



Guía de apoyo para la Educación en Cambio Climático





Guía de apoyo para la Educación en Cambio Climático



551.609.7286

C8374g Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía.
Guía de apoyo para la Educación en Cambio Climático
/ MINAE; Instituto Meteorológico Nacional; Gladys Jiménez
Valverde. – San José, Costa Rica: MINAE, IMN, 2021.
70 páginas: ilustraciones a color: 28 cm.

ISBN: 978-9977-50-157-4

Contiene: El sistema climático de la tierra. – Cambios e impactos observados en el sistema climático. – Medición de emisiones de gases de efecto invernadero y escenarios futuros del clima. – Para enfrentar el cambio climático. – Acción por el clima: cumpliendo el objetivo.

1. CAMBIO CLIMÁTICO. 2. GASES 3. EFECTO INVERNADERO.
4. COSTA RICA. I. Instituto Meteorológico Nacional (Costa Rica) II. GEF. III. PNUD.

Guía de apoyo para la Educación en Cambio Climático

© MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA
© INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL
Departamento de Desarrollo

San José, Costa Rica, 2021.

Coordinación general:
Ing. Ana Rita Chacón Araya

Redacción y edición:
Dra. Gladys Jiménez Valverde

Revisión general:
Ing. Kattia Carvajal Tovar

Autor del cuento La Luna de mi patio:
Ing. José Alberto Retana Barrantes

Diseño y diagramación:
Rodrigo Granados Jiménez

Portada:
Composición con base en ilustración de José Alberto Retana e ilustraciones de vecteezy.com.

De conformidad con la Ley Número 6683 de Derechos de Autor y Derechos Conexos, es prohibida la reproducción de este libro en cualquier forma o medio, electrónico o mecánico incluyendo el fotocopiado, grabadoras sonoras y otros. Distribución gratuita.

Citar como:
Instituto Meteorológico Nacional. (2021). *Guía de apoyo para la Educación en Cambio Climático*. San José, Costa Rica: IMN-PNUD.

CONTENIDO

Introducción	5
Antecedentes	5
Objetivo	6
CAPÍTULO I	
El sistema climático de la Tierra	7
1. El sistema climático de la Tierra	7
2. Tiempo y clima	13
3. El clima y las regiones climáticas de Costa Rica.....	16
4. Literatura consultada.....	22
CAPÍTULO II	
Cambios e impactos observados en el sistema climático ..	23
1. Factores que determinan el clima	23
2. Calentamiento global, un Cambio Climático de causa humana.....	27
3. Cambios e impactos observados en el sistema climático	28
4. Impactos del calentamiento global en Costa Rica	30
5. Literatura consultada.....	34
CAPÍTULO III	
Medición de emisiones de gases de efecto invernadero y escenarios futuros del clima	35
1. Medición de GEI	35
2. Escenarios futuros de Cambio Climático	39
3. Literatura consultada.....	40



CAPÍTULO IV

Para enfrentar el Cambio Climático 41

1. Mitigación del Cambio Climático 42

2. Adaptación al Cambio Climático 45

3. Literatura consultada 49

CAPÍTULO V

**Acción por el clima:
cumpliendo el objetivo 13 de los ODS**..... 51

1. Educar para la Acción Climática 52

2. La educación en Cambio Climático en Costa Rica 53

3. Reforzando conocimientos y promoviendo
comportamientos ambientalmente responsables 54

4. Literatura consultada 66

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El planeta Tierra ha experimentado cambios de clima de forma continua. Se tiene la seguridad de que el clima del pasado fue diferente al que tenemos en el presente y que en el futuro habrá un clima distinto al actual. En términos científicos, Cambio Climático representa cualquier cambio que experimente el clima del planeta independientemente de sus causas, se utiliza para referirse al cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana y se superpone a la variabilidad climática natural. Por lo anterior, cuando se habla de Cambio Climático se debe tener el cuidado de que quede claro a cuál de las dos acepciones anteriores nos estamos refiriendo.

El Cambio Climático que trataremos en este documento, es de origen antrópico y se explica en términos de la intensificación del efecto invernadero natural. Dicha intensificación, se deriva del cambio en la composición que ha experimentado la atmósfera como consecuencia de la actividad humana.



El Cambio Climático, es uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la humanidad en la actualidad. El incremento de la temperatura media del planeta, el cambio en los patrones de precipitación, el aumento en el nivel del mar y en la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos (tormentas, sequías y huracanes, entre otros), están trayendo consecuencias negativas en la agricultura y la seguridad alimentaria, la extinción y el cambio de hábitos de las especies marinas y terrestres, la pesca, la salud humana y el desarrollo de actividades como el turismo, entre otros, que a corto y medio plazo tendrán que realizar adaptaciones a las nuevas condiciones climáticas.

La lucha contra el Cambio Climático no sólo es un reto, sino que también puede entenderse como una oportunidad para propiciar un cambio en el estilo de vida que permita el desarrollo de un mundo más justo y equilibrado, donde los patrones de progreso se refieran a la solidaridad, la equidad, la cooperación, la participación, el respeto a los derechos humanos y la sostenibilidad.

La presente Guía de apoyo para la Educación Cambio Climático, es una de las actividades que el Ministerio de Ambiente y Energía a través del Instituto Meteorológico Nacional y la Dirección de Cambio Climático, vienen realizando como parte de los compromisos con la población nacional, en el marco de los acuerdos internacionales ratificados por nuestro país.

Objetivo

Facilitar a los educadores y educadoras del país, los contenidos y herramientas básicos en el tema de Cambio Climático, que les permita su incorporación en las lecciones impartidas tanto en la educación formal como en la educación no formal.

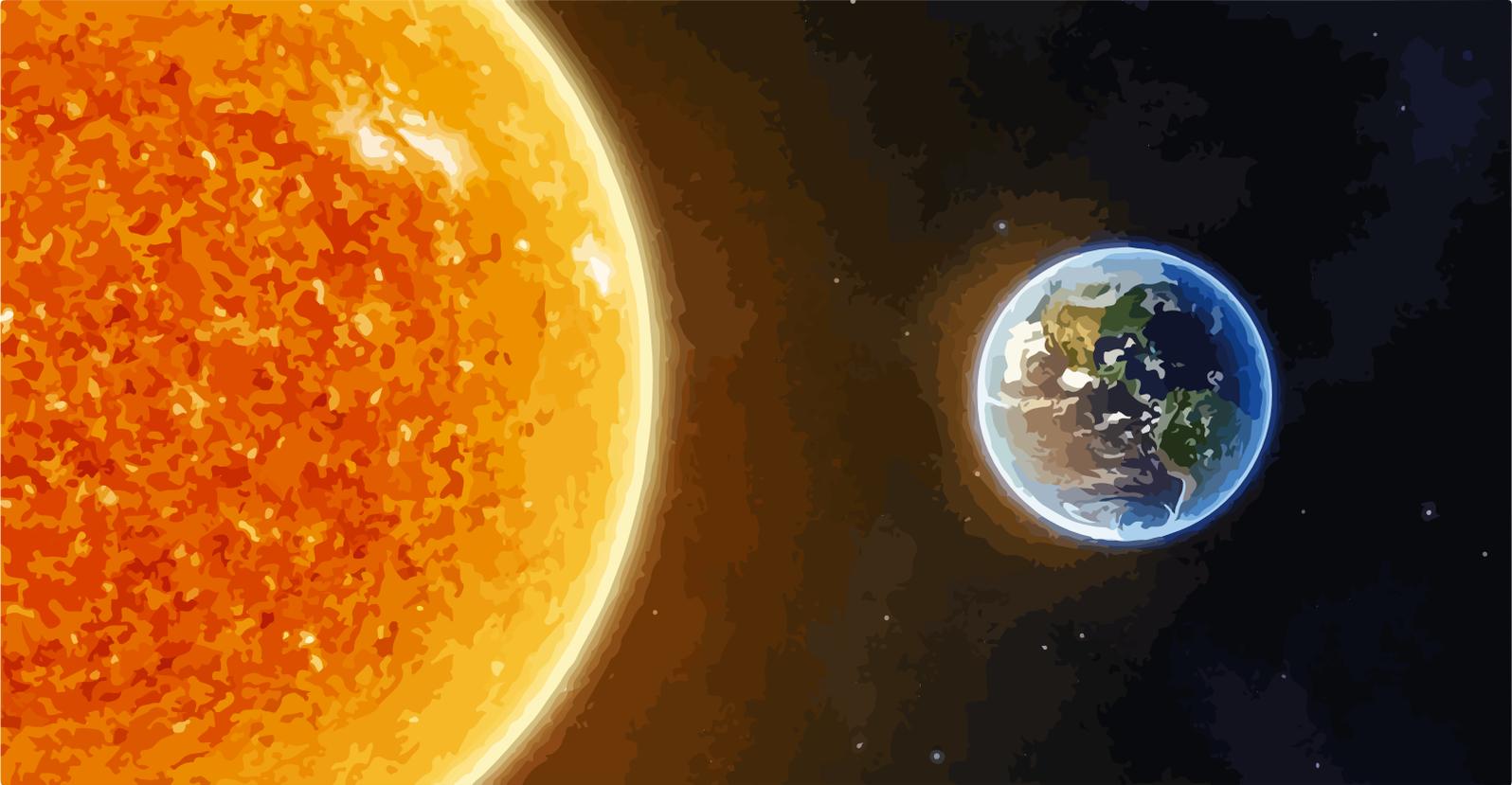
EL SISTEMA CLIMÁTICO DE LA TIERRA

1. El sistema climático de la Tierra

El clima del planeta es un sistema interconectado sobre el cual influyen muchos factores, entre ellos, la radiación del Sol, la composición de la atmósfera, el ciclo del agua, así como las características de la superficie terrestre.

Solo entendiendo el sistema climático como un todo, es posible comprender el flujo y los ciclos de energía y materia en la atmósfera, y saber que es necesario para investigar las causas y los efectos del Cambio Climático (Gómez-Martín, 2016).





1.1. El Sol

El Sol es la fuente de energía más importante para que el sistema climático funcione, proporciona la energía necesaria para que los seres vivos puedan realizar sus funciones. Una gran parte de la luz solar que alcanza la superficie de la Tierra es absorbida y calienta el planeta; posteriormente esta energía se emite de regreso al espacio en forma de radiación infrarroja, es decir, si la cantidad de energía que recibe la Tierra es igual a la que pierde se dice que se encuentra en equilibrio, a esto se le conoce como balance energético de la Tierra (Centro Mario Molina, s.f.).

Sin embargo, no toda la superficie de la Tierra recibe la misma cantidad de energía y esto se debe a sus movimientos y a su inclinación. Uno de esos movimientos es la rotación, que es cuando la Tierra gira sobre sí misma, de tal manera que cuando una mitad está alumbrada por el Sol y es de día, la otra mitad no está alumbrada y es de noche. La inclinación del eje terrestre con respecto a su órbita alrededor del Sol, genera cambios previsibles en la duración del día y en la cantidad de luz solar recibida en cualquier latitud a lo largo del año (Centro Mario Molina, s.f.).

El otro movimiento muy importante del planeta Tierra es la traslación, mediante el cual la Tierra gira alrededor del Sol permitiendo la existencia de las estaciones. La órbita terrestre alrededor del Sol describe una elipse, por lo que la velocidad a la que la Tierra se mueve es variable; de tal manera que aún cuando cada estación recorre un cuarto de la órbita terrestre, no lo hace exactamente en un cuarto de año (Centro Mario Molina, s.f.).

1.2. La atmósfera

La atmósfera es la capa de gas (principalmente nitrógeno y oxígeno) que rodea la Tierra. En comparación con el diámetro aproximado de 12.000 km de la Tierra, la capa atmosférica es realmente muy delgada, cerca del 99% de todo el gas atmosférico está concentrado en los primeros 30 kilómetros desde la superficie terrestre (IMN, s.f.).

La atmósfera tiene varias funciones, actúa como un escudo protector de los rayos ultravioleta del Sol, además como una especie de manto que atrapa el calor manteniendo la superficie de la Tierra en condiciones habitables (Gómez-Martín, 2016).

1.2.1. ¿Cómo se creó la atmósfera?

La vida como se conoce actualmente, es el resultado de un proceso evolutivo del planeta. Si bien es cierto que la posición que ocupa la Tierra con respecto al Sol, le permite ser irradiada con una cantidad de energía suficiente como para mantener procesos biológicos vitales, esta cantidad de energía no sería suficiente para la vida si el planeta no hubiera desarrollado una atmósfera particular en su composición y distribución de gases (Retana y Zumbado, 2015).

Durante millones de años, la atmósfera de la Tierra ha sufrido transformaciones constantes que han afectado no solo el modelado de la superficie del planeta, la distribución de fluidos y el intercambio gaseoso, sino que permitieron el desarrollo de condiciones favorables para la aparición de diferentes formas de vida (Retana y Zumbado, 2015).

La atmósfera terrestre se formó por la desgasificación que sufrió el planeta durante su proceso de en-

friamiento, desde las primeras etapas de su formación (al bajar la temperatura muchas sustancias que estaban gaseosas pasaron a líquido o sólido).

A lo anterior, se deben añadir las grandes cantidades de gases y polvo emitidos por los volcanes, los cambios que a lo largo del tiempo han aportado los seres vivos (O_2 y N_2), y los actuales cambios provocados por los seres humanos que han provocado el aumento del dióxido de carbono (CO_2) (Universidad de Murcia, s.f.).

La atmósfera terrestre se creó hace aproximadamente 4.500 millones de años, en un proceso que puede dividirse en cuatro etapas, tal como se presenta en la figura 1.

- **En la primera etapa**, hace aproximadamente 4.500 millones de años, la Tierra era un planeta geológicamente muy activo. Las emanaciones volcánicas formaron la atmósfera primitiva, que estaba compues-



Figura 1. Etapas de formación de la atmósfera terrestre. Fuente: Tomado de: <http://www.eafit.edu.co/ninos/reddelaspreguntas>.

ta en mayor proporción por vapor de agua, dióxido de carbono, azufre y nitrógeno. En esta etapa, el oxígeno era apenas presente y aún no existían los océanos.

