha experimentado cambios tanto por su propia dinámica interna como por factores externos como las erupciones volcánicas, las variaciones solares y las influencias antropogénicas, como los cambios en la composición de la atmósfera y los cambios de uso de suelo.

- 1. Atmósfera:** Es la capa gaseosa que rodea a la Tierra y es la principal regidora del tiempo, está compuesta de gases como nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y otros. Además, posee variables meteorológicas que son la temperatura, la humedad del aire, la precipitación, la nubosidad, la dirección y velocidad del viento.
- 2. Hidrosfera:** Son todas las aguas continentales que incluyen ríos, humedales, acuíferos, aguas subterráneas, y también incluyen las aguas marinas incluyendo sus variables como corrientes, oleajes y mareas.
- 3. Criosfera:** Son todas las concentraciones de agua en estado sólido (**glaciares** y casquetes polares) incluyendo los glaciares de zonas montañosas en los continentes, así como los grandes casquetes polares que flotan sobre el mar.
- 4. Litosfera:** Es toda la capa sólida de la tierra que incluye toda la corteza terrestre y la parte más externa del manto.
- 5. Biosfera:** Son todas las zonas de la Tierra en donde se desarrolla la vida que incluye la superficie terrestre hasta zonas de la atmósfera sobre los 2.000 metros sobre la superficie, y además cientos de metros dentro del suelo, así como los océanos y los ríos.





Subsistemas del Sistema Climático terrestre

Fuente: Centro Internacional para la investigación del Fenómeno del El Niño

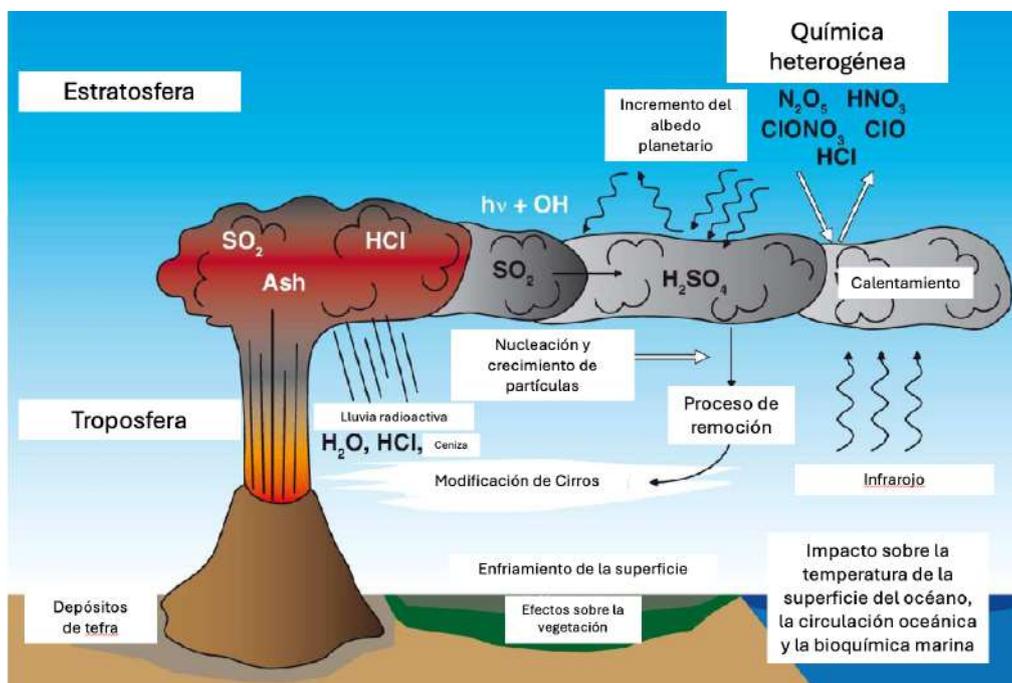
El clima finalmente es el resultado de la interacción de cada uno de estos cinco subsistemas, pero está gobernado de manera general por la radiación procedente del sol, que es la fuente más significativa de energía que llega a la Tierra. Al estar en constante interacción estos subsistemas, cualquier cambio importante en alguno de sus variables físicas o químicas da como resultados cambios temporales o permanentes en el tiempo y hasta en el clima local, regional, y global.



Fenómenos naturales que influyen en el clima

Las erupciones volcánicas

Estas pueden tener un impacto significativo en el clima a corto plazo debido a la liberación de gases y partículas a la atmósfera. Estos eventos pueden causar un calentamiento temporal al emitir gases de efecto invernadero como dióxido de carbono (CO_2) y dióxido de azufre (SO_2), así como un enfriamiento al dispersar aerosoles volcánicos en la estratosfera, los cuales reflejan la radiación solar y reducen la cantidad de energía solar que llega a la superficie terrestre. Además, estos aerosoles pueden influir en la formación de nubes y patrones de precipitación. Aunque el impacto de las erupciones volcánicas en el clima es temporal, históricamente han sido responsables de eventos de enfriamiento a corto plazo, como la "Pequeña Edad de Hielo" en Europa durante los siglos XVI y XVII.

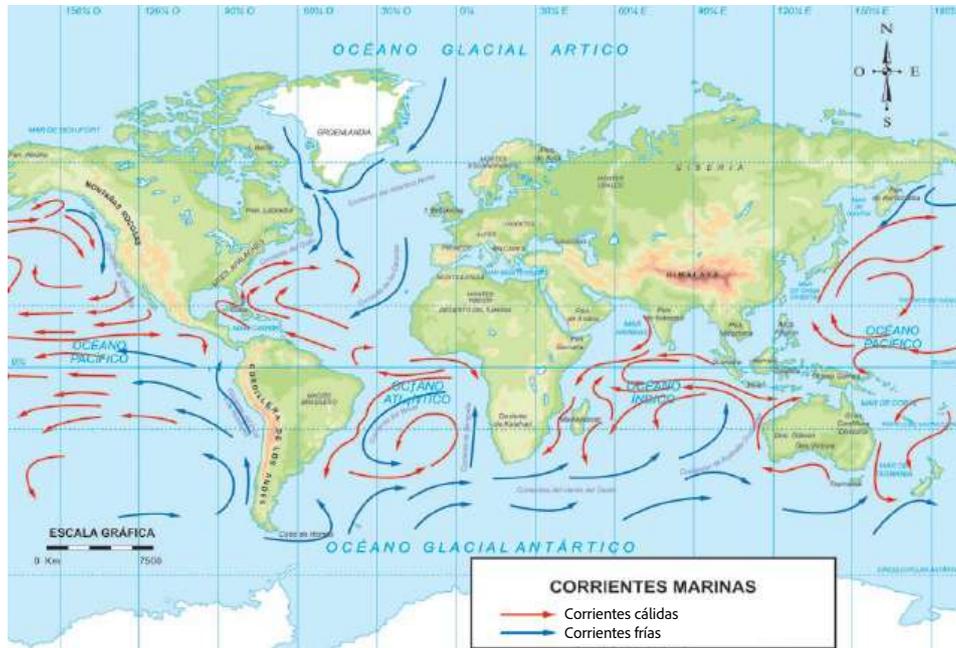


Esquema de la respuesta climática sobre grandes erupciones volcánicas
Fuente: Environmental Science

Las corrientes marítimas

Dentro de la hidrosfera, específicamente en las aguas marinas, existe una variable que es clave en el clima mundial y estas son las corrientes marítimas. Estas se forman debido a una combinación de factores, incluyendo la rotación de la tierra, las diferencias de temperatura y salinidad, las corrientes en la atmósfera, la topografía del fondo marino, entre otras. El viento ejerce una fuerza sobre la superficie del océano, generando corrientes superficiales al empujar el agua en la dirección del viento. Las diferencias en la temperatura y salinidad del agua también desempeñan un papel importante, creando corrientes verticales conocidas como corrientes termohalinas. Además, la forma y la topografía del fondo marino pueden dirigir y canalizar el flujo de agua, dando lugar a corrientes específicas. Las corrientes pueden ser vistas como grandes ríos de agua marina que se desplazan por los océanos. Estos procesos interactúan de manera compleja para determinar la dirección, la velocidad y la intensidad de las corrientes marítimas, que tienen impactos significativos en el clima, la distribución de nutrientes y la vida marina.

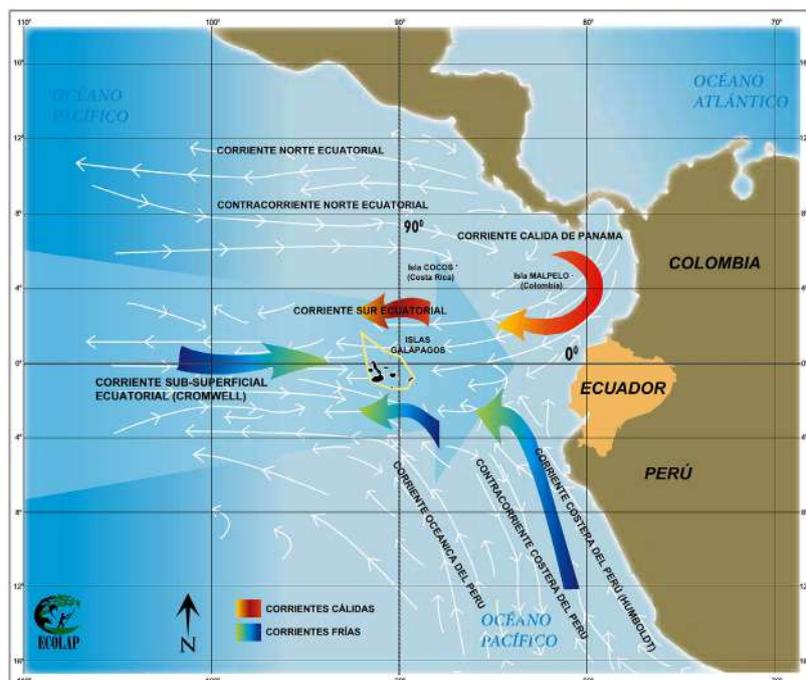




Mapa de circulación de corrientes marinas
Fuente: Editorial Santillana

Si bien existen decenas de corrientes por cada océano, existen corrientes que son claves para mantener las condiciones de la sociedad tal como la conocemos. Existen tres corrientes marinas de importancia para la región costera de Ecuador y en especial para Galápagos. Estas son:

- La corriente fría de Humboldt, que se encarga de llevar agua fría desde la Antártida hacia nuestras costas.
- La corriente profunda de Cromwell, que se encarga de llevar agua fría y rica en nutrientes desde el oeste hasta el este del océano Pacífico.
- La corriente cálida de Panamá que lleva agua cálida desde el norte del Pacífico Occidental.



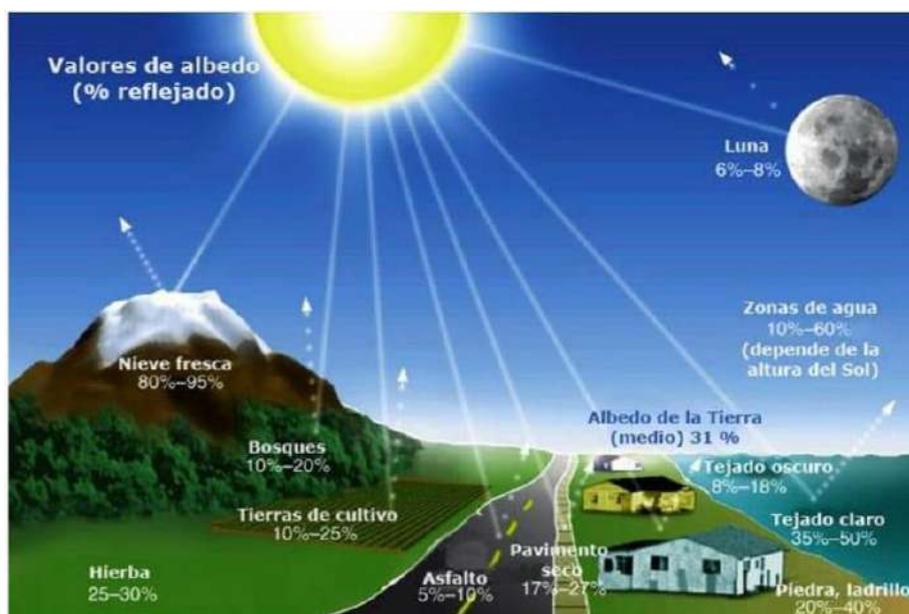
Corrientes oceánicas que afectan a Ecuador y Galápagos
Fuente: Reserva Marina Galápagos



El efecto albedo

El efecto albedo es un fenómeno físico que describe la capacidad de una superficie para reflejar la radiación solar. Se mide como la fracción de radiación solar incidente que es reflejada por una superficie, expresada como un porcentaje (%). Superficies con alto albedo, como la nieve, el hielo y las nubes, reflejan una mayor cantidad de radiación solar, mientras que las superficies con bajo albedo, como la tierra, las rocas, el asfalto y el agua, absorben más radiación solar.

Este efecto es clave en el balance energético de la Tierra y en el clima global. Por ejemplo, las superficies con alto albedo contribuyen a enfriar la atmósfera al reflejar una mayor cantidad de radiación solar de vuelta al espacio, mientras que las superficies con bajo albedo absorben más radiación solar, lo que lleva a un calentamiento adicional.



Efecto Albedo en diferentes superficies del planeta
Fuente: Meteorología en la red

El efecto albedo es especialmente relevante en regiones polares y glaciares, donde el hielo y la nieve tienen un alto albedo y ayudan a mantener temperaturas más frías al reflejar la radiación solar. Sin embargo, debido al cambio climático y al retroceso de los glaciares, estas áreas están experimentando una disminución en su efecto albedo, lo que contribuye a un mayor calentamiento y derretimiento de hielo.

El efecto invernadero

A veces se confunde la palabra **efecto invernadero** con el cambio climático, pero son dos fenómenos diferentes. El efecto invernadero es un fenómeno natural mientras que el cambio climático que vivimos en la actualidad desde 1850 es un fenómeno antropogénico, es decir producido por el ser humano.

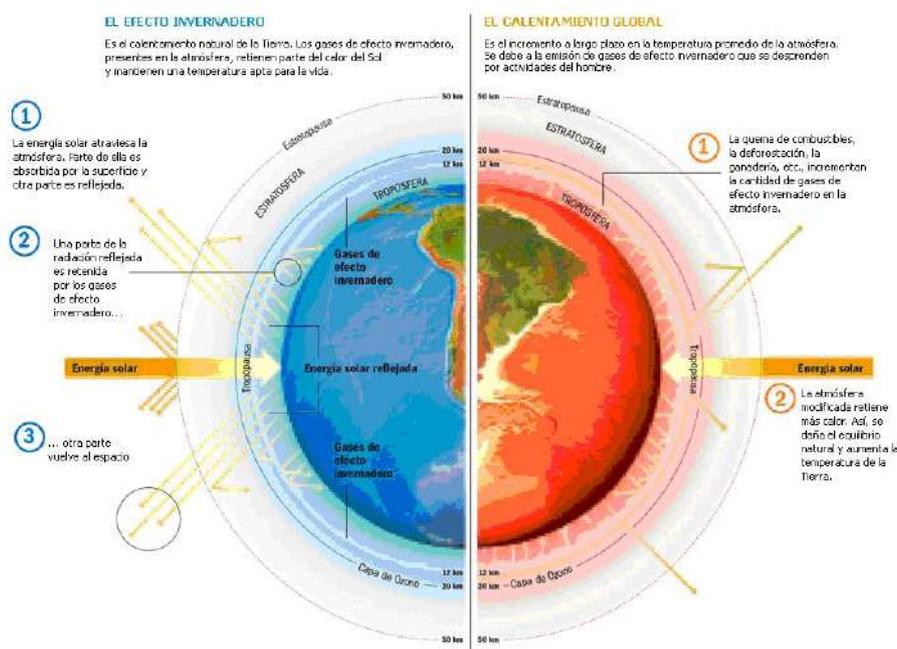
El efecto invernadero se produce en la atmósfera y es producido cuando algunos de los gases que conforman la atmósfera como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el vapor de agua (H₂O) atrapan la radiación solar que llega a la tierra y la retienen en la atmósfera. Esto ocasiona que la temperatura de la Tierra se mantenga relativamente constante. Estos gases actúan como cuando uno se mete en un invernadero de flores y siente que la temperatura de este lugar es mayor que el



El cambio climático actual

Cuando los gases de efecto invernadero que existen de manera natural en nuestra atmósfera incrementan por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, ganadería extensiva, o deforestación, estos gases se acumulan en gran medida e influyen directamente en el incremento de la temperatura promedio del planeta. A esto se le conoce como cambio climático.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.



