

PROGRAMA REGIONAL AbE ECUADOR

Estrategias de adaptación al cambio climático basadas
en ecosistemas en Colombia y Ecuador

2

Documento
de lectura
TÉCNICOS



Módulo 2: Clima y cambio climático

PROGRAMA REGIONAL AbE ECUADOR

Estrategias de adaptación al cambio climático basadas
en ecosistemas en Colombia y Ecuador

Documento
de lectura
TÉCNICOS



Módulo 2: Clima y cambio climático

Este documento fue co-financiado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por encargo del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de la República Federal de Alemania como parte de la Iniciativa Internacional del Clima (IKI), en el marco del Programa Regional "Estrategias de Adaptación al cambio climático basadas en Ecosistemas en Colombia y Ecuador" (Programa Regional AbE). Las ideas y las opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no reflejan necesariamente el punto de vista del MAE, GIZ y UICN.

Publicado por:

Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE)
Av. Madrid 1159 y Andalucía
Quito - Ecuador
Telf.: + (593 2) 398 7600
www.ambiente.gob.ec

Unión Internacional para la Conservación
de la Naturaleza (UICN)
Av. República del Salvador N34-127 y Suiza
Edificio Murano Plaza, piso 12
Quito - Ecuador
Telf.: + (593 2) 3330 684
www.uicn.org/sur

Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) - GmbH
Whymper N28-39 y Orellana
Quito - Ecuador
Telf.: + (593 2) 2552499
www.giz.de

Programa Regional "Estrategias de Adaptación al cambio climático basadas en Ecosistemas en Colombia y Ecuador"

Autores:

Xiomara Izurieta (ECOPAR), María Dolores Vera (FIDES), Ximena Tapia (ECOPAR), Luis Ordóñez (ECOPAR),
María Sol Ávila (ECOPAR), Darío León (ECOPAR), Andrea Garzón (UICN) y Martín Calisto Friant (UICN)

Edición:

Karina Salinas (MAE), Karen Podvin (UICN), Aracely Salazar Antón (GIZ), Solange Yépez (UICN) y Eugenia Martínez (Programa Regional AbE)

Ilustración de portada:

Roger Ycaza

Diseño, ilustración y diagramación:

Manthra Comunicación • www.manthra.ec

Fotografía:

MAE, UICN, archivo Manthra

Forma de citar: MAE, UICN y GIZ. (2018). Programa de Desarrollo de Capacidades sobre Adaptación basada en Ecosistemas Manabí sAbE para técnicos del sector público, universidades y ONG. Módulo 2. Documento de lectura. Programa Regional "Estrategias de Adaptación al cambio climático basadas en Ecosistemas en Colombia y Ecuador". Quito, Ecuador: MAE, UICN y GIZ. 64pp.

La reproducción y uso de los contenidos de la presente publicación son libres mientras se reconozca su origen.

© MAE, Quito, 2018

UNIDAD 1. El sistema climático.....	6
1.1. Nuestro planeta, un gigantesco invernadero	6
1.2. Descubramos los sistemas climáticos	10
Preguntas de autoevaluación.....	15
UNIDAD 2. El cambio climático	16
2.1. ¿Cómo ha cambiado el clima?.....	16
2.2. Aporte de los humanos al cambio climático.....	26
2.3. Evidencias del cambio climático	34
2.4. El cambio climático está en Ecuador	40
Preguntas de autoevaluación.....	55
Estudio de caso	56
Literatura citada	61

2

MÓDULO



Clima y cambio climático



UNIDAD 1.

El sistema climático

1.1.

Nuestro planeta, un gigantesco invernadero

Como es bien sabido, muchos agricultores siembran algunos cultivos en invernaderos, en zonas donde no existen las condiciones idóneas para la agricultura, o éstas no son buenas durante todo el año. Esto es posible gracias a que, utilizando cubiertas de plástico o de vidrio, pueden mejorar o regular las condiciones para la producción y a la vez proteger los cultivos contra las fuertes heladas, lluvias y otras condiciones extremas.

La luz y el calor entran a través del invernadero; pero, aunque la luz puede salir, gran parte del calor queda atrapado. Por esto, hace más calor en el interior del invernadero logrando una temperatura ideal para el desarrollo de las plantas.

El planeta Tierra es un gigantesco invernadero

Al igual que un invernadero de uso agrícola, la atmósfera de nuestro planeta cumple la función de mantener las condiciones ideales para la vida logrando que la temperatura media sea mayor en la Tierra que en el espacio exterior.

El calor proviene de la radiación emitida por el sol, la cual es de tres tipos: ultravioleta, luminosa e infrarroja. La radiación atraviesa la capa de ozono que se encuentra en la estratosfera aproximadamente entre los 15 y 50 km de altitud. Esta capa absorbe entre el 97 al 99 % de la radiación ultravioleta de longitud de onda corta (la cual puede ser altamente peligrosa para los seres vivos) (National Geographic, 2010). Posteriormente la radiación penetra en la atmósfera y una parte es reflejada por las nubes y regresa nuevamente al espacio y solo un 44% llega a la superficie de la tierra y los océanos como luz, que es absorbida y transformada en calor (IPCC, 2013).



La radiación que llega a la superficie de la tierra es re-emitido por la misma, y un porcentaje importante de esta radiación se queda en la atmósfera, retenido por los gases de efecto invernadero (dióxido de carbono CO_2 , el metano CH_4 y el vapor de agua entre otros) y devuelto hacia la tierra (ver figura 2). Este proceso natural se conoce como efecto invernadero y gracias a él el planeta sea suficientemente caliente para que se mantenga la vida en la superficie terrestre (Trenberth *et al.*, 2009).

Ciclo de energía solar

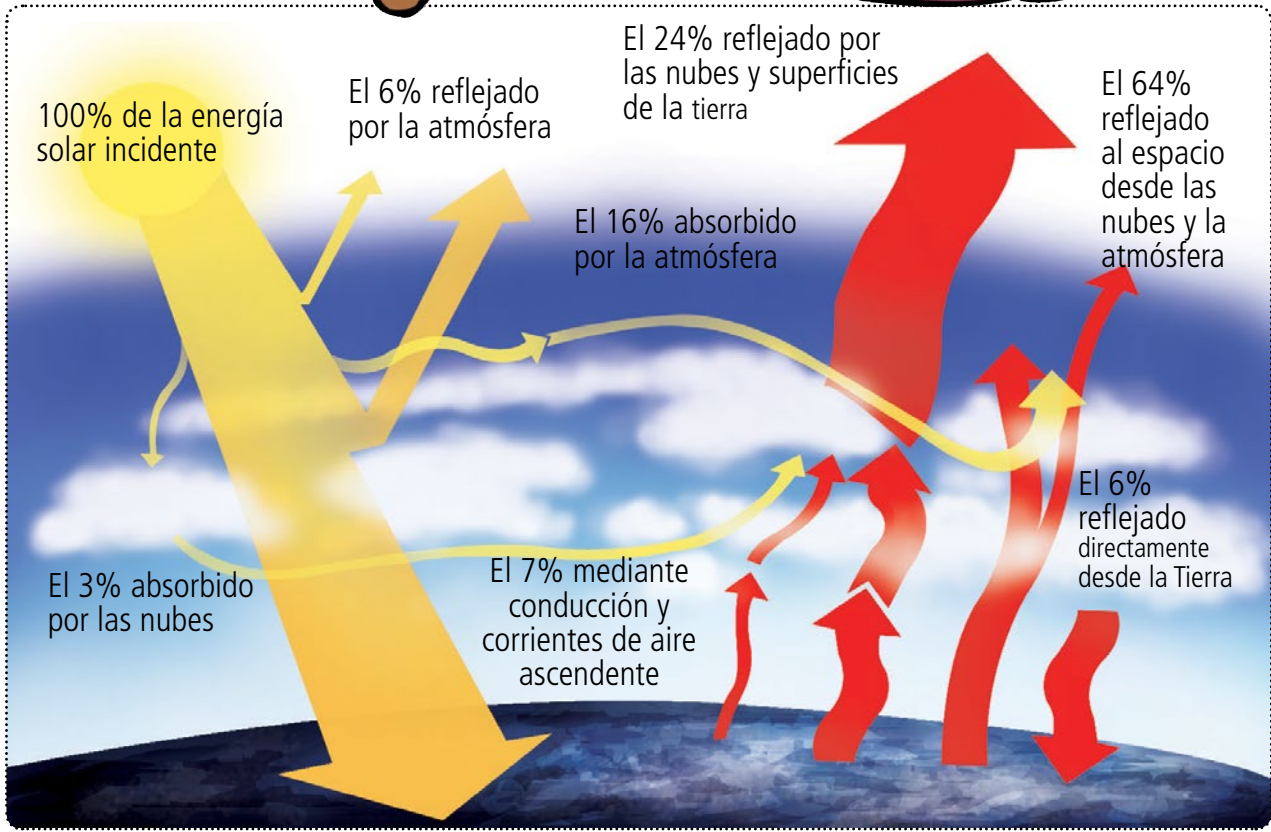


Figura 1. Cantidad de calor y radiación solar entrante y reflejada por la Tierra
Fuente: Leal, M. (2009).

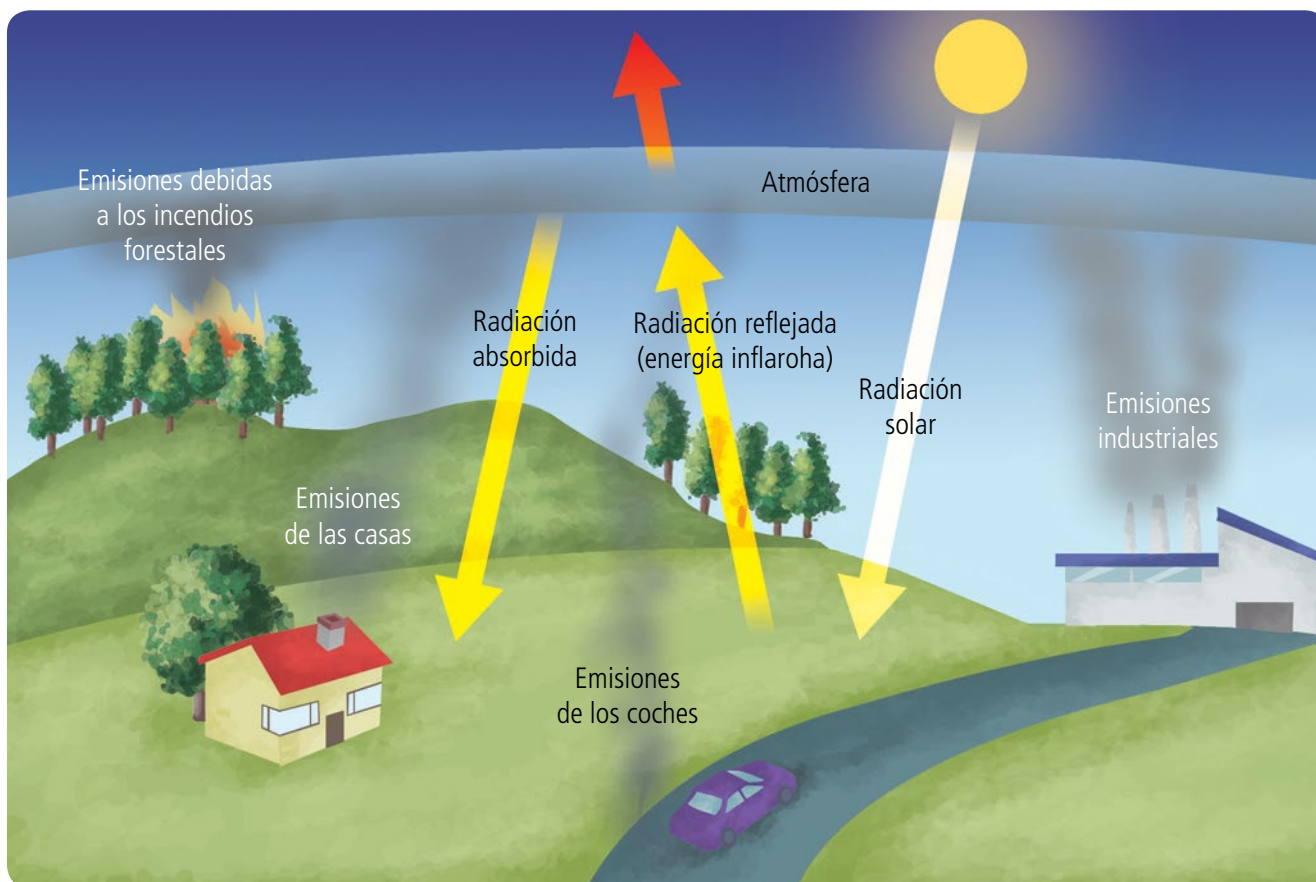


Figura 2. Algunas fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero

Mientras que en las zonas más oscuras del espacio la temperatura es de -270°C , en la capa exterior del sol se alcanza temperaturas de más de 6000°C . En la Tierra, gracias a la acción de los gases de efecto invernadero y de la atmósfera, las temperaturas medias se mantienen en torno a los 14°C y las oscilaciones entre el día y la noche son moderadas (Le Treut *et al.*, 2007). Sin el efecto invernadero se estima que la temperatura de nuestro planeta sería de -18°C (Kushnir, 2000). Por ello, la atmósfera ofrece una protección vital frente a las condiciones extremas y hostiles del espacio exterior.



Realizar la actividad 1.1. sugerida en el manual "Planeta invernadero"

En esta actividad se entenderá cómo el sol es la fuerza estabilizadora que hace habitable el planeta y el papel de los gases de efecto invernadero en el calentamiento de la Tierra.

1.2.

Descubramos los sistemas climáticos



¿Son la atmósfera y los gases que contiene los únicos que permiten mantener las condiciones climáticas del planeta?

La respuesta es no. Los sistemas terrestres son también parte de este importante balance e intervienen de manera decisiva. Al igual que los sistemas respiratorio, circulatorio, digestivo, linfático, inmune, la estructura ósea, los órganos de los sentidos, y otros sistemas trabajan sincronizadamente para mantener la vida de las personas, los sistemas del planeta son igualmente interdependientes: cualquier cosa que afecte a uno de estos sistemas afectará inevitablemente a los otros de un modo u otro.

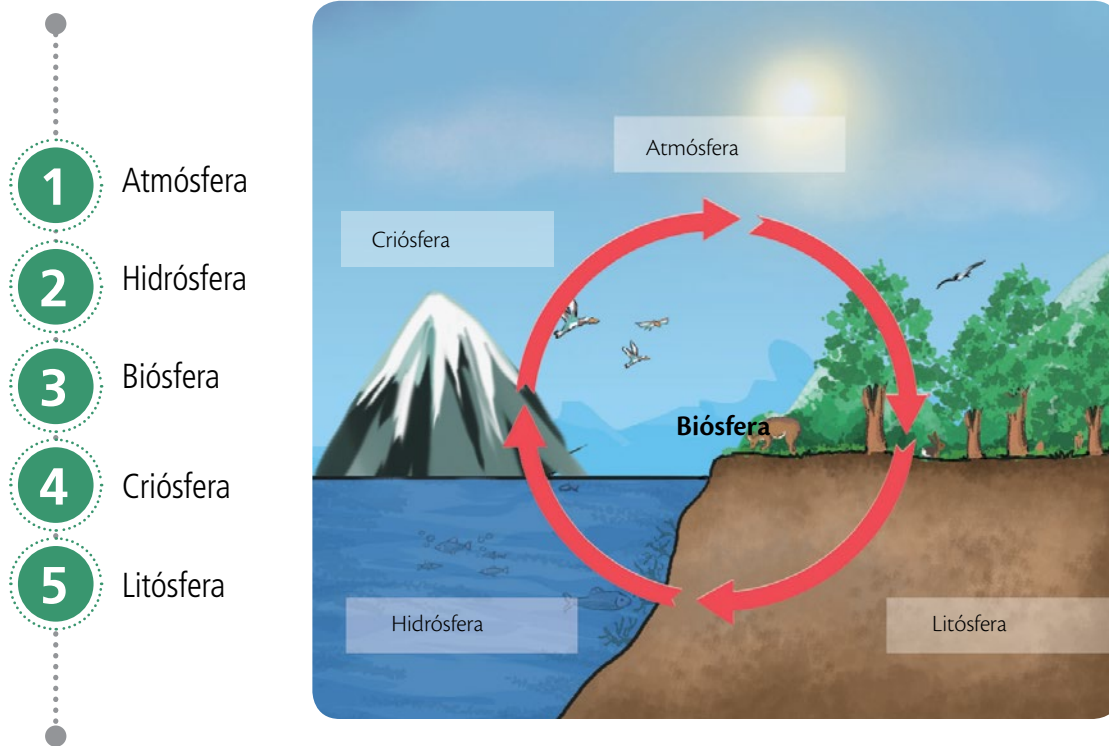
El aire, el agua (mar, lagos, ríos, pantanos), las montañas, el suelo, la vegetación y las rocas son componentes de la Tierra que están en una constante interacción que favorece la vida en el planeta. Cada uno es muy importante. Si algún componente falta o se altera las relaciones entre ellos cambia y ocurren consecuencias graves (Hadley, *et al.*, 2015).

Cuando nos ataca un virus, por ejemplo, se activa el sistema inmune y los demás sistemas se unen para eliminarlo. Así como el cuerpo produce fiebre, los sistemas de la Tierra también hacen ajustes a los cambios que se generan por distintas causas. En la naturaleza todo está interrelacionado, un pequeño cambio del viento, una erupción volcánica o la construcción de una nueva represa pueden implicar cambios en las condiciones ambientales locales, regionales e incluso mundiales. Estos procesos naturales involucran a la superficie terrestre, los océanos, la atmósfera y los demás componentes del "sistema climático" y se han venido dando desde siempre porque la Tierra es un sistema dinámico que cambia constantemente (Viguera, 2017).



Conformación del sistema climático

El sistema climático está conformado por:



La **atmósfera** es el sistema de aire que rodea al planeta y que absorbe una parte de la energía proveniente del sol. En la atmósfera ocurren los fenómenos de condensación y precipitación del ciclo del agua y donde ocurre el viento, las tormentas, los tornados y demás eventos atmosféricos.

La **litósfera** es la capa externa de la Tierra formada por materiales sólidos. La litósfera incluye la corteza continental, de entre 20 y 70 Km de espesor, y la corteza oceánica, de unos 10 Km de espesor. Está dividida en placas tectónicas que se desplazan lentamente sobre la capa de material fluido que se encuentra sobre el manto superior de la Tierra (Manzaneque, 2009).

Las superficies terrestres ocupan el 29% de la superficie del planeta. Su distribución es muy irregular, concentrándose principalmente en el hemisferio norte, mientras que en el hemisferio sur es dominado por los océanos (Manzaneque, 2009). La dinámica de la litósfera permite la formación del suelo y es el espacio donde ocurren los fenómenos geológicos endógenos como el vulcanismo, la sismicidad o la orogénesis (Enciclopedia Británica, 2017).

La **hidrósfera** es la parte de la Tierra ocupada por los océanos, mares, ríos, lagos y demás masas y corrientes de agua. El agua salada ocupa el



97,5% de la hidrósfera, mientras que el agua dulce representa solamente el 2,5% y se localiza en los continentes en forma líquida en ríos, lagos y acuíferos subterráneos y en los polos (USGS, 2016).

La **biósfera** es un sustrato relativamente delgado de la superficie de la Tierra que sostiene la vida. Se extiende desde unos pocos kilómetros en la atmósfera hasta las profundidades oceánicas. La biósfera constituye un ecosistema global compuesto de organismos vivos (biota) y seres inertes (factores abióticos) (Gates *et al.*, s.f.).

La **criósfera** es un componente del sistema climático que abarca la totalidad de la nieve, el hielo y el terreno congelado situados encima y debajo de la superficie terrestre y oceánica (Bates *et al.*, 2008).

Actualmente la mayor parte de la criósfera se encuentra en las regiones polares del planeta, principalmente en la Antártida (aproximadamente el 90%), seguida de Groenlandia y las otras islas del océano Ártico. Además, está constituida por las altas montañas con "nieves perpetuas" como las cimas de los Andes y el Himalaya, y los campos de hielo patagónicos argentino-chilenos (VDOCUMENTS, 2015). En la criósfera se encuentra la

reserva más grande de agua dulce del planeta. Las masas de hielo y las nubes, producen el efecto Albedo, que es la reflexión de la radiación solar de vuelta al espacio, de entre 20 y 80%, mientras que las superficies cubiertas de vegetación espesa o de océano abierto reflejan sólo un 10% de la radiación solar recibida (Revista ecosistemas, 2017).



Las masas de hielo aumentan el **efecto albedo**¹ y reducen el intercambio de calor entre los océanos y la atmósfera, y la evaporación, por lo que tienen gran poder enfriante. Cuanta más superficie helada más favorecida se ve la formación de hielo por su efecto refrigerante, y viceversa (Revista ecosistemas, 2017). La siguiente figura muestra la manera como interaccionan entre si los distintos sistemas.

¹ El efecto albedo determina cuánta de la radiación solar recibida es reflejada de nuevo hacia el espacio y cuánta es absorbida y disipada en forma de calor, lo que tiene gran influencia sobre el clima.