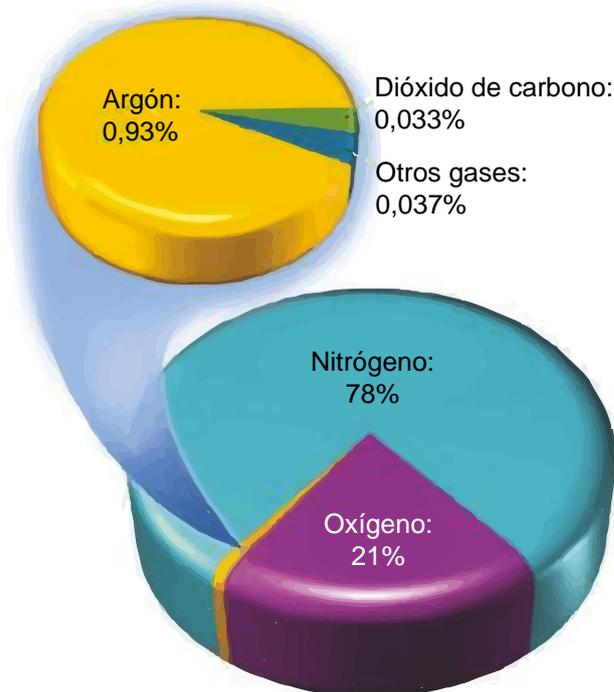
- **En la segunda etapa**, al enfriarse la Tierra, el vapor de agua se condensó y se formaron los océanos. En esta etapa llovió por mucho tiempo y al caer el agua, el dióxido de carbono reaccionó con las rocas de la corteza terrestre para crear los carbonatos fundamentales para que se formara la vida y para que los mares sean salados como ocurre en la actualidad.
- **En la tercera etapa**, hace aproximadamente 3.500 millones de años, aparecieron las bacterias capaces de realizar la fotosíntesis, es decir, de producir oxígeno, lo que facilitó el desarrollo de la vida marina.
- Cuando la atmósfera obtuvo el oxígeno suficiente, se produjo **la cuarta etapa**, en donde la atmósfera y un conjunto de muchas otras variables ambientales, crearon las condiciones necesarias para la evolución de grandes organismos, como los animales capaces de respirar aire.

Finalmente, se llega a la atmósfera actual que contiene los gases creados en cada una de las fases anteriores. Estos se mantienen en movimiento por los vientos y las lluvias, permitiendo respirar a todos los organismos vivos.

1.2.2. La atmósfera y su composición

Se puede definir la atmósfera como la envoltura gaseosa que rodea la Tierra. Aunque la atmósfera tiene un espesor de varios cientos de kilómetros, cerca del 99 % de su masa gaseosa se encuentra dentro de los primeros 30 km cercanos a la superficie terrestre. Los principales gases que componen esta cobertura gaseosa son (Camilloni y Vera, s.f.):

- **Nitrógeno (N₂):** 78% total del aire. Es un gas que no reacciona con casi ninguna otra



sustancia (inerte) y apenas se disuelve en agua.

- **Oxígeno (O₂):** 21% del total. Es un gas muy reactivo, se combina con otras sustancias oxidándolas. Permite que los combustibles ardan y se disuelve en agua.
- **Dióxido de carbono (CO₂):** 0,033% del total. Producido por la combustión de los combustibles fósiles y la respiración de las plantas. Es soluble en agua.

Otros gases que componen la atmósfera son:

- **Gases nobles:** Argón, Kriptón, Neón y Helio.
- **Hidrógeno y metano.**
- **Vapor de agua.** Su proporción depende de la zona de la superficie terrestre y de la temperatura de la atmósfera.

Esta capa de gases es el punto de inicio para el estudio del efecto del clima sobre los seres vivos y nos permite comprender los procesos que influyen sobre los organismos, los ecosistemas y la vida humana en general (Retana y Zumbado, 2015).

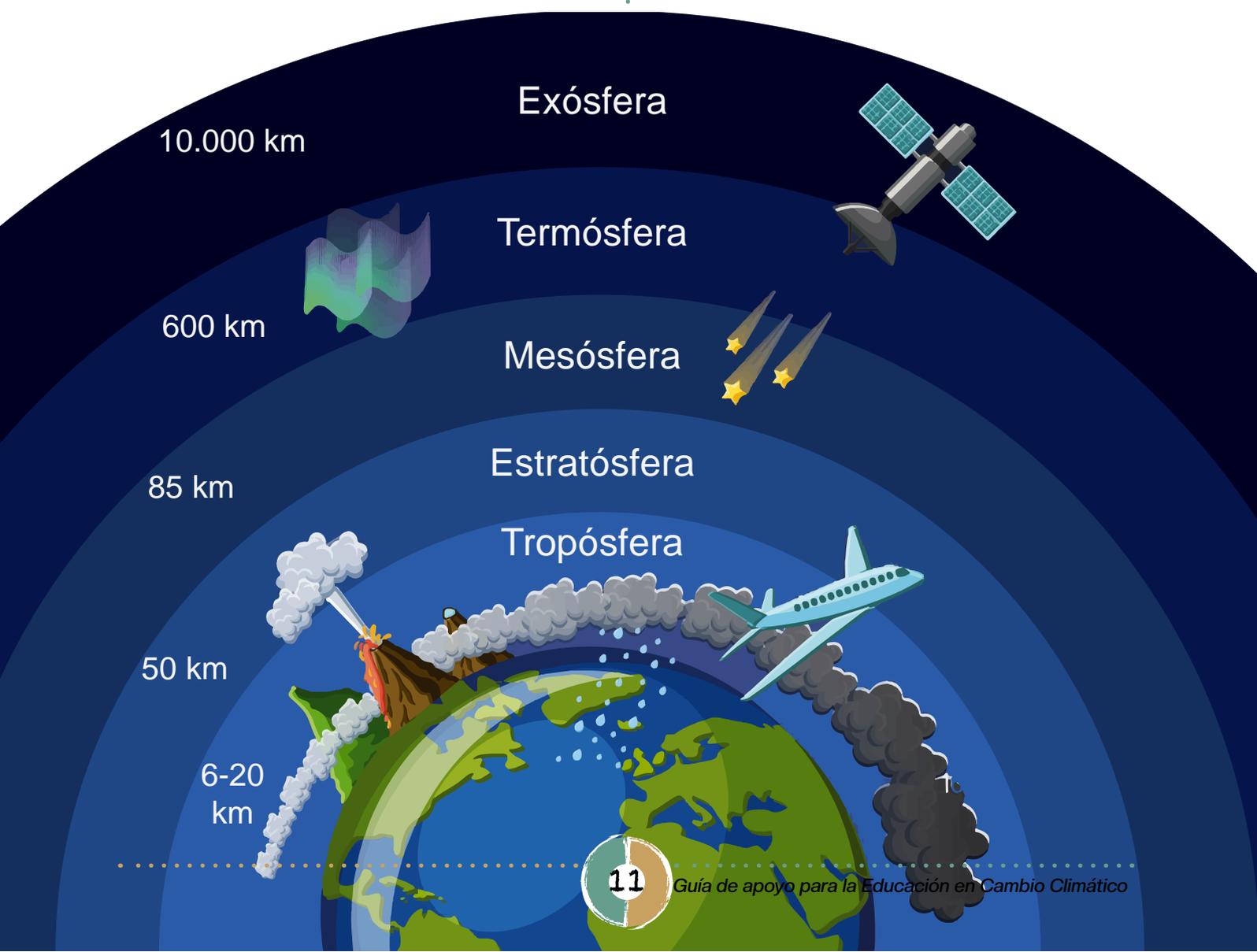
1.2.3. Estructura de la atmósfera

La atmósfera puede ser dividida en una serie de capas, en función de la variación que sufre la temperatura según la altura (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas, 2011).

La tropósfera es la capa más delgada de la atmósfera y está en contacto con la superficie de la Tierra donde ocurren todos los fenómenos meteorológicos que influyen en los seres vivos como los vientos, la lluvia y los huracanes. En esta capa, el aire alcanza su máxima densidad, ya que aquí se concentra la mayor parte del oxígeno y del vapor de agua. Esta capa actúa como un regulador térmico del planeta; sin ella, las diferencias térmicas entre el día y la noche serían tan grandes que no podríamos sobrevi-

vir, por lo que es de vital importancia para los seres vivos. La temperatura en la tropósfera desciende a razón de aproximadamente 6,5 °C por kilómetro de altura, por encima de los 2.000 metros de altura.

La estratósfera está dispuesta en capas más o menos horizontales o estratos, donde a medida que se sube la temperatura aumenta, esto es debido a que los rayos ultravioleta transforman el oxígeno en ozono. La **ozonósfera** es una parte de la estratósfera, se extiende entre los 15 - 40 km de altitud aproximadamente y reúne el 90% del ozono presente en la atmósfera, el cual actúa como filtro o escudo protector de las radiaciones nocivas que llegan a la Tierra, dejando pasar sólo las que permiten la vida en el planeta.





¿Sabías qué?

La palabra "atmósfera" proviene del griego *Atmos* que significa "gas" y *Sphaira* que significa esfera, por lo que el significado de atmósfera significa "esfera de gas".

La mesósfera, en esta capa la temperatura disminuye a medida que aumenta la altura, hasta llegar a unos $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$, es la zona más fría de la atmósfera. La baja densidad del aire determina la formación de turbulencias. En esta región las naves espaciales que vuelven a la Tierra empiezan a notar los vientos y el rozamiento con la atmósfera. Se pueden observar aquí las estrellas fugaces, que son meteoroides que se han desintegrado en la termósfera. Debido a que la mesósfera se encuentra por encima de la altitud máxima de globos y aviones, pero

demasiado baja para los satélites artificiales, sólo puede estudiarse con cohetes sonda durante tiempo limitado.

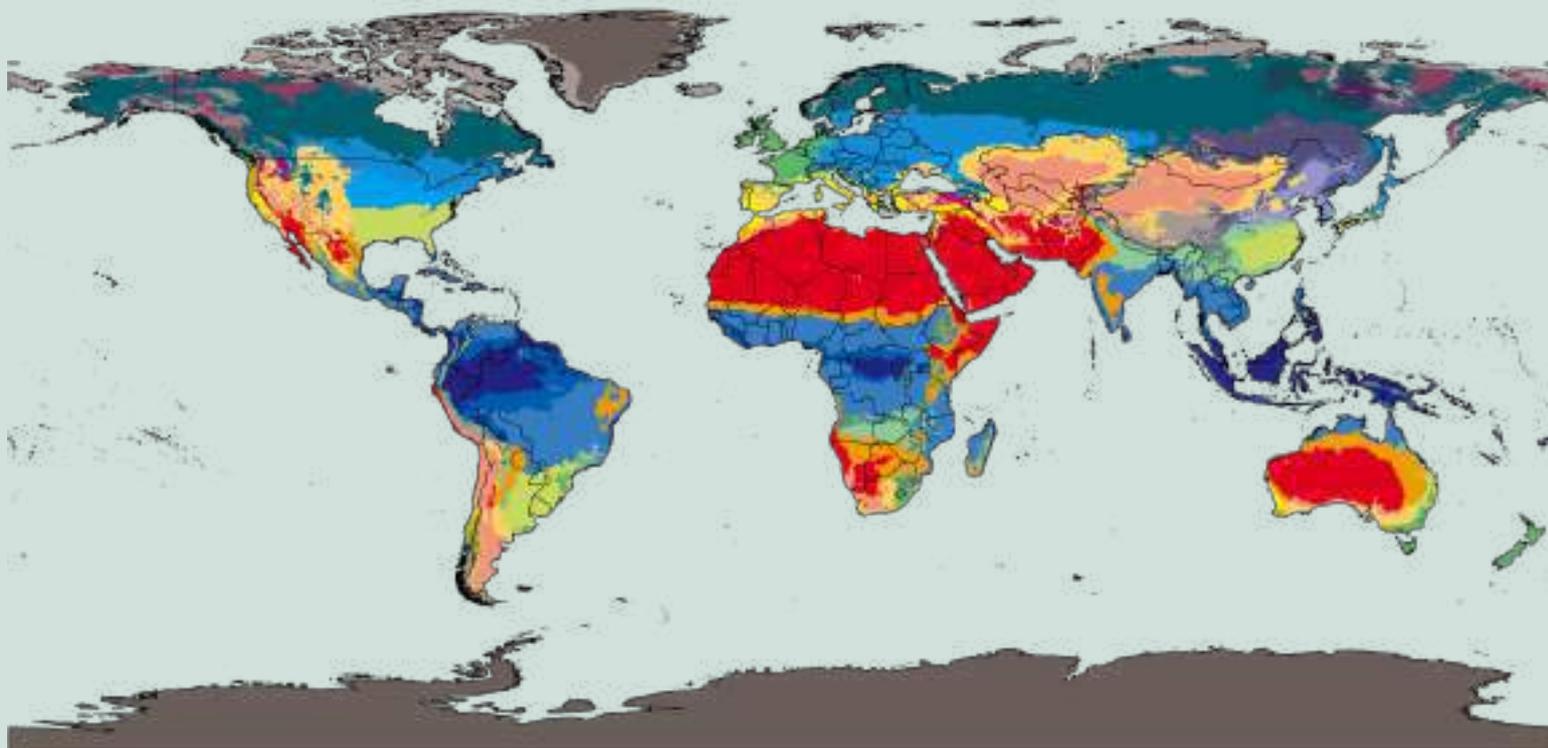
Termósfera o ionósfera, en esta capa la radiación ultravioleta, principalmente los rayos gamma y los rayos X provenientes del Sol, provocan la ionización de átomos y moléculas. En este proceso los gases que la componen elevan su temperatura varios cientos de grados, lo que hace que se desintegren la mayoría de los meteoritos debido al rozamiento con el aire. En las regiones polares, las partículas cargadas portadas por el viento solar son atrapadas por el campo magnético terrestre, dando lugar a la formación de auroras boreales. Entre sus propiedades está que contribuye esencialmente a la reflexión de las ondas de radio, emitidas desde la superficie terrestre.

La **exósfera**, es la zona de tránsito entre la atmósfera terrestre y el espacio. En esta capa los gases van perdiendo sus propiedades físico-químicas y poco a poco se dispersan, hasta que la composición es similar a la del espacio. En esta región se encuentran los satélites artificiales y hay un alto contenido de polvo cósmico.