Diferencias entre el efecto invernadero y el calentamiento global

Fuente: Meteored

Es importante aclarar que, al inicio, este fenómeno era tratado con el término “calentamiento global”, pero muchas veces se usa de manera indistinta del término “cambio climático”. Sin embargo, debemos tener claro qué significa cada uno:

- El término **calentamiento global** se refiere al aumento a largo plazo de la temperatura promedio de la Tierra. Si bien esto ha sucedido de manera natural a lo largo de la historia del planeta, esto se ha documentado más frecuentemente desde principios del siglo XX, y ha sido especialmente notable desde finales de la década de 1970. Esto ha resultado en un incremento aproximado de 1 °C (alrededor de 2 °F) en la temperatura media de la superficie desde mediados del siglo XX. Aunque el calentamiento global sea un fenómeno tanto natural como antropogénico, en la actualidad, se les atribuye a las **emisiones antropogénicas** por la rapidez y fuerza con la que sucede desde la revolución industrial.
- El término cambio climático engloba no solo el calentamiento global, sino también una serie más amplia de cambios en el planeta, como el aumento del nivel del mar, el derretimiento del hielo en regiones como Groenlandia, la Antártida y el Ártico, así como cambios en los patrones climáticos (sequías, inundaciones, nevadas), como los tiempos de floración de las plantas.



Los gases de efecto invernadero y el cambio climático

Como habíamos revisado anteriormente la atmósfera está compuesta de una serie de gases, algunos de los cuales tienen la capacidad de retener el calor que llega a la Tierra desde el sol impidiendo que estos vuelvan al espacio, estos gases son claves para que el planeta tenga una temperatura promedio que permitió la evolución de la vida tal como la conocemos. Los **gases de efecto invernadero** (GEI) atrapan las ondas infrarrojas que son reflejadas por la misma superficie terrestre e impiden que esta energía térmica escape al espacio. Si bien los GEI absorben algunos rayos del sol y rebotan otros al espacio, la mayoría de rayos solares penetran la atmósfera para calentar la Tierra, la cual luego refleja esta energía en forma infrarroja de nuevo a la atmósfera.

Los principales gases de efecto invernadero incluyen el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃). Además, existen otros GEI generados exclusivamente por actividades humanas, como los halocarbonos, que son compuestos que contienen cloro, bromo o flúor, además de carbono. A continuación, se muestran las principales características de los GEI:

GEI	Origen	GWP	Tiempo de vida media de una molécula en la atmósfera
Dióxido de Carbono (CO₂)	Este gas se produce naturalmente como resultado de la respiración aeróbica de los seres vivos, pero además proviene de la quema de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas natural, así como procesos de cambio de uso de suelo y la deforestación.	1	120 años
Metano (CH₄)	Este gas se produce naturalmente como resultado de la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Pero hay actividades humanas como la ganadería (por la digestión del ganado), el cultivo de arroz y los rellenos sanitarios que generan también CH ₄ .	21	12 años
Ozono troposférico (O₃)	Si bien el ozono que está en la estratosfera es beneficioso protegiéndonos de los rayos UV, hay ozono en la tropósfera que es el resultado de motores de combustión, emisiones industriales, y este ozono no es nada beneficioso ya que además de afectar nuestra salud y la de los ecosistemas, es un potente gas de efecto invernadero	200	12 horas
Óxido Nitroso (N₂O)	Este gas es producido por el ser humano en los fertilizantes nitrogenados, la quema de combustibles fósiles y ciertos procesos industriales.	296	121 años
Gases Fluorados (HFC) (FC) (PFC) (SF₆) (NF₃)	De manera natural son encontrados en la atmósfera en pequeñas cantidades producto de la descomposición de la materia orgánica en los humedales, la actividad volcánica y ciertos procesos biológicos. Hay actividades humanas que usan estos gases para aplicaciones industriales como la refrigeración, el aire acondicionado, los extintores de incendios, y las espumas aislantes.	Fluorocarburos 120 – 12.000 Clorofluorocarbonos 5.700 -11.900 SF ₆ 22.200	600-32.000 años

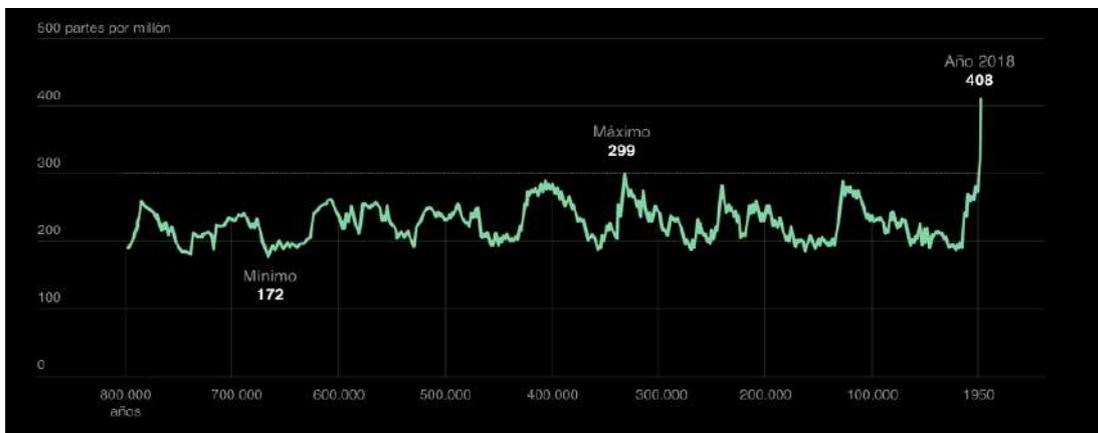
Origen y Diferencias entre el GWP y el tiempo de vida promedio de los GEI
Fuente: IPCC



Si bien todos los GEI anteriormente descritos contribuyen al cambio climático, es importante aclarar que las emisiones de cada uno de estos gases a la atmósfera no son iguales, siendo el CO₂ el gas que más contribuye al CC a pesar de tener un **potencial de calentamiento global** menor que el metano, el óxido nitroso y los gases fluorados. Es por esto por lo que nos vamos a centrar en la dinámica del CO₂ en la atmósfera.

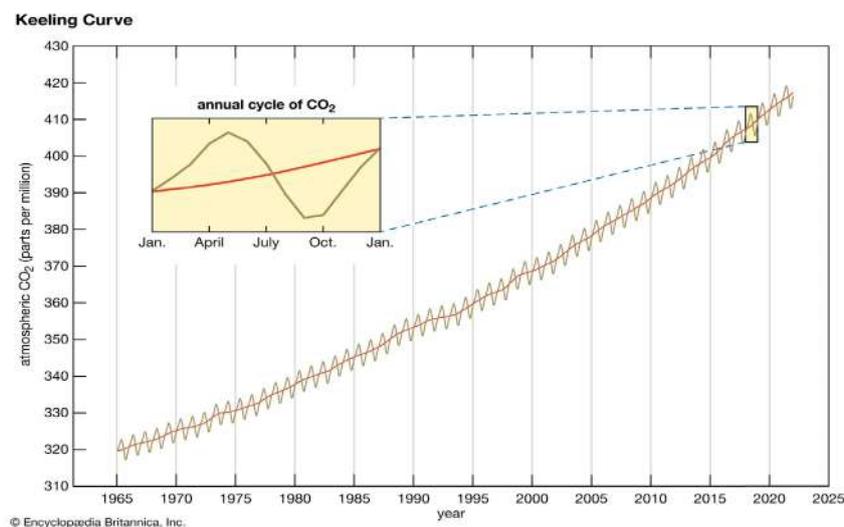
El CO₂ se mide en partes por millón (ppm) debido a que su concentración es relativamente baja en la atmósfera, a diferencia del nitrógeno y el oxígeno que representan el 78% y 21% de su volumen respectivamente, el CO₂ representa aproximadamente el 0,04% del volumen total de la atmósfera. Esta unidad de medida nos permite expresar de manera precisa las concentraciones de CO₂. Al utilizar ppm, se facilita la comparación y el análisis de datos entre diferentes estudios y mediciones, lo que resulta fundamental en la comprensión del impacto del CO₂ en el clima y el medio ambiente.

En los últimos 800.000 años las concentraciones de CO₂ en la atmósfera nunca habían sido mayores a 300 ppm, pero debido a las actividades humanas esta concentración se superó en 1950 y desde esa fecha no ha parado de incrementarse. El día 13 de febrero del 2024 la concentración del CO₂ en la atmósfera fue de 421.18 ppm.



Evolución del dióxido de carbono en la atmósfera en los últimos 800.000 años
Fuente: NOAA / NASA

Es importante notar que a pesar de que existe una marcada tendencia al incremento de CO₂ de manera anual, así mismo existe una tendencia fija a que cada año, sin importar el siglo los niveles de CO₂ fluctúan de manera constante:

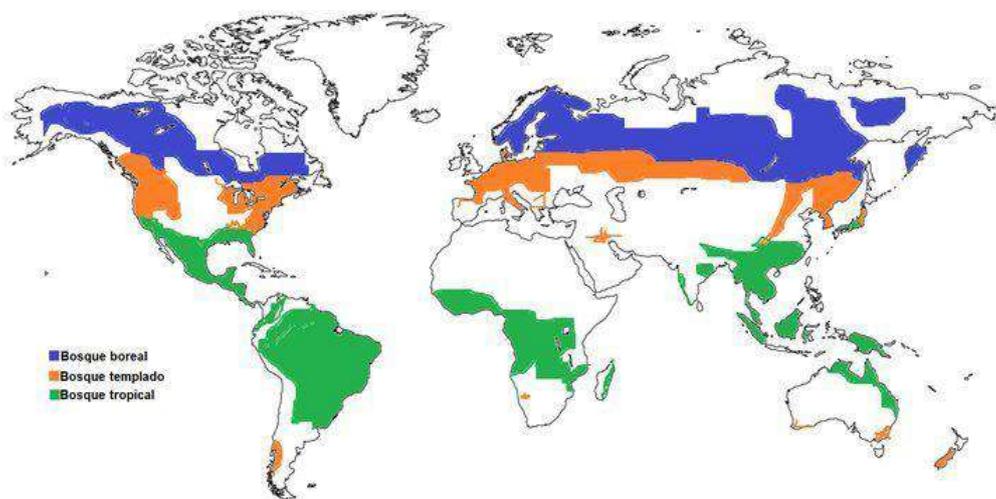


Curva de Kelling sobre la concentración de CO₂ en la atmósfera en ppm
Fuente: Enciclopedia Británica Inc.



Esta fluctuación se debe a los períodos de primavera y otoño en las regiones templadas, ya que cuando los bosques de estas regiones pierden las hojas por la llegada del invierno, existe un incremento del CO₂ en la atmósfera. Sin embargo, durante la primavera y el verano cuando las hojas vuelven a crecer y la fotosíntesis se retoma existe una reducción del CO₂ de la atmósfera. Vale recalcar que este fenómeno se refleja de mayor manera en el hemisferio norte porque la cantidad de bosques templados es mucho mayor que en el hemisferio sur. Además, este fenómeno no aplica para los bosques tropicales, ya que, al tener un clima estable durante todo el año, estos bosques mantienen sus hojas a lo largo de su vida, por lo que no pierden carbono de esta forma.

TIPOS DE BOSQUES SEGÚN SU CLIMA Y LATITUD



Distribución de los bosques en el mundo
Fuente: Biomapas

El ciclo del Carbono

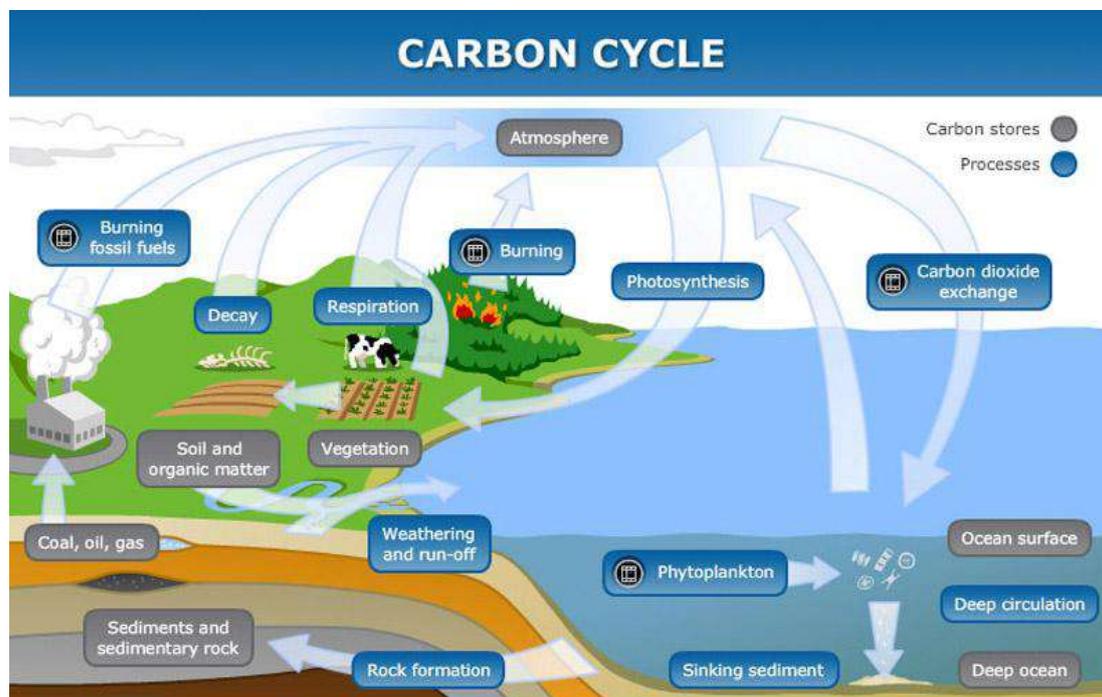
Para comprender el cambio climático se debe entender la dinámica de los ciclos biogeoquímicos del carbono, que es un complejo proceso esencial para la regulación del clima en el planeta y el sustento de la vida. Este ciclo involucra la circulación del carbono entre distintos reservorios, incluyendo la atmósfera, rica en CO₂, CH₄, y otros gases; la biosfera terrestre, que incluye a todos los seres vivos y la materia orgánica muerta; los océanos, donde el carbono se almacena como CO₂ disuelto en el agua, bicarbonato y carbonato, y participa en la vida de organismos marinos como en las conchas de los moluscos; y la litosfera, que almacena el CO₂ en el petróleo y rocas sedimentarias carbonatadas.

Los procesos naturales que mueven el carbono a través de estos reservorios incluyen:

- La fotosíntesis, que captura CO₂ y O₂ atmosférico y lo convierte en materia orgánica vegetal.
- La respiración aeróbica y procesos de descomposición, que lo liberan.
- El intercambio de CO₂ entre océanos y atmósfera.
- La sedimentación y meteorización de rocas, que afectan las concentraciones de carbono a largo plazo.
- La diagénesis de los seres vivos, que al morir se vuelven depósitos de carbono, los cuales contribuyen a los combustibles fósiles.



A esto hay que sumarle los procesos antrópicos como la quema de combustibles fósiles, la ganadería, el cambio de uso de suelo y otros procesos industriales que liberan altas cantidades de CO₂ al ciclo.