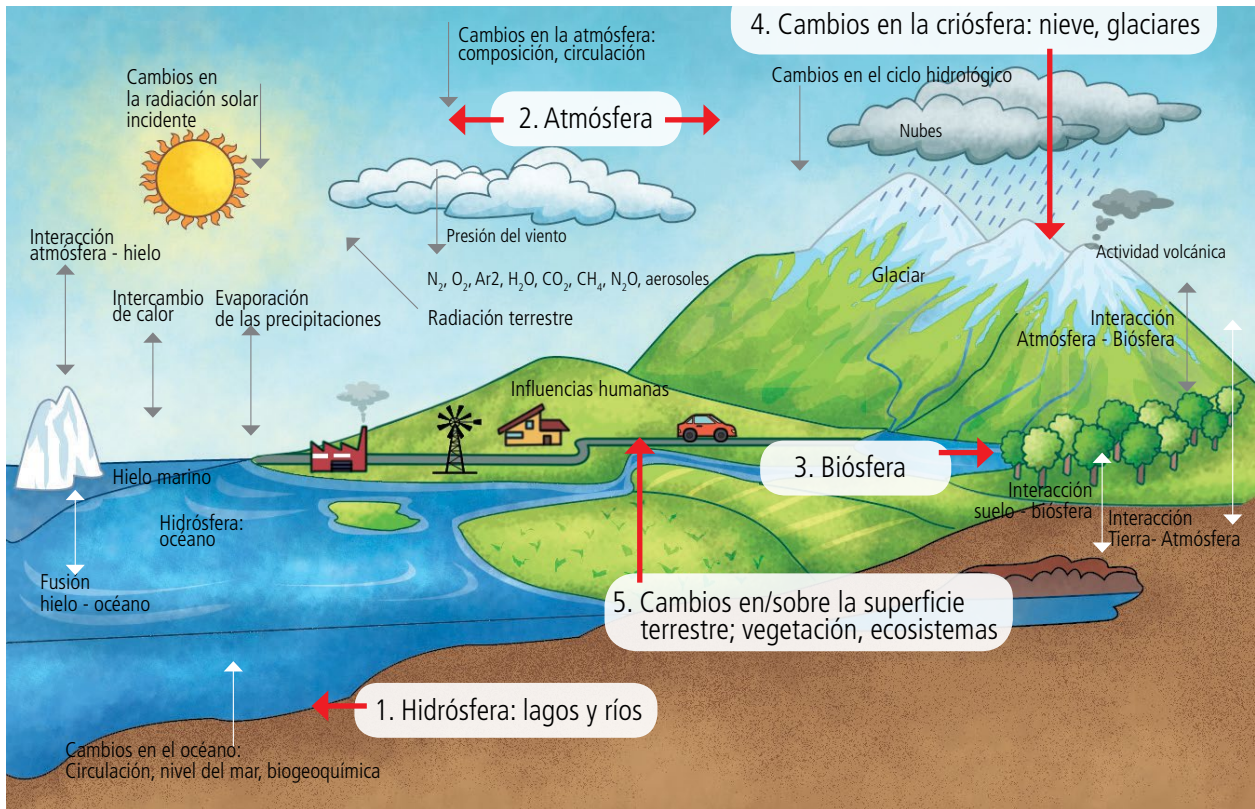


Figura 3. Esquema de los componentes del sistema climático, sus procesos e interacciones
Fuente: IPCC (2007).



Realizar la actividad 1.2. sugerida en el manual "Descubramos el sistema climático"

Esta actividad permitirá entender la importancia de los componentes que conforman el sistema climático de la Tierra y la forma como interactúan entre sí.



Vestimenta para clima frío



Vestimenta para clima caliente

Las poblaciones en las montañas de la Sierra se caracterizan por tener un clima frío. Por esa razón las personas que viven ahí usan sacos, chaquetas, sombreros y hasta ponchos, bufandas y gorros. En cambio, las personas que viven en la Costa usan ropa ligera, como shorts y camisetas. Esto es porque los lugares donde habitan tienen climas diferentes.

El clima

El **clima** se suele definir en sentido restringido como “el estado promedio del tiempo, generalmente de 30 años”; 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 millares o millones de años”. En un sentido más amplio, el clima es “el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos” (IPCC, 2013).



El clima es por tanto uno de los factores que determinan el paisaje y la cultura. Influye en la vestimenta, en la alimentación, en las actividades y en la forma de construir las viviendas (Hadley *et al.*, 2015).



Por ejemplo: El clima de Jipijapa es tropical, cálido y seco y su temperatura promedio es de 28 °C.

El tiempo, por otro lado, es el estado de la atmósfera en un sitio particular durante un corto período. En una ciudad o poblado puede amanecer nublado y frío pero un par de horas más tarde puede salir el sol y después pueden aparecer nubes, caer un fuerte aguacero y de nuevo hace un frío intenso al final de la tarde. Pero todos esos cambios del tiempo se mantienen dentro del clima promedio del lugar.



Por ejemplo: el pronóstico del tiempo para hoy puede ser nublado con probables lluvias en la tarde y noche.



Preguntas de autoevaluación



1. ¿Por qué se hace la analogía entre el planeta y un invernadero?
2. ¿Cuál es la importancia fundamental que tiene la capa de ozono en nuestro planeta?
3. ¿Qué temperatura tendría la Tierra si no existiera el efecto invernadero?
4. ¿Cuáles son los sistemas naturales que en conjunto conforman y regulan el sistema climático?
5. ¿Cuál es la diferencia entre clima y tiempo?



UNIDAD 2.

El cambio climático

2.1.

¿Cómo ha cambiado el clima?

Si bien el clima se mantiene estable en largos períodos de tiempo, si se analizan escalas temporales más grandes se aprecia que el clima también cambia tanto por causas naturales como antrópicas.

Cambio climático es el cambio del estado del clima identificable en las variaciones de su valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a presiones externas o a cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra (IPCC, 2013).

Variabilidad climática son las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático, o a variaciones en los forzamientos externos antropogénicos (IPCC, 2013).



Para determinar si un fenómeno corresponde a una variabilidad climática o un cambio climático, es necesario primero revisar los registros climáticos de un determinado lugar. Así, si el evento se encuentra dentro del espacio comprendido entre el pico más alto y el más bajo de la curva, será parte de la variabilidad climática. Por esta razón, no puede hablarse de cambio climático si en un año en particular se presentan lluvias intensas que no han sido registradas en los pasados 5 años. Si se observa en una ventana temporal más amplia podría verse que este tipo de lluvias torrenciales ocurren de manera periódica aproximadamente cada 5 o 7 años, de manera que se encontraría en uno de los picos altos de precipitación.



El cambio climático, en cambio, requiere la identificación de cambios en el orden de al menos 30 años, en donde se observe una variación continuada y consistente de todos o de la mayoría de los parámetros climáticos. Esta variación puede ser hacia valores más altos o más bajos. Este cambio puede presentarse ya sea a nivel global o regional, e implica que no se retornará a las condiciones anteriormente conocidas al menos en varias décadas.

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas define el cambio climático como aquel atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica, y la variabilidad climática como aquella atribuible a causas naturales (IPCC, 2013).

Variación climática histórica del planeta

El clima sobre el planeta ha cambiado de manera natural a lo largo de la historia. Mucho han tenido que ver la distribución de los continentes, pues no siempre estuvieron donde se encuentran ahora, y la formación del sistema climático con la formación de los océanos, cordilleras y las glaciaciones.

La teoría de la deriva continental, propuesta por Alfred Wegener en 1912 y fortalecida en la década de 1960 con la teoría de la tectónica de placas, ha demostrado con pruebas geográficas, geológicas, paleoclimáticas y paleontológicas que las masas continentales se desplazan unas respecto a otras en un lento pero constante movimiento de expansión (Casal, 2015).

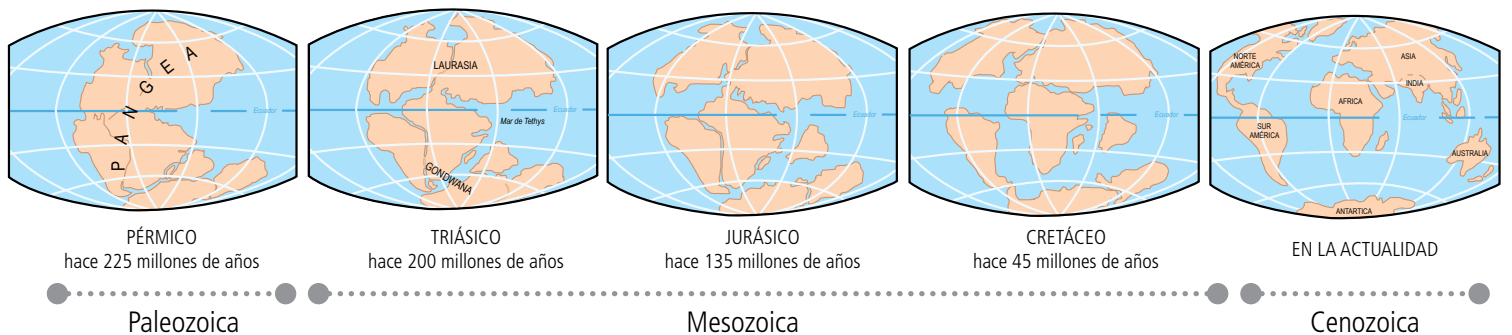


Figura 4. Movimiento de las masas continentales a lo largo de las eras geológicas
Fuente: Oña, P. (2015).

Como se aprecia en la siguiente figura, el planeta Tierra se originó hace 46 billones de años y, desde entonces, han transcurrido muchas etapas geológicas que los paleontólogos han clasificado en eones, eras y períodos. Sus evidencias permiten hacer una lectura del pasado, incluyendo el clima reinante y los cambios climáticos ocurridos.

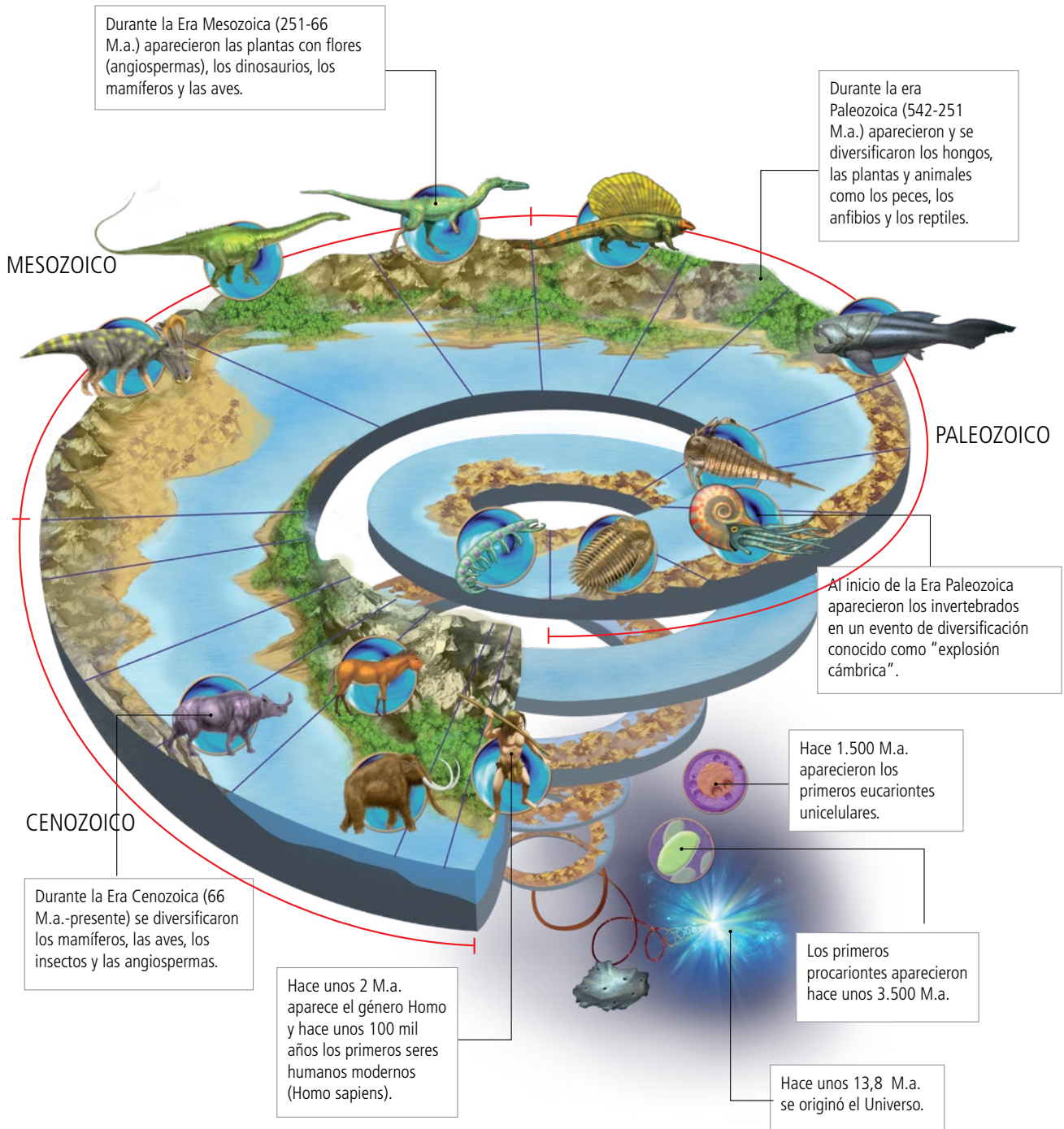


Figura 5. Era y períodos geológicos de la Tierra y su duración estimada.

En los primeros eones la superficie del planeta era entre sólida y viscosa, plagada de cráteres en incesante actividad. Los gases arrojados, como el hidrógeno por su peso ligero, escaparon al espacio exterior y los pesados fueron atrapados por la gravedad, y formaron la atmósfera primitiva. La temperatura era muy alta en las capas bajas del aire debido a la abundancia de gases de efecto invernadero (Uriarte, 2010).



La principal fuente de calor era la misma Tierra, pues el sol era una estrella en formación. Las lluvias cotidianas fueron formando los primeros océanos. Hace unos 3.800 millones de años, al principio del eón Arqueozoico, aparecieron las primeras bacterias en los primeros océanos y dieron el origen a la vida (Uriarte, 2010). La atmósfera contenía poco oxígeno y abundancia de dióxido de carbono. El oxígeno fue aumentando paulatinamente a medida que aumentaban los seres capaces de realizar fotosíntesis, hasta que a finales del Arqueozoico y principios del Proterozoico se alcanzó el porcentaje de 21% de oxígeno atmosférico (Uriarte, 2010). Una vez que el oxígeno fue suficientemente abundante, con la ayuda de la radiación solar, se fue formando el ozono (O_3).

A lo largo del eón Arqueozoico y al principio del Proterozoico el clima se fue enfriando, lo que originó que los gases de efecto invernadero fuesen disminuyendo. Se tienen claras evidencias de la ocurrencia de varias glaciaciones que duraron varios millones de años (Uriarte, 2010). Según los investigadores las glaciaciones terminaron ya sea por un aumento en el nivel del CO_2 , debido a las erupciones volcánicas, o al metano emitido tras el descongelamiento del subsuelo costero (Jacobsen, 2010 en Uriarte 2010).

En la siguiente tabla se sintetiza la sucesión cronológica de los cambios climáticos más significativos que han ocurrido en la Tierra desde el último eón correspondiente al Fanerozoico hace 542 millones de años (en el período Cámbrico) hasta la actualidad. Los eventos climáticos extremos, como las glaciaciones, determinaron las características de la flora y fauna reinante, su expansión e incluso algunas de las extinciones.

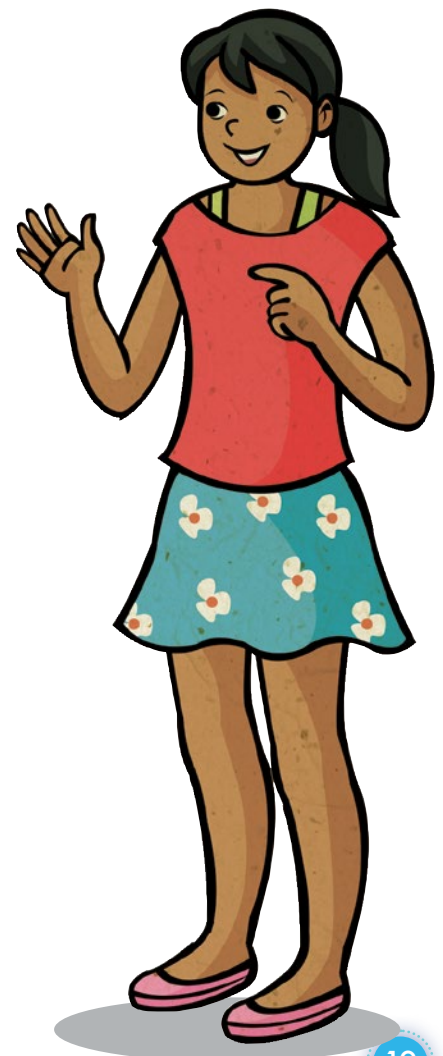





Tabla 1. Síntesis de los cambios climáticos ocurridos en la historia del planeta




Era: Paleozoica (544 a 245 Ma)		
Periodo	Época	Descripción
Cámbrico (544 a 505 Ma)		Los seres vivos marinos incrementaron considerablemente su número en un proceso conocido como la "explosión cámbrica". Casi todas las tierras se situaban en el sur, mientras que el norte estaba cubierto por océano. Dominaba un único continente emergido: Gondwana, cuyo clima no es muy conocido, pero probablemente no fue muy caliente ni muy frío (Scotese, 2001). Se sabe que la superficie terrestre estaba poblada por cianobacterias y algas, pero todavía no por plantas. Existían amplios mares que se adentraban en el interior de los continentes y que favorecieron un rápido desarrollo de la diversidad animal (Uriarte, 2010).
Ordovícico (505 a 440 Ma)		A principios del Ordovícico el clima en la mayor parte del planeta era moderado. Los continentes estaban inundados dándoles un clima cálido húmedo marino (Scotese, 2001). A finales del Ordovícico y principios del Silúrico, hace unos 440 millones de años, tuvo lugar una glaciación y la diversidad animal oceánica se vio muy afectada. Se produjo entonces la primera gran extinción biológica del Fanerozoico y aparecieron dos nuevos continentes Lauratia y Barsia localizados sobre los 30° (Uriarte, 2010). Sin embargo, lo que es hoy día Norte América, Europa, Siberia y la parte este de Gondwana se mantuvieron calientes y soleados debido a que se ubicaban sobre el ecuador (Scotese, 2001).
Silúrico (440 a 410 ma)		Hacia finales del Carbonífero y principios del Pérmico ocurrió un nuevo período glacial, en el que un manto de hielo en las latitudes australes de Gondwana creció y se encogió en diversas fases sucesivas (Uriarte, 2010).

Periodo	Época	Descripción
Devónico (410 a 360 Ma)		Las temperaturas se elevaron por la acción del CO ₂ y se mantuvieron cálidas durante el Silúrico, el Devónico y casi todo el Carbonífero, hasta hace unos 300 millones de años. El calor, la humedad y una atmósfera rica en CO ₂ facilitaron el desarrollo evolutivo y la colonización de los continentes por parte de la vegetación. Gondwana seguía siendo el mayor continente. Euramérica era el resultado de la fusión de Laurentia (Norteamérica) y Báltica (Escandinavia). Las plantas vasculares colonizaban ya todos los continentes (Scotese, 2001), sin embargo, cuando morían no había suficientes bacterias aeróbicas ni existían todavía hongos para descomponerlos, por lo que terminó convertida en carbón (Uriarte, 2010).
Carbonífero (360 a 286 Ma)		
Pérmico (286 a 245 Ma)	 PÉRMICO hace 225 millones de años	Hace unos 250 millones de años, en la transición del Paleozoico al Mesozoico, tuvo lugar uno de los desastres ecológicos más graves que ha sufrido el planeta. Desaparecieron en unos pocos miles de años el 85 % de las especies marinas y el 70 % de los vertebrados terrestres. Hasta los insectos se extinguieron casi por completo. Ocurrió el colapso de la productividad biológica en los mares que ocurrió en paralelo con el desastre ecológico en los continentes (Ward, 2000). Las teorías sobre las causas de la catástrofe son variadas, pero las dos más probables son: el choque de un asteroide y las erupciones volcánicas masivas. A ellas se añade la de la posible disminución del oxígeno en la atmósfera (Uriarte, 2010).