EL SISTEMA CLIMÁTICO DE LA TIERRA

2. Tiempo y clima

Es muy común confundir el tiempo con el clima, por lo que es necesario conocer cuál es la diferencia entre ambos conceptos.



Tropical	Seco	Templado			Continental			Polar
Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Csc	Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dfc	
	BSk				Dsd	Dwd	Dfd	

Fuente: Beck, H.E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F., CC BY 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>, via Wikimedia Commons from "Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution". *Nature Scientific Data*. DOI:10.1038/sdata.2018.214.

2.1. Tiempo atmosférico

Cuando se habla de tiempo atmosférico, se está describiendo el estado de la atmósfera en un momento preciso y en un lugar específico. Para realizar el pronóstico del tiempo los meteorólogos utilizan las variables de precipitación, nubosidad, viento, temperatura y humedad. El tiempo atmosférico se encuentra en continuo cambio, dependiendo de la evolución diaria de las variables meteorológicas (Gómez-Martín, 2016).

2.2. Clima

El clima es el comportamiento promedio de la atmósfera durante un periodo prolongado de tiempo. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) recomienda a los países agremiados, que determinen el clima a partir de registros de 30 años de extensión, esto se debe a que se considera que este período es lo suficientemente largo como para capturar todas las señales de variabilidad que se puedan presentar sobre una región, de manera que el promedio tenga una base sólida en su expresión. De esta forma, el clima es expresado por los valores promedio de los

registros de los últimos 30 años, de los elementos que lo componen (Retana y Zumbado, 2015).

El clima de la Tierra es dinámico, cambiante e incluso irreplicable, lo cual es consecuencia de la energía que recibe del Sol, además, de los intercambios de energía entre las partes que conforman el sistema climático. Esas partes o subsistemas son:

- a) **La atmósfera:** que es la envoltura gaseosa del planeta.
- b) **La hidrosfera:** que está conformada por océanos, mares, lagos, entre otros.
- c) **La litosfera:** es la corteza sólida de los continentes.
- d) **La biosfera:** está formada por todos los seres vivos, incluidos los seres humanos.
- e) **La criosfera:** conformada por los hielos que cubren parte de los océanos y continentes.

Probablemente la principal manifestación de la interacción existente entre la corteza terrestre, el océano y la atmósfera, lo constituye el sistema climático. Este sistema está compuesto por varios elementos que interactúan, promoviendo un ambiente particular en cada región del planeta y que, a su vez, son





No es lo mismo tiempo que clima

El tiempo atmosférico es el estado de la atmósfera en un lugar y un momento determinado y refleja las condiciones del día y la hora. El clima se refiere a las estadísticas más representativas del tiempo atmosférico, para una región determinada, durante un periodo de al menos 30 años.

modificados por la altitud, la latitud y la geografía (Retana y Zumbado, 2015).

Además, la interacción de los elementos del clima que son el agua (en las diferentes fases de su ciclo), la temperatura, el viento, la radiación solar, el brillo solar, la humedad del aire y la presión atmosférica, con el medio, genera otras variables compuestas cuyo registro es importante: la evapotranspiración, la temperatura al punto de rocío, la escorrentía o la infiltración del agua en el suelo y la radiación fotosintéticamente activa, entre otros (Retana y Zumbado, 2015).

2.3. Variabilidad climática

El IPCC (2019) define la variabilidad climática como las variaciones en el estado medio del clima, en todas las escalas temporales y espaciales. La variabilidad puede ser causada por procesos naturales propios del sistema climático o por factores externos al mismo. Existen múltiples fenómenos de variabilidad climática que pueden generar comportamientos anómalos en los elementos atmosféricos.

Entre las causas de la variabilidad natural del clima están: los ciclos y las tendencias en la órbita de la Tierra, la radiación solar, la composición química de

la atmósfera, la circulación oceánica y su interacción con la atmósfera y la biosfera. Uno de los principales factores impulsores de la variabilidad natural del clima es el fenómeno de “El Niño”, conocido con ese nombre debido a que los episodios de este fenómeno ocurren cerca de la Navidad.

El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) es un fenómeno natural, caracterizado por la fluctuación de las temperaturas del océano en las partes central y oriental del Pacífico Ecuatorial, asociada a cambios en la atmósfera. Este fenómeno tiene una gran influencia en las condiciones climáticas de numerosas partes del mundo (OMM, 2017).

El Niño es la fase cálida del ENOS, se refiere al calentamiento anormal de las aguas ecuatoriales del Océano Pacífico Tropical. Por lo general, cuando El Niño alcanza una intensidad fuerte o muy fuerte, influye considerablemente en las condiciones del tiempo (temperaturas y precipitaciones, entre otros factores) en muchas partes del mundo, incluyendo a Costa Rica (IMN, s.f.a).

La Niña es la fase fría del ENOS, es el enfriamiento anormal de las aguas ecuatoriales del Océano Pacífico Tropical. Este fenómeno influye considerablemente las condiciones del tiempo en muchas partes del mundo, aunque de manera distinta y en algunas ocasiones opuesta a como lo hace El Niño (IMN, s.f.b).

Los fenómenos que originan la variabilidad climática no son permanentes, sino que evolucionan con el tiempo, en días, meses, años o hasta décadas. Al desaparecer el fenómeno las condiciones tienden a normalizarse. La mayor parte de los fenómenos de variabilidad propios del sistema climático, están asociados a fluctuaciones u oscilaciones de la presión atmosférica, lo que a su vez genera desequilibrios en los patrones de otros elementos climáticos. Como consecuencia de dichos cambios, se producen impactos sobre la sociedad como sequías, olas de calor, lluvias extremas, inundaciones y olas de frío, entre otros (Retana y Zamora, 2015).

EL SISTEMA CLIMÁTICO DE LA TIERRA

3. El clima y las regiones climáticas de Costa Rica

La franja planetaria comprendida entre los paralelos Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio, se define como Zona Tropical. La ubicación de Costa Rica en esta región, le confiere características tropicales a su entorno ecológico: bosques, red hidrográfica, suelos y clima. La fauna y la flora que se adapta a estas condiciones son, por lo tanto, de tipo tropical (IMN-CRRH, 2008).

El clima tropical de Costa Rica, es modificado por diferentes factores como el relieve (la disposición de las montañas, llanuras y mesetas), la situación con respecto al continente (condición ístmica), la influencia oceánica (los vientos o las brisas marinas, la temperatura de las corrientes marinas) y la circulación general de la atmósfera (IGN, 2005).

La interacción de los factores geográficos locales, atmosféricos y oceánicos, son los criterios principales para regionalizar climáticamente el país. La orientación noroeste-sureste del sistema montañoso, divide a Costa Rica en dos vertientes: Pacífica y Caribe. Cada una de estas vertientes presenta su propio régimen de precipitación y temperaturas, con características particulares de distribución espacial y temporal (Manso, Stolz y Fallas, 2005).

3.1. Régimen Pacífico

Este régimen se caracteriza por poseer una época seca y una lluviosa bien definidas. La época seca se extiende de diciembre hasta marzo, abril es un mes de transición, marzo es el mes más seco y cálido; su inicio depende de la ubicación latitudinal, inicia primero en el noroeste de la vertiente y de último en el sureste (IMN-CRRH, 2008).

En cuanto a la época lluviosa, este período va de mayo a octubre, siendo noviembre un mes de transición. Presenta una disminución en la cantidad de lluvia durante los meses de julio y agosto, que es conocida como veranillo o canícula. Los meses más lluviosos son setiembre y octubre, debido principalmente a la influencia de los sistemas ciclónicos y los vientos Monzones provenientes del Océano Pacífico Ecuatorial y las brisas marinas que son las responsables de las lluvias intensas (IMN-CRRH, 2008).

Uno de los factores que tiene más influencia en el régimen de precipitación del Pacífico, sobre todo hacia el sur del país, es la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), que es un cinturón de baja presión ubicado en la región ecuatorial del planeta, formado por la convergencia de aire cálido y húmedo, que puede desplazarse hasta alcanzar parte de nuestro territorio (IMN-CRRH, 2008).

3.2. Régimen Caribe

Esta vertiente no presenta una estación seca bien definida, pues las lluvias se mantienen entre los 100 y 200 mm en los meses menos lluviosos, lo cual es una cantidad de lluvia considerable. En las zonas costeras se presentan dos períodos relativamente secos. El primero entre febrero y marzo, y el segundo entre setiembre y octubre. El primer período seco está en fase con el período seco de la vertiente pacífica, sin embargo, el segundo período coincide con los meses más lluviosos de dicha vertiente (IMN-CRRH, 2008).

Se presentan dos períodos lluviosos intercalados entre los secos. El primero que va de noviembre a

enero, que es el período máximo de lluvias. El segundo de mayo a agosto, y se caracteriza por un máximo en julio que coincide con el veranillo del Pacífico. El mes más lluvioso es diciembre, esto por la influencia de los frentes fríos provenientes del hemisferio norte, que se presentan entre noviembre y mayo, pero con mayor posibilidad de afectación entre noviembre y marzo (Manso, Stolz y Fallas, 2005).

3.3. Regiones climáticas de Costa Rica

Los dos regímenes de precipitación (Pacífico y Caribe), la altura y orientación de las montañas, los vientos predominantes y la influencia de los océanos, han permitido diferenciar siete grandes regiones climáticas en Costa Rica, que son:

3.3.1. Pacífico Norte:

Esta región climática se encuentra ubicada al noreste del país, comprende la provincia de Guanacaste e incluye los cantones de Esparza y Montes de Oro (provincia de Puntarenas), Orotina y San Mateo (provincia de Alajuela) (IMN-CRRH).

Se caracteriza por poseer una época seca y una lluviosa bien definidas. La seca se extiende de diciembre hasta marzo. Abril es un mes de transición. El período lluvioso se da entre mayo y octubre, y noviembre es un mes de transición al período seco. Es una de las zonas más secas y cálidas de país, presentando promedios de lluvia anual que están entre 1.500 y 2.500 mm. La temperatura en esta región oscila entre los 17 y los 33 °C con una baja amplitud térmica. Un evento de El Niño puede causar sequías en el Pacífico Norte, con reducciones promedio de lluvia anual de un 26%, afectando principalmente el segundo período lluvioso. La temperatura durante estos eventos puede aumentar más de 1 °C (IMN-CRRH).

En cuanto a ecología, esta es un área de extensa zona costera y rica en ecosistemas, se pueden encontrar bosques tropicales, bosques tropicales secos y humedales. En lo referente a la hidrología, en

general esta es una de las zonas de menor riqueza hídrica del país, a pesar de que todo su territorio está regado por ríos, en especial el Tempisque (IMN-CRRH).

3.3.2. Pacífico Central

Está situada en la parte central de la Vertiente del Pacífico de Costa Rica, se extiende desde Playa Herradura o Jacó, hasta Dominical, Cerros de Herradura, Cerro Turrubares, Cerro Cangreja y las partes bajas (pie de monte) de la Fila Costeña; comprende el poblado de Tinamaste, todo el Valle de Parrita, Quepos y Manuel Antonio (Solano y Villalobos, 2001).

Esta región se caracteriza por presentar el régimen de precipitación del Pacífico. El período seco va de enero a marzo, abril es un mes de transición. El período lluvioso va de mayo a noviembre, diciembre es un mes de transición. El clima es tropical con estación seca corta y moderada, y un periodo lluvioso muy severo y largo presente sobre todo hacia el sur de la región. La temperatura máxima promedio es de 31 °C y la mínima promedio es de 22,7 °C. Los fenómenos de variabilidad que desvían el comportamiento normal de lluvia y temperatura, se asocian principalmente con las fases del fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENOS) (IMN-CRRH, 2008).

En la región Pacífico Central, predominan dos tipos de bosque, el húmedo tropical y el bosque húmedo subtropical. A lo largo de la costa Pacífica se encuentran áreas de terreno inundados, influenciados por el mar. En las áreas donde hay influencia marina existe una vegetación tipo mangle. Cuenta con un potencial hidrográfico importante, destacándose

las cuencas de los ríos Bongo, Lagarto, Guacimal, Aranjuez, Barranca, Jesús María, Grande de Tárcoles, Tusubres, Parrita, Damas, Naranjo, Savegre y Barú (Solano y Villalobos, 2001).

3.3.3. Pacífico Sur

Esta región climática se ubica al sureste del Pacífico Central. Se extiende desde Punta Uvita hasta San Isidro del General, siguiendo las estribaciones de la Cordillera de Talamanca del lado del Pacífico y desde el Cerro Darí hasta Cerro Echandi. Incluye el límite fronterizo con Panamá y hasta Punta Burica. Comprende todo el Valle del General, la Península de Osa, el Valle de Coto Colorado, el Valle de Coto Brus y Golfito. Predomina una topografía irregular formada por montañas, filas y serranías, áreas de pie de monte, valles, llanuras, y cuencas hidrográficas (Solano y Villalobos, 2001).

En esta región el periodo seco va de enero a marzo, siendo abril un mes de transición, con excepción del Valle del General donde las lluvias empiezan a finales de abril y principios de mayo. El periodo lluvioso va de mayo a noviembre, siendo diciembre un mes de transición. La precipitación promedio de la región es de aproximadamente 3.700 mm anuales, con una temperatura máxima de 27,9 °C y una mínima de 20,5 °C. Su clima se caracteriza por un periodo seco corto, mientras el período lluvioso es largo e intenso. Diferentes fenómenos de varia-





bilidad como el ENOS, pueden desviar el comportamiento normal de lluvia y temperatura (IMN-CRRH, 2008).

En la plataforma peninsular se encuentran reductos de bosque tropical lluvioso, con una biodiversidad impresionante que hacen del Parque Nacional de Corcovado una de las áreas biológicas más ricas de Latinoamérica. Esta región posee un rico componente hidrográfico producto de su relieve montañoso, lo que la convierte en una zona de alto potencial hidroeléctrico, para el abastecimiento de agua a la población y las actividades socio productivas (IMN-CRRH, 2008).