Ciclo del Carbono en la Tierra
Fuente: Sciencialeart

Es importante destacar el papel que juegan los océanos, incluyendo los organismos marinos que en él viven, especialmente el fitoplancton. Estos debido a su gran extensión y dinámica, absorben el 30% de CO₂ en la atmósfera lo que los convierte en **sumideros** de carbono. Desde 2011 hasta 2020, alrededor del 55% de las emisiones globales de CO₂ fueron absorbidas por la biosfera terrestre y los océanos. El resto se agregó al CO₂ que se acumula en la atmósfera. Esta acumulación se ha observado como aumentos continuos en las concentraciones de CO₂ en la atmósfera.

ACTIVIDAD:

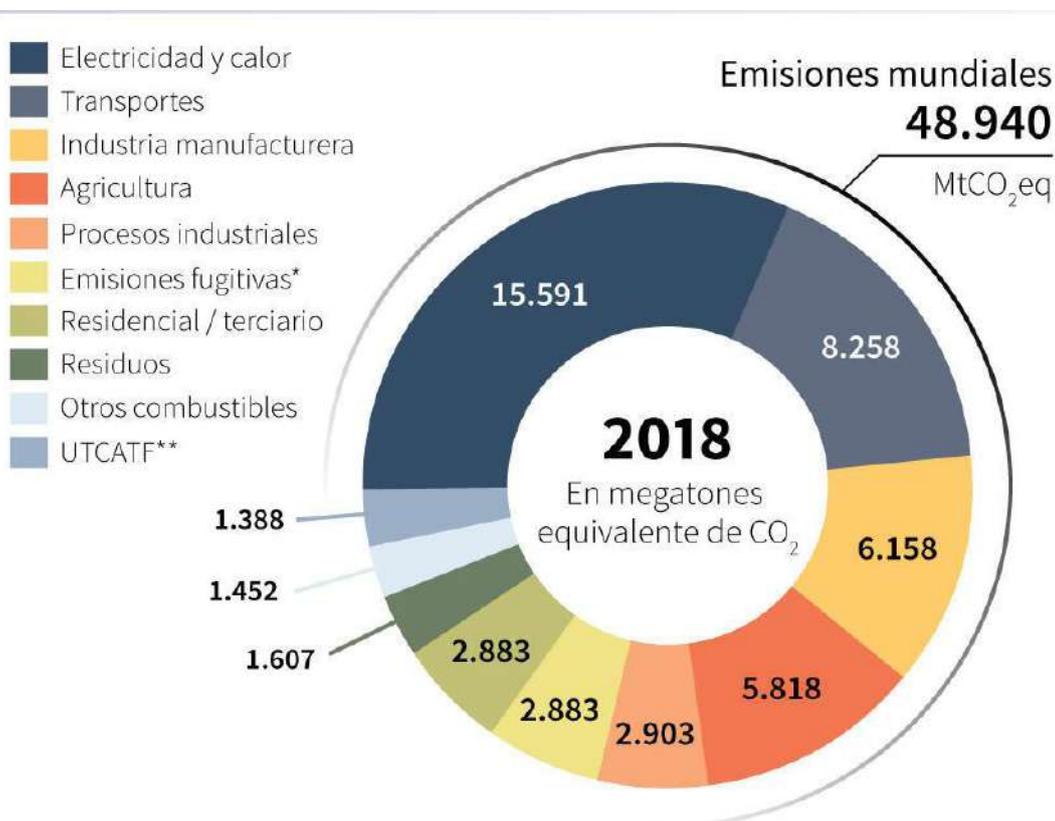
Escanea el siguiente código para calcular tu huella de carbono.

Analiza los resultados y discute con tu familia qué cambios podrías hacer para reducirla.



La huella de carbono

Para medir la contribución de GEI al cambio climático como resultado de las actividades humanas, se ha elaborado una métrica denominada **huella de carbono**. Esta busca calcular la cantidad de GEI, especialmente CO₂, liberados a la atmósfera por las actividades humanas. Esta medida tiene como métrica las toneladas de carbono equivalente (t CO₂eq). La huella de carbono suele ser usada para evaluar y mitigar el impacto ambiental de actividades específicas, como el consumo de energías, la producción industrial, o el transporte. A continuación, se muestra la huella de carbono de las actividades humanas que más contribuyeron al CC en el año 2018:



*Emisiones mal controladas: accidentales, difusas o improductivas

**Uso de tierras, cambios de afectación de tierras y bosques

Huella de Carbono de las emisiones mundiales por actividades humanas en el 2018

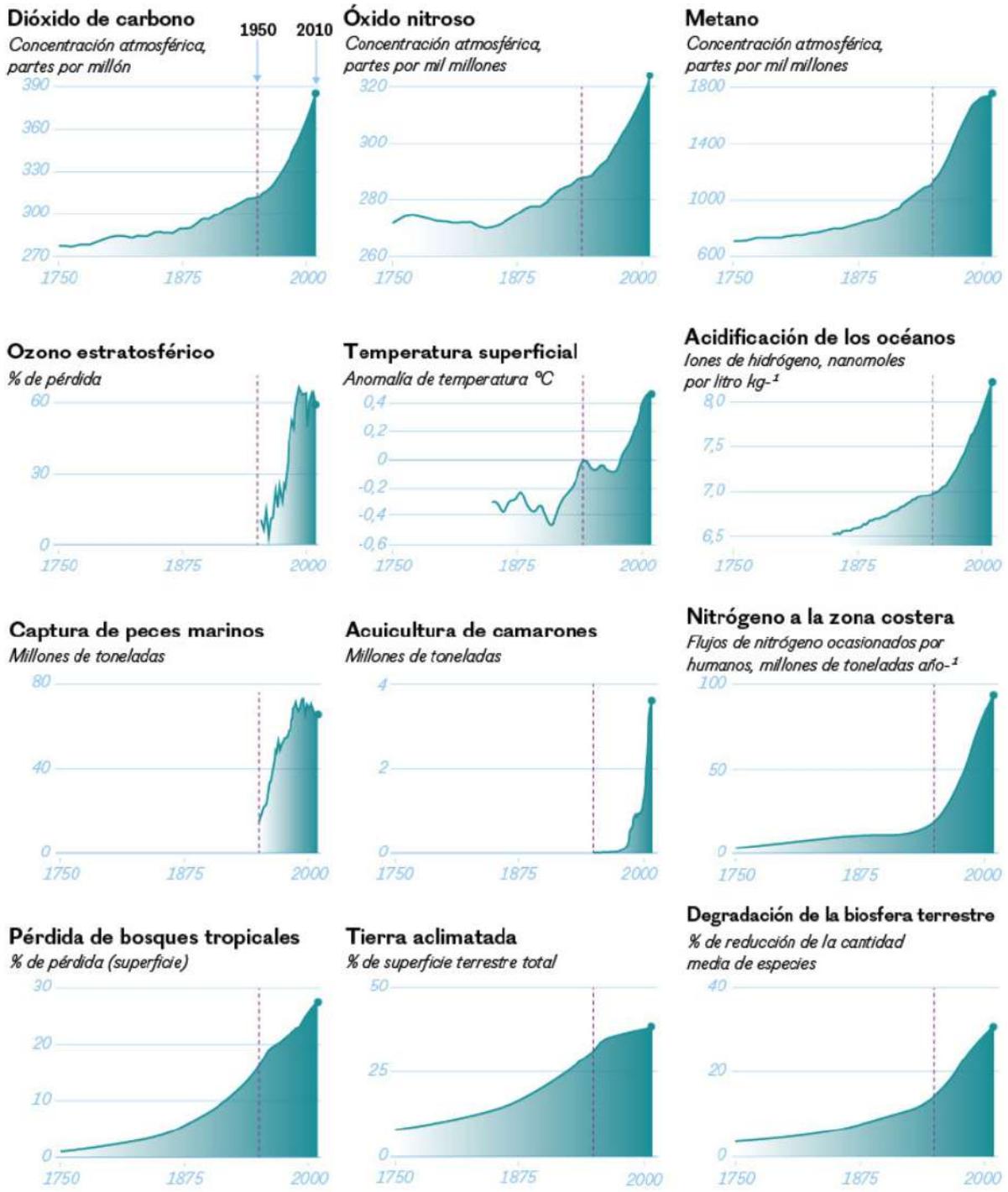
Fuente: Climate watch data

Es importante diferenciar el concepto de huella de carbono con el de **huella ecológica**, ya que si bien se relacionan son distintos sus usos desde el punto de sostenibilidad ambiental. Como fue explicado anteriormente la huella de carbono se centra en las emisiones de GEI que contribuyen al cambio climático con énfasis en el CO₂, mientras que la huella ecológica mide la cantidad de espacio y recursos naturales que necesita una persona, comunidad o población para sostener su estilo de vida. La unidad para medir la huella ecológica es en hectáreas de tierra necesaria para producir los recursos necesarios para su consumo y además para absorber los desechos generados. La huella ecológica incluye las emisiones de CO₂, pero también incluye parámetros como el consumo de agua, la generación de desechos, la producción de alimentos.



Efectos del cambio climático

El cambio climático no tiene un solo tipo de efectos en el planeta, sino estos efectos son en diferentes áreas y se combinan entre si, se ha comprobado que la tierra ha entrado en una nueva era geológica, el **Antropoceno**. La destrucción del ambiente y la cantidad de CO₂ emitida por la quema de combustibles fósiles son uno de los hitos que marcan este período que empezó hace 70 años, complementado con lo que conocemos como “gran aceleración”, que es un crecimiento acelerado de los GEI, de los fertilizantes, del uso del agua, de la sobrepesca y de la degradación de la biósfera.



Tendencias en el sistema terrestre desde 1750

Fuente: The trajectory of the Anthropocene: The great acceleration



Debido a esta gran aceleración se dan numerosos efectos sobre la naturaleza y sobre la humanidad, a continuación, describimos los principales efectos del cambio climático en el mundo y en Galápagos:

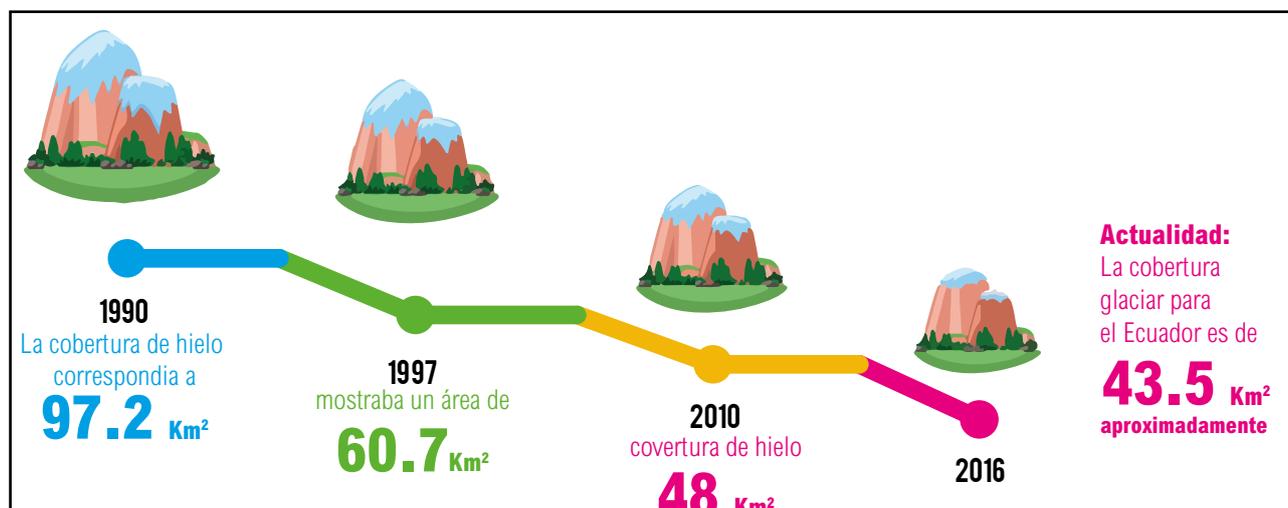
Cambios en los patrones de precipitación

Mientras algunas regiones experimentan un aumento en la precipitación, otras enfrentan condiciones más secas. A mayor presión atmosférica, generalmente hay menos precipitación, y esta relación varía en diferentes latitudes debido a la distribución de calor en la Tierra. En latitudes bajas (zonas tropicales, ej: Ecuador), la presión suele ser menor y la precipitación más frecuente, mientras que en latitudes altas (zonas templadas y frías, ejemplo: norte de Europa, EEUU y Canadá, punta de Sudamérica), la presión tiende a ser mayor y la precipitación menos común. Las zonas de alta latitud y algunas regiones ecuatoriales han visto un aumento en las precipitaciones, mientras que muchas áreas subtropicales y de latitudes medias se están volviendo más secas. Esto se debe a cambios en los patrones de circulación atmosférica y oceánica, incluida la expansión de los cinturones de alta presión subtropicales, lo que desplaza las zonas de lluvia hacia los polos.

Uno de los mayores cambios a nivel global es la alteración de las estaciones del monzón, estos son vitales para la agricultura en regiones como el sur de Asia, África y partes de América del Sur, están siendo afectados en términos de su intensidad y temporalidad. El calentamiento desigual de la tierra y los océanos está alterando los patrones de viento que impulsan los monzones, lo que puede resultar en temporadas de lluvias más cortas, pero más intensas, o en un inicio retrasado de estas, lo que tiene importantes consecuencias para la seguridad alimentaria en estas regiones.

Pérdida de glaciares continentales

La pérdida de la cobertura de los glaciares es un indicador alarmante del cambio climático acelerado, está impulsado principalmente por el aumento de las temperaturas globales lo que conduce a la reducción acelerada del volumen y extensión de los glaciares, afectando la disponibilidad de agua dulce para millones de personas, alterando patrones hidrológicos, incrementando el nivel del mar y potenciando riesgos de desastres naturales como inundaciones y deslaves. La disminución de los glaciares también impacta negativamente en la biodiversidad y en los servicios ecosistémicos, destacándose la disminución del rendimiento agrícola en zonas como los Himalayas y los Andes.



Evolución de la Cobertura Glaciar en Km2 en Ecuador
Fuente: Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica



Según los estudios los glaciares continentales ubicados en la región tropical debajo de los 6.000 metros de altura perderán sus glaciares hasta fines de este siglo, es decir los glaciares de todos los nevados ecuatorianos desaparecerán, solamente la cumbre del Chimborazo tendría un remanente de cobertura glaciar.

Incremento de temperatura del mar

El calentamiento global está amenazando la supervivencia de las especies marinas y causando un aumento en el nivel del agua de los océanos. Desde mediados del siglo pasado, tanto la temperatura media de la Tierra como la de los océanos han estado en aumento gradual. Una infografía de Statista muestra que las temperaturas promedio anuales de la superficie de los océanos están alejándose cada vez más de la media del siglo XX. Hasta finales de la década de 1930, la temperatura promedio de los océanos era inferior a la del siglo pasado, pero desde entonces la tendencia se ha revertido. En 2021, por ejemplo, la temperatura global de los océanos superó en 0,65 grados centígrados a la media registrada en el siglo XX, según los Centros Nacionales de Información Medioambiental (NCEI) de la NOAA.



Anomalías de temperatura superficial global de los océanos
Fuente: Centros Nacionales de Información de Ambiental de la NOAA



Este calentamiento pone en riesgo a la biodiversidad marina, especialmente a las especies que viven en ecosistemas muy específicos cerca de los polos. Al igual que las especies que viven en las altas montañas, los organismos que viven en aguas polares tienen un rango de temperatura bastante reducido de vida y si el mar se calienta más allá de este rango, ellos no tienen a donde ir, lo que los llevará a estas especies a la extinción.

Incremento del nivel del mar

Un clima global más cálido provocará que los niveles del mar suban, este hecho ocurre por dos razones fundamentales:

1. El agua del océano al calentarse se expande: esto es relevante si tomamos en cuenta que los océanos tienen miles de metros de profundidad cualquier cambio por más pequeño que sea en la expansión del océano puede generar unos cuantos metros de ascenso del nivel del mar.
2. Las masas de hielo en la tierra se están derritiendo, lo que añade más agua a los océanos, debemos tener en cuenta que tenemos suficientes glaciares terrestres, que al derretirse por completo pueden elevar el nivel del mar + 65 metros del actual nivel. Consideremos que al final de la última era glacial el nivel del mar ascendió unos 120 metros como resultado del incremento de 5 grados C.