Era: Mesozoica (245 a 65 ma)



Periodo	Época	Descripción
Triásico (245 a 208 Ma)	 <p>TRIÁSICO hace 200 millones de años</p>	<p>El clima del Triásico fue caluroso y seco, y dio lugar a la formación de desiertos. El clima continental era altamente estacional con veranos muy calurosos e inviernos muy fríos. A finales del Triásico, hace 208 millones de años, Pangea, un único y compacto continente, comenzó a fracturarse a lo largo de una línea de ruptura que comenzó a separar América del Sur y África (Uriarte, 2010).</p>
Jurásico (208 a 146 Ma)	 <p>JURÁSICO hace 135 millones de años</p>	<p>La progresiva ruptura de Pangea, que comenzó a final del Triásico, provocó un clima global más húmedo durante todo el Jurásico. El nivel del mar comenzó a ascender y el agua inundó grandes regiones continentales, creando nuevos mares. El clima era mucho más caluroso y las corrientes oceánicas podían circular libremente por los polos, en los que había océano en vez de capas de hielo flotantes. Durante este período reinaron los dinosaurios de gran tamaño (Uriarte, 2010).</p>
Cretácico (146 a 65 Ma)	 <p>CRETÁCICO hace 45 millones de años</p>	<p>Los dinosaurios que poblaban casi todas las regiones terrestres desaparecieron de pronto tras una gran catástrofe que exterminó la vida en la Tierra. La teoría más acertada sugiere que ocurrió tras la caída de un gigantesco meteorito. El impacto habría lanzado a la estratosfera gigantescas cantidades de polvo que causaron meses e incluso años, de oscuridad y frío, lo que afectó a la actividad fotosintética de mares y continentes, y a otros elementos de la cadena trófica. Otra posibilidad es la ocurrencia de lluvias ácidas, que habrían afectado a vastas extensiones de las superficies marinas y continentales, contaminando la vida marina y una parte importante de la vegetación continental (Uriarte, 2010).</p>



Era: Cenozoica (65 ma hasta hoy)



Periodo	Época	Descripción
Terciario	Paleoceno (65 a 54 Ma)	Hace 55 millones de años (ma) ocurrió un abrupto evento de aumento de temperatura que duró aproximadamente 80.000 años. Se extinguió gran cantidad de fauna terrestre y marina. La vegetación se adaptó a los cambios y migró hacia latitudes más altas (Wing, 2005 en Uriarte, 2010).
	Eoceno (54 a 38 Ma)	Después del máximo térmico, hace 50 millones años, inicia un continuo enfriamiento motivado posiblemente por la emersión de cadenas montañosas que provocaron cambios en la circulación atmosférica (Rind, 1992). La Antártida empezó a congelarse durante el Oligoceno hace 30 millones de años y ocurrió la mayor reducción del nivel del mar durante el Cenozoico y la extinción de numerosas y significativas especies (Hofmann, 1997 en Uriarte, 2010).
	Oligoceno (38 a 23 Ma)	
	Mioceno (23 a 5 Ma)	Al final del Oligoceno, hace 25 millones de años, ocurrió un repentino aumento de temperatura y fluctuaciones del nivel del mar. Las latitudes altas del hemisferio norte se calentaron gradualmente y el paisaje de tundra de nuevo fue sustituido por un paisaje de coníferas. Al final del período un manto glacial cubrió el continente austral y toda Groenlandia (Uriarte, 2010).
	Plioceno (5 a 1.8 Ma)	Otro hecho climático importante es el aumento de la aridez en vastas regiones de Asia y África que se agudizó en el Plioceno. La aparición del Tibet tuvo gran influencia sobre el clima global. Gracias al clima húmedo y caluroso de sus vertientes, el Tibet contribuyó a la captación del CO ₂ atmosférico. La disminución del CO ₂ produjo una reducción en el efecto invernadero y un descenso de la temperatura global del planeta. Al inicio del Plioceno, hace aproximadamente 4,5 millones de años, se frenó el enfriamiento. Se invirtió la tendencia térmica y ya en el Plioceno Medio, la temperatura global media era posiblemente unos 3°C superior a la actual (Dowsett, 1999). Se cerró la conexión entre el Pacífico y el Atlántico por la aparición del istmo de Panamá y se congeló el Ártico (Uriarte, 2010).

Periodo	Época	Descripción
Cuaternario	Pleistoceno (1.8 Ma a 11.000 años)	<p>Esta es la llamada "Éra del Hielo". Grandes mamíferos como el mastodonte, el tigre dientes de sable y el perezoso terrestre, se extinguieron en todo el mundo. Mientras el hielo y nieve seguía su acumulación en las latitudes altas, en las más bajas aumentaban las lluvias. Esto permitió que la vida vegetal y animal floreciera en áreas del norte y el este de África que hoy son yermas y áridas.</p> <p>Las glaciaciones del Cuaternario se caracterizaron por la formación de enormes mantos de hielo en las tierras continentales del norte de América y de Europa, añadidos a los que ya existían desde mucho antes sobre la Antártida y Groenlandia. Estos nuevos mantos de hielo septentrionales crecían y avanzaban hacia el sur y, cuando llegaban a un máximo de volumen acumulado, invertían la tendencia, se licuaban y retrocedían, hasta que desaparecían por completo durante unos periodos cortos denominados interglaciares (Uriarte, 2010).</p>
	Holoceno (11.000 años a hoy)	<p>Comprende los últimos 11.550 años. Inicia al final de la glaciación del Pleistoceno tras la ocurrencia de múltiples cambios climáticos que afectaron la distribución de la vegetación propiciando la extinción de muchos mamíferos como el mamut, el dinoterio, el rinoceronte lanudo, etc. (Nahle, 2007).</p> <p>Gracias a los sucesivos calentamientos que sufrió la Tierra, la temperatura fue en general cálida con fluctuaciones de hasta 6°C por encima de la media estándar de los últimos 150 años con períodos de enfriamientos extremos, como el de la glaciación Medieval que ocurrió entre los años 1.570 a 1.830 después de Cristo (DC). Tras la aparición de la era industrial, que comenzó hacia el año 1.750, los niveles de CO₂ así como otros gases de efecto invernadero que están incrementando la temperatura en la Tierra y ocasionando variaciones climáticas, como se verá más adelante.</p>



Períodos glaciales

Las eras de hielo o glaciales son cualquier período geológico durante el cual una gruesa capa de hielo haya cubierto vastas áreas de territorio. Estos períodos de glaciaciones a gran escala pueden durar varios millones de años y modificar las características de la superficie de continentes enteros. La primera glaciación conocida ocurrió durante el Precámbrico hace 570 millones de años y la más reciente ocurrió en la época Pleistocénica entre 2,6 millones a 11.700 años (Enciclopedia británica, 2017). Entre cada glaciación existen periodos más templados denominados interglaciares, como el que vivimos actualmente.

En la siguiente figura se observa la evolución estimada de la temperatura media de la Tierra en las diferentes eras y períodos. La zona rosa muestra cuando la temperatura ha sido superior a la actual (15°C) y en la zona azul cuando ha sido menor. Como se aprecia, han existido solamente glaciaciones al final del período Ordovícico, al final del Carbonífero y durante el reciente período Cuaternario.

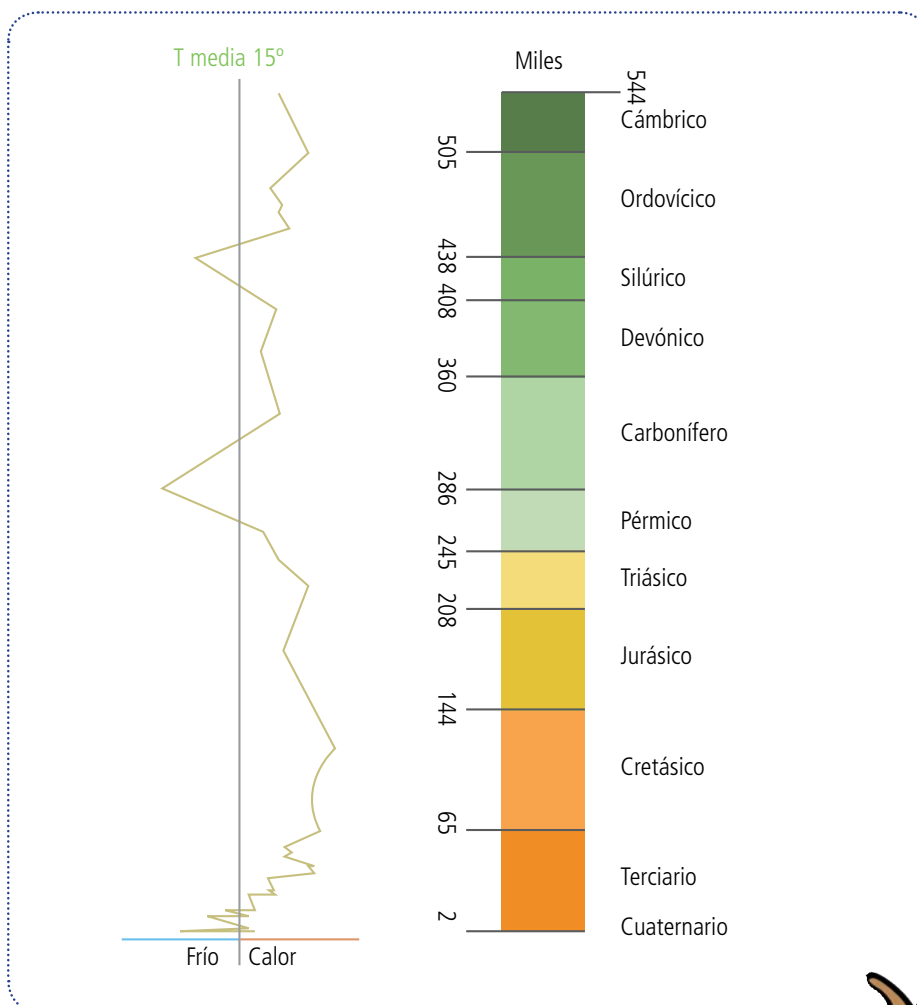
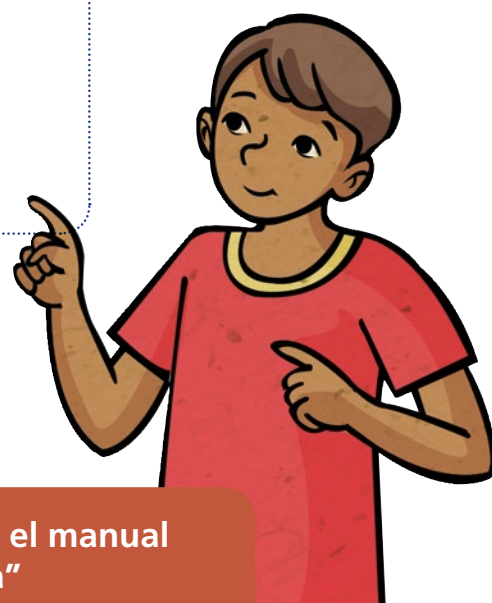


Figura 6. Evolución histórica estimada de la temperatura media superficial de la Tierra



Realizar la actividad 2.1. sugerida en el manual "Un paseo por la historia del planeta"

Los participantes podrán comprender y representar los cambios climáticos ocurridos en la historia del planeta por causas naturales.

2.2.

Aporte de los humanos al cambio climático

Desde el apareamiento de los humanos sobre el planeta, empezamos a causar alteraciones en la naturaleza. Inicialmente con el invento de las armas y herramientas, que nos dieron la ventaja comparativa para aprovechar los recursos de la naturaleza y cazar mayores presas para comer y usar sus partes como vestimenta. Un poco más tarde con el dominio del fuego, que pudo usarse para cocinar alimentos, calentarse y facilitar la cacería. Posteriormente con la invención de la agricultura con la que llegó el sedentarismo y comenzó una revolución que transformó radicalmente las sociedades humanas y su entorno natural. Se empezaron a reemplazar los ecosistemas naturales por cultivos. Con la agricultura más humanos pudieron ser alimentados con menor esfuerzo liberando amplias cantidades de mano de obra para desarrollar asentamientos humanos, viviendas, herramientas, vestimentas e invenciones de todo tipo.

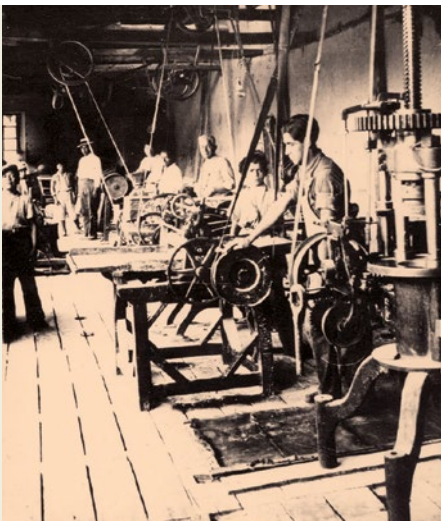


Figura 7. Primera máquina de vapor construida durante la Revolución Industrial

Mientras que las aldeas de los primeros *Homo sapiens* alteraban su entorno inmediato, ellas fueron limitadas y no son las responsables del cambio climático como se reconoce actualmente. Fue la invención de la máquina de vapor, impulsada por combustión o quema de carbón, que dio lugar a la revolución industrial. Esta permitió al humano generar abundantes cantidades de energía y alterar el equilibrio del mundo natural.

Incremento de dióxido de carbono

Con el poder de la energía de los “combustibles fósiles” (primero el carbón y luego el petróleo y gas), el humano pudo cambiar el ambiente según sus necesidades. Gracias a la enorme energía que se pudo obtener de los combustibles fósiles, la civilización humana ha crecido de 791 millones de habitantes a 1.750 a 7,5 mil millones en la actualidad. En consecuencia, el humano ha habitado, explotado y deforestado gran parte de los ecosistemas del planeta. La quema de los combustibles fósiles, genera gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, que causan el cambio climático cuyos impactos se están sufriendo ahora.

Otra importante contribución al incremento del dióxido de carbono en la atmósfera es la deforestación, acompañada generalmente por quemas de árboles y de la vegetación que protege el suelo. Esa quema no sólo libera más dióxido de carbono a la atmósfera, sino que reduce la cantidad de plantas que pueden absorber el mismo y convertirlo en oxígeno. Asimismo, el exceso de dióxido de carbono está acidificando los océanos y reduciendo el fitoplancton, alterando su importante rol en la producción de oxígeno (como se explicó en la Unidad 1).

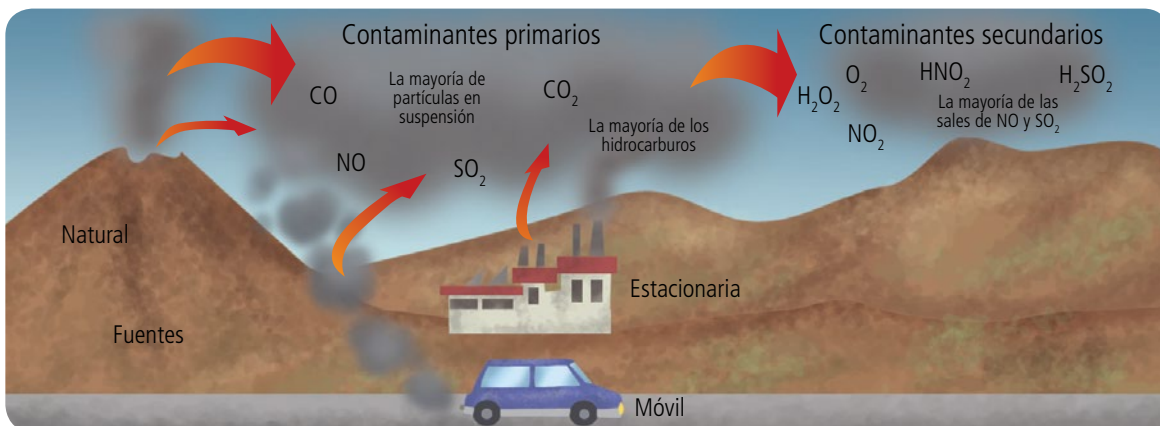
La deforestación y el cambio de uso del suelo son fuentes de gases de efecto invernadero. La vegetación y el suelo de los bosques almacenan carbono. Al talar los árboles este carbono se libera a través de la quema o descomposición y es liberado a la atmósfera en forma de dióxido de carbono.

Además, la deforestación de los bosques generalmente produce una reducción en las precipitaciones en las regiones cercanas e inclusive a miles de kilómetros de distancia (Spracklen et al. 2012). Se estima que la deforestación puede reducir las precipitaciones de la estación seca en la Amazonía en un 21% de aquí al año 2050. Como la existencia de los bosques depende de la lluvia, su disminución puede dar como resultado una mayor pérdida de bosques y por tanto la ocurrencia de un círculo vicioso.

El dióxido de carbono es el gas que más ha contribuido al agravamiento del efecto invernadero debido a la excesiva quema de combustibles fósiles y la deforestación causada por la humanidad (Qiancheng, 1998).

Desde el inicio de la revolución industrial, la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera se ha incrementado en por lo menos un 30%. La concentración actual de los gases de efecto invernadero es la más alta registrada desde hace más de dos millones años (IPCC, 2007).

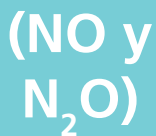
La concentración actual de los gases de efecto invernadero es la más alta registrada desde hace más de dos millones años.



Existen también otros gases de efecto invernadero como: metano, óxidos de nitrógeno y los gases fluorados.



El **metano** se genera por la quema de combustibles fósiles, la minería, la cría de animales, el cultivo de arroz y en los basureros. El ganado se alimenta de plantas que fermentan en sus estómagos, por lo que exhalan metano que también está presente en el estiércol. Los arrozales inundados producen metano porque la materia orgánica en el suelo se descompone sin suficiente oxígeno. En la basura los residuos orgánicos también se descomponen sin oxígeno.



Los **óxidos de nitrógeno** son producidos por la actividad agrícola y por la quema de combustibles fósiles. Además, este gas en el aire puede convertirse en ácido nítrico produciendo lluvia ácida.



Los **gases fluorados** son los únicos gases de efecto invernadero que no se producen de forma natural, sino que han sido desarrollados por el ser humano con fines industriales. Incluyen los hidrofluorocarbonos que se usan en la refrigeración, como el aire acondicionado; el sulfuro hexafluorido, que se usa en la industria de la electrónica; y los perfluorocarbonos que se emiten en la fabricación de aluminio y se emplean también en la industria electrónica.

Si se analiza la peligrosidad de cada tipo de gas de efecto invernadero se comprobará que son diferentes. Así, por ejemplo:

- No todos los gases tienen la misma capacidad de calentamiento atmosférico. El metano tiene 28 veces más capacidad de calentamiento por molecular emitida que el dióxido de carbono; los óxidos de nitrógeno 265 veces más que el CO₂; y los gases fluorados entre 12.400 y 20.000 veces más que el dióxido de carbono (Myhre *et al.*, 2013). A pesar de eso el dióxido de carbono sigue siendo el más peligroso porque es el que se está emitido en mayores cantidades.
- Del mismo modo, cada gas tiene diferente tiempo de vida en la atmósfera. El dióxido de carbono puede mantenerse hasta 1.000 años, el metano más de 12 años, el óxido nitroso 121 años y los gases fluorados entre 222 y 50.000 años.

Esto significa que es fundamental reducir las fuentes de emisión de todos los gases considerando no sólo su actual porcentaje en la atmósfera sino también su peligrosidad y su tiempo de duración.

Tabla 2. Potencial de calentamiento y tiempo de residencia de diversos gases de efecto invernadero

Gases de efecto invernadero	Potencial de calentamiento	Tiempo de residencia (años)	Fuente
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1	Variable 50-200	<ul style="list-style-type: none"> • Industria • Transporte • Deforestación • Electricidad
Metano (CH ₄)	21-25	9-12	<ul style="list-style-type: none"> • Ganado • Arroz (sistema de inundación)
Óxido nitroso (N ₂ O)	200-300	120-180	<ul style="list-style-type: none"> • Fertilizantes químicos
Gases fluorados	1.300-15.000	65-300	<ul style="list-style-type: none"> • Refrigerantes • Aerosoles • Industria electrónica

Fuente: IPCC (2007).

Para hacer comparables los efectos de los diferentes gases, se emplea la unidad CO₂ equivalente (CO_{2-eq}) que compara el potencial de calentamiento (PC) de un determinado gas en comparación con el que posee el mismo volumen de dióxido de carbono durante el mismo periodo de tiempo (IPCC, 2007). Por ejemplo, el PC del metano durante 100 años es 25 CO_{2-eq} y el del óxido nitroso es 298 CO_{2-eq}.

Para realizar el cálculo se multiplica la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global.

$$\text{CO}_2\text{-eq} = \text{masa del gas} \times \text{potencial de calentamiento}$$

Se elige el dióxido de carbono como el equivalente al total de los gases de efecto invernadero, porque es el que más crecimiento ha experimentado en la atmósfera terrestre y el más abundante en porcentaje.



Según el IPCC, desde 1970 hasta 2010 los gases de efecto invernadero aumentaron su concentración en 78%, con un similar porcentaje entre 2000 y 2010. De acuerdo a estas cifras, hasta el 2010 el 76% correspondía propiamente a dióxido de carbono, el 16% provino del metano, el 6% de óxidos de nitrógeno y el 2% de gases fluorados (IPCC, 2014b).



En cuanto a las causas de las emisiones de gases de efecto invernadero, el IPCC menciona que para el 2012, 25% se debió a la generación de energía eléctrica y térmica, 24% a la explotación maderera y agrícola, 21% debido a la industria, 14% al transporte, 10% otros sectores energéticos y 6% a calefacción de inmuebles.