3.3.4. Región Central

Se encuentra ubicada en el centro del país. Es una región tecto- volcánica que limita al norte con la Cordillera Volcánica Central, al sur con los Cerros de Escazú, Tablazo, Cedral y la Fila Candelaria, al oeste con los Montes del Aguacate y al este con las estribaciones de la Cordillera de Talamanca. Comprende los núcleos urbanos más grandes de las provincias de San José, Heredia, Alajuela y Cartago (IMN-CRRH, 2008).

Está compuesta por dos valles: el Valle Central Occidental que corresponde a la depresión del río Grande de Tárcoles y el Valle Central Oriental, separado del primero por los cerros de La Candelaria y Ochoмого. El Valle Oriental incluye los valles de El Guarco y Orosi, corresponde a la depresión del río Reventazón y sus afluentes. De acuerdo con Solano y Villalobos (2001), esta región es afectada por condiciones del Pacífico (Zona de Convergencia Intertropical y los vientos ecuatoriales), así como por la influencia del Caribe (vientos Alisios del noreste, con derrame de nubosidad y lluvias débiles que llegan al valle gracias a los pasos entre montañas).

En las partes bajas del Valle Occidental (Atenas, Turrúcares, La Garita y La Guácima), se puede encontrar un clima seco con marcada influencia del Pacífico. En las partes medias que corresponden a las cabeceras de San José, Heredia y Cartago principalmente, se experimenta un clima templado. En las zonas altas el clima es un poco más lluvioso y frío, característico de las zonas de montaña (IMN-CRRH, 2008).

El Valle Occidental en promedio es más lluvioso (2.300 mm) que el Valle Oriental (1.700 mm); sin embargo, el Valle Oriental posee más días con lluvia y posee mayor precipitación durante los meses de diciembre, enero y febrero, producto de una mayor influencia del Caribe, que se hace notoria también en una menor magnitud del veranillo. Además, el Valle Occidental es más bajo, cálido y lluvioso sobre todo entre los meses de setiembre y noviembre, con mayor influencia del Pacífico. El Valle Oriental es más alto, frío y de menor precipitación, con una mayor influencia del Caribe durante los meses de final y principio de año (IMN-CRRH, 2008).

Esta región incluye zonas de vida de bosque húmedo tropical a bosque pluvial premontano. Existen áreas con características de bosque tropical húmedo, temperaturas promedio de 22 °C y precipitaciones anuales de 2.300 mm en promedio.

En la parte media y alta del sector Occidental de la región se encuentran ubicadas varias de las principales cuencas hidrográficas del país, las cuales abastecen la demanda de agua potable de cerca del 50% de la población costarricense, las demandas de la industria ubicada en el Valle Central y una considerable parte de la producción hidroeléctrica del país (IMN-CRRH, 2008).

3.3.5. Zona Norte

Se localiza al norte del país, haciendo frontera con Nicaragua y el río San Juan. Al sur limita con la Cordillera Volcánica Central, al oeste con la Cordillera de Guanacaste y la Cordillera de Tilarán. El río

Chirripó forma el límite convencional este entre la Zona Norte y la Región Caribe (IMN-CRRH, 2008).

Esta región pertenece al régimen de precipitación del Caribe, que es lluvioso todo el año, con una disminución relativa de las lluvias en los meses de febrero, marzo y abril. Es una región de contrastes en cuanto a la lluvia, ya que en ella interactúan tanto elementos climáticos como factores geográficos debido a su relieve montañoso y a la presencia de llanuras extensas, además de la influencia del lago de Nicaragua al noroeste (IMN-CRRH, 2008).

La Zona Norte es la tercera región más lluviosa del país, con más de 3.200 mm anuales en promedio. El relieve influye sobre la distribución espacial de las lluvias, las mayores precipitaciones se presentan en el pie de monte de la Cordillera Volcánica Central (Ciudad Quesada) y hacia el este, cerca de Barra del Colorado donde existe uno de los máximos núcleos de precipitación del país. Hacia las llanuras de San Carlos y los Guatuzos, la precipitación tiende a disminuir. Los valores mínimos se presentan en la zona fronteriza, en las cercanías del lago de Nicaragua donde hay mayor influencia del régimen Pacífico. En el pie de monte de la Cordillera Volcánica Central, se presentan precipitaciones anuales superiores a los 2.000 mm, mientras que, en las partes altas de la cordillera, la influencia del Pacífico hace disminuir las lluvias pudiendo observar incluso periodos de veranillo, como en el caso de Zarcero (IMN-CRRH, 2008).

El tipo de bosque que se presenta en la Zona Norte es el Bosque Tropical Húmedo y hacia el noroeste el Bosque Transición a Seco. Esta región no cuenta con grandes ríos, algunos de los principales son: en el oeste río Peñas Blancas y San Carlos, al este el río Sarapiquí, hacia el sur los ríos La Vieja, Aguas Zarcas, Caño Negro, Toro Amarillo y al norte los ríos Frío, Medio Queso y San Juan. Además, cuenta con la laguna del Arenal (Solano y Villalobos, 2001).

3.3.6. Región Caribe

Se sitúa en el este y noreste del país, extendiéndose por toda la costa caribeña, desde Barra del Colorado hasta el río Sixaola. Hacia el sur limita con la Cordillera de Talamanca y al oeste con el río Chirripó. Comprende toda la provincia de Limón y la parte oriental de la provincia de Cartago (de Turrialba hacia el este) (IMN-CRRH, 2008).

Es una región muy húmeda que alberga sistemas ecológicos importantes para la conservación de recursos naturales. El Bosque Tropical Húmedo característico de la región, es rico en una exuberante vegetación y tiene un alto potencial turístico (IMN-CRRH, 2008).

En cuanto al sistema fluvial cuenta con los ríos Sixaola, Reventazón, Parismina, Matina, Estrella, Tortuguero, Pacuare, Moín, Banana, Bananito, Madre de Dios y Siri. Además del río Chirripó que nace en la confluencia de los ríos Sucio y Patria (IMN-CRRH, 2008).

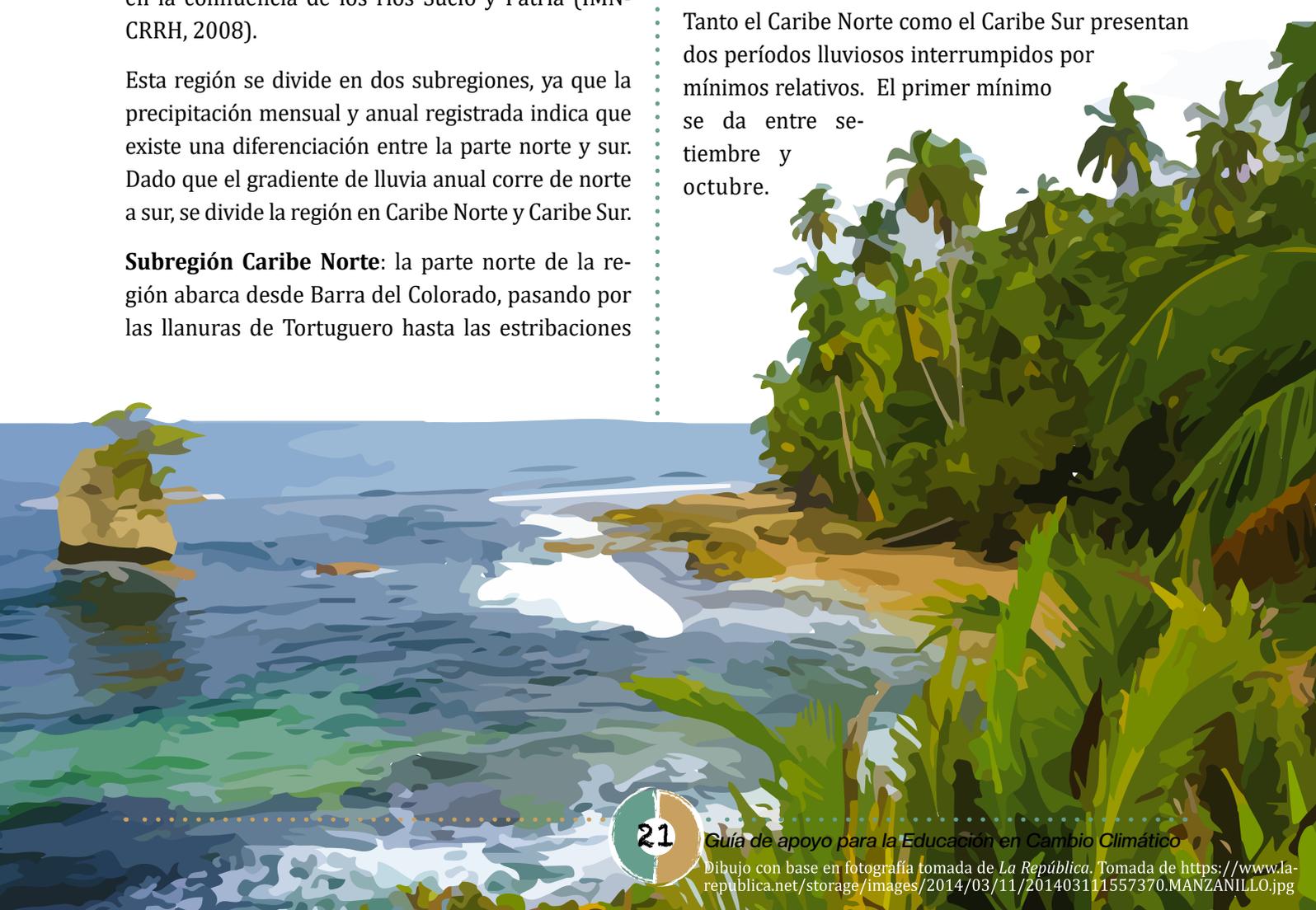
Esta región se divide en dos subregiones, ya que la precipitación mensual y anual registrada indica que existe una diferenciación entre la parte norte y sur. Dado que el gradiente de lluvia anual corre de norte a sur, se divide la región en Caribe Norte y Caribe Sur.

Subregión Caribe Norte: la parte norte de la región abarca desde Barra del Colorado, pasando por las llanuras de Tortuguero hasta las estribaciones

del Turrialba, cortando las filas Mirador y Asunción al sur de Siquirres y terminando al sur de Limón Centro. La precipitación en esta subregión va de los 3.500 a los 4.500 mm/año; mientras que la temperatura, tanto la máxima como la mínima, tiende a ser un grado más alta en esta subregión, donde las temperaturas oscilan entre los 20 °C y los 32 °C. En cuanto al viento por poseer esta subregión extensas zonas de llanura predominan los vientos Alisios (IMN-CRRH, 2008).

Subregión Caribe Sur: comprende la ciudad de Turrialba, parte de la Cordillera de Talamanca, el Valle de la Estrella y termina en Sixaola, hacia la costa. La precipitación en esta subregión es menor y está entre los 2.500 y 3.000 mm/año, mientras que las temperaturas van desde los 19 °C hasta los 31 °C (IMN-CRRH, 2008). El viento es de componente oeste, debido en esta subregión es montañosa con fuertes pendientes y cercana a la costa (IMN-CRRH, 2008).

Tanto el Caribe Norte como el Caribe Sur presentan dos períodos lluviosos interrumpidos por mínimos relativos. El primer mínimo se da entre septiembre y octubre.



A partir de noviembre se inicia un período más lluvioso que finaliza en febrero; durante este período se da el mayor aporte de precipitación producto de los frentes fríos que bajan del Polo Norte y que se asocian con el primer máximo de lluvias entre diciembre y enero. En este período precipita el 40% del total anual de lluvias, tanto en el Caribe Norte como en el Caribe Sur. Entre febrero y marzo se presenta el segundo mínimo relativo. Un nuevo período lluvioso se inicia en abril y finaliza en agosto-setiem-

bre. Principalmente entre julio y agosto, el viento Alisio se intensifica y aumenta el ingreso de ondas tropicales y vaguadas de altura a la costa, provocando que en julio se presente el segundo máximo de lluvias (IMN-CRRH, 2008).

Los eventos secos extremos en el Caribe se pueden explicar en un 69% de los casos por la presencia de eventos de La Niña; mientras que el 93% de los eventos lluviosos, han coincidido con eventos de El Niño (IMN-CRRH, 2008).

Capítulo I

4. Literatura consultada

- Camilloni, I. y Vera, C. (s.f.). *Ciencias Naturales: La atmósfera*. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Argentina. Recuperado de: <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002316.pdf>
- Centro Mario Molina. (s.f.). *Programa de Educación Cambio Climático, Secundaria*. Recuperado de: <https://centromariomolina.org/libro/estudiante/files/assets/downloads/publication.pdf>
- Gómez-Martín, V. (2016.). *El sistema climático de la Tierra*. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. Recuperado de: http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/climatologia/teorico_climatologia_2016/TEMA1_climatologia2016.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2019). *Glosario*. IPCC. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf
- Instituto Geográfico Nacional (2005). *División Territorial Administrativa de la República de Costa Rica*. IGN. Comisión Nacional de División Territorial Administrativa. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional/Comité Regional de Recursos Hidráulicos. (2008). *El clima, su variabilidad y Cambio Climático en Costa Rica*. MINAET-IMN-PNUD-CRRH. San José, Costa Rica. 75 págs.
- Instituto Meteorológico Nacional. (s.f.). *Composición de la atmósfera*. Recuperado de: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/27818/Comp-atmosfera.pdf/996a94d5-ec7c-478f-91ec-d465d8cab5f8>
- Instituto Meteorológico Nacional. (s.f.a). *El Niño: Fase cálida del ENOS*. Recuperado de: https://www.imn.ac.cr/documents/10179/37774/5-EL+NI%C3%91O_FASE_CALIDA_ENSO.pdf/0b8e55b1-c560-4fd7-aae2-710c95527702
- Instituto Meteorológico Nacional. (s.f.b). *La Niña: Fase fría del ENOS*. Recuperado de: https://www.imn.ac.cr/documents/10179/37774/6-LA_NI%C3%91A_FASE_FRIA_ENSO.pdf/035620cd-f0e6-47e9-80cc-b12100c41205
- Instituto Nacional de Tecnologías Educativas. (2011). *La atmósfera terrestre*. Recuperado de: http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/EDAD_1eso_05_la_atmosfera/contenido/1q5/pdf/quincena5.pdf
- Manso, P.; Stolz, W. y Fallas, J.C. (2005). El régimen de precipitación en Costa Rica. *Revista Ambientico*. No. 144.
- Organización Meteorológica Mundial. (2017). *Boletín El Niño/La Niña*. OMN. Recuperado de: <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/bolet%C3%ADn-el-ni%C3%B1o-la-ni%C3%B1a-hoy-de-la-omm>
- Retana, JA y Zumbado, F. (2015). *Agroclimatología*. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 380 pg.
- Solano, J. y Villalobos, R. (2001). Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico climático de Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*. Vol. 8 (1): 26-39.
- Universidad de Murcia. (s.f.) *Tema 3: La atmósfera*. Recuperado de: https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-pau-bachillerato/tema_3_.pdf

CAMBIOS E IMPACTOS OBSERVADOS EN EL SISTEMA CLIMÁTICO

1. Factores que determinan el clima

Los factores que determinan el clima de un país o región son: la latitud, la altitud, el relieve, la cercanía al mar u océano, las corrientes marinas y los vientos predominantes. Estos factores hacen que las variables climáticas como temperatura, precipitación, vientos, nubosidad y humedad, sean diferentes en cada lugar del planeta (UNICEF e INECC, 2019).