Es importante aclarar que la criosfera está extendida a lo largo del planeta, existen dos tipos de coberturas glaciares que tienen diferentes consecuencias cuando se derriten: la primera son los **hielos marinos** que están flotando sobre el mar, su derretimiento no incrementa el nivel del mar, en cambio los glaciares que están sobre los continentes su derretimiento incrementan el nivel del mar.

Si bien el actual incremento del nivel de mar es de unos 20 cm en comparación con el siglo XIX, debemos tener en cuenta que apenas estamos presenciando los comienzos de un ascenso del nivel del mar mucho mayor y que se mantendrá por los próximos siglos y milenios, incluso si las emisiones de GEI se detuvieran en cero ahora mismo.

Acidificación de los océanos

Actualmente el CO₂ producido por las actividades humanas no se acumula en las capas superficiales del océano sino también con la ayuda de la fotosíntesis ha alcanzado las capas más profundas del océano. La fotosíntesis es el principal proceso biológico implicado en el almacenaje del CO₂ en el océano, absorbiendo hasta el momento entre el 20 y 30% de las emisiones generadas por el hombre. Sin embargo, conforme aumenta la cantidad de CO₂ absorbida en el océano, su capacidad de acumularlo va deteniéndose. La acumulación de CO₂ en los océanos produce la disminución del pH del agua, esto se denomina acidificación del océano.

Esta acidificación pone en riesgo las especies y los ecosistemas marinos: por ejemplo, dificulta la calcificación en los organismos que fabrican sus conchas como los moluscos, corales, equinodermos, entre otros. Adicionalmente, la acidificación produce la disminución del crecimiento y la supervivencia del fitoplancton. Además, se ha registrado que algunos peces muestran graves alteraciones en su conducta cuando están en aguas con elevados niveles de CO₂. Aumento de la frecuencia de fenómenos extremos.



Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el cambio climático está provocando un incremento en la frecuencia e intensidad de diversos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Entre los principales fenómenos extremos por el cambio climático se destacan:

Olas de calor

Se espera que las olas de calor sean más frecuentes y severas en muchas regiones del mundo, afectando a la salud humana, la agricultura y los ecosistemas. Un ejemplo de esto son las fuertes olas de calor a nivel mundial en verano que registraron según la OMS la muerte de 489.000 personas en diferentes partes del mundo, siendo Asia el más afectado con el 45% y seguido de Europa con el 36% de las muertes.



Ola de Calor en Córdoba y España
Fuente: UN News/EFE Verde

Inundaciones por precipitaciones extremas

El cambio climático está asociado con un aumento en la intensidad y frecuencia de episodios de lluvia intensa, lo que puede provocar inundaciones y deslizamientos de tierra. Un ejemplo de esto son las graves inundaciones que se dieron en tan solo 12 días durante septiembre del 2023 en África, especialmente en Libia donde las fuertes lluvias colapsaron dos presas, matando a más de 3.958 personas. Además, más de 40.000 personas han sido desplazadas por este acontecimiento extremo. También en el Congo se produjeron 2.970 muertes por la misma causa.



Inundaciones en Libia y en Grecia en 2023
Fuente: Reuters



Sequías

Se anticipa que las sequías se vuelvan más prolongadas y severas en varias regiones, impactando el suministro de agua, la producción de alimentos y la biodiversidad. Un ejemplo de esto es que en la zona conocida como el Cuerno de África (Somalia, Yibuti, Eritrea y Etiopía) tuvo cinco temporadas consecutivas de sequías. Como consecuencia de esto, las fuentes de agua se secaron, los cultivos se perdieron casi por completo, y la mayoría del ganado ha muerto, ocasionando que más de 18 millones de personas de esta zona están sufriendo la escasez de agua y la falta de alimentos. También, en Ecuador durante los últimos meses del 2023 hubo una sequía generalizada que llevó el nivel de las represas que alimentan las hidroeléctricas a niveles tan bajos que se tuvo que implementar racionamientos eléctricos debido a la escasa producción hidroeléctrica,



Sequia extrema en el Cuerno de África
Fuente: UN News/EFE Verde

Incendios forestales

Se prevé un aumento en la frecuencia e intensidad de los incendios forestales debido a condiciones más secas y calurosas, lo que afecta a la biodiversidad, la calidad del aire y los medios de vida humanos. Un ejemplo de esto son los devastadores incendios que ocurrieron en Chile en la zona de Valparaíso en los primeros días de febrero del 2024 que dejó más de 131 muertos, quemando más de 290 kilómetros cuadrados y destruyendo más de 14.000 casas y edificios. En Ecuador se registraron durante el 2023 un total de 2.417 incendios forestales, siendo Quito una de las zonas más afectadas por los incendios forestales, en donde se registraron 563 incendios con decenas de hectáreas de vegetación quemada y animales nativos muertos, sin víctimas humanas.



Incendios forestales en Valparaíso
Fuente: France 24



Huracanes y ciclones tropicales

Se prevé que debido al calentamiento global esto influya en la formación de huracanes y ciclones, ya que cuanto más alta es la temperatura de la superficie del mar, mayor es la evaporación del agua y, por lo tanto, mayor es la fuerza e impacto del huracán. Un ejemplo de esto fue el paso del huracán Otis que arrasó las turísticas playas de Acapulco en México en octubre el 2023, dejando a su paso más de 250.000 viviendas destruidas.



Devastación después del paso del huracán Otis en México
Fuente: Sputnik / CNN

Otro fenómeno climático de relevancia para el Ecuador y en especial para las islas Galápagos que se vería influenciado es el Fenómeno de El Niño (ver capítulo El Fenómeno de El Niño y el cambio climático).



Efectos de cambio climático en la sostenibilidad

Efectos del cambio climático sobre la biodiversidad

América Latina y el Caribe se consideran particularmente vulnerables al cambio climático debido a su alta biodiversidad y su concentración de especies endémicas. La región alberga algunos de los países más biodiversos del mundo, como Brasil, Colombia, México, Perú y Ecuador con más del 50% de la biodiversidad global. Esto es relevante ya que entre el 25% y el 50% de las especies de la región son endémicas y, por lo tanto, más susceptibles a los efectos del cambio climático debido a su adaptación a nichos ecológicos específicos. Según el informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IIPCC), el cambio climático en América Latina y el Caribe tiene múltiples impactos sobre la biodiversidad, incluyendo:

- Alteración de ecosistemas como bosques nublados, tropicales, arrecifes coralinos y manglares, así como humedales.
- Pérdida de ecosistemas de manglar debido a la elevación del nivel del mar, afectando la dinámica de poblaciones de peces, moluscos y mamíferos acuáticos.
- Disminución de la biodiversidad marina importante para el desarrollo socioambiental como poblaciones de peces de interés comercial o turístico.
- Disminución e incluso extinción de poblaciones de anfibios, con el aumento de la incidencia de hongos parasitarios como el quítrido.
- Cambios en la estabilidad y sobrevivencia de poblaciones de reptiles debido a aumentos de temperatura, afectando la proporción de sexos al nacer y el desarrollo embrionario.
- Cambios en la distribución geográfica de especies, influenciados por alteraciones en la distribución de las lluvias.
- Afectación de la dinámica de poblaciones de fauna y flora en zonas áridas y semiáridas debido a cambios en la disponibilidad de agua.
- Impactos en ecosistemas de alta montaña como páramos, lagunas y bosques altoandinos debido a cambios hidrológicos causados por la pérdida de glaciares.
- Afectación de sistemas agrícolas debido a cambios en poblaciones de polinizadores y controladores biológicos de plagas y enfermedades.





Efectos del Cambio Climático en la Biodiversidad en Latinoamérica y el Caribe
Fuente: UNEP -United Nations Environment Programme 2009

En las regiones costeras, las aves marítimas e insulares tropicales enfrentan la pérdida de hábitat debido al aumento del nivel del mar causado por cambios climáticos globales. Esto ha incrementado el riesgo de extinción de aves endémicas, como el pinzón de manglar en las islas Galápagos. Además, el aumento del nivel del mar puede inundar sitios de anidación de otras especies. Los cambios en la temperatura del mar pueden reducir la disponibilidad de presas marítimas, limitando el crecimiento de las poblaciones de aves y aumentando sus tasas de mortalidad poniendo en riesgo a especies emblemáticas de Galápagos como el cormorán no volador. Esto conlleva riesgos para los ecosistemas insulares, ya que la disminución en las poblaciones de aves marítimas afecta la producción de guano y la oferta de nutrientes para animales marinos y plantas. Además, la intrusión de aguas saladas, que es cuando por el incremento del nivel del mar este llega a mezclarse con el agua dulce, en humedales tropicales también afecta a las aves acuáticas, reduciendo su espacio de migración y transformando los humedales en pantanos salados, disminuyendo su productividad y capacidad para mantener poblaciones de aves acuáticas. Otras amenazas identificadas para las especies clave



en Galápagos son:

Especie clave	Amenaza frente al cambio climático
Tortugas gigantes	Durante El Niño de 1997-98, se observaron tortugas siendo arrastradas por crecidas de agua en las quebradas. Las temperaturas más altas podrían provocar migraciones altitudinales y disminuir el éxito reproductivo. El aumento de especies invasoras de insectos, como las hormigas de fuego, podría aumentar la depredación de las crías, reduciendo sus posibilidades de supervivencia.
Tortugas marinas	La disminución de las algas, principal fuente de alimento representa la mayor amenaza para las tortugas marinas. Las altas temperaturas pueden interferir con el desarrollo de los huevos, favoreciendo el nacimiento de hembras o causando la muerte de embriones. Las inundaciones y la erosión costera causadas por El Niño y la subida del nivel del mar son amenazas adicionales. Durante El Niño de 1982-83, la anidación de las tortugas verdes se redujo considerablemente.
Iguana marina	Las iguanas marinas enfrentan múltiples amenazas, incluyendo la reducción de las algas, el aumento de la temperatura del aire que afecta el desarrollo de los huevos, y la erosión e inundación de las playas que pueden obstaculizar la anidación. Durante el fenómeno de El Niño de 1997-98, las poblaciones de iguanas marinas experimentaron una mortalidad del 90%. Los cambios en la temperatura del aire pueden interferir con la capacidad de las iguanas para regular su temperatura corporal mientras están en tierra firme.
Iguanas terrestres	Los cambios en la temperatura del aire pueden afectar la capacidad de las iguanas para regular su temperatura corporal. Además, las alteraciones en la distribución y cantidad de lluvias pueden disminuir el éxito reproductivo y la supervivencia de las crías. La propagación de insectos invasivos, como las hormigas de fuego, podría aumentar la amenaza sobre el éxito de la anidación y la supervivencia de las crías.
Piquero de patas azules	Durante los eventos de El Niño, los piqueros han abandonado sus colonias de crías y han aumentado sus migraciones fuera de la Reserva Marina de Galápagos en busca de alimento. Las inundaciones asociadas a futuros eventos de El Niño y un aumento del nivel del mar podrían resultar en la pérdida de nidos. Además, las reducciones en la surgencia podrían provocar una disminución severa en la disponibilidad de presas.
Pingüino de Galápagos	Los fuertes eventos de El Niño han ocasionado la mortalidad de hasta el 77% de la población, con una disminución drástica de las especies presa y los niveles de reproducción. La reducción de la surgencia podría llevar a graves disminuciones en la cantidad de especies presas, mientras que las inundaciones asociadas con la subida del nivel del mar o futuros eventos de El Niño podrían causar pérdidas de nidos. Las temperaturas más altas y el aumento de las lluvias podrían favorecer a los patógenos como el que ocasiona la malaria.
Lobos Marinos	Los lobos marinos son altamente vulnerables al debilitamiento de la surgencia en la región occidental. Durante eventos intensos de El Niño anteriores, cuando la surgencia se redujo, las poblaciones de lobos marinos disminuyeron en un 50%, con una mortalidad cercana al 90% en sus crías. La recuperación de estas poblaciones puede llevar hasta 10 años después de eventos severos de El Niño.

Fuente: WWF y CI, 2011

Debemos considerar que las interacciones entre la biodiversidad y el cambio climático son bidireccionales y complejas. Por un lado, el cambio climático representa una amenaza significativa para la biodiversidad, afectando a individuos, especies y ecosistemas enteros. Por otro lado, los impactos sobre la biodiversidad pueden modificar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, así como sus interacciones con ciclos biológicos, geoquímicos e hidrológicos.

La pérdida de biodiversidad y el deterioro de ecosistemas impactan negativamente en los servicios ecosistémicos, esenciales para el bienestar humano. Un ejemplo claro es la reducción de la cobertura



forestal, que puede disminuir la precipitación regional y local, un fenómeno especialmente relevante en zonas extensas de bosques, como la Amazonía, donde se estima que al menos el 50% de la precipitación proviene de la evapotranspiración local. Cambios en estos ecosistemas podrían reducir la precipitación en un 20% y aumentar la temperatura superficial en 2°C.

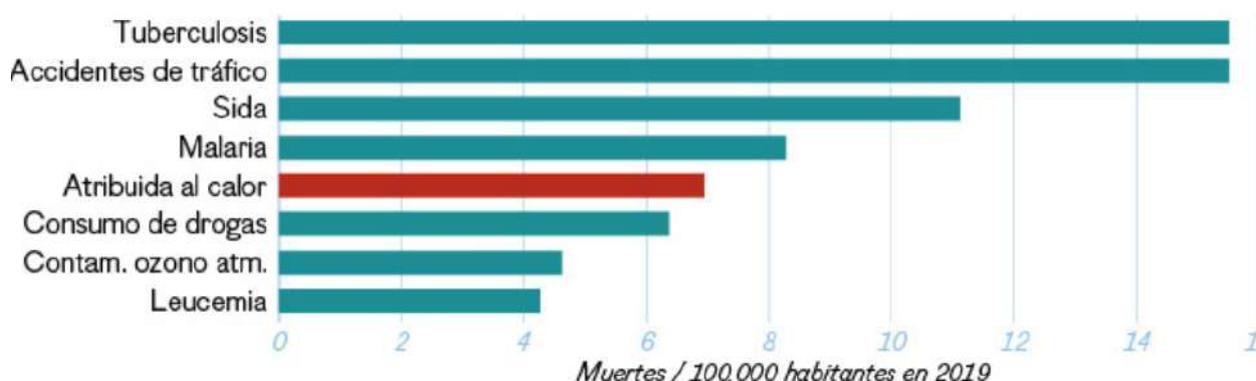
Además, el deterioro de los humedales, contribuyen con un significativo porcentaje de las emisiones de metano a la atmósfera, al experimentar aumentos en temperatura y emisiones, pueden ver reducida su humedad del suelo por mayores tasas de evapotranspiración, lo que afecta su extensión y capacidad de almacenar carbono, emitiendo grandes cantidades de gases de efecto invernadero y agravando el cambio climático.

El cambio climático también, facilita la dispersión y establecimiento de especies invasoras debido a que las alteraciones climáticas y la degradación de hábitats crea ambientes propicios para que estas especies lleguen a diferentes ecosistemas. Específicamente, el aumento de las precipitaciones amenaza a las especies adaptadas a las áreas áridas. Las condiciones más húmedas también podrían favorecer al establecimiento de especies introducidas, normalmente restringidas a la parte húmeda. Algunos ejemplos de especies invasoras que podrían beneficiarse de las condiciones causadas por el cambio climático están las hormigas, ranas, caracol gigante africano, mora, entre otras.

Efectos sobre la salud humana

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cambio climático tiene efectos significativos en la salud humana a nivel mundial. Se observa un aumento en enfermedades relacionadas con el calor, como golpes de calor y deshidratación, debido a las olas de calor más frecuentes e intensas. Además, se registra un aumento en enfermedades respiratorias debido a la mala calidad del aire, causada por fenómenos como incendios forestales y contaminación atmosférica.

El cambio climático también contribuye a la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria y el dengue, al alterar los patrones de temperatura y precipitación. La mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos son cruciales para proteger la salud pública y reducir el impacto de enfermedades relacionadas con el clima. Ya en el año 2019 las muertes atribuidas al calor se posicionaron sobre las muertes por el consumo de drogas y la leucemia.