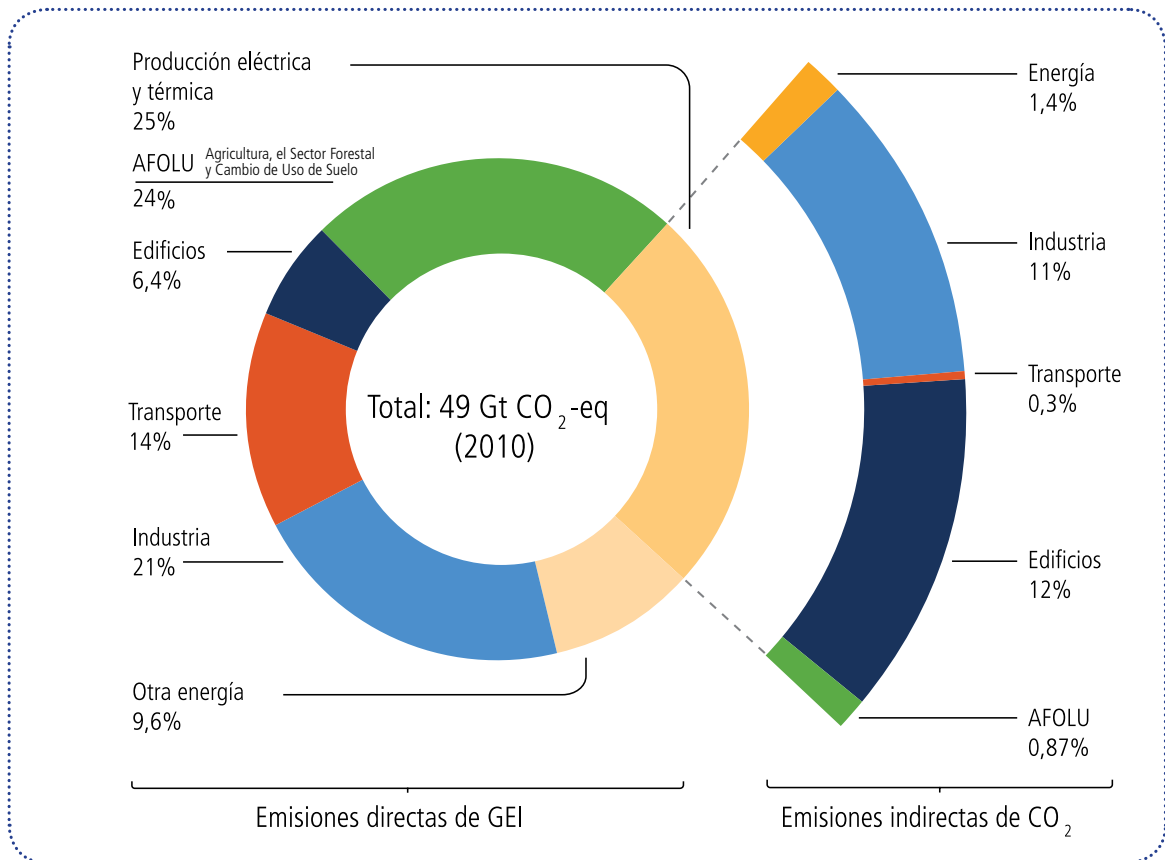


Figura 8. Emisiones de gases de efecto invernadero por sector económico

Fuente: IPCC (2014b).

El 7 de mayo de 2013 fue la primera vez en al menos 800.000 años que la concentración de CO₂ superó las 400 partes por millón (ppm). Hace unos 200 años, cuando se inventó la máquina de vapor, existían 280 ppm (Moreno, 2013). Hace 3 millones de años las temperaturas eran 3 grados superiores a las actuales y los niveles del mar eran al menos 25 metros superiores (grandes zonas del planeta estaban entonces totalmente sumergidas, como Florida). Un escenario como este pone en gran riesgo la mayor parte de la población terrestre que vive en ciudades costeras.



¿Hay regiones de la Tierra que tienen mayor responsabilidad sobre el cambio climático que otras?

En principio todos los seres humanos sobre el planeta somos responsables de ocasionar el cambio climático, pues todos contribuimos a destruir los ecosistemas y a emitir gases de efecto invernadero. Sin embargo, hay países donde la emisión de gases de efecto invernadero promedio por persona es considerablemente mayor que en otros. Por ejemplo, en 2015 en Ecuador las emisiones promedio por persona fueron de 2,59 toneladas por CO₂ mientras que las de Estados Unidos fueron de 16,07 t CO₂ (Oliver *et al.*, 2016).

En 2015 The World Resources Institute identificó a los 10 países más contaminantes en cuya lista se encuentran: China, Estados Unidos, India, Rusia, Japón, Brasil, Indonesia, México e Irán como se aprecia en la siguiente figura. Llama la atención que, de los diez países, seis son desarrollados y que en conjunto generan cerca del 64% de las emisiones globales. Esta cifra contrasta con el 3% que producen los últimos 100 países del ranking. Este estudio indica también que la principal razón de la producción de los GEI es la producción de energía (WRI, 2015).



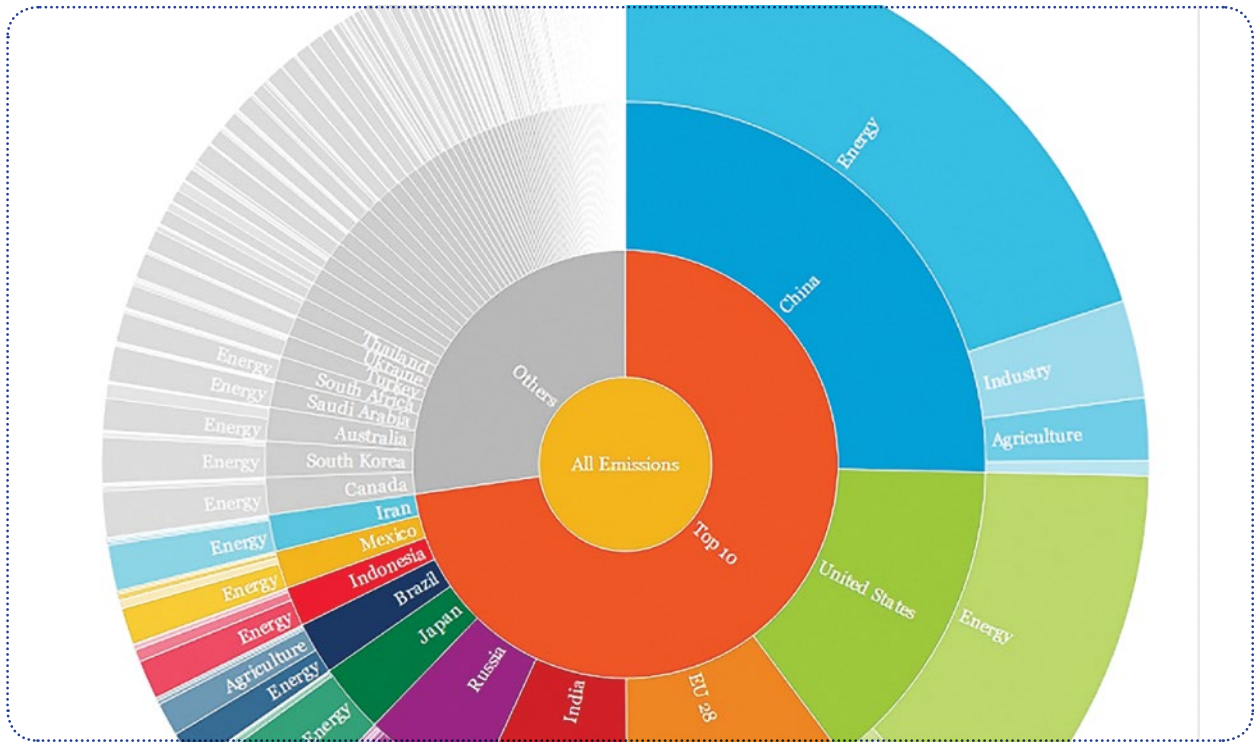


Figura 9. Países más contaminantes del mundo

Fuente: WRI (2015).

En 2009 se presentó la propuesta de establecer límites planetarios con la finalidad de no superar niveles críticos (Steffen, *et al.*, 2015). Los nueve límites definidos, como se aprecia en la figura 10, son: integridad de la biosfera, cambio climático, entidades nuevas, agotamiento del ozono estratosférico, carga de aerosoles, acidificación del mar, ciclo biogeoquímico, uso de agua dulce y cambio en el uso de tierras. Si se superan estos límites, las condiciones climáticas y ambientales del planeta cambiarían a tal punto que ya no serían aptas para sostener a la civilización humana.

Los científicos han encontrado que hasta el momento ya se han rebasado 4 límites planetarios. El primero es la interferencia de los ciclos biogeoquímicos con el del ciclo del nitrógeno, debido a la creciente producción de fertilizantes para la agricultura; la del ciclo de potasio, debido al incremento de su concentración en el mar rebasando el 20% natural. El segundo es la tasa de pérdida de biodiversidad que es claro que puede provocar un colapso funcional en la biósfera. El tercero es el límite climático y la tendencia de aumento de las concentraciones de CO₂ no parece disminuir. En cuarto lugar, la humanidad superó el límite en el cambio en el uso de tierras, debido a la creciente deforestación para la agricultura, la ganadería y el crecimiento urbano (Steffen *et al.*, 2015). Al menos se logró revertir en 1990 la tendencia del límite del ozono estratosférico. Es impresionante pensar que desde la revolución industrial, hace tan solo 200 años, la humanidad ya ha logrado comprometer seriamente la salud de todo el planeta.



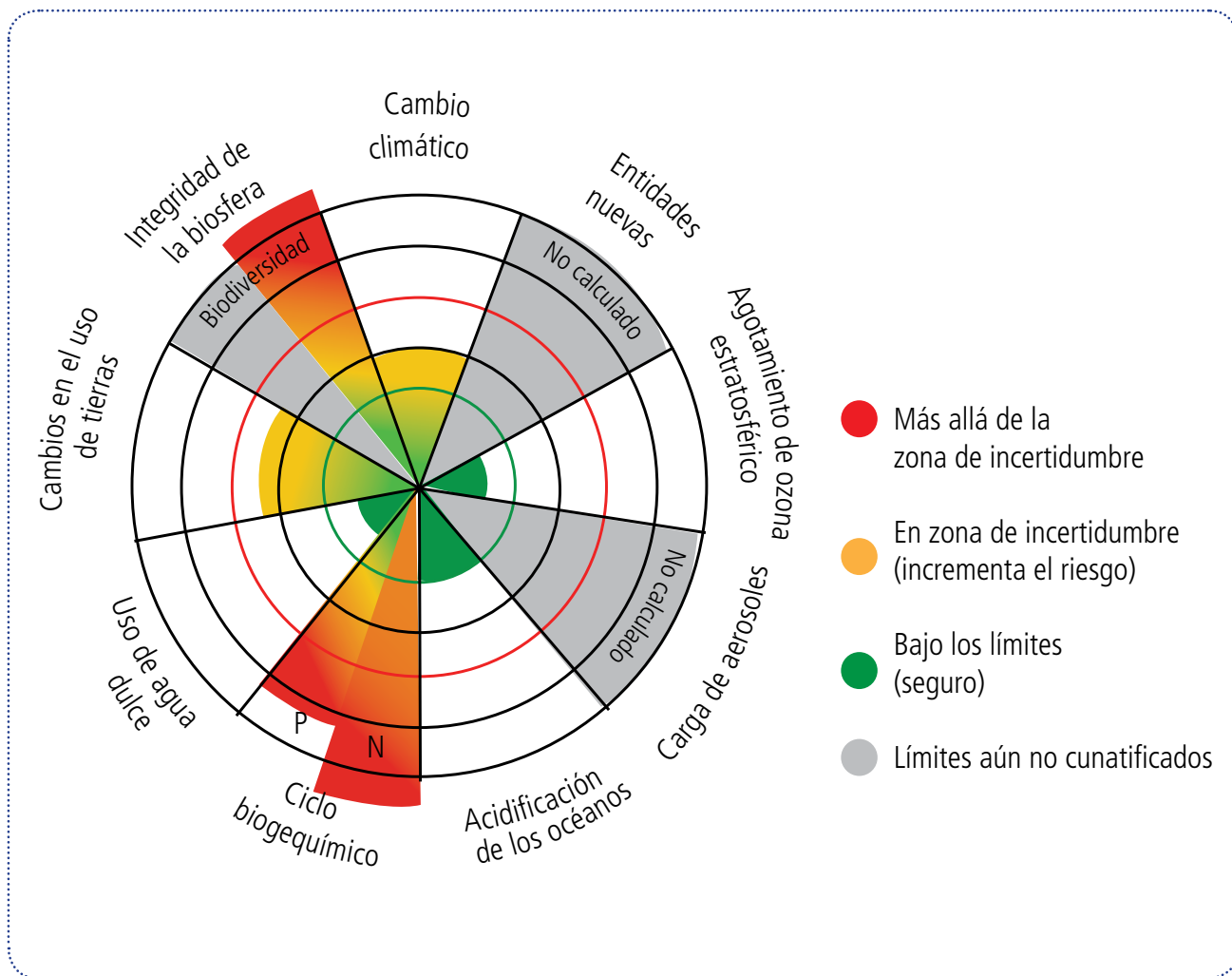


Figura 10. Los límites planetarios, su estado actual y los rangos de incertidumbre

Fuente: Steffen *et al.* (2015).



Realizar la actividad 2.2. sugerida en el manual "¿Cómo aportamos los humanos al cambio climático?"
Video: sabemos lo suficiente sobre el cambio climático

Mirando este video se podrá entender que el cambio climático es un fenómeno preocupante que afecta al planeta cuyas causas son atribuibles a la actividad humana. Se identificarán los gases de efecto invernadero causantes de este problema y su origen, así como aprenderán lo que se puede hacer para tratar de reducir el cambio climático o al menos no incrementarlo.



2.3.

Evidencias del cambio climático

El cambio climático está causando el calentamiento del permafrost, que es la capa de suelo permanentemente congelado, y de los deshielos.

En las tres últimas décadas ha hecho sucesivamente más calor en la superficie de la Tierra que en cualquier década anterior desde 1850. Es probable que el período 1983-2012 haya sido el período más cálido de los últimos 1.400 años en el hemisferio norte. Los datos de temperatura de la superficie terrestre y oceánica muestran que hemos aumentado la temperatura de la Tierra por un promedio de 0,85°C (variando entre 0,65 y 1,06°C, dependiendo de la región del mundo) entre 1880 y 2012 (IPCC, 2014b).

Si sigue esta tendencia, **la temperatura aumentará** entre 0,3 y 4,8 grados en el próximo siglo (en adición al calentamiento que ya ha ocurrido hasta la fecha comparado con las temperaturas pre-industriales).. Se presume que este cambio no podrán soportar muchos organismos ni ecosistemas (IPCC, 2007). En las regiones de altas latitudes y en las regiones elevadas de prácticamente todo el planeta, los glaciares siguen retrocediendo, lo que afecta a la escorrentía y los recursos hídricos aguas abajo. El cambio climático está causando el calentamiento del permafrost, que es la capa de suelo permanentemente congelado, y de los deshielos. Además, en muchas regiones las cambiantes precipitaciones están alterando los sistemas hidrológicos, lo que afecta a los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad (IPCC, 2014a).

El cambio climático hace que las lluvias en algunos lugares sean **menos frecuentes**, pero mucho más intensas, causando **épocas secas más largas** y épocas lluviosas más cortas, pero más fuertes. Además, los vientos se vuelven más fuertes y en zonas alteradas o con poca cobertura vegetal provocan erosión, convirtiéndolos en parajes desérticos. Cuando escasea la lluvia, la vegetación se seca y puede convertirse en un fácil combustible para incendios forestales. Estos cambios bruscos ocasionan también el apareamiento de enfermedades que afectan a los seres humanos, y también a los animales silvestres y domésticos. Además, afectan a los ecosistemas agrícolas, reduciendo considerablemente su productividad.

Se ha estimado un **aumento del nivel del mar** en un promedio entre 2,6 mm y 2,9 mm \pm 0,4 mm por año desde 1993. Adicionalmente, éste se ha acelerado durante las dos décadas pasadas (Watson et al., 2015). Las emisiones persistentes podrían causar una subida adicional de decenas de metros durante los próximos milenios y finalmente la eliminación de toda la capa de hielo de la Antártida. Esto causaría una elevación de aproximadamente 58 metros, lo que sumergiría grandes zonas costeras como todo el sur de Florida e importantes ciudades como Nueva York, Osaka, Alejandría, Río de Janeiro, entre otras (Winkelmann et al., 2015).



Los cambios climáticos observados ya han tenido repercusiones sobre la **biodiversidad y los ecosistemas**. Han causado o cambios en la distribución de las especies, en el tamaño de las poblaciones, en los tiempos de reproducción o migraciones, y un aumento de la frecuencia de la aparición de plagas y enfermedades (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2012).

Los **eventos climáticos extremos** también son más intensos y frecuentes. Estos corresponden a manifestaciones exageradas del comportamiento del clima. Es decir, más allá de lo normal o habitual, y tienen efectos ambientales y sociales adversos. En la actualidad alrededor del 75% de las precipitaciones diarias moderadamente extremas son atribuibles al cambio climático y estos fenómenos seguirán con esta tendencia (Gillis, 2015).



Huracanes



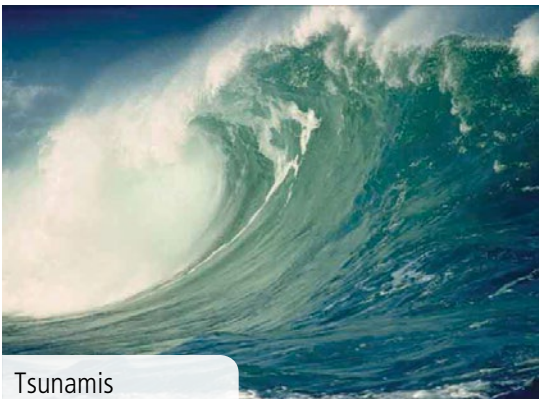
Lluvias torrenciales



Sequías



Inundaciones



Tsunamis



Heladas

Con el cambio climático se esperan eventos extremos más fuertes y más frecuentes que provocarán alteraciones de los ecosistemas, pérdida de cultivos y del suministro de agua, daños en la infraestructura y consecuencias para la salud y el bienestar humano (Viguera *et al.*, 2017). Como se puede evidenciar en la siguiente matriz, el cambio climático ha aumentado significativamente el número de eventos de desastre en el mundo.

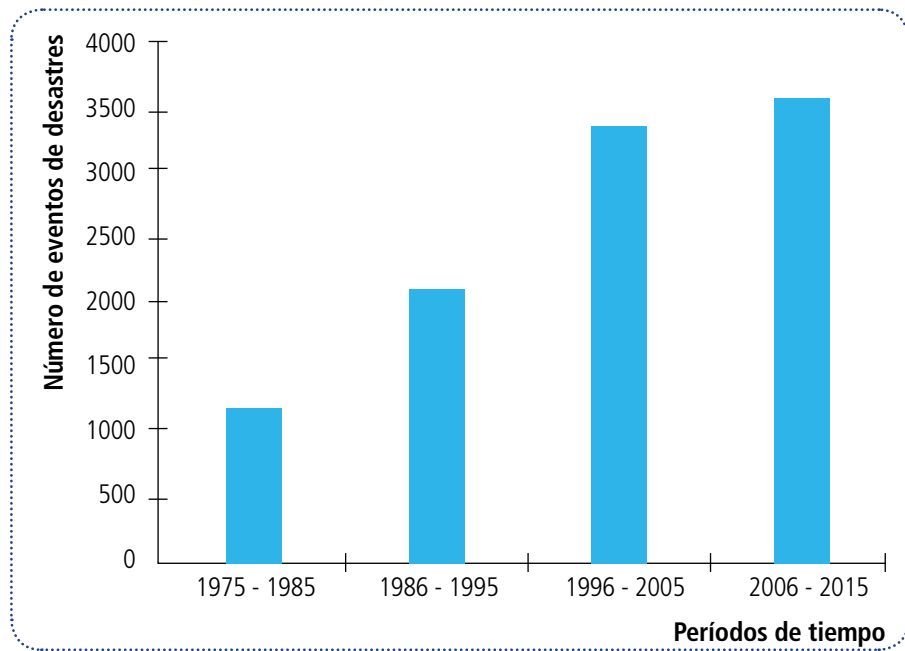


Figura 11.: Tendencia en eventos de desastres reportados a nivel global, 1975-2015

Fuente: Monty *et al.* (2016).

Otro evento extremo consecuencia del cambio climático **es la intensificación del fenómeno "El Niño"**. Este fenómeno provocará mayores inundaciones, sequías e incendios forestales (Serrano *et al.*, 2011).

Debido a las afectaciones al ciclo del agua y al aumento en frecuencia de desastres, el cambio climático **ha afectado negativamente a la producción de alimentos**, en especial del trigo y el maíz. También se ha reducido la productividad del arroz y de la soya (IPCC, 2014a). Estos impactos podrían poner en riesgo la seguridad alimentaria para millones de personas en el mundo. Incluso ya han provocado graves sequías en África lo que ha sido uno de los principales causante de las recientes guerras civiles de la "primavera árabe", así como de la ola de migrantes que han abandonado sus tierras y sus comunidades afectadas por la desertificación para encontrar un mejor futuro Europa (Wodon *et al.*, 2014).