- **Latitud:** se refiere a la ubicación geográfica de un sitio con respecto al Ecuador.
- **Altitud:** es la distancia vertical entre un punto situado sobre la superficie terrestre y el nivel medio del mar.
- **Relieve:** son las formas que tiene la litósfera en la superficie, se manifiesta en montañas, valles, y llanuras, entre otras.
- **Cercanía al mar u océano:** es la distancia que tiene un sitio o región al océano o mar más cercano.
- **Corrientes marinas:** son los movimientos que ocurren en las aguas de los océanos y mares, en determinadas direcciones y profundidades.
- **Vientos predominantes:** es la dirección más común del viento en un sitio determinado.



Figura 2. Componentes y factores que determinan el clima de una región.



1.1. ¿Por qué cambia el clima?

A lo largo de toda su historia, el clima del planeta Tierra ha cambiado muchas veces, como consecuencia de las variaciones en los procesos naturales que producen un desequilibrio entre la energía solar entrante y la reemitida hacia el espacio. Entre las causas naturales de esas variaciones se pueden citar: las erupciones volcánicas, los cambios en la órbita de traslación de la Tierra y en el ángulo de su eje de rotación, así como las alteraciones en la composición de la atmósfera (PNUMA, 2005).

Además, el clima del planeta depende de muchos factores, siendo la cantidad de energía que recibe del Sol la más importante. También intervienen otros factores como son la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero (GEI) y las propiedades de la superficie de la Tierra.

Estos factores determinan la cantidad de energía solar que se absorbe o se devuelve reflejada al espacio (GreenFacts, 2007).

Se conoce como Cambio Climático a la variación global del clima de la Tierra. Este cambio se produce a muy diversas escalas de tiempo y en todos los parámetros climáticos tales como: temperatura, precipitación y nubosidad, entre otros. Dichas variaciones son producto de causas naturales, sin embargo, en

los últimos siglos han sido el resultado de las acciones del ser humano (PNUMA, 2005).

El término Cambio Climático ha sido usado para hacer referencia a los cambios en el clima que suceden en el presente, utilizándolo como sinónimo de calentamiento global. Sin embargo, estos términos no son idénticos, ya que el Cambio Climático puede implicar tanto condiciones de calentamiento como de enfriamiento del planeta.

Para comprender el Cambio Climático actual, es necesario conocer el efecto invernadero producido por los gases de efecto invernadero, cuyo incremento está directamente relacionado con el calentamiento global que está sufriendo el planeta.

1.2. El efecto invernadero

El efecto invernadero es un proceso atmosférico natural mediante el cual el Sol emite radiación hacia la Tierra, parte de esta energía (calor) es devuelta al espacio nuevamente, algunos de los gases presentes en la atmósfera “atrapan” parte de esa energía devuelta, lo cual hace posible que tengamos una temperatura promedio de 15 °C que permite el desarrollo de la vida en nuestro planeta (PNUMA, 2005).

El efecto invernadero, es una característica esencial de nuestro planeta que ha permitido que exista la vida en él durante milenios (Meseguer y Delgado, s.f.). Producto del efecto invernadero, el planeta se mantiene a una temperatura agradable que hace posible la vida, ya que impide que los días sean demasiado calurosos y las noches demasiado frías (Ministerio de Medio Ambiente, 2017).

Es un proceso positivo ya que mantiene la temperatura media del planeta. De esta manera, la Tierra se conserva lo suficientemente templada como para hacer posible la vida, sin embargo, una pequeña variación en el balance de la temperatura global puede causar grandes estragos. Si no existiera la atmósfera no habría efecto invernadero y la temperatura del planeta sería de aproximadamente $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ en promedio. Gracias a este fenómeno pudieron surgir y evolucionar las distintas especies animales y vegetales, incluyendo los seres humanos (SEMART, 2006).

1.3. Gases de efecto invernadero

La capacidad de la atmósfera para absorber y devolver la radiación térmica emitida por la superficie te-



El efecto invernadero es una característica esencial de nuestro planeta que ha permitido que exista la vida en él durante milenios?

rrestre, se debe a que está compuesta por una serie de gases de efecto invernadero (GEI) que atrapan la energía, calentando la superficie del planeta (Ministerio de Medio Ambiente, 2017).

Dichos gases de efecto invernadero se encuentran presentes de manera natural en la atmósfera y actúan como una cubierta que impide la pérdida del calor, funcionando de manera similar a como lo hace el plástico en un invernadero. Si los GEI aumentan en cantidad su capacidad para retener la radiación solar se incrementa, con el consecuente aumento de la temperatura media del planeta (PNUMA, 2005).

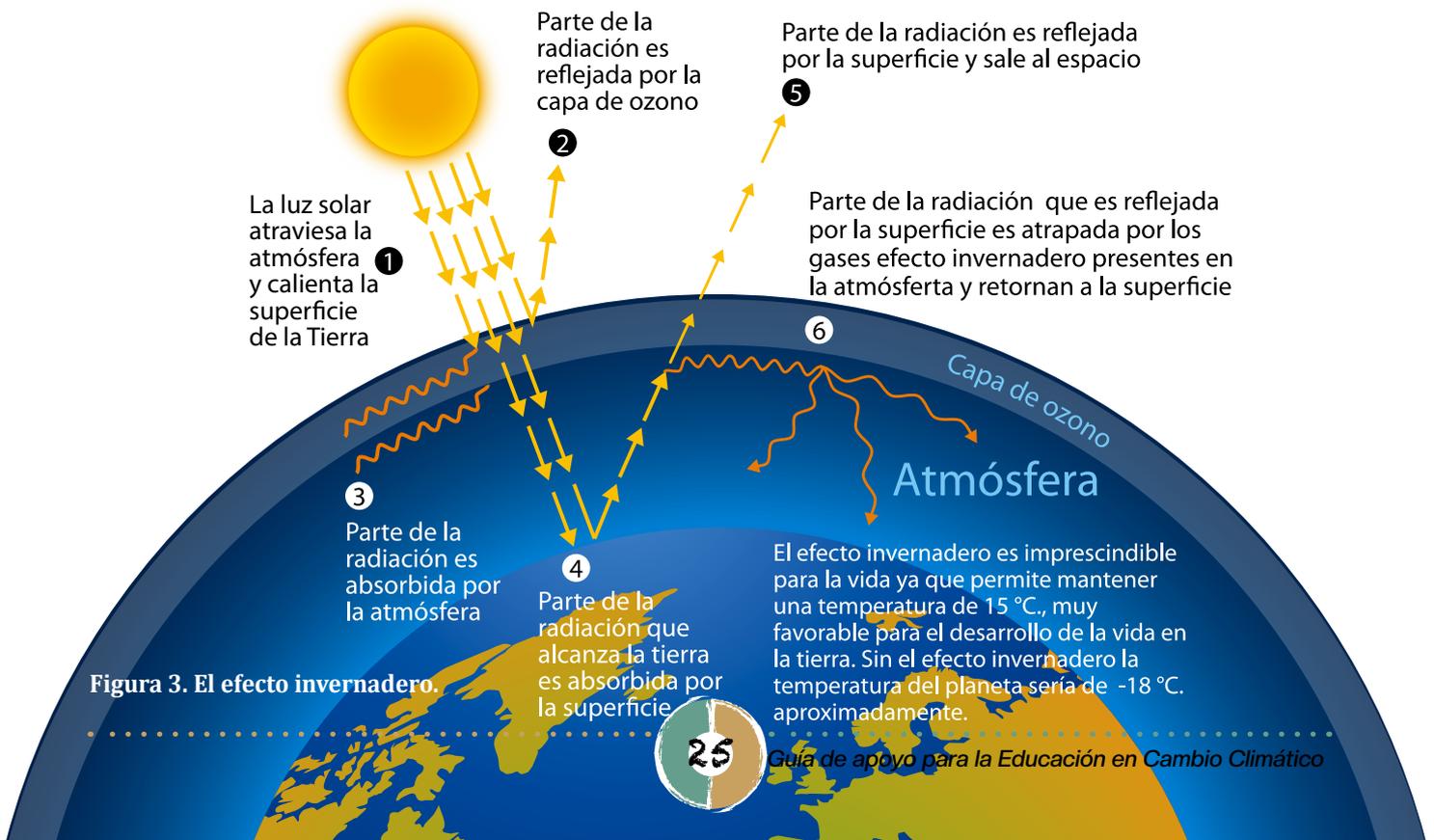


Figura 3. El efecto invernadero.

En las últimas décadas, la Tierra ha tenido un aumento en su temperatura promedio. Según la OMM (2019), la temperatura media mundial ha aumentado en 1,1 °C desde la era preindustrial y en 0,2 °C con respecto al período 2011-2015.

Los científicos que estudian el clima, citan como responsables de este incremento en la cantidad de GEI a las actividades desarrolladas por el ser humano. Algunos ejemplos de esas actividades son: el uso de combustibles fósiles como el petróleo y sus derivados, la agricultura, la ganadería, la deforestación, algunos procesos industriales, el uso de aerosoles y los depósitos de residuos urbanos, entre otros.

Este incremento de los GEI presentes en la atmósfera supone la causa más importante del calentamiento global, del que deriva el Cambio Climático que estamos enfrentando en la actualidad (Meseguer y Delgado, s.f.).

En el cuadro 1 se presentan los principales GEI, la fuente emisora, su persistencia en la atmósfera y el potencial de calentamiento, este último es una medida del efecto comparado con el CO₂. Se puede observar que los compuestos sintetizados por el ser humano son los más difíciles de procesar por los sistemas naturales y por esto sus emisiones permanecen en la atmósfera por más tiempo que los naturales (PNUMA, 2005).

Cuadro 1. Principales Gases de Efecto Invernadero

Gas	Fuente emisora	Persistencia de las moléculas en la atmósfera (años)	Potencial de calentamiento (PGG CO ₂ = 1)
Dióxido de carbono (CO ₂)	Quema de combustibles fósiles, cambios en el uso del suelo, producción de cemento, chimeneas de las grandes industrias.	500	1
Metano (CH ₄)	Procesos de combustión de combustibles fósiles, proceso digestivo de los animales rumiantes y el estiércol, el cultivo de arroz inundado, los rellenos sanitarios y el tratamiento de aguas residuales.	7 - 10	21 - 23
Óxido nitroso (N ₂ O)	Quema de combustibles fósiles, cambios en el uso del suelo, procesos industriales y uso de fertilizantes químicos en la agricultura.	140 - 190	230 - 310
Clorofluorocarbonos (CFCs)	Aerosoles, espuma plástica, refrigerantes y aire acondicionado.	65 - 110	6.200 - 7.100
Hidrofluorocarbonos (HFCs)	Refrigerantes líquidos.	12	1.300 - 1.400
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	Aislantes eléctricos.	3.200	23.900

Fuente: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2005).

CAMBIOS E IMPACTOS OBSERVADOS EN EL SISTEMA CLIMÁTICO

2. Calentamiento global, un Cambio Climático de causa humana

Desde el principio del siglo XX, los científicos han venido observando un cambio en el clima que no puede atribuirse únicamente a causas naturales. La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropógenas recientes de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia. Los cambios climáticos recientes, han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales (IPCC, 2014a).

Este cambio en el clima denominado calentamiento global, ha ocurrido de manera más acelerada que cualquier otro Cambio Climático del que se conozca en la historia (Ministerio de Medio Ambiente, s.f.).

Es a partir de la Revolución Industrial, como resultado del incremento de la población y el crecimiento de las ciudades, que se produjo un aumento en el consumo de combustibles fósiles como la gasolina, el diésel y el gas. Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por los vehículos y las industrias, se van a la atmósfera provocando un aumento en su concentración, lo que se traduce en un incremento de la temperatura del planeta y como consecuencia se dan los cambios en el clima (SEMARNAT, 2006).



CAMBIOS E IMPACTOS OBSERVADOS EN EL SISTEMA CLIMÁTICO

3. Cambios e impactos observados en el sistema climático

El calentamiento global en el sistema climático es una realidad, muchos de los cambios observados desde la década de 1950 no han tenido precedentes en los últimos decenios y milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado (IPCC, 2015).

Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales, muchos animales y plantas se han visto afectados y pueden incluso llegar a la extinción por la pérdida o cambio de su hábitat (IPCC, 2014a).

3.1. Cambios observados en el sistema climático a nivel global

La evidencia más concluyente sobre los impactos atribuidos al Cambio Climático corresponde a los sistemas naturales; las precipitaciones cambiantes y el derretimiento de la nieve y el hielo están alterando los sistemas hidrológicos, lo que afecta los recursos hídricos en cantidad y calidad. Además, muchas especies terrestres, de agua dulce y marinas han modificado su distribución geográfica, su actividad estacional, migración, abundancia e interacción con otras especies (IPCC, 2014b).

Existen ejemplos de sequías severas y prolongadas en algunas regiones del planeta, a consecuencia del calentamiento global. También se han detectado algunas zonas con aumentos y otras con disminución de precipitaciones, así como incrementos en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, tales como tormentas huracanes y tornados.