Factores de riesgo de mortalidad anual en el 2019

Fuente: Institute for Health Metrics Evaluation



Efectos sobre la seguridad alimentaria

Según la **FAO**, el cambio climático tiene efectos significativos en la seguridad alimentaria a nivel mundial. Se prevén disminuciones en la producción agrícola debido a eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, lo que afecta la disponibilidad y acceso a alimentos. Esto aumenta la vulnerabilidad de comunidades ya marginadas, exacerbando la inseguridad alimentaria y la malnutrición. Además, se espera un aumento en las enfermedades transmitidas por alimentos y la propagación de plagas y enfermedades en cultivos y ganado. La adaptación requerirá políticas integrales que promuevan la resiliencia agrícola, la diversificación de cultivos y la gestión sostenible de recursos naturales, así como la colaboración global para abordar los desafíos climáticos en la seguridad alimentaria.

Efectos sobre el acceso al agua

Los efectos del cambio climático sobre el acceso al agua a nivel mundial, según la FAO, se prevé un aumento en la escasez y la variabilidad de los recursos hídricos debido a cambios en los patrones de precipitación y la fusión de glaciares. Esto afecta negativamente la disponibilidad de agua para consumo humano, agricultura y otros usos. Además, se espera un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, que pueden comprometer aún más la seguridad hídrica. Además, la OMS prevé un aumento en la escasez y la variabilidad de los recursos hídricos debido a la disminución de las precipitaciones y la mayor evapotranspiración. Esto afecta negativamente la disponibilidad de agua potable segura para el consumo humano, lo que puede aumentar el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua y la malnutrición. Se espera un aumento en la contaminación del agua y la salinización de fuentes de agua dulce debido al aumento del nivel del mar y la intrusión de agua salada en acuíferos costeros.

Efectos sobre la economía y finanzas

Según el Banco Mundial, se anticipa un aumento en los costos vinculados a desastres naturales como inundaciones y sequías, afectando sectores clave como la agricultura y el turismo. Además, se proyecta una reducción en la productividad debido a la escasez de recursos y el alza en los precios de alimentos y energía. Estos impactos afectan de manera desproporcionada a comunidades vulnerables, exacerbando la desigualdad económica y social a nivel mundial. Además, el cambio climático plantea riesgos financieros significativos para inversores y mercados, especialmente en sectores expuestos a sus efectos.

Los efectos financieros del cambio climático son significativos y multifacéticos. Las empresas enfrentan riesgos financieros directos debido a fenómenos climáticos extremos que pueden dañar la infraestructura y afectar la producción. Además, la transición hacia una economía baja en carbono implica costos adicionales para adaptarse a nuevas regulaciones y tecnologías. Por otro lado, también existen oportunidades financieras en sectores como las energías renovables y la eficiencia energética. Las instituciones financieras deben considerar estos riesgos y oportunidades en sus decisiones de inversión y préstamo, mientras que los gobiernos deben implementar políticas para abordar estos desafíos y promover la estabilidad económica en un mundo afectado por el cambio climático.

Lee el siguiente extracto de “Las Aventuras del Capitán Polo”:





1: Los cucuves están amenazados por una mosca que transmite una enfermedad de pollos infectados en la isla habitada de Floreana.

Efectos del Cambio Climático en GPS y en el mundo

Fuente: Hesse, A. J. (2024) "Las Aventuras del Capitán Polo: Un viaje en el océano"



ACTIVIDAD: *Lee y responde*

- **¿Cuáles impactos del cambio climático puedes identificar en el extracto de *Las Aventuras del Capitán Polo*?**
- **¿Crees que el cambio climático podrá afectar tu vida directamente? ¿y la de tus padres o de tus hijos?**
- **Piensa en otro animal con cual el Capitán Polo (el oso polar) se podría encontrar en Galápagos. ¿Cuál sería y qué impactos del cambio climático le podría compartir? Puedes elaborar una historieta que muestre de manera didáctica otros efectos del cambio climático en Galápagos.**

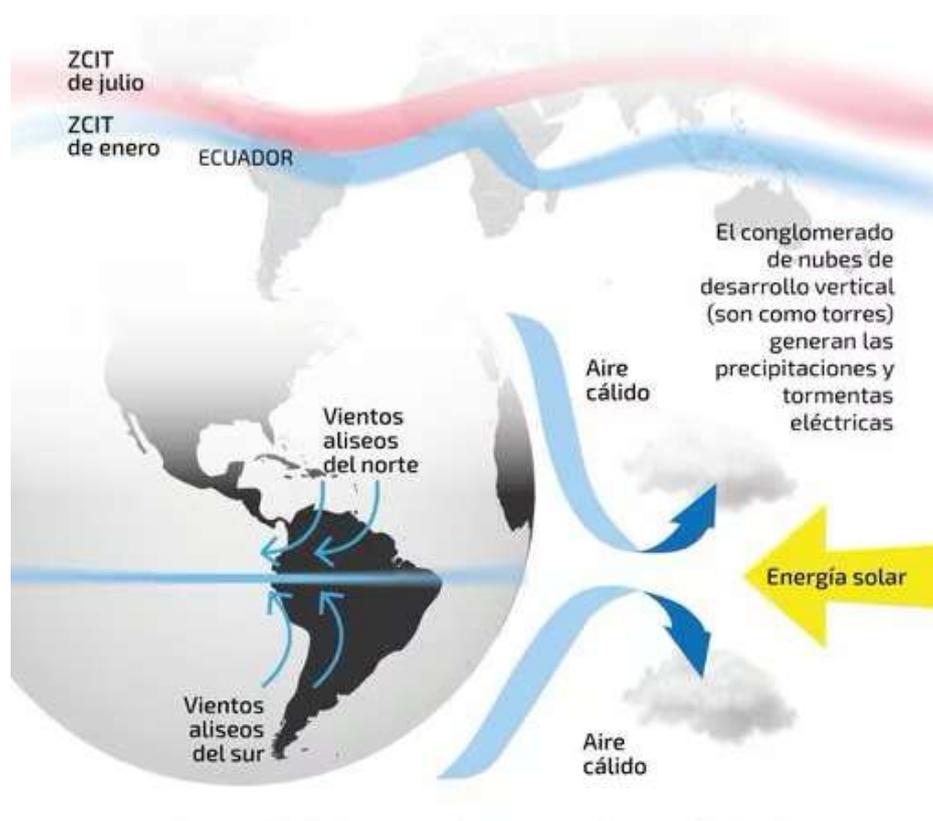


El Fenómeno de El Niño y el cambio climático

La **Oscilación del Sur de El Niño (ENSO)** más conocido como El Fenómeno de El Niño es un fenómeno natural caracterizado por la fluctuación de las temperaturas del océano en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial, asociada a cambios en la atmósfera que influencia las condiciones climáticas en diferentes partes del mundo. Debido al cambio climático se podría aumentar la frecuencia y/o intensidad de los siguientes Fenómenos de El Niño en el futuro. Para comprender de mejor manera este fenómeno debemos comprender un poco como es el clima en el océano Pacífico junto a nuestras costas.

Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) – Océano Pacífico (OP) Norte/Sur

La Zona de Convergencia Intertropical o Frente Intertropical está ubicada alrededor de la línea ecuatorial, en el Océano Pacífico Este. Es el lugar donde se encuentran los vientos alisios del sur y los vientos del norte. Es una región de bajas presiones, nubes y tormentas. Es la causante del clima inestable que rodea a la región tropical. Se visualiza como un sistema formado por grandes nubes de desarrollo vertical, donde se generan precipitaciones y tormentas eléctricas. Este grupo de nubes migra desde el norte (Panamá o Colombia) y se ubica sobre el Ecuador entre los meses de enero hasta abril aproximadamente. Debe su nombre a que está situada entre los dos trópicos. Depende de su ubicación en las diferentes épocas del año, la dinámica atmosférica de la región cambia en intensidad y densidad de la convección. Donde se ubica provoca fuertes lluvias.



Las lluvias en invierno en Ecuador
Fuente: El Universo / INAMHI

Este movimiento estacional de la ZCIT está relacionado con el ángulo de incidencia del sol, la presión atmosférica y la temperatura del mar, porque cuando la temperatura es más fuerte, se genera mayor evaporación y por lo tanto mayor convección y formación de nubes y lluvias. Cuando las



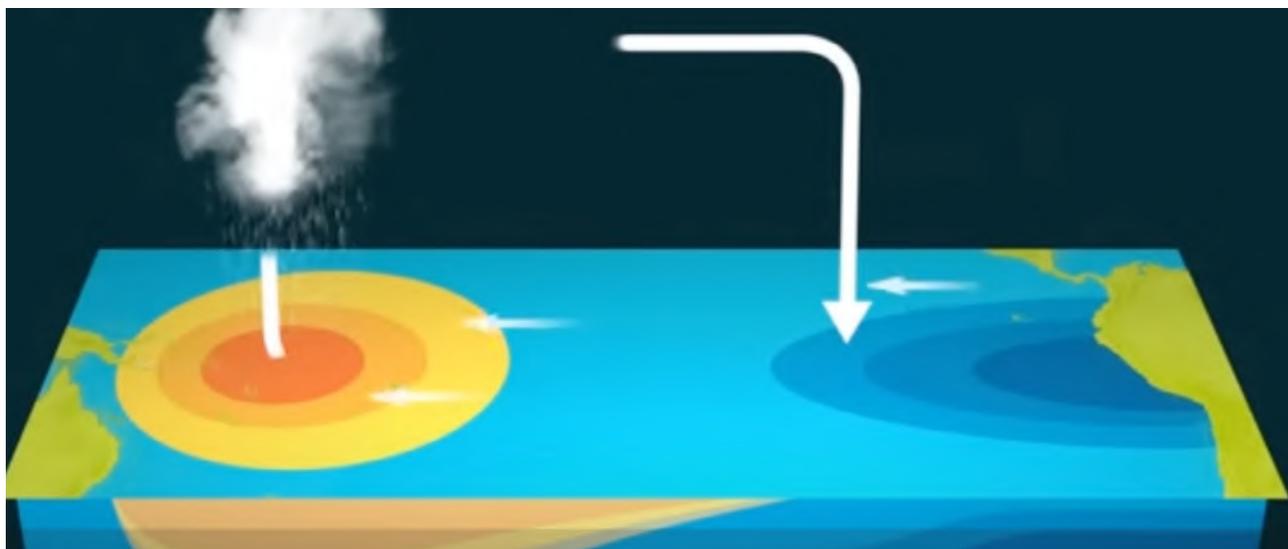
temperaturas son más altas, la presión atmosférica es menor porque los gases se expanden cuando se calientan. La zona ecuatorial al ser más cálida tiene bajas presiones atmosféricas, al contrario de las regiones polares que tiene altas presiones atmosféricas donde el aire se encuentra comprimido y busca dónde desplazarse. Por esta razón los vientos circulan desde los centros de alta presión en los polos hacia los de baja presión en la zona ecuatorial. Es así cómo se generan los vientos alisios que viajan desde los polos hacia la zona ecuatorial.

Al moverse los vientos desde zonas de alta a zonas de baja presión (polos hacia el ecuador terrestre) arrastran consigo capas superficiales del agua del mar. A este movimiento de masas de agua se lo conoce como corrientes oceánicas. Durante la época de verano del Ecuador, los vientos alisios soplan con mayor fuerza desde el Sur, lo que hace que la ZCIT se mantenga sobre Panamá o Colombia. Al llegar el invierno y aumentar la temperatura en la zona ecuatorial, los vientos alisios disminuyen su fuerza y esto provoca que la ZCIT descienda a la altura del Ecuador. Es por esta razón que tenemos alta incidencia de lluvias.

Así se forma El Fenómeno de El Niño

Al intercambio de masas de viento y corrientes oceánicas de sur a norte que provocan las lluvias bajo la ZCIT, durante El Fenómeno de El Niño, se le suma la denominada Oscilación Sur (ENSO). Por otro lado, los vientos que soplan a lo largo de la línea ecuatorial en el Océano Pacífico avanzan de este a oeste, llevando consigo aguas cálidas y alta temperatura desde la costa central y norte de América del Sur hacia Asia y Australia. Estas aguas son reemplazadas por aguas frías profundas que afloran a la superficie en la costa americana.

Como consecuencia de la acumulación de aguas cálidas en el Pacífico occidental, se forman centros de baja presión en la zona de Australia (en el gráfico en amarillo-naranja), al contrario del este del OP, en costas americanas donde las aguas frías que afloran ayudan a la formación de centros de alta presión (en el gráfico en azul-celeste).



ENSO

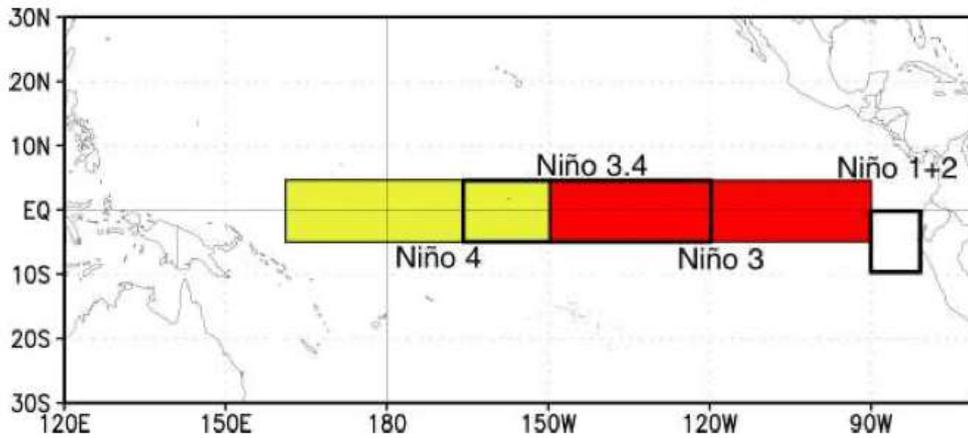
Fuente: MET Office

El concepto ENSO está relacionado con estas diferencias de presión atmosférica entre las dos regiones del Océano Pacífico Sur: la oriental y la occidental. Como habíamos mencionado antes, el aire no es estático y se desplaza desde los centros de alta hacia los centros de baja presión. En



el caso particular del OP Sur, en condiciones normales se da un intercambio de masa atmosférica a gran escala entre centros de baja presión del Pacífico Central (Tahití) y de alta presión en el Océano Índico (Isla Darwin – Australia).

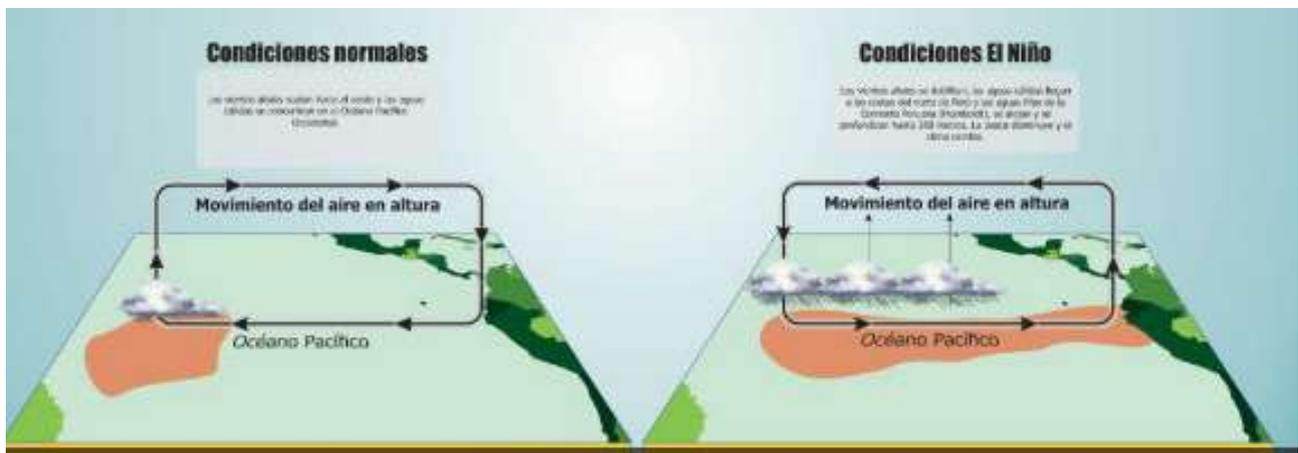
Cuando este balance se invierte, el centro de baja presión (aguas cálidas) avanza hacia el OP central y se calienta esta zona conocida como región (3+4). A medida que estas mayores temperaturas del mar avanzan hacia la costa americana (región 1+2), en parte gracias al empuje provocado por los vientos de la Contracorriente ecuatorial (que avanza de oeste a este) y el aporte de aguas cálidas provenientes de las **ondas Kelvin**, que se suman a la ZCIT, se dan las condiciones para que se presente El Fenómeno del Niño.