Los peligros ligados al clima afectan la vida de todos, pero los más vulnerables son los más pobres. En efecto, la mayoría de pobres viven



en zonas rurales donde la producción bajará. Además, con esta reducción los precios de los alimentos subirán y serán más volátiles (menos predecibles y con altos picos de precio), afectando a los pobres que usan la mayor parte de sus ingresos para alimentarse (IPCC, 2014a). Hasta la fecha ya han aumentado los precios de los alimentos en más de 40% en el mundo comparado a 2006.

El IPCC ha elaborado el siguiente gráfico de los patrones globales de los impactos en las últimas décadas atribuidos al cambio climático. En él se señalan los principales impactos predecibles para cada región del mundo en función de los sistemas físicos, biológicos y humanos y gestionados. Como se podrá observar los mayores impactos en Ecuador se asocian con riesgos de inundaciones y sequías.

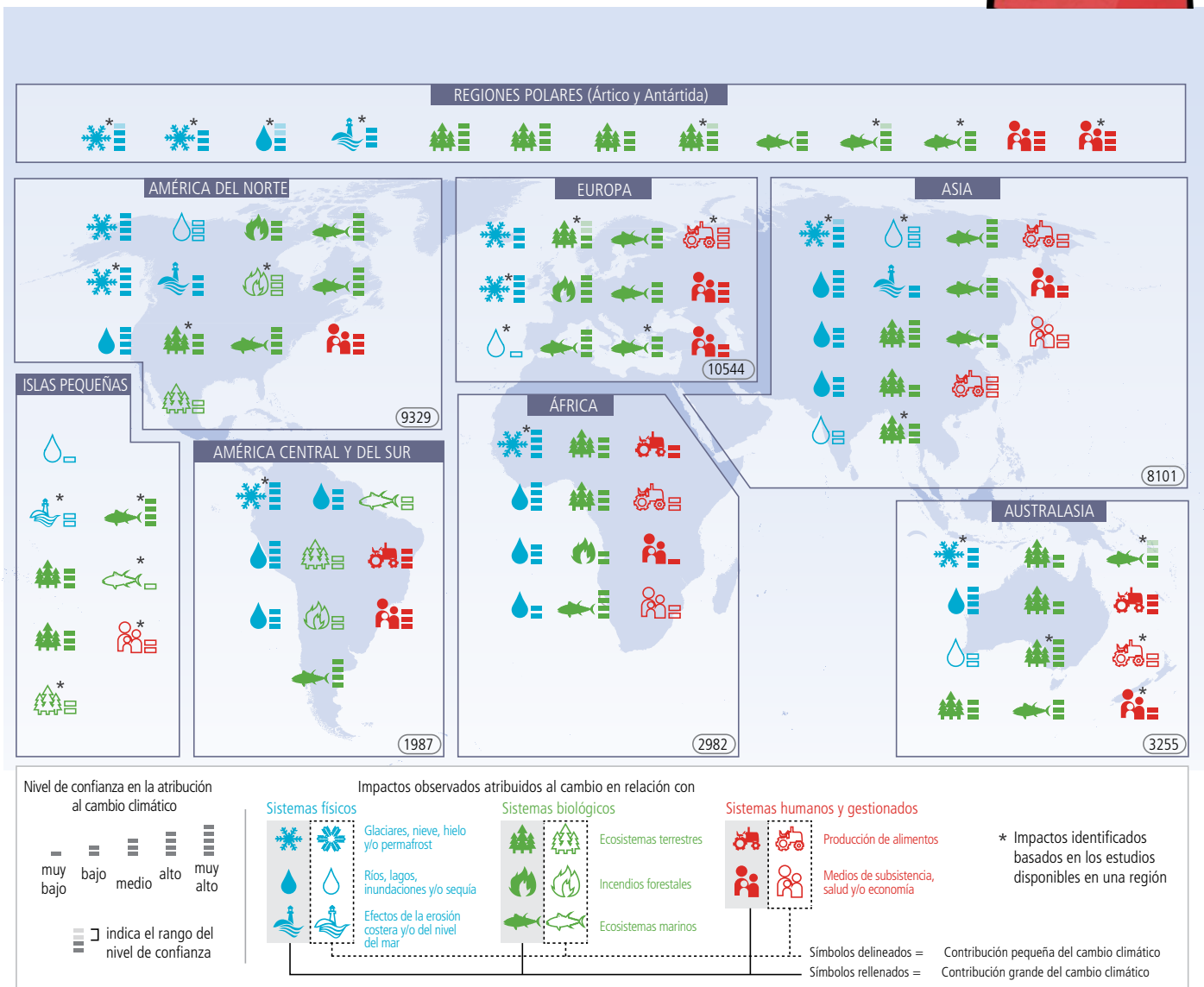


Figura 12. Patrones globales de los impactos en los últimos decenios atribuidos al cambio climático
Fuente: IPCC (2014a).

Para fines de siglo, el cambio climático y sus impactos pueden ser el generador dominante y directo de la pérdida de biodiversidad y de los cambios en los servicios ecosistémicos a nivel mundial.

(Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2012).

En la siguiente figura se aprecia el cambio en la temperatura media anual de la Tierra entre 1900 y 2014 y la proyección calculada hasta el año 2100 para cuando habrá subido la temperatura 4,7 grados más, bajo un escenario de altas emisiones, y 1,5°C, bajo un escenario de bajas emisiones.

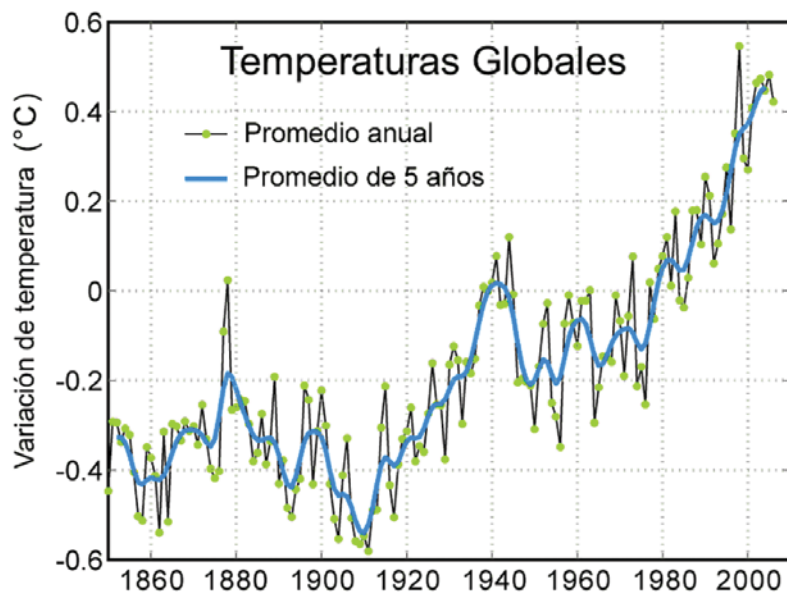
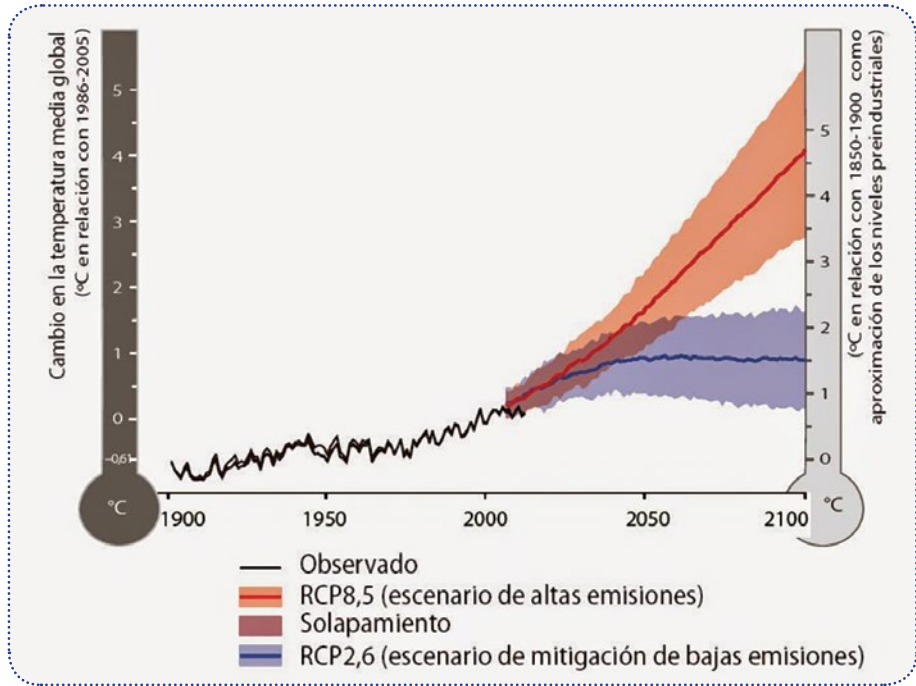
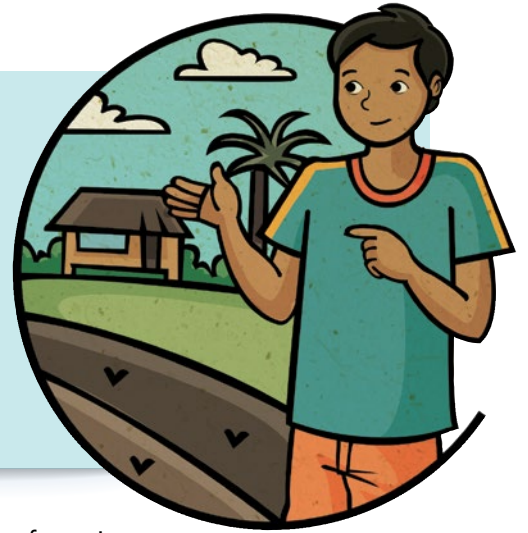


Figura 13. Cambio de la T_o media global desde 1900 y la proyección al 2100

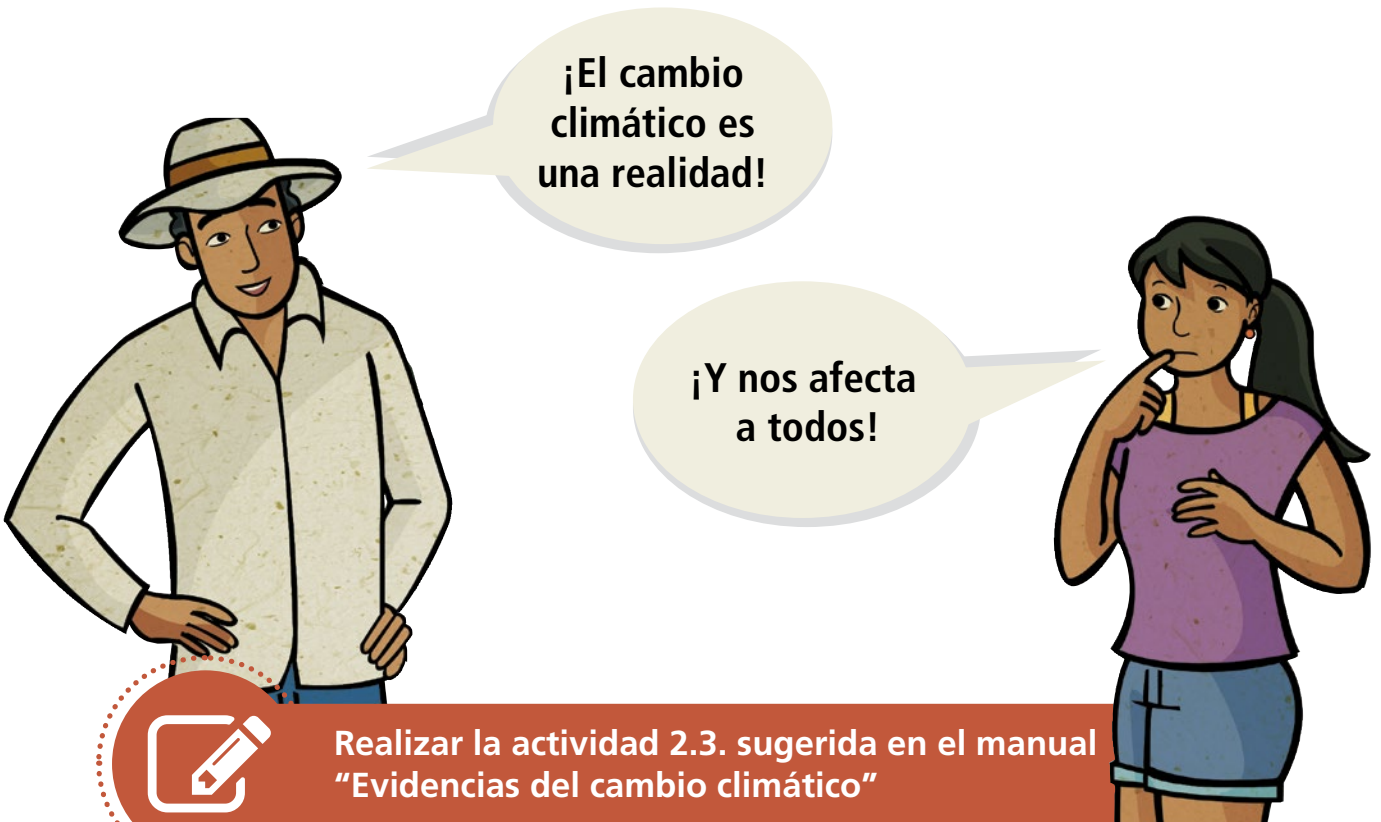
Fuente: Fuente: IPCC (2014a).

Por todo lo anterior, se puede concluir que:

El Cambio Climático es, sin lugar a dudas, el mayor desafío que enfrenta la humanidad en el siglo 21. Además, existe un consenso científico internacional que este fenómeno es causado por los seres humanos. (LEDS LAC y EUROCLIMA, 2016).



Pese a que normalmente se habla de que la emisión de gases de efecto invernadero está aumentando la temperatura integral del planeta, lo que se conoce como **“calentamiento global”**; cada región de la Tierra se está calentando a un ritmo diferente. Tampoco es extraño que en alguna región del mundo se registren temperaturas por encima de los 40°C, mientras al mismo tiempo, en el hemisferio opuesto, las temperaturas pueden descender hasta -40°C. Por ello se debe comprender que el cambio climático puede provocar temperaturas intensas, alteraciones de la estacionalidad y fenómenos extremos.



Realizar la actividad 2.3. sugerida en el manual **“Evidencias del cambio climático”**

En esta actividad se podrá comprobarán las evidencias de la existencia del cambio climático a nivel global y de Ecuador.

2.4.

El cambio climático está en Ecuador

El calentamiento que se observa en el sistema climático en Ecuador es innegable. En términos generales, tanto la atmósfera como el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y glaciares han disminuido, el nivel del mar ha empezado a elevarse, los regímenes temporales y espaciales de las precipitaciones se alternan irregularmente y se observa intensificación de eventos extremos como sequías e inundaciones, entre otros (MAE, 2017).

Los cambios climáticos observados en Ecuador ocasionan afectaciones a la salud pública, perjuicios económicos, daños a las infraestructuras, perturbaciones negativas sobre los medios de vida, alteraciones sobre las condiciones, funciones y servicios ecosistémicos, pérdidas de vidas humanas, entre otros (MAE, 2017).

Emisiones de gases de efecto invernadero en Ecuador

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) realizado el 2012 y presentado en la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático sintetiza los datos entre 2010 y 2015. Estos gases ascendieron en este período a 80.627,16 Gg de CO_{2-eq}. Estas emisiones fueron generados por los siguientes sectores: energía, con el 46,63%; cambios de uso del suelo, con el 25,35%; agricultura, con el 18,17%; procesos industriales, con el 5,67%; y residuos con el 4,19 (MAE, 2017).

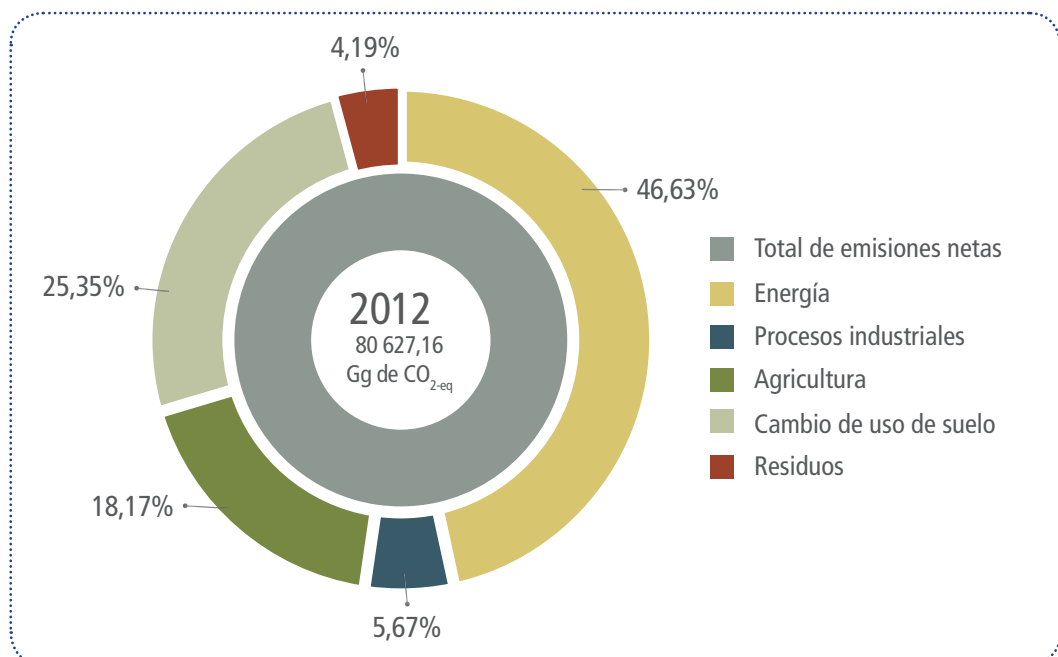


Figura 14.
Distribución del
Inventario Nacional
de Gases de Efecto
Invernadero
(1994-2012)
Fuente: Proyecto TCN/
IBA (2016).

En el siguiente gráfico se aprecian las tendencias en las emisiones de CO₂ en el período 1994-2012. A pesar de que se aprecia una considerable reducción en las emisiones producto del uso de suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS), existe un incremento considerable en las emisiones de los sectores energía procesos industriales y residuos; y una pequeña fluctuación en el sector agrícola.

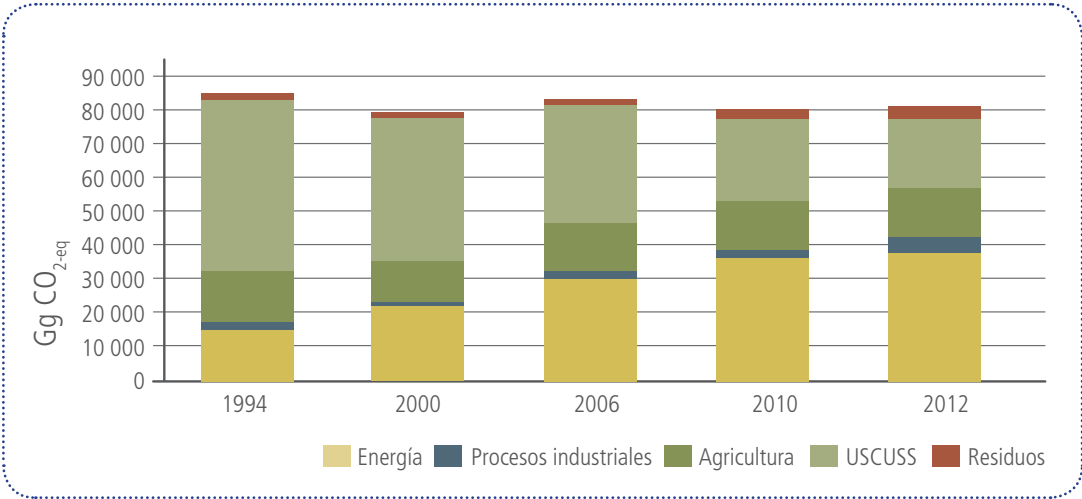


Figura 15. Tendencias de las emisiones netas de Gg de CO₂ en el Ecuador para 1994, 2000, 2006, 2010 y 2012 (incluyendo cambios de uso del suelo)
Fuente: Proyecto TCN/IBA (2016).

El incremento del sector energía ha sido de más de 2,5 veces en 18 años.

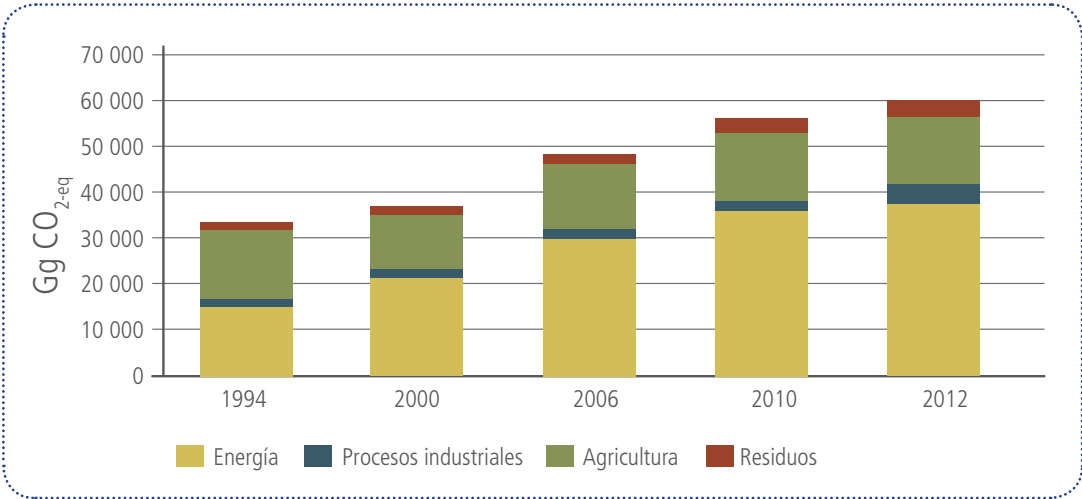


Figura 16. Tendencias de las emisiones netas de Gg de CO₂ en el Ecuador para 1994, 2000, 2006, 2010 y 2012 (excluyendo cambios de uso del suelo)
Fuente: Proyecto TCN/IBA (2016).