Entre los principales impactos a nivel mundial citados por el IPCC (2014b), están:

3.1.1. Aumento en la temperatura media global

El aumento en las temperaturas ha causado olas de calor, que incluso han provocado la muerte de personas, y de especies animales y vegetales. Además, al aumentar la temperatura media del planeta la intensidad de los huracanes también se incrementa.

3.1.2. Cambios en los niveles de precipitación

Se han registrado cambios en los patrones de precipitación de todo el planeta, mientras en unas regiones han aumentado las sequías, en otras se ha presentado un incremento en las lluvias intensas, las cuales hacen que se produzcan inundaciones.

3.1.3. Derretimiento de glaciares

Los glaciares se han estado derritiendo producto de un aumento en la temperatura del planeta, lo cual

ha provocado grandes impactos tanto en las especies marinas, como en las comunidades costeras e insulares.

3.1.4. Aumento en fenómenos meteorológicos extremos

Los impactos de los fenómenos extremos vinculados al cambio de clima, como las olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones e incendios forestales, ponen de manifiesto la vulnerabilidad y la exposición de los ecosistemas y algunos sistemas humanos.

3.1.5. Alteración de ecosistemas

Muchas especies enfrentan el riesgo de extinguirse por la pérdida de hábitats, como consecuencia del Cambio Climático asociado a otros factores de estrés. Existen estudios científicos que indican que algunas especies ya han desaparecido por razones relacionadas con el clima, su variabilidad y el Cambio Climático. Se sabe que dos terceras partes de las ranas que habitan el mundo se encuentran amenazadas directa o indirectamente por el Cambio Climático.

3.1.6. Seguridad alimentaria

Los desastres provocados por el aumento en las temperaturas, las sequías o inundaciones, afectan negativamente la producción agropecuaria y ponen en peligro la alimentación de las poblaciones humanas.

3.1.7. Salud humana

Los impactos del Cambio Climático en la salud humana aún no están bien estudiados. Sin embargo, se ha cuantificado un aumento en la mortalidad como resultado de episodios de calor extremo; además las variaciones locales de la temperatura y la precipitación, han alterado la distribución de algunas enfermedades transmitidas por el agua y por vectores como la malaria y el dengue.

CAMBIOS E IMPACTOS OBSERVADOS EN EL SISTEMA CLIMÁTICO

4. Impactos del calentamiento global en Costa Rica

Los efectos del calentamiento global dependen de las condiciones climáticas existentes y de las acciones que los seres humanos realicen, las cuales son diferentes en los distintos países de Latinoamérica y del mundo.

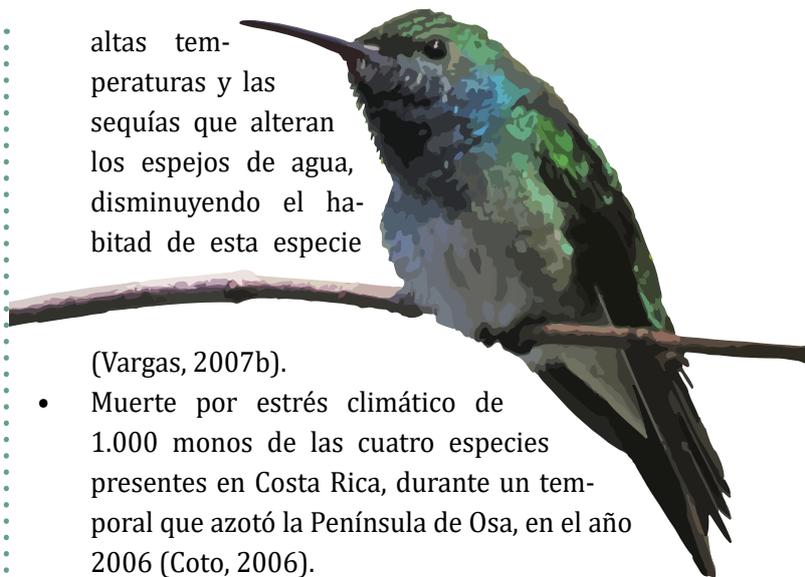
Costa Rica no escapa de sufrir los impactos del Cambio Climático. Algunas evidencias de este cambio que se han podido observar son: aumento en la temperatura media, aumento en los eventos extremos y aumento en el nivel del mar. Lo anterior, ha ocasionado a su vez impactos en los ecosistemas, la biodiversidad, la salud humana, la agricultura y la seguridad alimentaria.

4.1. Ecosistemas y biodiversidad

Especies animales y vegetales, así como algunos ecosistemas han sufrido pérdidas y cambios en su composición que podrían ser atribuidos al calentamiento global. Algunos de estos cambios son:

- En La Selva, Sarapiquí, 33 especies de aves han disminuido su población en un 50% y los murciélagos en un 30%, según investigaciones realizadas desde el año 1970 (Ponchner, 2007a).
- En todo el país las orquídeas silvestres están amenazadas por la pérdida de su hábitat, y los cambios en la floración y polinización (Vargas, 2007a).
- El 75% de los anfibios en la estación biológica La Selva, en Sarapiquí, han desaparecido en los últimos 35 años (Ponchner, 2007b).
- Extinción del Sapo Dorado y la Rana Arlequín, en Monteverde y la Zona Norte, como consecuencia del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, que se produce por un aumento en la humedad y noches más calurosas (Vargas, 2006).
- El bosque nuboso de Monteverde está perdiendo la humedad, como consecuencia de altas temperaturas que hacen que las nubes se alejen del piso habitual del bosque (Mora, 2001).
- Disminución en el grosor de los árboles del bosque en La Selva, Sarapiquí, como consecuencia del aumento en la temperatura media y en la temperatura nocturna (Ponchner, 2007a).
- Alteraciones en el desove de las tortugas marinas: Lora, Baula y Carey, tanto en el Pacífico Norte como en el Pacífico Central, como consecuencia de las altas temperaturas del mar (López, 2007).
- Aumento en la población de caimanes en el Humedal Caño Negro, Sierpe y Pacífico Central, como resultado de años cálidos asociados al fenómeno de El Niño, además de un aumento en la temperatura de los nidos (Escobedo, 2005).
- La Amazilia ave endémica de nuestro país que habita en manglares, fue declarada en peligro de extinción en el año 2007, producto de las

altas temperaturas y las sequías que alteran los espejos de agua, disminuyendo el hábitat de esta especie



(Vargas, 2007b).

- Muerte por estrés climático de 1.000 monos de las cuatro especies presentes en Costa Rica, durante un temporal que azotó la Península de Osa, en el año 2006 (Coto, 2006).

4.2. Aumento en los eventos extremos

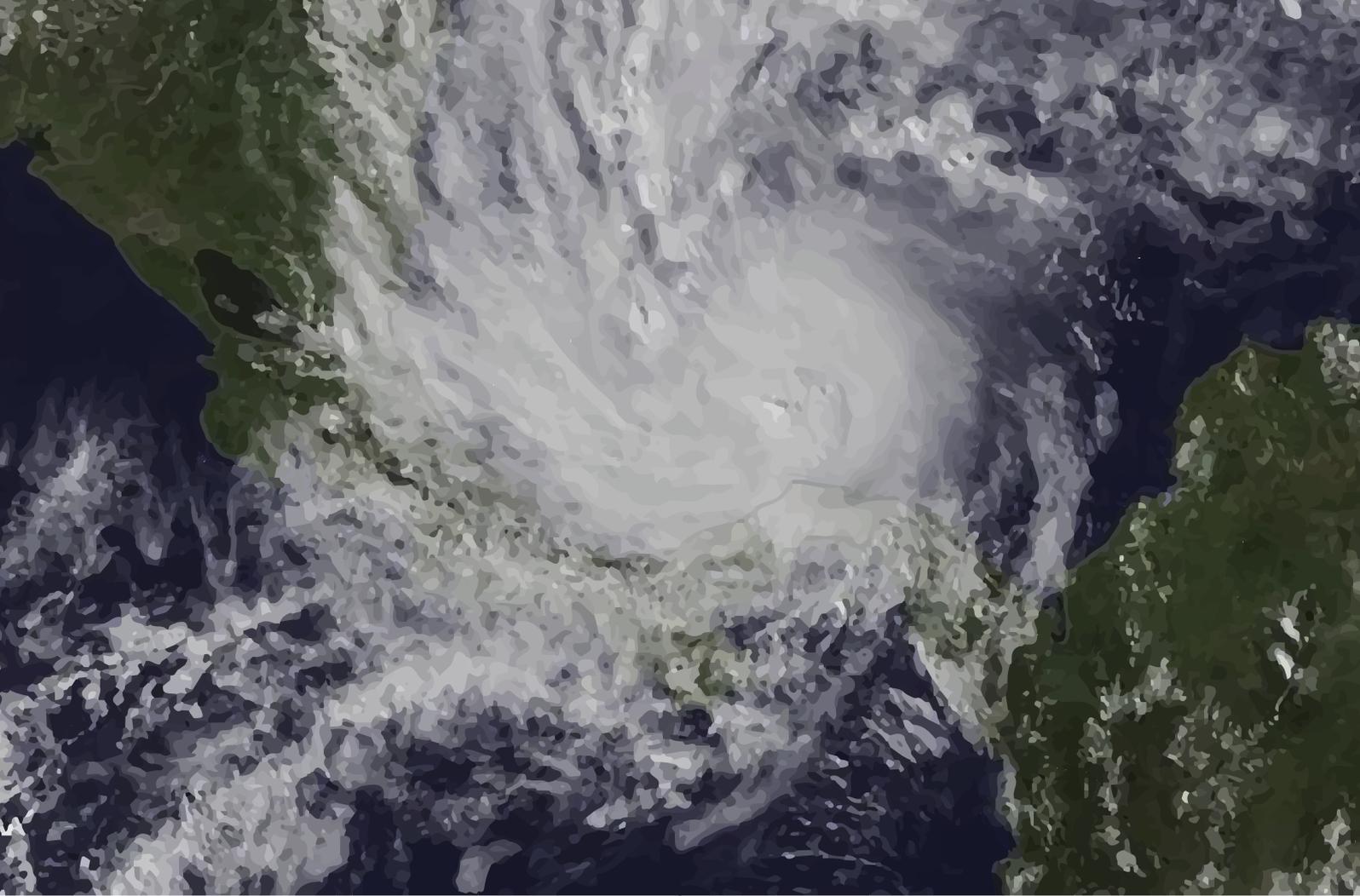
Algunos ejemplos de eventos meteorológicos extremos que han golpeado Costa Rica son:

- El huracán Johan en el año 1988, causó daños principalmente en la zona sur del país, provocando que cientos de hectáreas de cultivos de palma africana y arroz quedaran inundados, ocasionando la muerte de aproximadamente 23 personas (La Nación, 2017).
- El huracán César en el año 1996, causó daños en todo el país, dejando un saldo oficial de 10 muertes, 43 desaparecidos, 5.762 evacuados, 2.561 refugiados en 25 albergues, desborda-



¿Sabías qué?

El Cambio Climático es causado por la variación en la temperatura global de la Tierra, debida a causas naturales o humanas. El Cambio Climático que estamos enfrentando en los últimos años, es causado por las acciones del ser humano.



miento de ríos en la Zona Sur y Guanacaste, así como decenas de puentes falseados o destruidos y derrumbes sobre carreteras (La Nación, 1996).

- La tormenta tropical Alma en el 2008, fue la primera tormenta tropical del Pacífico que se originó a menos de 50 km de las costas de Guanacaste (IMN, 2008).
- El huracán Otto en octubre del 2016, es el primer huracán en la historia documentada con impacto directo en el país. A su paso generó aguaceros torrenciales y vientos intensos en la Región Caribe Norte y Zona Norte, así como en el sector norte de Guanacaste (IMN, 2016).
- La tormenta tropical Nate en octubre del 2017, provocó abundantes precipitaciones en el país, ocasionando un fuerte temporal a lo largo de la Vertiente del Pacífico y el Valle Central. Los daños ocasionados por este sistema lo convierten

en uno de los más dañinos que se han registrado en Costa Rica en la última década, incluso por encima del huracán Otto, dejando 79 cantones del país bajo declaratoria de emergencia (IMN, 2017).

- El huracán Eta en el 2020, ocasionó la destrucción de viviendas e infraestructura vial en varias regiones del país, principalmente en el Pacífico Sur y Pacífico Central. La Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), reportó que 2.057 personas debieron ser movilizadas a albergues y dos personas fallecieron por un terraplén en Agua Buena en Coto Brus (SINART, 2020).
- El huracán Iota en noviembre del 2020, fue un poderoso huracán del Atlántico y el más fuerte de la temporada de huracanes de ese año, el cual provocó un temporal el Valle Central y el Pacífico. La Comisión Nacional de Emergencias

reportó 14 eventos de inundación en el país: nueve en la Zona Sur, dos en el Pacífico Central, dos en Guanacaste y uno en el Valle Central (SI-NART, 2020).

4.3. Aumento del nivel del mar:

Algunos ejemplos en el país son:

- Variaciones geomorfológicas de la espiga de Damas provocada por la penetración del mar hacia el estero en 1997, que separó la punta de tierra continental (Lizano y Salas, 2001).
- Inundaciones por las aguas del mar, que se están produciendo de manera periódica en el centro de la ciudad de Puntarenas y en Puerto Caldera (Rivera, 2007).

4.4. Salud Humana

El Cambio Climático produce impactos directos e indirectos en la salud humana.

- **Impactos directos**, están relacionados con los eventos meteorológicos extremos como huracanes, tormentas tropicales, ciclones, inundaciones y/o sequías, así como con olas de calor o frío más fuertes y prolongadas. Las defunciones y enfermedades debidas a desastres naturales, son indicios de las repercusiones del Cambio Climático en la salud humana (IMN, 2011).
- **Impactos indirectos**, son varias las enfermedades cuya expansión se

ha visto favorecida por el Cambio Climático, entre ellas las transmitidas por insectos, como la malaria y el dengue, cuyos vectores son mosquitos que se incrementan ante condiciones de humedad y calor. Además, los cambios en los ciclos hidrológicos a través de inundaciones o de escasez de agua, facilitan la aparición de enfermedades relacionadas con la disponibilidad de agua potable, como el cólera, la diarrea y la tifoidea (IMN, 2011).