Regiones El Niño definidas por la comunidad científica internacional para el seguimiento y vigilancia del ENSO
Fuente: NOAA

El indicador que determina que se está gestando El Fenómeno de El Niño son las ondas Kelvin ecuatoriales cálidas, que son ondas provocadas por gravedad que se propagan desde Indonesia en el OP occidental hacia las costas sudamericanas. Se evidencian con el aumento de temperatura y nivel del mar en las costas de Colombia, Ecuador y Perú.

Esta zona de Indonesia es conocida como una gran piscina caliente, que contiene el área más grande de aguas cálidas del planeta. La velocidad de propagación es de 2 a 3 m/s. Demoran en llegar hasta nuestras costas aproximadamente 2 meses.



Invasión de aguas calidas en el Pacífico Oriental
Fuente: La Nación



Mitigación para el cambio climático

La mitigación del cambio climático se refiere a las acciones y estrategias humanas dirigidas para reducir o limitar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y, por lo tanto, disminuir las fuerzas que impulsan el cambio climático. Esta definición abarca una amplia gama de actividades, desde el desarrollo y la adopción de tecnologías de energía limpia y renovable hasta la mejora de la eficiencia energética, la reforestación y el cambio en las prácticas de uso de la tierra.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), ha recalcado la importancia de la mitigación del cambio climático como una estrategia esencial para limitar el calentamiento global a niveles que eviten los peores impactos del cambio climático. Según el IPCC, para mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, es necesario realizar cambios rápidos, profundos y sin precedentes en todos los aspectos de la sociedad, incluidas las emisiones de GEI, la energía, la industria, los edificios, el transporte y las ciudades.

En la actualidad la principal opción de mitigación del cambio climático es la **descarbonización**, que es un proceso cuyo objetivo es reducir y eventualmente eliminar las emisiones de CO₂ y otros GEI derivados de la actividad humana, especialmente aquellos provenientes de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural). Este proceso es crucial para limitar el calentamiento global a niveles que eviten los peores impactos del cambio climático, según los objetivos establecidos en el Acuerdo de París de mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C sobre los niveles preindustriales y continuar los esfuerzos para limitar el aumento a 1.5 °C

Para alcanzar la descarbonización se proponen la implementación de diversas estrategias que requieren acciones coordinadas a nivel local, regional y global, estas incluyen la elaboración de políticas especiales y la incorporación del sector privado. A continuación, se identifican algunas estrategias y acciones para la implementación de la descarbonización:

Campo	Estrategias	Acciones
Transición energética La transición energética hacia fuentes renovables y de baja emisión de carbono es fundamental para reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero.	Energía Solar	Instalación de paneles solares fotovoltaicos en techos, parques solares a gran escala y tecnología solar térmica para generar electricidad y calor.
	Energía Eólica	Desarrollo de parques eólicos terrestres y marinos para capturar la energía del viento.
	Energía Hidroeléctrica	Aprovechamiento del flujo de ríos y construcción de presas para generar electricidad, con atención a minimizar impactos ambientales y sociales.
	Energía Geotérmica	Utilización del calor del interior de la Tierra para generar electricidad y para sistemas de calefacción y refrigeración directos.
	Energía Nuclear	Aunque controversial por cuestiones de seguridad y residuos radiactivos, la energía nuclear es baja en carbono y puede proporcionar una fuente constante de electricidad.



<p>Eficiencia Energética</p> <p>Mejorar la eficiencia energética significa usar menos energía para realizar la misma tarea, lo que reduce la demanda total de energía y las emisiones asociadas</p>	Aislamiento en edificaciones	Instalación de materiales aislantes en paredes, techos y suelos reduce la necesidad de calefacción y refrigeración.
	Modernización Industrial	Actualización de maquinaria y procesos para consumir menos energía, incluyendo el uso de motores eléctricos de alta eficiencia y la optimización de procesos térmicos.
	Vehículos Eléctricos (VE)	Los VE son más eficientes que los vehículos de combustión interna y, si se cargan con electricidad renovable, reducen significativamente las emisiones de CO ₂ .
	Transporte público	Mejorar y expandir el transporte público, promover el uso de bicicletas y la caminata, y desarrollar infraestructuras para vehículos eléctricos.
<p>Electrificación de la Economía</p> <p>se refiere a la sustitución de procesos y tecnologías que utilizan combustibles fósiles por aquellos que operan con electricidad, preferiblemente generada a partir de fuentes renovables</p>	Calefacción y Refrigeración	Uso de bombas de calor eléctricas que pueden ser mucho más eficientes que los sistemas basados en combustión.
	Transporte electrificado	Expansión del uso de vehículos eléctricos, trenes eléctricos, y la exploración de opciones para la electrificación de la aviación y el transporte marítimo.

Fuentes: IPCC, Agencia Internacional de Energía

ACTIVIDAD:

De las acciones anteriormente propuestas, discute con tu grupo de trabajo cuales pueden ser aplicadas realmente en Galápagos.



Además de la descarbonización existen otras alternativas para la mitigación del cambio climático y no llegar al límite de los 2 °C de aumento de temperatura. A continuación, se propone alternativas de mitigación en diferentes sectores e industrias:

Sector	Alternativas
<p>Turístico</p>	<p>Promover el turismo responsable: Este turismo prioriza prácticas sostenibles que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y protegen los recursos naturales. Al promover el respeto por la cultura local y las comunidades anfitrionas, contribuye a la conservación del patrimonio cultural y al desarrollo socioeconómico de las poblaciones locales. Además, ofrece experiencias turísticas auténticas, fomentando una mayor conciencia sobre la importancia de la conservación ambiental y el respeto por la diversidad cultural. El turismo responsable también impulsa la innovación y la adopción de prácticas más sostenibles en la industria turística.</p> <p>Implementación de proyectos ecoturísticos: El ecoturismo desempeña un papel vital en la mitigación del CC al promover prácticas turísticas sostenibles que protegen los ecosistemas y reducen las emisiones de gases de efecto invernadero. Al centrarse en destinos que valoran la conservación y la biodiversidad, contribuye a preservar sumideros de carbono clave, como bosques y arrecifes de coral. Además, proporciona ingresos a las comunidades locales y fomenta la sensibilización ambiental entre turistas y residentes.</p> <p>Promover el turismo regenerativo: El turismo regenerativo emerge como una estrategia innovadora en la lucha contra el cambio climático, ya que busca a través de prácticas que integran la conservación de la naturaleza, la inversión en la regeneración de hábitats degradados, y el apoyo a la economía local mediante el desarrollo de infraestructuras y servicios sostenibles reducir la huella de carbono del sector, alineándose con los objetivos globales de mitigación del cambio climático</p>
<p>Agrícola</p>	<p>Prácticas productivas sostenibles: son aquellos enfoques y técnicas utilizados en la producción agrícola que tienen como objetivo principal maximizar la eficiencia económica, minimizar el impacto ambiental y promover la equidad social a lo largo del tiempo. Algunos ejemplos de prácticas productivas sostenibles incluyen el uso eficiente de los recursos naturales, la reducción de la generación de residuos y contaminantes, la promoción de condiciones laborales justas y seguras, y la adopción de tecnologías limpias y renovables.</p> <p>Prácticas amigables con la naturaleza: son aquellas estrategias y técnicas utilizadas en la producción de alimentos, que tienen como objetivo reducir el impacto ambiental negativo y promover la sostenibilidad a largo plazo. Se centran en la conservación de los recursos naturales, la protección de la biodiversidad, la mitigación de la contaminación y la promoción de la salud del suelo y de los ecosistemas circundantes. Algunos ejemplos de prácticas agrícolas amigables con la naturaleza incluyen la agricultura orgánica, la agroforestería, la agroecología, el cultivo de cobertura, la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la gestión integrada de plagas y enfermedades.</p>
<p>Pesquero</p>	<p>Pesca responsable: es una práctica que busca garantizar la sostenibilidad de las poblaciones de peces y el ecosistema marino en general, al mismo tiempo que se asegura el bienestar de las comunidades pesqueras. Esto se logra mediante la implementación de medidas de gestión adecuadas, como la aplicación de límites de captura, la protección de hábitats críticos y la promoción de prácticas pesqueras selectivas y respetuosas con el medio ambiente. Esta es una herramienta clave para mitigar los efectos del cambio climático y a la vez promover la sostenibilidad en la actividad pesquera.</p>



<p>Conservación</p>	<p>Conservación de los bosques nativos: Los bosques desempeñan un papel crucial en la mitigación del cambio climático al actuar como sumideros de carbono, almacenando el carbono en la madera y otros componentes. Esta capacidad de absorción de carbono es esencial para contrarrestar las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, estos actúan como reservorios naturales de agua, previniendo inundaciones y deslizamientos de tierra durante eventos climáticos extremos. Además, albergan una biodiversidad rica y única, promoviendo la resiliencia de los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático.</p> <p>Conservación de los manglares: su conservación es crucial en la mitigación del cambio climático debido a su eficiencia de estos ecosistemas como sumideros de carbono, almacenando hasta cuatro veces más carbono por hectárea que los bosques tropicales terrestres. La destrucción o degradación de estos ecosistemas liberaría grandes cantidades de carbono almacenado, contribuyendo significativamente a las emisiones de GEI. Además, los manglares brindan servicios ecosistémicos importantes, como protección contra tormentas y tsunamis, reduciendo el riesgo de inundaciones y protegiendo la línea costera. Son también hábitats vitales para numerosas especies, lo que sustenta actividades económicas locales como la pesca y el turismo. Preservar los manglares es esencial para mantener su función como aliados naturales en la lucha contra el cambio climático y fortalecer la resiliencia de las comunidades costeras.</p> <p>Conservación de los humedales: la conservación de los humedales es esencial en la lucha contra el cambio climático debido a su función como sumideros de carbono, almacenando hasta el 30% del carbono terrestre a pesar de cubrir solo el 3% de la superficie terrestre. Su degradación podría liberar grandes cantidades de carbono, contribuyendo al calentamiento global. Además, los humedales regulan el ciclo del agua y previenen inundaciones, actuando como esponjas naturales durante lluvias intensas. Proporcionan hábitats vitales para la biodiversidad y ofrecen beneficios económicos y sociales como recursos naturales y actividades recreativas, fortaleciendo la resiliencia de las comunidades locales.</p> <p>Conservación de los arrecifes de coral: su conservación es vital para contrarrestar el cambio climático, ya que actúan como sumideros de carbono, capturando y almacenando grandes cantidades de carbono atmosférico. Además, los arrecifes de coral proporcionan una barrera natural que protege las costas de las tormentas y el aumento del nivel del mar, ofreciendo un refugio vital para la biodiversidad marina. Sin embargo, enfrentan graves amenazas debido al cambio climático, la contaminación y la degradación del hábitat. Por lo tanto, su conservación es esencial para proteger estos ecosistemas valiosos y mantener su papel en la mitigación del cambio climático, así como para garantizar la salud de los océanos y la biodiversidad marina.</p>
<p>Educativo</p>	<p>La educación es clave en la mitigación del cambio climático al crear conciencia y fomentar comportamientos sostenibles. Proporciona conocimientos sobre el cambio climático y capacita a las personas para tomar decisiones informadas. Además, impulsa la acción política y social al promover la reducción de emisiones y la adaptación a los impactos del cambio climático. La educación también estimula la innovación en tecnologías limpias y sostenibles, facilitando la transición hacia un futuro más resiliente al clima.</p> <p>Implementación de la Ecoalfabetización: La ecoalfabetización es vital en la mitigación del cambio climático al empoderar a las personas con conocimientos y habilidades ambientales. Comprender los principios de sostenibilidad y la ciencia climática permite adoptar comportamientos más responsables. Además, educa sobre la importancia de la conservación y los impactos del cambio climático, promoviendo la conciencia y la participación en la acción climática. No solo implica adquirir conocimientos, sino también desarrollar habilidades prácticas para tomar decisiones éticas y participar en actividades de conservación y activismo.</p>
<p>Individuos</p>	<p>Cambio de estilo de vida es esencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la sostenibilidad. Adoptar hábitos como reducir el consumo de carnes rojas, utilizar transporte eficiente y reducir el desperdicio de alimentos y energía tiene un impacto significativo en la huella de carbono. Además, este cambio puede inspirar a otros y fomentar una cultura de sostenibilidad. No solo beneficia al medio ambiente, sino también a la salud, los gastos personales y el tejido social.</p>



Organismos y políticas sobre el cambio climático

El camino desde la Conferencia Científica de las Naciones Unidas en 1949 hasta el Protocolo de Kioto en 1997 representa dos generaciones de esfuerzos internacionales para abordar el cambio climático. Durante las primeras dos décadas después de su creación, las Naciones Unidas se centraron en cuestiones económicas y sociales, y el organismo encargado de realizar eso fue la Organización Meteorológica Mundial (OMM) con la gestión de los recursos naturales como una prioridad. No fue hasta 1968 que las cuestiones ambientales comenzaron a recibir atención seria, con la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo en 1972 marcando el inicio formal del debate sobre el cambio climático, pero este no fue prioridad durante esa época ya que la preocupación de la época fue el manejo de recursos hídricos, la desertificación, los bosques y los mamíferos marinos.

Desde entonces, la preocupación por la atmósfera y el clima mundial va de a poco llamando la atención y acción a nivel internacional. En 1979, el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas solicitó el seguimiento y evaluación del transporte a largas distancias de contaminantes atmosféricos, ese fue el primer instrumento internacional en materia del clima. Posteriormente en 1980, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente se elevó de nivel cuando expresó su preocupación por la destrucción de la capa de ozono y recomendó limitar la producción y el uso de Clorofluorocarbono F-11 y F-12, esto desembocó en la Convención de Viena.

Posteriormente se destacan hitos como en 1988, cuando la destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global adquirió preponderancia en el debate público. Se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés). En 1992 en la Cumbre de la Tierra, se firmó la Convención Mundial de las Naciones Unidas contra el cambio climático (CMNUCC). Posteriormente la firma del Protocolo de Kioto en 1997, que estableció compromisos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. A pesar de los desafíos y las disputas, las Naciones Unidas han mantenido su liderazgo en la promoción de la acción global sobre el cambio climático, reconociendo la urgencia de abordar esta cuestión crítica para el futuro del planeta.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático

El sistema de las Naciones Unidas está a la vanguardia de los esfuerzos para salvar nuestro planeta. En 1992, la Cumbre para la Tierra dio lugar a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC) como primer paso para afrontar este enorme problema. Actualmente un total de 198 países han ratificado la Convención, cuyo objetivo final es prevenir una interferencia humana “peligrosa” en el sistema climático.

Protocolo de Kioto

En 1995 la comunidad internacional inició negociaciones para fortalecer la respuesta mundial al cambio climático. Dos años después, en 1997, 83 países firmaron y 46 ratificaron el Protocolo de Kioto; hoy son 192 los países parte. Este protocolo obliga jurídicamente a los países desarrollados que son parte, a cumplir unas metas de reducción de emisiones. El primer período de compromiso del Protocolo comenzó en 2008 y finalizó en 2012. El segundo período de compromiso empezó el 1 de enero de 2013 y terminó en 2020. Ahora hay 197 partes en la Convención y 192 partes en el Protocolo de Kioto.