Como se aprecia en la siguiente figura, las emisiones totales de **dióxido de carbono** (CO_2), para el año 2012 provinieron mayoritariamente del sector USCUS, con 49,46%, siendo la categoría uso de suelo la que generó el mayor aporte: 38.911,70 Gg de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$. El sector energía aportó 36.512,75 Gg de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ por la categoría de quema de combustibles, lo que representó un 44,92% y el sector procesos industriales aportó 4.571,72 Gg de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ provenientes de la categoría industria de los minerales, que representó el 5,62% de las emisiones totales de dicho gas (MAE, 2017).

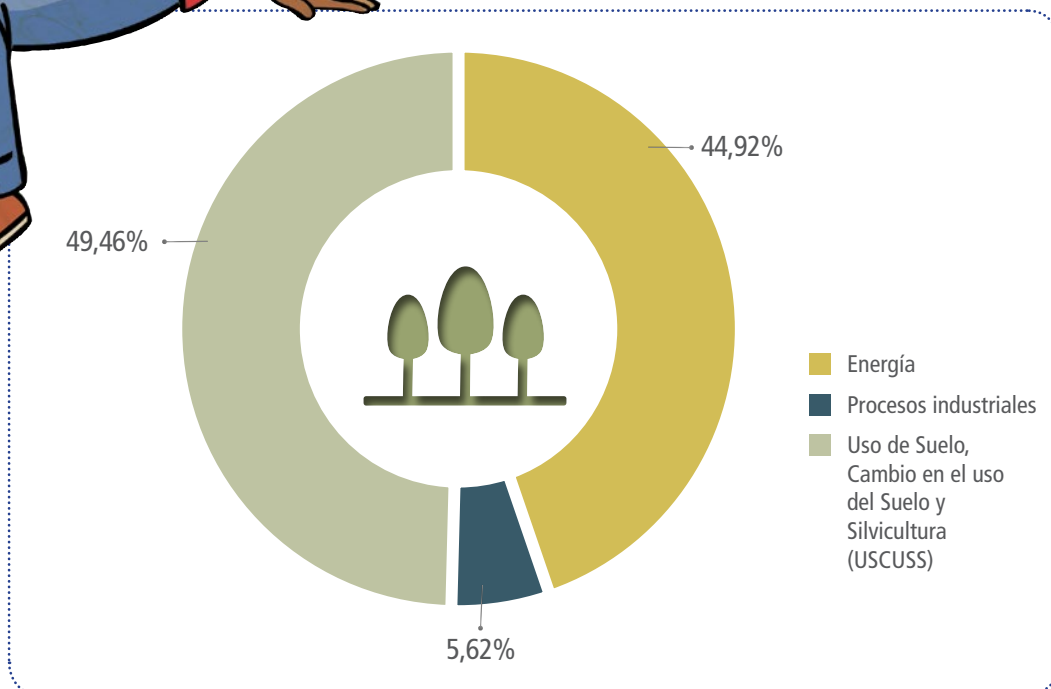


Figura 17. Distribución sectorial de emisiones de CO_2 entre 1994 y 2012 en Ecuador

Fuente: Proyecto TCN/IBA (2016).

Para el año 2012, se contabilizaron 11.724,12 Gg de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ de **metano** (CH_4), que se generaron principalmente en el sector agricultura, representando el 65,57% del total. Después se encuentran el sector residuos, que aportó el 26,33%; y, finalmente, el sector energía, con un 8,10% del total de emisiones de CH_4 (MAE, 2017).

Las emisiones más importantes de CH_4 del sector agricultura provinieron de la fermentación entérica del ganado vacuno, con el 82,74% de las emisiones sectoriales; seguida del cultivo de arroz, con el 14,25% (MAE, 2017).

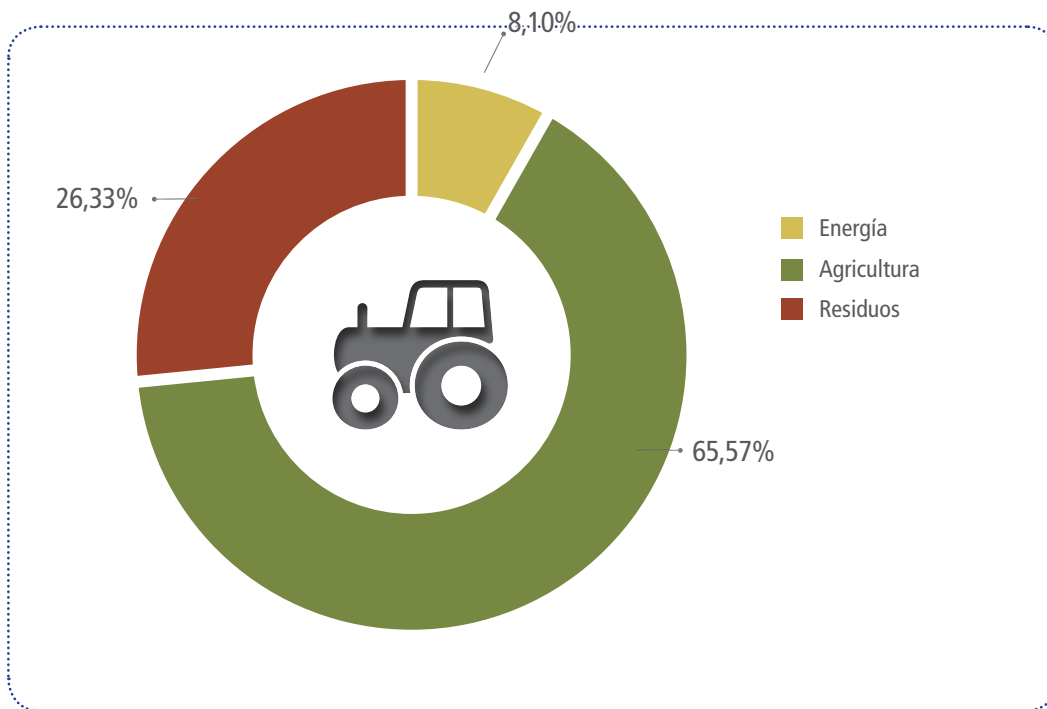


Figura 18. Distribución sectorial de emisiones de metano entre 1994 y 2012 en Ecuador

Fuente: Proyecto TCN/IBA (2016).

En el año 2012, las emisiones de **óxido nítrico (N₂O)** fueron de 7.383,08 Gg de CO_{2-eq}. El sector agricultura contribuyó con un 94,27%; le sigue el sector residuos, con el 3,95%, y el 1,78% correspondió al sector energía (Figura 15).

La categoría con mayor aporte del sector agricultura fue la de suelos agrícolas, cuyas emisiones correspondieron al 97,58%, y en menor grado el manejo de estiércol y quema de residuos agrícolas.



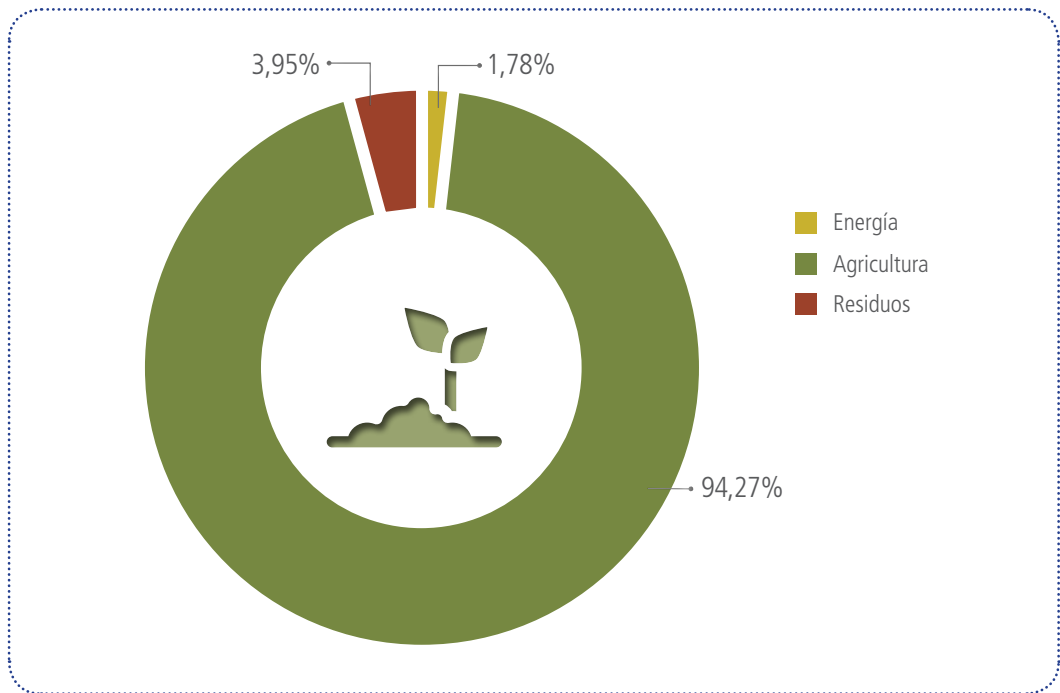


Figura 19. Distribución sectorial de emisiones de óxido nitroso entre 1994 y 2012 en Ecuador

Fuente: Proyecto TCN/IBA (2016).

La previsión climática para el Ecuador hasta el 2100



La Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático señala que los principales efectos del cambio climático en el país son: el retroceso acelerado de los glaciares, el aumento del nivel del mar, y la intensificación de fenómenos de variabilidad climática. Entre los fenómenos de variabilidad climática resaltan los asociados a El Niño² / La Niña³, los cuales tienen repercusiones más significativas sobre los diversos sectores y aspectos de la vida humana, tales como la agricultura, la economía, la salud, la disponibilidad de agua, entre otros (MAE, 2017).

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), en conjunto con el Ministerio del Ambiente, en 2016 realizaron un estudio de la previsión climática del Ecuador hasta el año 2100 proyectando los datos climáticos disponibles de las diferentes estaciones meteorológicas del país y aplicando diversos escenarios tendenciales para temperatura media, máxima y mínima, y precipitación media a niveles optimistas, medio y el peor escenario posible. Además, se elaboraron mapas de las proyecciones para cada escenario hasta el año 2040, hasta el 2070 y hasta el 2100.

²Fenómeno asociado con un calentamiento inusual de las aguas superficiales de océano Pacífico frente a las costas de Ecuador y Perú.

³ El fenómeno de la Niña es la fase fría del Fenómeno del Niño.

El escenario medio para el año 2040 prevé un aumento de 1 a 1,5°C de temperatura en la mayor parte del país con excepción del norte de Carchi y Sucumbíos y sectores de Imbabura, Pichincha, Cañar y Azuay que se mantendrán más bajas y el aumento de hasta 2°C al este de Sucumbíos, Orellana y una porción de Pastaza, El Oro y Guayas. En el mismo escenario se prevé un aumento de hasta el 10% de precipitación en casi todo el país, y una reducción de hasta el 10% en la parte oriental de Sucumbíos, Orellana y Pastaza, y en pequeñas áreas de Esmeraldas y Manabí.

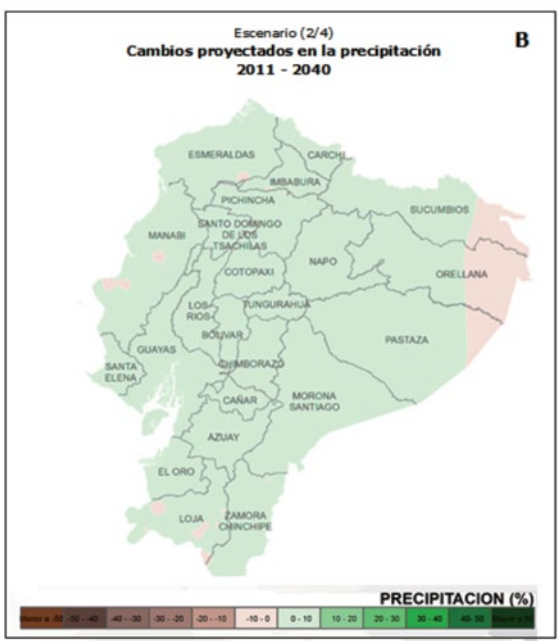
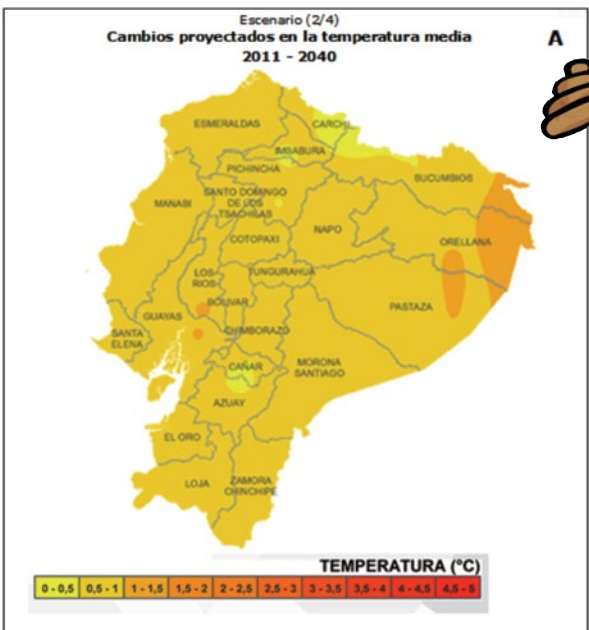


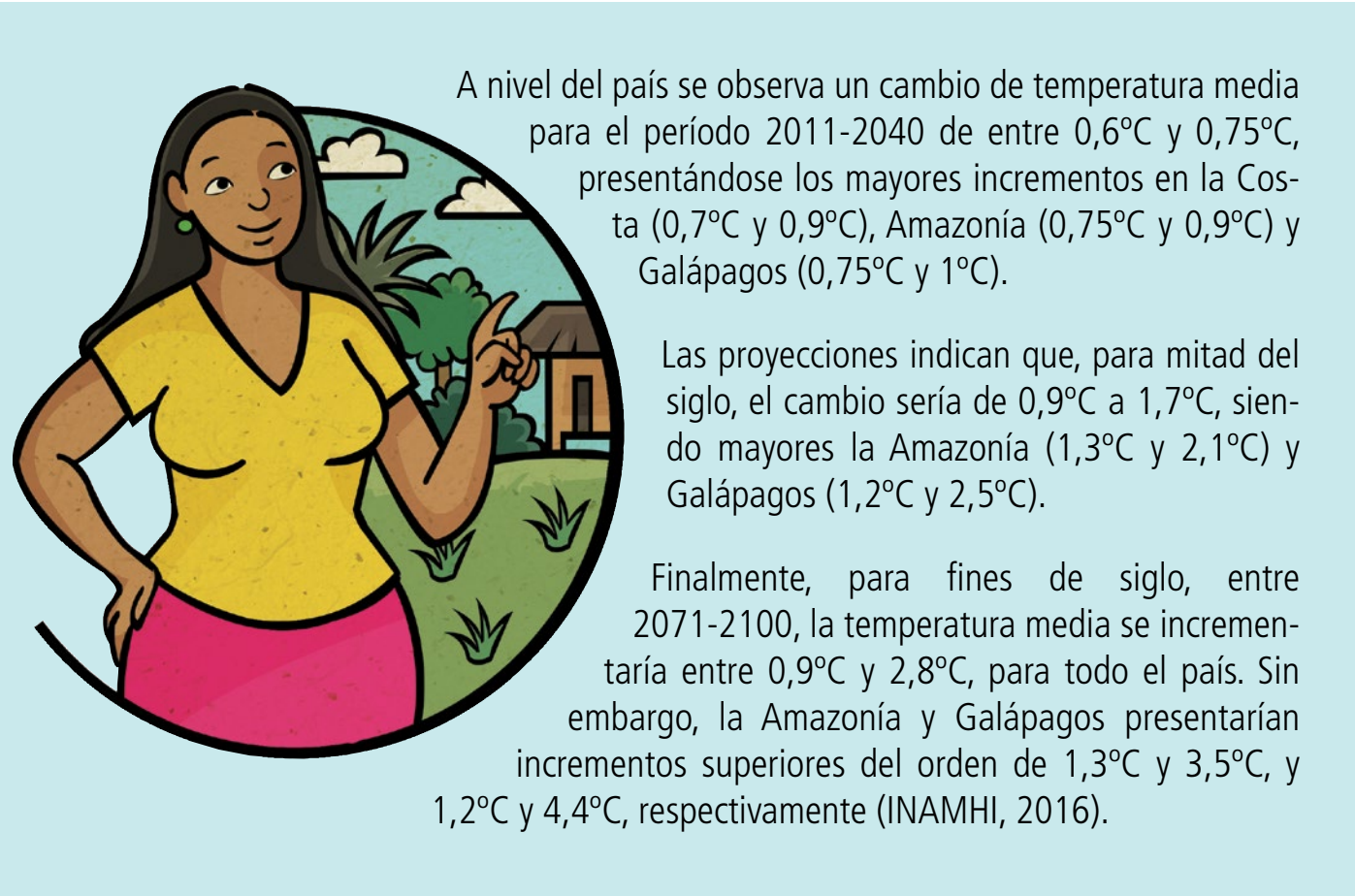
Figura 20. Proyección de los efectos del cambio climático en el Ecuador hasta el año 2040
Fuente: INAMHI (2016).

Los escenarios más dramáticos pronostican un incremento de temperaturas de hasta 4,5 y 5°C para el 2100 en particular en la Costa y Amazonía, y una severa reducción de la precipitación de hasta el 20% en el 2100.

A nivel del país se observa un cambio de temperatura media para el período 2011-2040 de entre 0,6°C y 0,75°C, presentándose los mayores incrementos en la Costa (0,7°C y 0,9°C), Amazonía (0,75°C y 0,9°C) y Galápagos (0,75°C y 1°C).

Las proyecciones indican que, para mitad del siglo, el cambio sería de 0,9°C a 1,7°C, siendo mayores la Amazonía (1,3°C y 2,1°C) y Galápagos (1,2°C y 2,5°C).

Finalmente, para fines de siglo, entre 2071-2100, la temperatura media se incrementaría entre 0,9°C y 2,8°C, para todo el país. Sin embargo, la Amazonía y Galápagos presentarían incrementos superiores del orden de 1,3°C y 3,5°C, y 1,2°C y 4,4°C, respectivamente (INAMHI, 2016).



Efectos del cambio climático hasta ahora en Ecuador

Situación observada en la región Costa

El INAMHI presentó los siguientes cambios observados en las precipitaciones, temperaturas medias, máximas y mínimas de la Costa desde 1960 hasta el 2010:

Tabla 3. Precipitación, temperaturas máximas y mínimas registradas para la Costa del Ecuador entre 1960 y 2010

Precipitación	En promedio, las precipitaciones han incrementado en un 33%, principalmente en las provincias de El Oro, Guayas, Santa Elena y Manabí. Además, la distribución de las lluvias continuará siendo irregular.
Temperatura media	En promedio, el valor de cambio de la temperatura media es de 0,6°C.
Temperatura máxima	En promedio, el valor de cambio de la temperatura máxima es 0,3°C.
Temperatura mínima	En promedio, el valor de cambio de la temperatura mínima alcanza 1,6°C.



Fuente: INAMHI (2016).

Los cambios anteriores tienen importantes efectos en la Costa, donde actualmente el 65% de los desastres naturales están ya asociados con las precipitaciones y el 12% de la población nacional está expuesta a inundaciones (MAE, 2017). Los fenómenos de El Niño y La Niña de intensidad fuerte y extraordinaria continúan siendo la principal amenaza climática del Ecuador, principalmente para la Costa. Como resultado del análisis de todas las fuentes de información, los efectos del cambio climático en la Costa ecuatoriana son los siguientes (CIIFEN, 2011):

- La región costera centro y norte mantendrá un alto potencial de humedad y precipitación.
- La distribución espacial y temporal de las lluvias sobre la Costa ecuatoriana continuará siendo irregular.
- Se incrementarán las probabilidades de ocurrencia de eventos climáticos extremos (lluvias intensas y de corta duración) especialmente en la costa norte.
- Se incrementarán las probabilidades de ocurrencia de veranillos más prolongados.

En el marco del Programa Regional AbE en Manabí se realizó el Estudio de Medios de Vida y Vulnerabilidad al Cambio Climático (Ulloa, 2017). Aquí, actores locales de la parroquia Membrillal notaron que desde hace casi 5 años hay menos lluvia, existen cambios en las estaciones y hay una duración prolongada de los inviernos y veranos. Además, que hay alteración de la diferencia entre la temperatura diurna y nocturna, y, en general, consideran que hace menos frío.