4.5. Agricultura y seguridad alimentaria

Los impactos del Cambio Climático en la agricultura del país son diversos, entre estos tenemos:

- Pérdida de cultivos por sequías, principalmente en el Pacífico Norte del país.
- Reducción en el rendimiento de cosechas de los cultivos.
- Pérdida de cultivos por eventos hidrometeorológicos extremos.
- Pérdida de cultivos por aumento en plagas y enfermedades.



5. Literatura consultada

- Coto, S. (14 de agosto, 2006). Presumen que fuertes lluvias ocasionaron la muerte de monos. *La República*. Costa Rica.
- Escobedo, A. (2005). *Efecto del clima en la proporción de sexos del Caimán (Caiman crocodilus)*. Tesis de grado para obtener el título de Licenciatura en Biología, con énfasis en Recursos Naturales. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- GreenFacts. (2007). *Cambio Climático: Resumen del Informe de Evaluación 2007 del IPCC*. Recuperado de: <https://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico-ie4/climate-change-ar4-foldout-es.pdf>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2014a). *Cambio Climático 2014: Informe de síntesis*. IPCC, Ginebra, Suiza. 157 págs.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2014b). *Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Ginebra, Suiza. 200 págs.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2008). *El clima, su variabilidad y Cambio Climático en Costa Rica*. MI-NAET-IMN-PNUD-CCRH. 75 págs.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2016). *Boletín Meteorológico Mensual*. Noviembre. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2017). *Boletín Meteorológico Mensual*. Octubre. San José, Costa Rica.
- La Nación. (29 de julio, 1996). César sembró tragedia y caos. *La Nación*. Costa Rica.
- La Nación. (29 de enero, 2017). *Especial 70 años de tragedias: Huracán Juana, 1988*. Recuperado de: <https://www.nacion.com/revista-dominical/especial-70-anos-de-tragedias-huracan-juana-1988/XESBJKMDGFD5XN6F3OOX3EWNCM/story/>
- Lizano, O. y Salas, D. (2001). Variaciones geomorfológicas en los últimos 50 años en la isla Damas, Quepos, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*. 49(2):171-177.
- López, J. (25 de febrero, 2007). Anidación de tortugas Baula disminuye en más de un 50%. *La Nación*. Costa Rica.
- Meseguer, P. y Delgado, JP. (s.f.). *Unidad Didáctica sobre Cambio Climático*. Proyecto LIFE ADAPTATE. Recuperado de: <http://lifeadaptate.eu/wp-content/uploads/Unidad-Did%C3%A1ctica-Cambio-Clim%C3%A1tico-BR.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2017). *Guía de apoyo docente en Cambio Climático*. Gobierno de Chile. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-de-apoyo-docente-en-Cambio-Climatico.pdf>
- Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. (2009). *Introducción al Cambio Climático*. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático 2009. República de Guatemala. 43 págs.
- Mora, C. (21 de noviembre, 2001). Bosque se queda sin nubes. *La República*. Costa Rica.
- Ponchner, D. (15 de mayo, 2007a). Aumento en la temperatura atrasa el crecimiento del bosque tico. *La Nación, Aldea Global*. Costa Rica.
- Ponchner, D. (15 de mayo, 2007b). La Selva se está quedando sin anfibios. *La Nación, Aldea Global*. Costa Rica.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2005). *Educación Ambiental. Manual de Ciudadanía Ambiental Global*. Proyecto Ciudadanía Ambiental. Programa de Ciudadanía Ambiental. PNUMA México, D.F. México. 75 págs.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2006). *El Cambio Climático: El día que me cambio el clima*. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT. México. D. F. México. 45 págs.
- SINART. (17 de noviembre, 2020). *Iota se degrada a tormenta y temporal en Costa Rica se mantendrá hasta este miércoles*. Recuperado de: <https://costaricamedios.cr/2020/11/17/iota-se-degrada-a-tormenta-y-temporal-en-costa-rica-se-mantendra-hasta-este-miercoles/>
- UNICEF e INECC. (2019). *El cambio climático y mis derechos*. Manual para estudiantes. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Recuperado de: (INECC). <https://www.unicef.org/mexico/media/2816/file/Manual%20para%20estudiantes.pdf>
- Vargas, A. (12 de enero, 2006). Hongo extinguió dos especies de anfibio en Monteverde. *La Nación*. Costa Rica.
- Vargas, A. (12 enero, 2007a). Científicos temen extinción de especies de orquídeas. *La Nación*. Costa Rica.
- Vargas, A. (20 de mayo, 2007b). Ave costarricense muy seriamente amenazada. *La Nación*. Costa Rica.
- World Meteorological Organization. (2019). *The Global Climate in 2015-2019*. Recuperate from: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9936

MEDICIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y ESCENARIOS FUTUROS DEL CLIMA

1. Medición de GEI

1.1. Medición y absorción de Gases de Efecto Invernadero

Con el fin de calcular las emisiones y absorciones de GEI que se emiten en los países y en el mundo en general, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), mediante su artículo 4 indica que: los países deberán elaborar, actualizar periódicamente y publicar, los inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por

las fuentes y de la absorción por sumideros de los gases de efecto invernadero (Blanco et al., 2019).

Para cumplir con el anterior mandato, los países elaboran los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), que son una herramienta mediante la cual se contabilizan los gases emitidos y absorbidos de la atmósfera, durante un período de tiempo determinado y específico. Las emisiones y absorciones reportadas en los INGEI, abarcan exclusi-



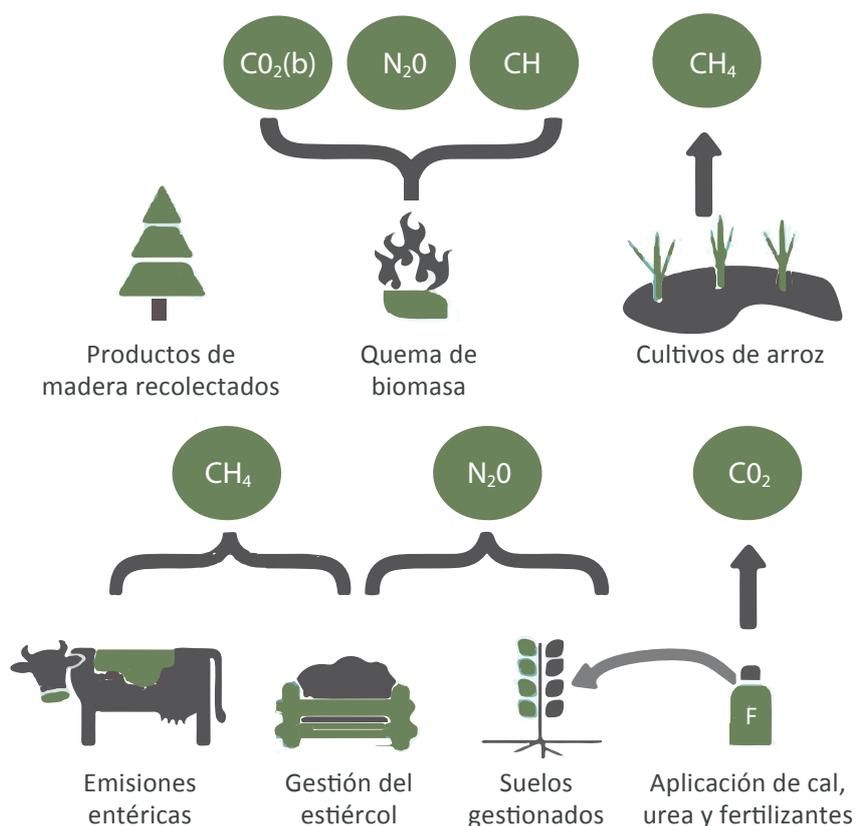


Figura 4. Emisores de gases efecto invernadero del Sector Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU).

vamente los GEI generados como resultado de las actividades humanas, conocidas como antropogénicas.

La preparación y presentación de dichos inventarios nacionales proporcionan una serie de beneficios a los países, dentro de los que están:

- Identificación de los sectores económicos con mayor contribución al Cambio Climático y sus aportes específicos.
- Información básica para la planificación y evaluación del desarrollo económico y ambiental del país.
- Información para abordar otros problemas ambientales por ejemplo, la calidad del aire, uso de la tierra, gestión de residuos, etc..
- Evaluación y priorización de opciones de mitigación de GEI, orientadas hacia una estrategia de desarrollo país baja en emisiones, que permita un uso más eficiente de los recursos naturales y financieros.



Desde el año 1990 Costa Rica a través del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) elabora el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, que es la herramienta mediante la cual se contabilizan los GEI emitidos y absorbidos por nuestro país.

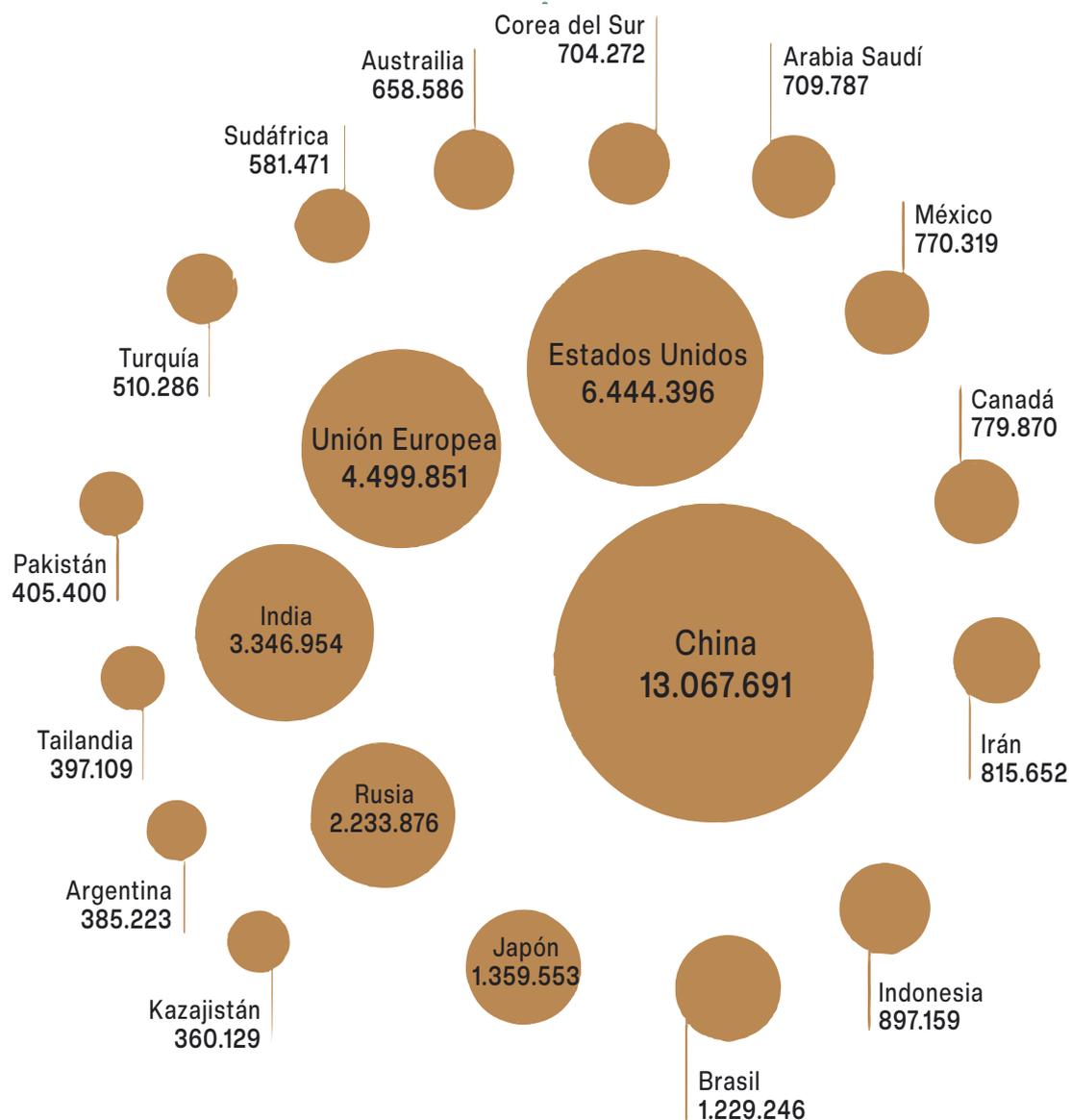


Figura 5. Principales países emisores de gases de efecto invernadero en el mundo en el 2015 en kilotoneladas de CO₂ equivalente.

1.2. Emisiones globales de GEI

Las mediciones de la composición atmosférica en la segunda mitad del siglo XX, mostraron concentraciones globales de gases de efecto invernadero crecientes. Estas mediciones fueron la causa inicial de la preocupación por el calentamiento global y el Cambio Climático.

Este incremento en la concentración mundial de GEI a nivel mundial, está directamente relacionado con

el consumo de combustibles fósiles. Estas emisiones son variables de un país a otro, siendo los países industrializados los que aportan la mayor cantidad de GEI a la atmósfera. En la figura 5 se presentan los países del mundo que emitieron la mayor cantidad de CO₂e¹ en kilotoneladas, para el año 2015.

1 El CO₂ equivalente (CO₂e) es una medida para expresar el nivel de calentamiento global que tienen los otros GEI en términos de CO₂. Por ejemplo, una tonelada de Metano (CH₄) es equivalente a 25 toneladas de CO₂.

1.3. Estado actual de las emisiones de GEI en Costa Rica

Costa Rica como país firmante de la Convención de Cambio Climático, inició la elaboración de estos reportes en el año 1990 utilizando para ello las directrices del IPCC, siendo el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) el encargado de realizarlo.