Acuerdo de París

En la 21ª Conferencia en París de 2015, las partes de la CMNUCC alcanzaron un acuerdo histórico con el objetivo de combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones y las inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. El Acuerdo de París agrupa a todas las naciones del mundo, por primera vez en la historia, bajo una causa común: realizar ambiciosos esfuerzos con el objetivo de combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos. Para lograrlo, la CMNUCC incide en que los países en desarrollo tendrán que recibir un mayor apoyo para impulsar su lucha contra el cambio climático. De esta manera, define una nueva ruta en los esfuerzos mundiales para frenar el cambio climático. El principal objetivo del Acuerdo de París es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir con los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 °C.

Objetivos del Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), un conjunto de 17 objetivos adoptados por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015 como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Estos objetivos establecen metas específicas destinadas a abordar una amplia gama de desafíos globales, que incluyen la erradicación de la pobreza, la promoción de la igualdad de género, la protección del medio ambiente y el fomento de la paz y la justicia.

Los ODS, son fundamentales en la lucha contra el cambio climático debido a su enfoque integral y su capacidad para abordar los múltiples aspectos interconectados de este desafío global, a continuación, se presentan los principales ODS enfocados en el cambio climático:

ODS	Mecanismo de acción sobre el cambio climático
	Específicamente centrado en la acción por el clima, reconoce la urgencia de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la resiliencia ante los impactos del cambio climático.
	Son claves para garantizar la seguridad alimentaria y el acceso a recursos hídricos en un contexto de CC, donde la disponibilidad de agua y la productividad agrícola pueden verse afectadas.
	Promueve el cambio de matriz energética y el acceso a fuentes de energía renovable y sostenible, lo que es fundamental para reducir las emisiones de carbono.
	Promueve el desarrollo urbano sostenible, lo que incluye la reducción de la huella de carbono de las ciudades y la mejora de la infraestructura para hacer frente a los impactos climáticos.
	Abordan la conservación y la gestión sostenible de los ecosistemas, lo que es crucial para mantener la capacidad de absorción de carbono de los bosques y los océanos.

Fuente: ONU



Panel Intergubernamental sobre el cambio climático

El Panel Intergubernamental sobre el cambio climático, es una organización científica y política establecida en 1988 por dos organismos de las Naciones Unidas: la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El IPCC tiene como objetivo evaluar la información científica, técnica y socioeconómica relevante para comprender el cambio climático, sus impactos y las opciones de respuesta. Produce informes exhaustivos y periódicos sobre el estado del conocimiento científico del cambio climático, sus efectos potenciales y las medidas de mitigación y adaptación disponibles.

Las evaluaciones del IPCC proporcionan una base científica a los gobiernos, ONG y a la sociedad civil, para la formulación de políticas relacionadas con el clima. Además, sirven de apoyo para las negociaciones de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Clima y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC).

Las Conferencias de las Partes y los acuerdos por el clima

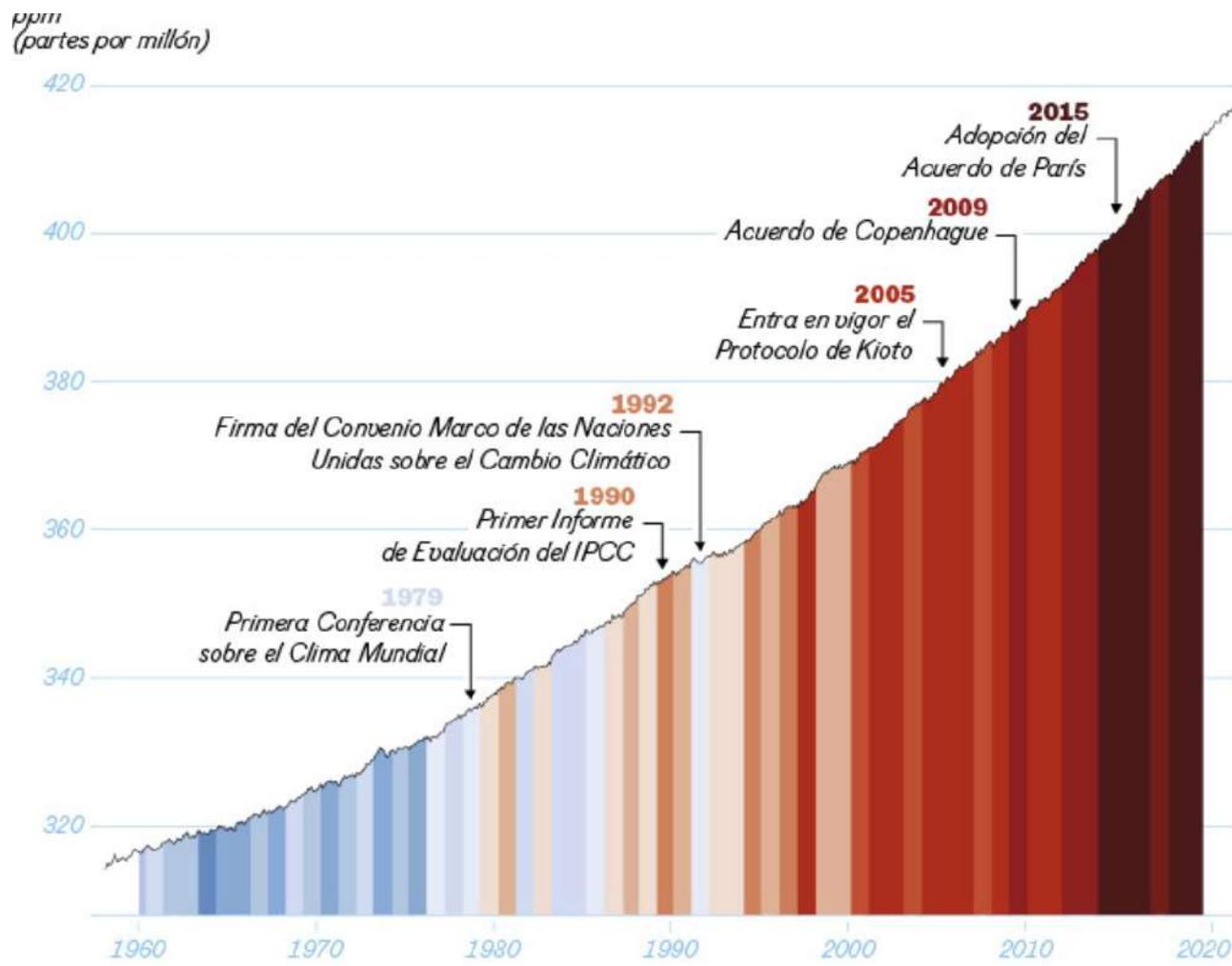
Las Conferencias de las Partes (COPs) son cumbres globales que reúnen a los países miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC), establecida en 1992. Estas conferencias se realizan anualmente y tienen como objetivo principal negociar y establecer compromisos internacionales para combatir el cambio climático mediante la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la adaptación a los impactos del cambio climático y la movilización de financiamiento para estas acciones.

COP	Ciudad	Año	Principales acuerdos
COP1	Berlín	1995	Es la primera Conferencia, en donde los países firmantes acuerdan reunirse anualmente para mantener el control sobre el calentamiento global y ven la necesidad de reducir las emisiones de gases contaminantes.
COP3	Kioto	1997	Acuerdo de Kioto: fue el primer acuerdo que estableció objetivos de reducción de emisiones legalmente vinculantes para los países industrializados. Pero Estados Unidos no formó parte del acuerdo.
COP13	Bali	2007	La Hoja de Ruta de Bali establece un calendario de negociaciones para un nuevo acuerdo internacional que sustituya al Protocolo de Kioto e incluya a todos los países, no sólo a los desarrollados.
COP15	Copenhague	2009	Se valida el objetivo de mantener el calentamiento global por debajo de 2°C y los países desarrollados se comprometen a financiar a largo plazo a los países en desarrollo.
COP21	París	2015	Después de veinte años de negociaciones, se adopta unánimemente el Acuerdo de París para mantener el calentamiento global por debajo de 2°C respecto a la era preindustrial y proseguir los esfuerzos para limitarlo en 1,5 °C.

Fuente: United Nations Climate Change



A pesar de estos avances, los resultados de las COPs han enfrentado críticas por la lentitud en la acción global y la brecha entre los compromisos asumidos y las medidas necesarias para evitar los peores impactos del cambio climático. Las dificultades incluyen la discrepancia en las capacidades de los países para implementar acciones de mitigación y adaptación, así como la necesidad de financiamiento climático sustancial para apoyar a las naciones en desarrollo. La urgencia de intensificar la acción climática global sigue siendo un tema central en las discusiones de las COPs, con un enfoque creciente en la **justicia climática** y en asegurar que el financiamiento, la tecnología y el apoyo para la adaptación lleguen a quienes más lo necesitan.

COPs y emisiones de CO₂ en la atmósfera 1960-2020

Fuente: National Centre for Atmospheric Science

ACTIVIDAD:

Analiza el gráfico anterior y opina sobre la relación que existe entre las COPs, sus acuerdos y como están las emisiones de GEI.

Responde la siguiente pregunta: ¿Por qué si conocemos el problema del CC, sus causas y nos reunimos en las COPs para buscar soluciones, no se evidencian ninguna mejoría en la emisión de GEI?



Acuerdo Ministerial 097 para Galápagos y el sistema educativo

El uso excesivo de plástico tiene un impacto directo en el cambio climático. La producción, el transporte y la eliminación del plástico liberan gases de efecto invernadero a la atmósfera, atrapando el calor y contribuyendo al calentamiento global. El objetivo de este acuerdo ministerial es motivar y enseñar a los estudiantes a ser responsables con el uso de plásticos al minimizar su uso en todas las actividades de ámbito escolar. Este acuerdo es de implementación obligatoria en todas las escuelas y colegios de la provincia de Galápagos, tanto públicas como privadas.

El Acuerdo Ministerial Nro. MINEDUC-MINEDUC-2018-00097-A o Acuerdo 097 establece los siguientes lineamientos dentro de las unidades educativas de Galápagos:

1. Prohibición: La prohibición del uso de plásticos de un solo uso, desechables no reciclables y altamente contaminantes en las escuelas.
2. Lista de útiles: No se pueden pedir elementos de plástico desechables o de un solo uso en la lista de útiles materiales.
3. Bares escolares: Los bares de las escuelas no pueden usar plásticos de un solo uso para servir alimentos y bebidas.
4. Materiales alternativos: Se recomienda el uso de materiales alternativos más amigables con el ambiente.
5. Campañas: Se realizarán actividades y campañas para aprender sobre el impacto negativo del plástico en el planeta, cómo reducir su consumo y cómo clasificarlos para poder reutilizarlos.
6. Reutilizar y reciclar: Se enseñará a los estudiantes cómo separar los plásticos para poder reciclarlos.

Al reducir el uso de plástico, se contribuye a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, proteger la biodiversidad y luchar contra el cambio climático.

Activismo y participación ciudadana en contra del cambio climático

Los movimientos activistas y de participación contra el cambio climático han cobrado mucha fuerza en las últimas décadas, impulsados por la creciente preocupación global sobre los impactos del cambio climático. Estos movimientos varían en escala, enfoque y tácticas, pero todos comparten el objetivo común de abordar y mitigar el cambio climático. A continuación, se describen algunos de los principales movimientos y organizaciones activistas que luchan contra el CC a nivel mundial y en el Ecuador.



Movimiento /Red	Enfoque
	<p>Inspirado por la activista sueca Greta Thunberg, este movimiento global de estudiantes se centra en la huelga escolar como forma de protesta para exigir acciones inmediatas contra el cambio climático. Los jóvenes de todo el mundo se han unido a este movimiento, organizando huelgas y manifestaciones para presionar a los líderes mundiales y a las instituciones a tomar medidas concretas.</p>
	<p>Conocido por sus tácticas directas y a menudo disruptivas, Extinction Rebellion es un movimiento internacional que busca llamar la atención sobre la urgencia climática. Utiliza la desobediencia civil no violenta para protestar contra la inacción gubernamental y empresarial frente al cambio climático, buscando provocar cambios políticos y sociales rápidos.</p>
	<p>Uno de los grupos ambientalistas más conocidos y establecidos, Greenpeace lleva décadas luchando contra el cambio climático a través de campañas de concienciación, investigación y acciones directas. Se enfoca en una amplia gama de temas, incluyendo la deforestación, la contaminación marina, y la promoción de energías renovables.</p>
	<p>Fundada por el autor y activista ambiental Bill McKibben, 350.org toma su nombre del nivel seguro de dióxido de carbono en la atmósfera, 350 partes por millón. La organización trabaja para construir un movimiento global contra el cambio climático, con un enfoque particular en la eliminación de los combustibles fósiles y la transición hacia fuentes de energía limpia.</p>
	<p>Es una red global de más de 1300 organizaciones no gubernamentales (ONGs) en más de 120 países, trabajando para promover la acción gubernamental y privada para limitar el calentamiento global a 1.5°C. CAN facilita la cooperación entre organizaciones para una mayor efectividad en la lucha contra el cambio climático.</p>
	<p>Este movimiento juvenil en los Estados Unidos se centra en detener el cambio climático y crear millones de empleos en el proceso. Utiliza la protesta y la presión política para apoyar políticas como el Green New Deal, buscando un cambio hacia una economía sostenible y justa.</p>
	<p>El movimiento Yasunidos de Ecuador surge como respuesta al abandono de la Iniciativa Yasuní-ITT por parte del gobierno en 2013, la cual buscaba dejar sin explotar un bloque petrolero en el Parque Nacional Yasuní. Esto desencadenó protestas y la formación del movimiento. En la región en 2023 lograron que se incluyera la pregunta sobre mantener el crudo bajo tierra en las elecciones populares, obteniendo una victoria con el 58.95% de los votos a favor.</p>



ACTIVIDAD:

Discute y analiza las siguientes preguntas

¿Conoces del Acuerdo 097? ¿Qué acciones implementas o puedes implementar en tus clases para cumplir este acuerdo?

¿Conoces algún movimiento social que promueva la lucha contra el cambio climático en Galápagos?



Adaptación al cambio climático

Según el Panel Intergubernamental sobre cambio climático (IPCC), la adaptación al cambio climático “se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales en respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados o sus efectos, los cuales modera el daño o explota oportunidades beneficiosas”. Esta definición resalta la importancia de la anticipación y la preparación frente a los cambios, así como la capacidad de responder efectivamente a los impactos ya observados del cambio climático.

La ONU destaca que la adaptación al cambio climático es fundamental para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia de las comunidades frente a los efectos adversos del cambio climático, como eventos climáticos extremos y cambios graduales en las condiciones climáticas. Esto implica un enfoque proactivo para gestionar los riesgos, así como maximizar las oportunidades que puedan surgir de estos cambios en el clima.

Adaptación al cambio climático en Galápagos

La magnitud de las pérdidas de biodiversidad en las Islas Galápagos y su impacto en la población dependiente de estos recursos están directamente relacionadas con la rapidez y la efectividad de las medidas de preparación ante las consecuencias del CC. El desequilibrio ocasionado por el cambio climático ya ha generado consecuencias graves e irreversibles en los ecosistemas marinos y en los servicios que estos proporcionan. Es fundamental aumentar la capacidad de adaptación de los ecosistemas marino-costeros y de las comunidades locales. La adaptación se presenta como la única solución para asegurar la supervivencia y el bienestar de estos sistemas y poblaciones frente a los impactos del cambio climático. La planificación de la adaptación en las Islas Galápagos debe estar basada en principios que consideren las condiciones económicas y ecológicas únicas de las islas.