En el caso de la sensibilidad futura de los ecosistemas de la parroquia, los actores asocian su degradación o desaparición con los procesos locales de deforestación. Los actores reconocen, sin embargo, a los ecosistemas como un recurso que les ayudará a la adaptarse al cambio climático.

Los eventos climáticos generan pérdidas económicas y físicas, pero sin mayores afectaciones a los medios de vida ni para los ecosistemas. En el caso de la sensibilidad futura de la parroquia Membrillal se prevé que en los próximos años los eventos climáticos puedan generar pérdidas importantes para los medios productivos, lo cual se asocia con la pérdida de bosque seco (Ulloa, 2017).

Como parte del estudio anterior, actores locales de la parroquia de Honorato Vásquez determinaron que ha existido un cambio y/o aumento de los eventos climáticos extremos, aunque la mayoría de años se mantengan dentro de los rangos normales. Para algunos actores el cambio ha sido drástico y consideran que ya no se presenta de forma periódica un año normal (Ulloa, 2017).

De acuerdo a la percepción de los actores, si el clima cambia los más afectados serán los pequeños agricultores, los agricultores tradicionales de cacao, café y cítricos y pequeños ganaderos. (Ulloa, 2017).



Efectos del cambio climático en la Sierra

Uno de los impactos más impresionantes del aumento de la temperatura ha sido el derretimiento de los glaciares. Los glaciares son masas de hielo que se forman en las cumbres de los volcanes y en las regiones polares. Durante las últimas décadas se ha reportado el retroceso de tres glaciares ecuatorianos: Cotopaxi, Antisana y Chimborazo. En estos tres nevados analizados se determinó la pérdida de cerca del 40% de sus superficies durante el último medio siglo (Cáceres, 2010). Los glaciares son muy importantes para las comunidades porque son una fuente de agua.

Rabatel *et al.*, (2013), encontraron una relación entre la rápida pérdida de masa de glaciares andinos menores a 5.400 msnm. Con esta tendencia, los científicos piensan que estos glaciares podrían desaparecer en un par de décadas.

Con el derretimiento de los glaciares ocurren tres efectos principales:

1

Se pierden depósitos vitales de agua dulce para la población, ya que estos son reservorios de agua que van liberándola poco a poco.

2

Evitan que el planeta se caliente más por su color blanco que refleja hacia el espacio una gran cantidad de luz. Al derretirse los glaciares, las superficies de colores más oscuros, como los suelos que estaban debajo del hielo quedan expuestas al sol por lo que absorben más radiación y contribuyen a calentar más la Tierra.

3

El agua derretida de los nevados y de las zonas polares se escurren directamente al mar, ocasionando que el nivel del mar se eleve. A este efecto, debemos sumar también el calentamiento del agua de las últimas décadas que ha ocasionado que los mares y océanos se expandan (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, s.f.).



En 1994 la base del glaciar 15 del Antisana se localizaba a 4.600 msnm (Figura 17). Hasta el 2008 el glaciar retrocedió 250 m hasta ubicarse a los 4.850 msnm., dado que un incremento de 1°C provoca 190 m de retroceso). Se prevé que para el 2050 la cobertura glaciar del volcán Antisana se reducirá más del 50% de la cobertura actual, lo que implicaría que el límite inferior del volcán se ubicaría a 5.350 msnm con apenas 435 metros de nieve. De continuar esta tendencia, este glaciar de 5.760 msnm podría desaparecer en algunas décadas después del año 2050 (Cáceres, 2013).



Figura 21. Proyección del retroceso del glaciar del volcán Antisana al año 2050

Fuente: Cáceres (2013).

El cambio climático ha generado también el derretimiento del glaciar del volcán Cotopaxi con gran importancia económica, social y ambiental, ya que proporciona agua dulce y energía hidroeléctrica a Quito. La masa del glaciar se ha reducido en 30% entre 1956 y 1976 y otro 38,5 % entre 1976 y 2007.

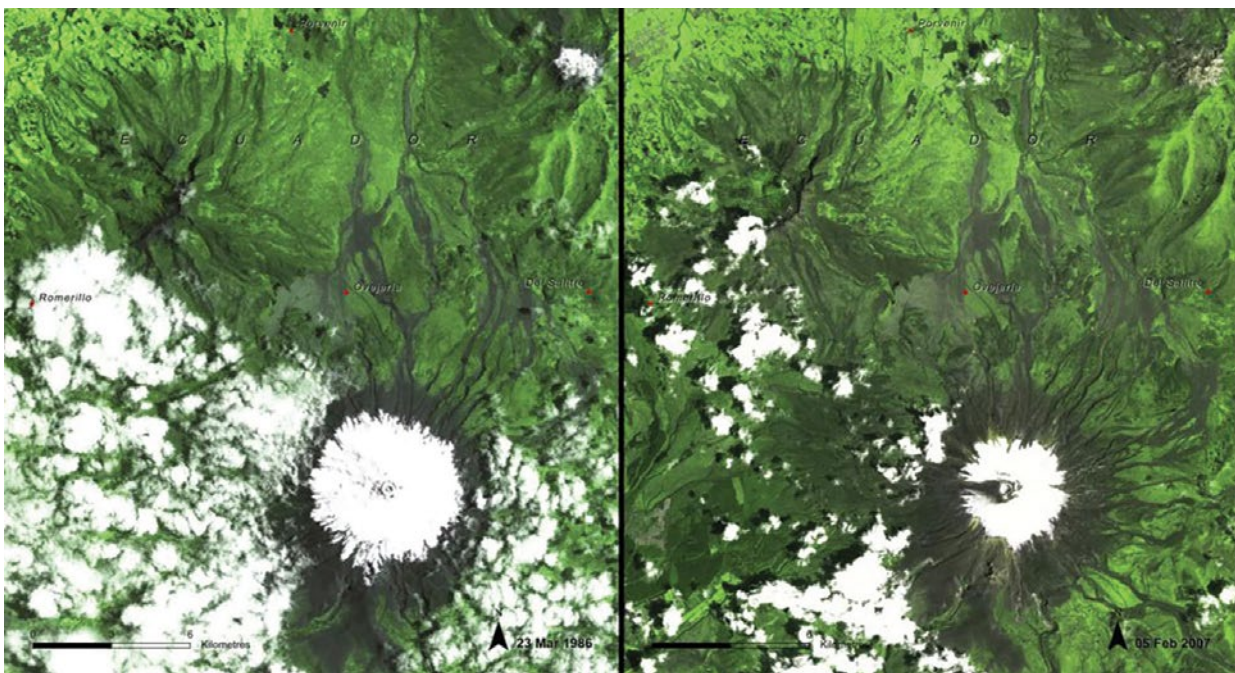


Figura 22. Reducción del glaciar del volcán Cotopaxi entre el año 1986 y 2007

Fuente: Lima COP 20 (2015).

En conclusión, respecto a los glaciares, el cambio climático ha puesto en marcha un retroceso sin precedentes desde finales de la década del 70. Aunque existe un esporádico balance anual de la masa de los glaciares mayores a 5.400 metros, el balance general continúa siendo negativo (Rabatel *et al.*, 2013).

La base de datos DesInventar registra todos los desastres ocurridos a nivel nacional incluidos los vinculados al cambio climático. Las provincias que han sufrido más sequías entre 1970 a 2018 son Loja, Manabí y El Oro (DesInventar, 2018).

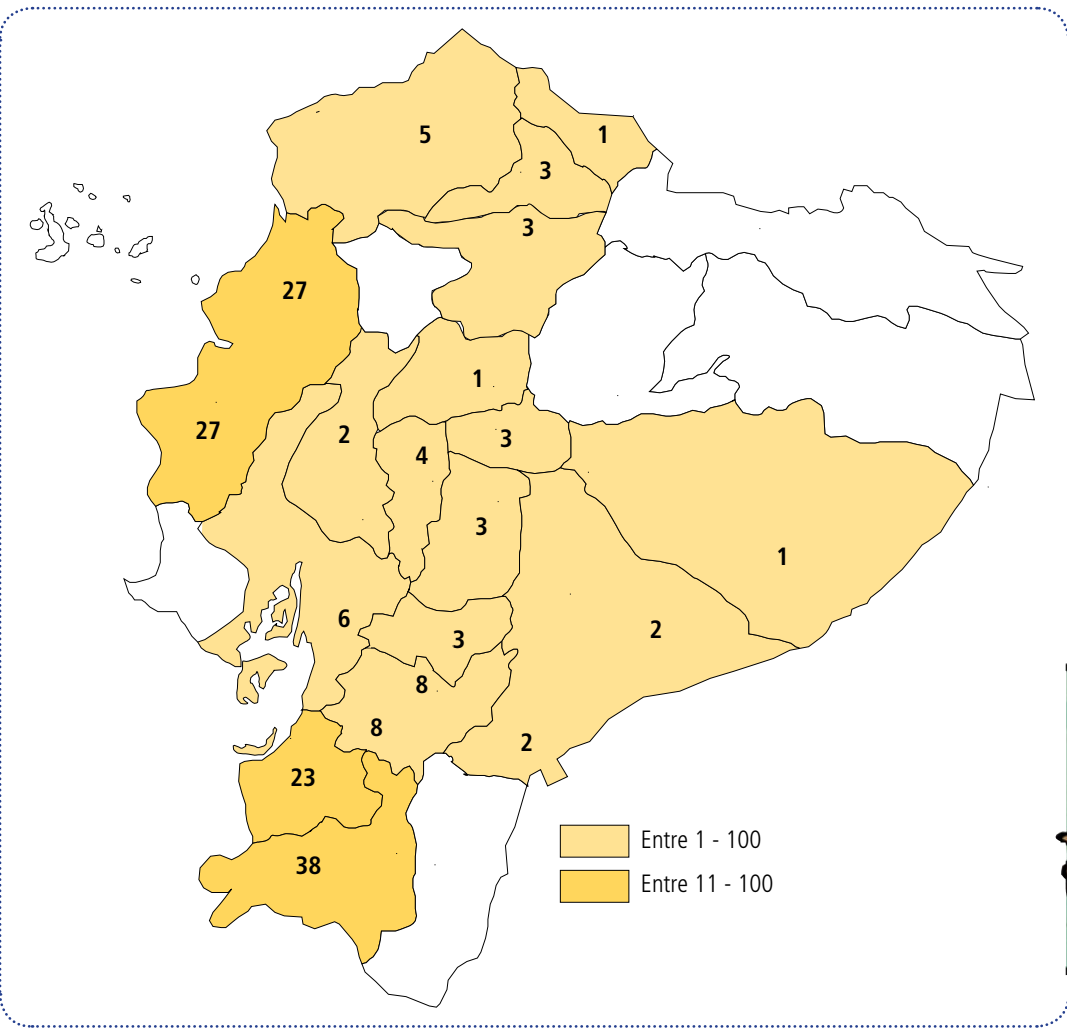


Figura 23. Provincias que han sufrido sequias entre 1970 y 2018
Fuente: DesInventar (s.f.).

Las inundaciones se han presentado muy frecuentemente en todas las provincias del Ecuador continental. Sin embargo aquellas que registran las mayores frecuencias han sido Manabí, Guayas, El Oro y Esmeraldas en la Costa; Loja en la Sierra; y Sucumbíos en la Amazonía.

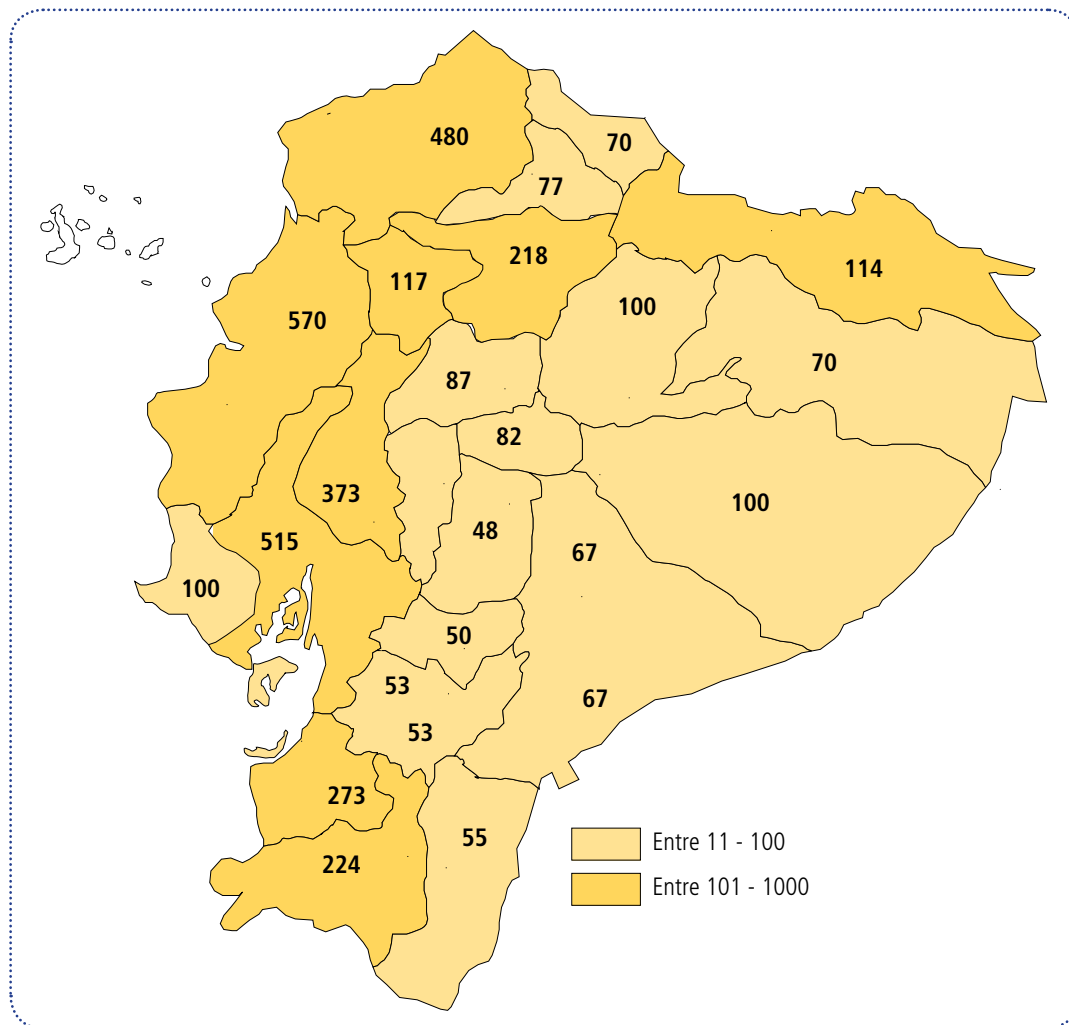


Figura 24. Provincias que han sufrido inundaciones entre 1970 y 2018
Fuente: DesInventar (s.f.).



Los deslizamientos de tierra se han presentado también muy frecuentemente en todas las provincias del Ecuador continental. Sin embargo, la provincia más afectada muy por encima de los demás es la provincia de Loja con 1.048 eventos.

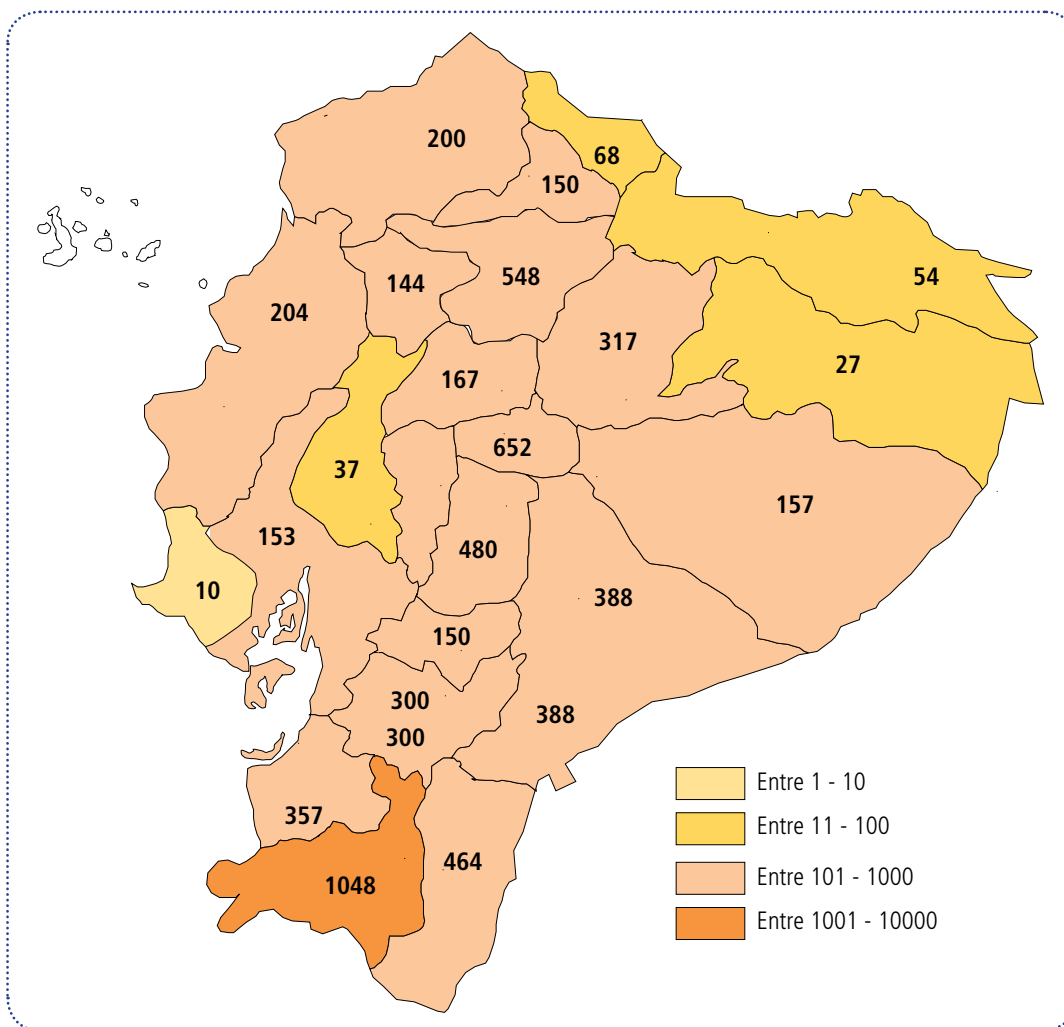


Figura 25. Provincias que han sufrido deslizamientos de tierra entre 1970 y 2018
Fuente: DesInventar (s.f.).

Previsiones de amenazas naturales futuras

The Nature Conservancy realizó en 2010 un análisis de vulnerabilidad futura al cambio climático al 2080 evaluando amenazas de deslizamientos de tierras, inundaciones y sequías para 221 cantones del Ecuador continental (86 en la Costa, 91 en la Sierra, 41 en la Amazonía y 3 no delimitados). El mencionado estudio muestra que, si bien los modelos empleados arrojaron resultados un tanto diferentes, existen algunas importantes coincidencias. Por ejemplo, en la Costa hay un alto porcentaje de cantones que tendrán incremento de riesgo de inundaciones, deslizamientos y sequías en un futuro, en especial en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y El Oro; en la Sierra: Loja, Bolívar, Pichincha y Azuay (las dos últimas no para deslizamientos) y en la Amazonía las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe.



El estudio señala que la región con riesgo más crítico de inundaciones es la de la Costa, en particular las provincias de Los Ríos (6 cantones) y Guayas (1 cantón); y más específicamente, los cantones más críticos son: Pueblo Viejo, Balao, Ventanas, Montalvo, Babahoyo, Quevedo y Quinsaloma.



El riesgo más crítico de deslizamientos se presenta en los cantones de la Amazonía, pero también en la Costa y en la Sierra, en particular en las provincias de Zamora Chinchipe (2 cantones), Morona Santiago (4 cantones), El Oro, (2 cantones), Loja (1 cantón) y Azuay (1 cantón); y más específicamente en los cantones: Atahualpa, Camilo Ponce Enríquez, Chaguarpamba, Chilla, Chinchipe, Gualaquiza, Limón Indanza, Palanda, San Juan Bosco y Santiago.

La región ecuatoriana de mayor riesgo actual y de incremento de riesgo futuro de sequías es la Costa, seguido por la Sierra, en particular las provincias de El Oro (4 cantones) y Loja (1 cantón). Los cantones más críticos son: Atahualpa, Chaguarpamba, Chilla, Pasaje y Piñas.



Realizar la actividad 2.4. sugerida en el manual "El cambio climático está en Ecuador"

En esta actividad se podrá conocer los datos más relevantes del cambio climático en el Ecuador así como descubrir y reconocer la importancia de los ecosistemas locales y los impactos climáticos que sufren a nivel de los sitios de estudio.

Preguntas de autoevaluación



1. ¿Cuál es diferencia entre variabilidad climática y cambio climático?
2. ¿Cuáles son los gases de efecto invernadero producidos por acción humana?
3. ¿Qué gas de efecto invernadero aumenta en la atmósfera debido al uso de combustibles fósiles?