Algunas de las medidas de adaptación en Galápagos pueden ser:

Medida de Adaptación	Propuestas
Proteger especies y ecosistemas vulnerables	Fortalecer las medidas de manejo para reducir la presión existente sobre los recursos marinos, aumentar la resiliencia del ecosistema e integrar el manejo de los recursos marino-costeros y de las áreas protegidas continentales con los de las Islas Galápagos. Proteger a las especies vulnerables al clima, tales como aquellas que dependen de la zona costera para la anidación y reproducción.
Proteger las especies emblemáticas para el turismo	Especies tales como las tortugas gigantes, los pingüinos de Galápagos y los piqueros de patas azules atraen a los turistas que no solamente ayudan a mantener a miles de familias de Galápagos, sino que también ayudan a financiar a los gobiernos locales y al trabajo de conservación en las islas. La protección de estas especies con medidas que respondan a las amenazas específicas que cada una de ellas enfrenta tendría beneficios económicos y de conservación de largo alcance.
Fortalecer el sistema de cuarentena para limitar entrada de especies invasoras	Regular el acceso de carga desde el continente para limitar la introducción de plagas y especies invasoras. Adoptar protocolos de carga limpia en los puertos que sirven a las islas, y desarrollar mejores procedimientos para detectar y responder a las plagas en los barcos que llegan a Galápagos.



Mejorar manejo de la pesca en zonas costeras	Mejorar el manejo de la pesca y establecer zonas de veda en alta mar para prevenir los cambios en la presión pesquera dado que el cambio climático inducirá a las poblaciones costeras de peces a alejarse de las aguas costeras debido al aumento de la temperatura del océano y a la creciente presión pesquera.
Adoptar un enfoque sostenible de ecoturismo y desarrollo costero	Promover el uso de la conservación de agua dulce, el manejo de desechos y las operaciones de barcos para evitar la pérdida de especies (tortugas marinas) y hábitats (por ejemplo, manglares y arrecifes de coral). Aplicar directrices y mejores prácticas para la planificación del desarrollo costero que tomen en cuenta la posibilidad de un aumento de las tormentas, la penetración de aguas saladas, y otros impactos del cambio climático. Mejorar y modernizar la infraestructura existente para asegurar que resista a los impactos del clima.
Mejores oportunidades de educación y sensibilización a la comunidad	La educación y la concienciación son estrategias claves para mejorar las capacidades de lenguaje y de comunicación que permitan a los habitantes de las Islas Galápagos ocupar puestos de trabajo en los sectores de turismo y servicios. También, a través del otorgamiento de líneas de crédito que les permitan el paso de la pesca costera a la pesca en alta mar, actividad que requiere de embarcaciones más sólidas y mejor equipadas. Programas de educación pueden ayudar a crear conciencia sobre el clima y a comprometer a la comunidad.

WWF – CI, 2011

En Galápagos, además de las iniciativas de adaptación desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, es importante contemplar mecanismos de adaptación desde el punto de vista de la sociedad que habita en las islas, ya que estas tienen peculiares desafíos contra el cambio climático, por lo que es necesaria desarrollar mecanismos de adaptación innovadores y resilientes para salvaguardar su futuro.

Entre los mecanismos de adaptación que pueden incorporarse en la planificación de los GADs locales estarían la construcción de infraestructuras costeras resilientes para proteger contra la erosión y el aumento del nivel del mar, la implementación de sistemas de gestión del agua para asegurar el suministro frente a la variabilidad de las precipitaciones, y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria mediante la diversificación de cultivos y prácticas agrícolas adaptadas a nuevas condiciones climáticas. Además, debe haber una mayor inversión en energías renovables para reducir la dependencia de combustibles fósiles, que son traídos desde el Ecuador continental.

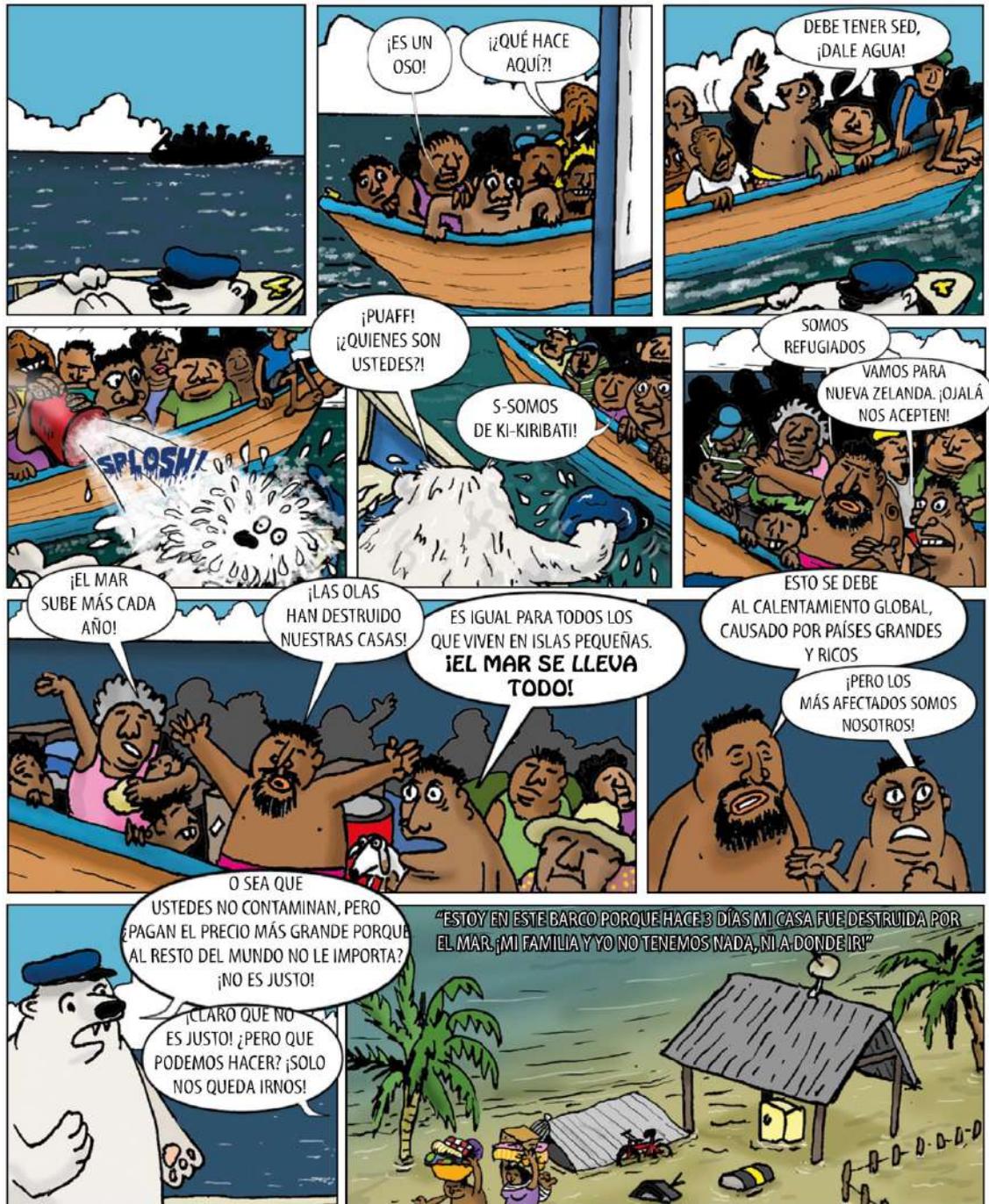
Estas estrategias, en conjunto con la promoción de soluciones basadas en sistemas naturales, ilustran un enfoque integrado y sostenible para la adaptación al cambio climático, crucial para la resiliencia y sostenibilidad de las sociedades, muchas de estas estrategias forman parte de los ODS.

Justicia climática

La **justicia climática** se define como un principio ético y un marco conceptual que busca abordar las desigualdades y las injusticias relacionadas con el cambio climático. Se trata de una visión integral que vincula el desarrollo a los derechos humanos, centrándose en proteger los derechos de las personas más vulnerables y distribuir equitativamente las cargas y beneficios del cambio climático y sus impactos. Este enfoque busca asegurar que todas las personas, independientemente de su origen o posición socioeconómica, tengan acceso a un ambiente seguro y saludable. Esto implica proporcionar apoyo y recursos adecuados a las comunidades más afectadas, así como abordar las causas subyacentes de la injusticia climática, como la desigualdad socioeconómica y la falta de participación en la toma de decisiones.



Lee el siguiente extracto de “Las Aventuras del Capitán Polo” sobre la justicia climática:



Efectos del cambio climático en GPS y en el mundo

Fuente: Hesse, A. J. (2024) “Las Aventuras del Capitán Polo: Un viaje en el océano”

ACTIVIDAD:

¿Crees que existe un grupo de personas en Galápagos como los Kiribati que se encuentren más amenazados por los impactos del cambio climático? ¿Qué grupos pueden estar más afectados que otros?

¿Crees que existe una relación entre los ingresos económicos de las personas y su afectación por el cambio climático?



Glosario

Antropoceno: Para definir el Antropoceno, tanto en el enfoque estratigráfico como en el enfoque del sistema Tierra se considera que la fecha de inicio más adecuada es la mitad del siglo XX, aunque se han propuesto otras fechas que seguirán analizándose. Diversas disciplinas y el público en general han adoptado el concepto del Antropoceno para referirse a la considerable influencia que los seres humanos han ejercido en el estado, la dinámica y el futuro del sistema Tierra.

Calentamiento global: Aumento estimado de la temperatura media global en superficie promediada durante un período de 30 años, o durante el período de 30 años centrado en un año o decenio particular, expresado en relación con los niveles preindustriales, a menos que se especifique de otra manera.

Clima: El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años. El período de promedio habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial.

Combustibles fósiles: Combustibles basados en carbono procedentes de depósitos de hidrocarburos fósiles, incluidos el carbón, el petróleo y el gas natural.

CO₂ equivalente: Cuantía de emisión de dióxido de carbono (CO₂) que causaría el cambio de temperatura, en un plazo dado, que cierta cantidad emitida de un gas de efecto invernadero (GEI) o de una mezcla de GEI.

Descarbonización: Proceso mediante el cual países, personas u otras entidades procuran lograr una existencia sin consumo de carbono de origen fósil. La descarbonización generalmente hace referencia a la reducción de las emisiones de carbono asociadas a la electricidad, la industria y el transporte.

Efecto invernadero: El efecto invernadero es la forma en que el calor queda atrapado cerca de la superficie de la Tierra por los "gases de efecto invernadero". Se puede pensar en estos gases que atrapan el calor como una manta que envuelve a la Tierra, y mantiene al planeta más cálido de lo que sería sin ella. Los gases de efecto invernadero incluyen dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos y vapor de agua.

Emisiones antropogénicas: Emisiones GEI causadas por actividades humanas. Esas actividades comprenden la quema de combustibles fósiles, la deforestación, el uso de la tierra, los cambios de uso de la tierra, la producción ganadera, la fertilización, la gestión de desechos y los procesos industriales.

FAO: Es la agencia de las Naciones Unidas que lidera el esfuerzo internacional para poner fin al hambre. Nuestro objetivo es lograr la seguridad alimentaria para todos, y al mismo tiempo garantizar el acceso regular a alimentos suficientes y de buena calidad para llevar una vida activa y sana. Con 195 miembros—194 países y la Unión Europea, la FAO trabaja en más de 130 países en todo el mundo. Todos podemos desempeñar un papel importante en la erradicación del hambre.

Gases de Efecto Invernadero (GEI): Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad



ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre.

Glaciar: Masa permanente de hielo, y posiblemente neviza y nieve, que se origina sobre la superficie terrestre debido a la recristalización de la nieve y que muestra evidencia de flujos en el pasado o el presente.

Huella de carbono: La huella de carbono mide las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la actividad humana.

Huella ecológica: La huella ecológica mide la superficie necesaria para producir los recursos consumidos por un ciudadano medio de una determinada comunidad, así como la necesaria para absorber los residuos que genera, independientemente de donde estén localizadas estas áreas.

Hielo marino: Hielo existente en la superficie del mar procedente de la congelación de agua del mar.

INHAMI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador

Justicia climática: Justicia que vincula el desarrollo a los derechos humanos de modo que se logre un enfoque centrado en el ser humano para hacer frente al cambio climático, proteger los derechos de las personas más vulnerables, y repartir las cargas y los beneficios del cambio climático y sus impactos de forma equitativa e imparcial.

NOOA: Son las siglas en inglés de la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica, que es responsable de describir y predecir los cambios en el ambiente mediante la investigación de los océanos, la atmósfera, el espacio y el sol.

Ondas Kelvin Las ondas Kelvin que comienzan en la primavera boreal se consideran como precursoras de El Niño, fenómeno que se caracteriza por niveles del mar más altos y temperaturas oceánicas más cálidas que el promedio a lo largo de las costas occidentales de las Américas.

Oscilación del Sur del Niño (ENSO): Es un fenómeno climático natural a gran escala que conlleva fluctuaciones en la temperatura del océano en las regiones central y oriental del océano Pacífico ecuatorial, además de cambios en la atmósfera suprayacente.

Potencial de calentamiento global: es el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce hoy una liberación instantánea de 1 kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂. De esta forma, se pueden tener en cuenta los efectos radiactivos de cada gas, así como sus diferentes periodos de permanencia en la atmósfera. **Servicios ecosistémicos:** Procesos o funciones ecológicas que tienen un valor, monetario o no, para los individuos o para la sociedad en su conjunto.

Sumidero: Reservorio (de origen natural o producto de la actividad humana, en suelos, océanos y plantas) en el que un gas de efecto invernadero o un precursor de un gas de efecto invernadero se almacenan.

Surgencia: Fenómeno que ocurre en los océanos provocado por el viento que ocasiona el movimiento de agua fría y rica en nutrientes desde las profundidades del océano.

Tiempo: El tiempo atmosférico se refiere al estado de la atmósfera en períodos cortos y el clima



se refiere al comportamiento habitual o predominante durante periodos largos de tiempo.

Troposfera: Capa inferior de la atmósfera, hasta la altura de doce kilómetros, donde se desarrollan los meteoros aéreos, acuosos y algunos eléctricos.



Bibliografía

Naciones Unidas (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)*, Santiago.

Erb, Karl-Heinz & Simone Gigrinch (2022). *Cómo nos pueden ayudar los bosques?* En “El Libro del Clima” de Greta Thunberg. Penguin Random House. Barcelona.

Hesse, A.J. (2024) “Las Aventuras del Capitán Polo: un viaje en el océano”, Captain Polo Academy. Quito.

IPCC (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático [Equipo principal de redacción, R.K.*

IPCC (2018). *Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)].*

IPCC, 2018: Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: *Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)].*

IPCC (2022): *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. L. Schke, V. M. Iler, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.*

MINEDUC. (2019). ACUERDO Nro. MINEDUC-MINEDUC-2018-00097-A. Obtenido de <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/10/ACUERDO-Nro.MINEDUC-MINEDUC-ME-2018-00097-A.pdf>.

OIM (2024) *Los efectos del cambio climático en la salud: repercusiones sobre el desarrollo y la movilidad Humana.* ONU Migración.

ONU (2015) *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Setuagésimo período de sesiones. Temas 15 y 116 del programa. Seguimiento de la Cumbre del Milenio. A/70/L.1.*

Portner, Hams-Otto (2022) *Acidificación y ecosistemas marinos.* En “El Libro del Clima” de Greta Thunberg. Penguin Random House. Barcelona.



Rahmstorf, Stefan (2022) *Océanos más cálidos, mares que ascienden*. En “El Libro del Clima” de Greta Thunberg. Penguin Random House. Barcelona.

Romera Cristina (2022) *Antropocéano, cuidar los mares para salvar la vida*. Editorial Planeta. Barcelona.

Schoolmeester, T., Johansen, K.S., Alfthan, B., Baker, E., Hesping, M. y Verbist, K., 2018. *Atlas de Glaciares y Aguas Andinos. El impacto del retroceso de los glaciares sobre los recursos hídricos*. UNESCO y GRID-Arendal.

UNEP -United Nations Environment Programme (2009). *Gráficos Vitales del cambio climático para América Latina y el Caribe*. p. 14-15.

Uribe Eduardo (2015) *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad de América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

WWF y CI (2011). *Adaptándonos al cambio climático en Galápagos*. Editado por Larrea Irma y Giuseppe Di Carlo. Quito.



FUNDACIÓN
ECOS

Educación para Comunidades Sostenibles