¿Cuáles son las principales causas del cambio climático?
Selecciones todas las alternativas correctas

4.
 - Aumento de la ganadería
 - Disminución de cultivos
 - Deforestación
 - Destrucción de la capa de ozono
 - Quema de combustibles fósiles
 - Excesivo uso de agroquímicos

Señale cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta sobre los fenómenos de El Niño y de La Niña:

5.
 - Estos fenómenos son parte de la variabilidad climática, pero debido al cambio climático, ha aumentado su frecuencia y su capacidad de ocasionar desastres.
 - Estos fenómenos son consecuencia directa del cambio climático debido a que han empezado a manifestarse recientemente.
 - Estos fenómenos afectan al clima, pero sólo en las regiones cercanas a dónde se manifiestan.
 - El fenómeno de El Niño es parte de la variabilidad climática, pero el fenómeno de La Niña es consecuencia directa del cambio climático, por lo que ocasiona grandes desastres cuando se manifiesta.





Estudio de caso

Título: Tendencias y efectos del cambio climático en el cultivo de café en el Ecuador continental.

Localización del estudio: Ecuador continental.

Ejecutores: ECOPAR, VECO Andino.

Grupo beneficiario: Asociaciones de Caficultores del Ecuador.

Descripción del estudio:

El estudio tuvo entre sus objetivos: (1) identificar los principales efectos del cambio climático en las zonas cafetaleras a través de análisis de percepciones; y (2) determinar las tendencias de cambio climático esperadas en estas mismas zonas.

Para cumplir con el primer objetivo se identificaron las zonas cafetaleras del Ecuador continental, en función de la densidad de cultivos de café identificados en el Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de Suelo elaborado por el MAE y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en el año 2014. Con base en este mapa (figura 1) se identificaron las siguientes cuatro zonas cafetaleras:

- Zona 1: Manabí - Guayas
- Zona 2: El Oro – Loja - Azuay - Zamora
- Zona 3: Pichincha - Esmeraldas - Imbabura
- Zona 4: Sucumbíos -Napó - Orellana

En estas zonas se identificaron las principales asociaciones de caficultores, con las cuales se realizó un sondeo sobre los principales problemas que enfrentan y que pueden ser atribuidos al cambio climático, los cuales se resumen a continuación:

- Existen cambios extremos de temperatura, se incrementa durante el día y disminuye bruscamente durante la noche, lo que produce un mal desarrollo de la planta de café ocasionando pérdida de flores y mal formación de frutos.

- Se observa discontinuidad de las lluvias que produce pérdida de flores y aborto de frutos.
- Exceso de lluvia concentrada en pocos meses y aumento de temperatura que produce plagas y enfermedades en particular la roya y la broca.

Estas percepciones sobre los efectos del cambio climático fueron cotejadas con las tendencias de cambio climático a 50 años determinadas para las mismas zonas de estudio a través del Modelo Bioclimático del Ecuador Continental elaborado por el MAE y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), con el apoyo del Consorcio para el Desarrollo de los Andes (CONDESAN) en el año 2011.

Este análisis se realizó con la finalidad de determinar las medidas de adaptación al cambio climático más idóneas para los cultivos de café, en función de los efectos actuales (percepciones), los cuales se podrían agravar o aliviar en función de las tendencias identificadas (incremento o disminución de la humedad).

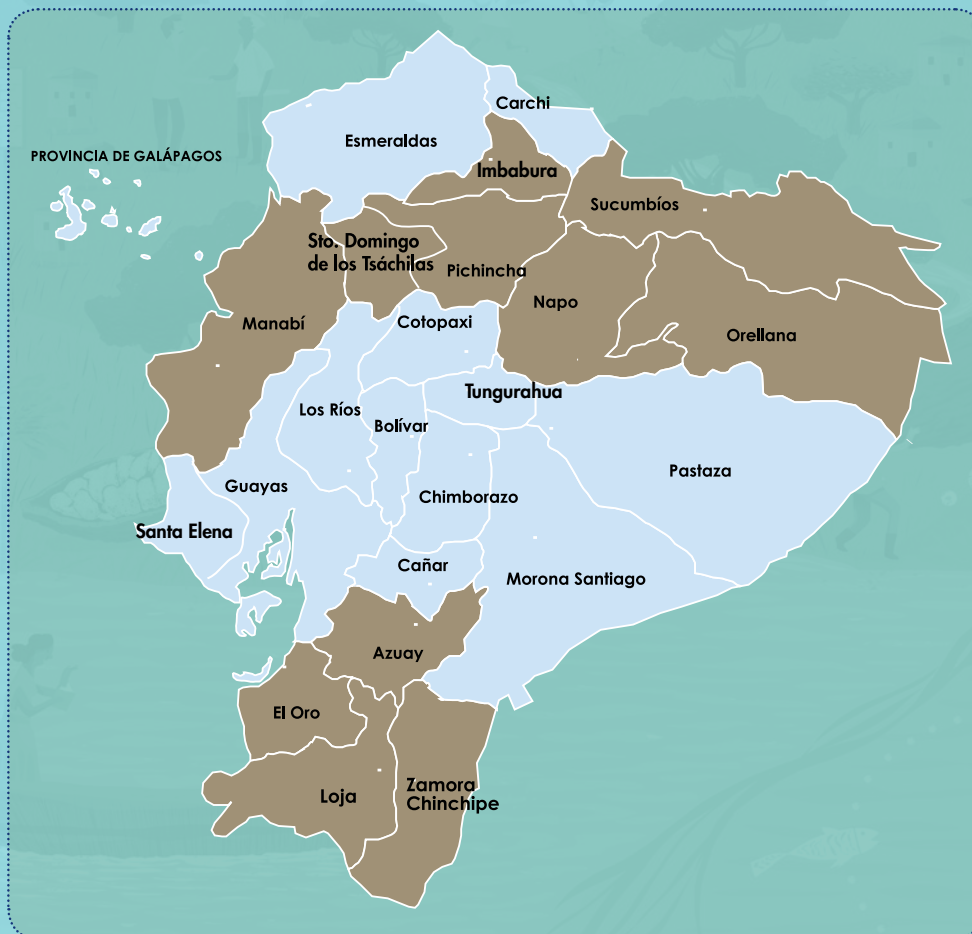


Figura 26. Zonas cafetaleras del Ecuador continental

Los resultados de las percepciones y tendencias de cambio climático identificadas para la zona caficultora de Manabí – Guayas son las siguientes:

Actuales características de la zona caficultora	Tendencias de cc a 50 años	Porcentaje de área de afectación por cantón	Percepciones de los caficultores		Efecto del clima y su incidencia en el cultivo de café
			Precipitación	Temperatura	
<p>Cafetales ubicados entre 200 y 900 m, en suelos ondulados a planos con mayor potencial agrícola. Cafetales manejados de forma tradicional, con un promedio de 25 años de edad.</p>	<p>Más de 50% del área de los cultivos de café sufriría al menos 1 nivel de disminución de la humedad.</p>	<p>60% Paján, 30% Jipijapa, 10% 24 de mayo.</p>	<p>Discontinuidad de las lluvias (menor cantidad de lluvias), por ejemplo, en el invierno llueve enero y febrero, luego no llueve marzo y abril, y vuelve a llover en mayo.</p>	<p>“Se siente más calor en el día y más frío en las noches”, es decir los extremos de temperatura han variado, sea en mayor temperatura en el día o menor temperatura en la noche.</p>	<p>Temperaturas mínimas más bajas y máximas más altas, exceso de calor y disminución provocan bajo rendimiento, mal desarrollo de la planta de café, pérdida de flores y mal formación de frutos.</p> <p>Discontinuidad de lluvias produce pérdida de flores y aborto de frutos.</p> <p>Exceso de lluvia concentrada en pocos meses y aumento de temperatura produce roya.</p>

Los resultados de las percepciones y tendencias de cambio climático identificadas para la zona caficultora de Loja – Zamora - El Oro son las siguientes: Conclusiones:

Actuales características de la zona caficultora	Tendencias de cc a 50 años	Porcentaje de afectación por cantón	Percepciones de los caficultores		Efecto del clima y su incidencia en el cultivo de café
			Precipitación	Temperatura	
<p>Los cafetales se encuentran entre 900 y 2.100 m.</p> <p>Se encuentran sembrados en pendientes pronunciadas de entre 20 a 70%, en suelos altamente erosionados.</p> <p>Tienen un promedio de edad de 35 años. Tienen un promedio de densidad de plantas de 1.600 por hectárea.</p>	<p>Más del 15% del área de cultivos de café se verá expuesto a elevación de 1 nivel de humedad.</p>	<p>60% Paltas, 10% Puyango, 10% El Pangui, 20% Morona Santiago.</p>	<p>Las lluvias son más intensas y concentradas en cortos periodos de tiempo entre los meses de enero a abril donde se distribuyen entre 600 a 1.300 mm/año.</p>	<p>Se siente más calor en el día y más frío en las noches”. Se dan heladas inusuales que afecta a la floración.</p>	<p>Exceso de lluvia concentrada en pocos meses y aumento de temperatura produce roya.</p> <p>Incremento de la temperatura en los extremos, exceso y disminución de calor provoca bajo rendimiento, mal desarrollo de la planta, pérdida de flores y mal formación de frutos.</p>
	<p>El 12% de las áreas de cultivos de café tendrán 1 nivel de disminución de humedad.</p>	<p>20% Espíndola, 20% Malacatos, 10% Quilanga, 10% Chinchipe, 10% Palanda, 30% Zaruma.</p>	<p>Se dan años en los cuales los inviernos tienen de 1 a 2 meses sin lluvias.</p>	<p>“Se siente más calor en el día”. Hay más radiación solar en el transcurso del día.</p>	<p>Falta de las lluvias y exceso de radiación solar produce pérdida de flores.</p>

- Los efectos del cambio climático más evidentes en las zonas cafetaleras son la variación de la temperatura y de la precipitación, variables que tienen una incidencia directa en la floración y fructificación del café.
- Los problemas actuales en el cultivo de café atribuibles a efectos del cambio climático tienen relación con el exceso de humedad o escases de la misma en períodos claves del ciclo de desarrollo de la planta. Ante este problema se recomienda implementar el manejo de sombra dado que con la combinación de diversos doseles del bosque permiten mantener la humedad del suelo y estabilizar la temperatura evitando cambios drásticos entre el día y la noche.
- Varias de las soluciones para enfrentar los problemas en el cultivo de café atribuibles al cambio climático son de conocimiento de los caficultores principalmente el manejo de la sombra.
- Las medidas de adaptación deben ser planteadas en forma participativa utilizando como referencia los estudios técnicos que permiten proyectar dichas medidas en función de posibles escenarios de cambio del clima en el futuro.

Fuente: ECOPAR y VECO (2015).



Respuestas de las preguntas de autoevaluación

Respuestas Unidad 1

1. Porque en condiciones naturales nuestra atmósfera es capaz de calentar la Tierra para hacer posible la vida. La temperatura que se logra es adecuada y constante y considerablemente distinta a las frías del espacio.
2. Gracias a la capa de ozono se filtran la mayoría de los rayos ultravioletas del sol que de otra manera causarían serio daño a los seres vivos.
3. Si no existiera el efecto invernadero en condiciones normales, la Tierra tendría una temperatura de 18°C.
4. Son: la atmósfera, la hidrósfera, la litósfera, la biósfera y la criósfera.
5. El clima es el estado promedio del tiempo de una región en un largo período de al menos 30 años, mientras el tiempo es el estado de la atmósfera en un corto periodo de tiempo que pudiera ser de unas horas o de un día.

Respuestas Unidad 2

1. La variabilidad climática es el comportamiento anormal del clima, como un fenómeno temporal transitorio. El cambio climático, por otra parte, denota un proceso que no es temporal y que puede verificarse en el tiempo revisando datos climáticos (ej. la temperatura).
2. Son el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxidos nitrosos (NO_2) y compuesto fluorados)
3. El CO_2
4. Aumento de ganadería, Deforestación, Quema de combustibles fósiles, Excesivo uso de agroquímicos
5. (V), (F), (F), (F).

LITERATURA CITADA

- Bates, B., Kundzewicz, S., Wu y Palutikof, J. (2008). *Climate Change and Water*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf>
- Cáceres, B. (2010). *Actualización del inventario de tres casquetes del Ecuador*. Université Nice, Nice, Francia. Disponible en: <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010052702>
- Cáceres, B. (2013). *El Cambio Climático*. VII Seminario Iberoamericano de Periodismo Científico. Disponible en: <https://andreafigueroag.wordpress.com/2013/05/18/vii-seminario-iberoamericano-de-periodismo-cientifico/>
- Casal, D, J. (2015). *Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 12 (1), 187 – 195. Disponible en: <http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/16932/12-662-Domenech.pdf>
- CIIFEN. (2011). *Guía para la preparación comunitaria. Comprendamos al clima para vivir con él*. Disponible en: <http://dipecholac.net/docs/files/286-guia-para-la-preparacion-comunitaria.pdf>
- CIIFEN. (2017). *Efecto Invernadero*. Disponible en: http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=342&lang=es
- Crutzen, P. (2006). *The anthropocene: the current human-dominated geological era*. Paths of Discovery. Pontifical Academy of Science. Act. 18. Vatican City. Disponible en: <http://www.casinapioiv.va/content/dam/accademia/pdf/acta18/acta18-crutzen.pdf>
- DesInventar. (2018). *Sistema de Información de Desastres y Emergencias del Ecuador*. Disponible en: <http://online.desinventar.org/desinventar/#ECU-DISASTER>
- Dowsett, H., Barron, J. Poore, R., Thompson R., Cronin, T. Ishman, S y Willard, D. (1999). Middle Pliocene paleoenvironmental reconstruction: PRISM2, USGS open file, report 99-535 en: Uriarte A. (2010). *Historia del clima en la Tierra*. Disponible en: http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/historia_del_clima_de_la_tierra_anton_uriarte.pdf
- ECOPAR Y VECO (2015). *Informe sobre la estrategia y medidas de adaptación propuestas para fortalecer la resiliencia del subsector cafetalero en el Ecuador*. Quito.
- Enciclopedia Británica. (2017). *The outer Shell*. Disponible en: <https://www.britannica.com/place/Earth/The-outer-shell#ref514486>
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. (2012). *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*. Disponible en: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>
- Gates, D., Thompson, J., y Thompson, M. (s.f.) *Biosphere*. *Enciclopedia Británica*. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/biosphere>

Gillis, J. (2015). New Study Links Weather Extremes to Global Warming. *The New York Times*. Disponible en: <https://www.nytimes.com/2015/04/28/science/new-study-links-weather-extremes-to-global-warming.html>

Hadley, E., Ramos, M., Paredes, J., Bolivar, A., y Wilches-Chaux G. (2015). *Nuestro clima está cambiando. Planes de clase para niños y jóvenes*. Disponible en: https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7060/Nuestro_Clima_esta_cambiando.pdf?sequence=4

INAMHI. (2016). *Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático*. Ecuador.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (s.f.). *Consecuencias*. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/656/consecuencias.pdf>

IPCC (2013). *Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGI_AR5_glossary_ES.pdf

IPCC (2014a). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-IntegrationBrochure_es.pdf

IPCC (2014b). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf

IPCC. (2007). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Disponible en: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/contents.html

Jacobsen, S. (2001). *Gas hydrates and deglaciations*, Nature, 412, 691 en Uriarte A. (2010). *Historia del clima en la Tierra*. Disponible en: http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/historia_del_clima_de_la_tierra_anton_uriarte.pdf

Kushnir, Y. (2000). *Solar Radiation and the Earth's Energy Balance*. EESC. Earth Institute. Columbia University. Disponible en: <http://eesc.columbia.edu/courses/ees/climate/lectures/radiation/>

Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., Peterson, T. y Prather, M. (2007). *Historical Overview of Climate Change*. Pp. 97. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, B., Tignor, M. and Miller, H. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter1.pdf>

LEDS LAC y EUROCLIMA. (2016). *Desarrollo resiliente y bajo en emisiones en América Latina: integrando mitigación y adaptación. Serie de Estudios Temáticos EUROCLIMA No 9*. Disponible en: <https://issuu.com/euroclima/docs/et9>

- MAE. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático*. Quito, Ecuador. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/tercera-comunicacion-nacional-del-ecuador/>
- Manzanaque, J. (2009). *El planeta Tierra*. Disponible en: http://almez.pntic.mec.es/~j-mac0005/ESO_Geo/TIERRA/Html/Oceanos.htm
- Moreno, J., (2013). *Un nuevo récord en las emisiones de CO2 que ya no podemos ignorar*. Materia. Disponible en: <http://esmateria.com/2013/05/12/un-nuevo-record-en-las-emisiones-de-co2-que-ya-no-podemos-ignorar/>
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang. (2013). *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf
- Nahle, N. (2006). Calentamientos globales durante el período Holoceno. Biology Cabinet. Disponible en: <http://www.biocab.org/Holoceno.html>
- National Geographic. (2010). *Disminución del ozono*. Disponible en: <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/disminucion-del-ozono>
- Olivier J.G.J., Janssens-Maenhout G., Muntean M. and Peters J.A.H.W. (2016). *Trends in global CO2 emissions: 2016 Report*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency; Ispra: European Commission, Joint Research Centre.
- Qiancheng, Ma. yTipping, R.H. (1998). *Greenhouse Gases: Refining the Role of Carbon Dioxide*. Disponible en: https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/ma_01/
- Rabatel, A., Francou, B., Soruco, A., Gomez, J. Cáceres B. **et al.** (2013). *Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change*. The Cryosphere, Copernicus 2013, 7 (1). Disponible en: <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01195809/document>
- Revista ecosistemas. (2017). *Biósfera y clima*. Disponible en: http://revistaecosistemas.webs.uvigo.es/miniecosistemas/temas/biosfera_clima.pdf
- Rind, D. (1992). *An uplifting experience. Nature en: Uriarte A. (2010). Historia del clima en la Tierra*. Disponible en: http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/historia_del_clima_de_la_tierra_anton_uriarte.pdf
- Scotese, C. (2001). *Climate History*. Paleomap Project. Disponible en: <http://www.scotese.com/climate.htm>
- Serrano, V., López, J., Gimeno, L., Nieto, R., Morán, E., La Cruz, L., Beguería, S., y Molina, C. (2011). *A multiscalar global evaluation of the impact of ENSO on droughts. Journal of Geophysical Research. Atmospheres. Vol. 116*. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2011JD016039/full>

Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom J., Cornell, S., Fetzer, I., Bennett, E., Biggs R., Carpenter, S., De Vries, W., De Wit, C., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G., Persson L., Ramanathan V., Reyers, B and Sörlin, S. (2015). *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*. Science 347. Disponible en: <http://science.sciencemag.org/content/347/6223/1259855>

Trenberth, K., Fasullo, J., y Kiehl, J. (2009). *Earth's Global Energy Budget*. Disponible en: <http://www.cgd.ucar.edu/staff/trenbert/trenberth.papers/BAMSmarTrenberth.pdf>

Ulloa, D. (2017). *Estudio de Medios de Vida y Vulnerabilidad al Cambio Climático en las parroquias Honorato Vásquez y Membrillar*. Programa Regional AbE - Manabí.

Uriarte, A. (2010). *Historia del clima en la Tierra*. Disponible en: http://www.herbogemini.com/IMG/pdf/historia_del_clima_de_la_tierra_anton_uriarte.pdf

USGS. (2016). *The World's water*. The USGS Water Science School. Disponible en: <https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>

VDOCUMENTS. (2015). *Meteorología y Sus Relaciones Con Otras Ciencias*. Disponible en: <https://vdocuments.site/meteorologia-y-sus-relaciones-con-otras-ciencias.html>

Viguera, B., Martínez-Rodríguez, M. R., Donatti, C., Harvey, C.A. y Alpízar, F. (2017). *El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA*. Disponible en: <http://www.namacafe.org/es/noticias/proyecto-cascada-ofrece-material-de-capacitacion-para-facilitar-la-adaptacion-al-cambio>

Watson, C., White, N., Church, J., King, M., Burgette R. y Legresy, B. (2015). *Unabated global mean sea-level rise over the satellite altimeter era*. *PNAS*. Disponible en: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2015NatCC...5..565W>

Wing, S. Harrington, G., Smith, F., Bloch, J., Boyer, D. y Freeman K. (2005). *Transient floral change and rapid global warming at the Paleocene-Eocene boundary*, Science en: Uriarte A. (2010). *Historia del clima en la Tierra*. Disponible en: http://www.herbogemini.com/IMG/pdf/historia_del_clima_de_la_tierra_anton_uriarte.pdf

Winkelmann, R., Levermann, A., Ridgwell, A, y Caldeira K. (2015). *Combustion of available fossil fuel resources sufficient to eliminate the Antarctic Ice Sheet*. Disponible en: <http://advances.sciencemag.org/content/1/8/e1500589.full>

Wodon, Q., Liverani, A. and Joseph, G. eds. (2014). *Climate change and migration: evidence from the Middle East and North Africa*. World Bank Publications.

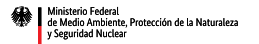
World Resources Institute. (2015). *What do your country's emission look like?*. Disponible en: <http://www.wri.org/blog/2015/06/infographic-what-do-your-countrys-emissions-look>.



Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:



de la República Federal de Alemania



Calle Madrid 1159 y Andalucía
Código postal: 170525/ Quito-Ecuador
Teléfono: 593-2 398 7600