El Inventario de GEI del país, incluye las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI, desagregadas de cuatro sectores:

- **Sector Energía:** este sector incluye las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles.
- **Sector Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra:** se incluyen aquí las actividades agropecuarias y forestales que generan emisiones de GEI y absorciones de CO₂.
- **Sector Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU):** se con-

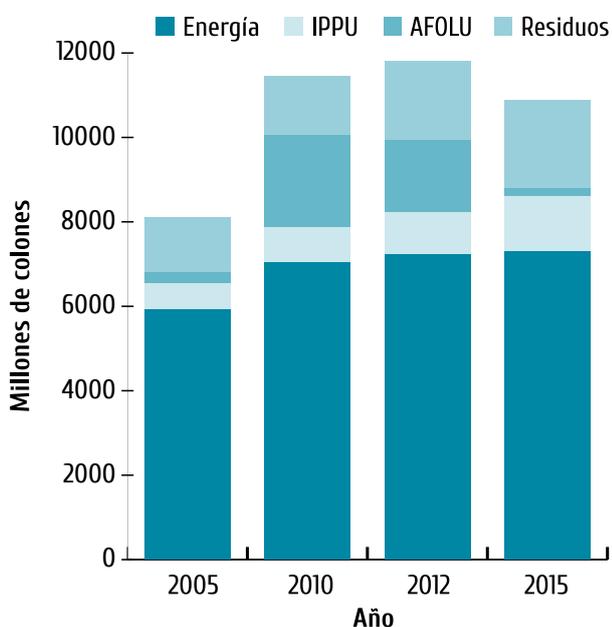


Figura 6. Emisiones y absorciones de GEI (Gg CO₂ eq) por sector, en el año 2015.

tabilizan las emisiones de GEI debidas a las transformaciones químicas y físicas de este sector.

- **Sector Residuos:** se incluye en este sector todo lo concerniente al manejo de residuos.

En la figura 6, se muestran los resultados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del Costa Rica, para el año 2015. Se puede observar, que el sector de Energía es el que muestra la mayor emisión con un 67,06% del total, seguido por el sector Residuos con un 19,16%, el sector IPPU con un 12,13% y por último el sector AFOLU con un 1,60%. Este último sector, se obtiene al restarle a las absorciones (que resulta de contabilizar el crecimiento de plantaciones y bosques, entre otros), las emisiones generadas por el mismo (Blanco et al., 2019).

2. Escenarios futuros de Cambio Climático

Cada vez existe menos margen de duda, con respecto a que las acciones humanas han sido la principal causa del calentamiento atmosférico observado desde la segunda mitad del siglo XX, en todas las regiones continentales con excepción de la Antártida. Este calentamiento global está ocasionando impactos negativos en los seres vivos, incluyendo al ser humano (IMN, 2019).

Por lo anterior, el conocimiento de las condiciones climáticas actuales y la estimación de las proyecciones climáticas futuras, son elementos imprescindibles para llevar a cabo las evaluaciones de los impactos y vulnerabilidad en los distintos sectores más sensibles al Cambio Climático (IMN, 2019).

Una forma de utilizar y analizar la información disponible sobre el posible cambio en el clima y poder aplicarla a las evaluaciones sobre los impactos del Cambio Climático, son los *escenarios climáticos*. Un escenario climático es una descripción en espacio y

tiempo, de las posibles condiciones climáticas futuras, el cual dependerá del aumento o disminución de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera (PNUMA, 2005).

La magnitud de los impactos que ocurran dependerá, por una parte, de la evolución que se produzca en el nivel de las emisiones de gases de efecto invernadero en el planeta y por otra de las acciones que se lleven a cabo para su mitigación (PNUMA, 2005).

Según el IPCC (2014), los cambios esperados en el clima futuro serían de dos órdenes:

- Por un lado, se prevén cambios de tipo paulatino, como el aumento en la temperatura, incremento o disminución de las precipitaciones y aumento en el nivel del mar.
- Por otro, se espera un aumento en la frecuencia de ocurrencia, duración e intensidad de los eventos climáticos extremos.

Entre los principales impactos que se esperan según los diversos escenarios proyectados están (PNUMA, 2005):

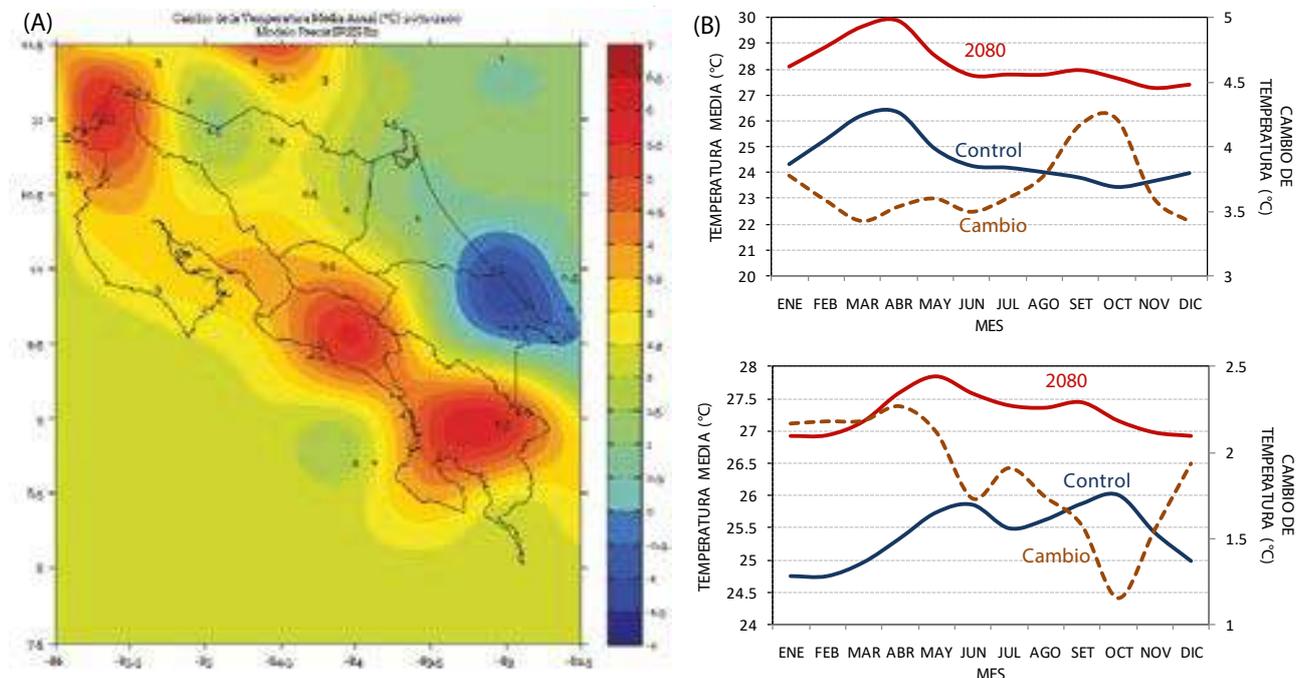


Figura 7. Escenario climático a 2080. A) Temperatura media anual (°C) del 2080 (2071-2100); B) Variación mensual de la temperatura media en el escenario al 2080.

- Aumento en las temperaturas de la atmósfera y de los océanos de entre 1 °C y 6 °C, lo que afectará a diversas especies.
- Elevación del nivel del mar de entre 10 cm y 90 cm.
- Aumento de períodos de sequía prolongada en algunas regiones del mundo.
- Incrementos en la frecuencia, duración e intensidad de eventos climáticos extremos.
- Incremento de la frecuencia y severidad de las olas de calor, las cuales serán más acentuadas en las zonas urbanas.
- Cambios en la frecuencia, cantidad y distribución de las lluvias.
- Disminución de la capa de hielo y nieve. Se prevé la disminución de las nevadas en las cordilleras y un retroceso de los glaciares.
- Cambios en las corrientes oceánicas.

Además, los cambios en el clima podrían afectar directa o indirectamente a los sistemas naturales y socioeconómicos. Entre las afectaciones más importantes previstas están:

- Aumento en el riesgo de incendios forestales.
- Pérdidas potenciales de ecosistemas, en áreas de montaña, humedales y zonas costeras.

- Alteraciones en la dinámica de producción de alimentos.
- Se espera que aparezcan plagas en lugares donde antes no existían.
- Modificación en la época de reproducción de las especies, algunas con hábitos migratorios de largas distancias como aves y ballenas, podrían tener alteraciones en éstos por falta de alimento en sus rutas.
- Aumento de las enfermedades originadas por vectores como dengue y malaria.
- Migración de algunas especies hacia los polos y latitudes mayores, debido al aumento en la temperatura. Las especies que no puedan migrar tendrán menos posibilidades de adaptación.

En América Latina y el Caribe, el impacto del Cambio Climático en la biodiversidad presenta una situación de relevancia mundial, ya que esta región contiene una de las mayores concentraciones de especies del planeta (PNUMA, 2005).

En dicho contexto, América Central tiene gran relevancia, ya que contiene el 8% de la biodiversidad planetaria, en un área que es sólo el 0,4% del total de la superficie continental total. No obstante lo anterior, la mayor parte de los ecosistemas de esta región están afectados o seriamente amenazados (PNUMA, 2005).

Capítulo III

3. Literatura consultada

Blanco, K.; Chacón, AR.; Jiménez, G.; Montenegro, J. y Sassa, J. (2019). *Inventario Nacional de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero en Costa Rica*. MINAE, IMN. DCC, GEF, PNUD. San José, Costa Rica.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2014). *Cambio Climático 2014: Informe de síntesis*. IPCC, Ginebra, Suiza. 157 págs.

Instituto Meteorológico Nacional. (2019). *Comprender y actuar frente al Cambio Climático*. MINAE, IMN, DCC, FUNDECOOPERACIÓN, ADAPTA2+, ADAPTATION FUND. San José, Costa Rica.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2005). *Cambio Climático*. Proyecto Ciudadanía Ambiental Global 2005. PNUMA, BID, GEF. México, D.F. México.

PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Mitigación y Adaptación: dos estrategias ante el Cambio Climático

Para abordar el fenómeno del Cambio Climático, se requiere de un enfoque integrado. La adaptación y la mitigación, son dos estrategias complementarias para reducir y manejar los riesgos ante los impactos del Cambio Climático. Si en los próximos decenios disminuyen las emisiones de GEI, se podría lograr una reducción en el riesgo climático en el siglo XXI y posteriores (IPCC, 2014a).



1. Mitigación del Cambio Climático

El término mitigación, en el contexto del Cambio Climático, se refiere a las acciones que realizan los seres humanos, para potenciar mediante sumideros de carbono (bosque, plantaciones y regeneración natural) y otras actividades, la reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Las acciones de mitigación no necesariamente implican “dejar de usar”, muchas de ellas están ligadas al ahorro energético y al uso eficiente de la energía, las cuales a su vez se traducen en menores costos económicos para las personas, las empresas y los gobiernos. También el manejo de los desechos que integra las acciones de “rechazar, reducir, reutilizar y reciclar”, es una forma de mitigación que puede ayudar a frenar el aumento en la concentración de GEI en la atmósfera (PNUMA, 2005).

La mitigación implica además, la toma de conciencia por parte de las personas sobre los problemas que está ocasionando el Cambio Climático, a fin de que pongan en práctica acciones que conlleven a la reducción en las emisiones de GEI que se producen como resultado de las distintas actividades que realizamos los seres humanos.



1.1. Opciones de Mitigación

Según el IPCC (2014a), para todos los sectores existen opciones de mitigación, las cuales pueden ser más efectivas si se combinan con el establecimiento y protección de sumideros de carbono.

En el cuadro 2 se presentan algunas opciones de mitigación que se pueden impulsar en los diferentes sectores.



Los bosque y plantaciones de árboles actúan como un gran purificador del aire de nuestro planeta. En presencia de luz solar las plantas absorben dióxido de carbono, con lo cual disminuye la concentración de GEI en la atmósfera, contribuyendo a regular la temperatura del planeta.

Cuadro 2. Medidas de mitigación por sector

Sector	Medidas de mitigación
Energía y transporte	<ul style="list-style-type: none">• Sustitución de energía producida por combustibles fósiles por energías renovables (eólicas, solar, hidroeléctrica, geotérmica, etc.).• Mejoramiento de la eficiencia energética.• Utilización de equipos eléctricos de bajo consumo.• Mejoramiento de la infraestructura vial.• Racionalizar el uso del vehículo.• Aplicación de técnicas de conducción eficiente.
Asentamientos humanos e infraestructura	<ul style="list-style-type: none">• Desarrollo de infraestructura compacta (vertical).• Construcción de edificios inteligentes (que aprovechen la luz natural y con tecnología para uso eficiente de la electricidad).
Industria	<ul style="list-style-type: none">• Mejorar la eficiencia mediante procesos y tecnología innovadora.• Disminución de empaques plásticos.• Mejorar la eficiencia en el reciclaje de productos.
Agricultura y silvicultura	<ul style="list-style-type: none">• Evitar la disminución de sumideros de carbono (reducir la deforestación y conservar los bosques).• Aumentar los sumideros de carbono (establecer plantaciones forestales, fomentar la regeneración natural, y los sistemas agroforestales y silvopastoriles).• Evitar la degradación de la tierra (eliminar el sobrepastoreo, los incendios forestales de charrales, potreros y rastros de cultivos) y la tala del bosque.
Residuos	<ul style="list-style-type: none">• Reducir la generación de residuos (no comprar productos en envases desechables o muy empacados, usar bolsas reutilizables).• Reutilizar los envases, recuperar todos los residuos que sean reciclables.• Co-procesar los residuos (por ejemplo, las llantas de desecho en industrias cementeras, de cal y acero, entre otros).

1.2. Acciones de mitigación implementadas en Costa Rica

Aunque Costa Rica no es un país considerado como emisor relevante de GEI en el contexto internacional, la posición que ha tomado en materia de mitigación o reducción de emisiones de GEI ha sido activa.

Entre las principales acciones de mitigación que se están llevando a cabo en el país están:

- **Programa País para la Carbono Neutralidad:** es un mecanismo voluntario al que pueden acceder organizaciones, empresas públicas y privadas, comunidades y organizadores de eventos, para el reporte de inventarios de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la demostración de acciones de reducción, remoción y compensación de emisiones y el fortalecimiento de la descarbonización.
- **Plan Nacional de Energía 2015-2030:** el cual pretende que al 2030 Costa Rica disponga de un suministro energético, enfatizado en fuentes renovables autóctonas.
- **Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Evitada (REDD):** mecanismo de mitigación del Cambio Climático, que busca la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la deforestación y degradación de los bosques, así como la conservación y el incremento en las capturas de CO₂.
- **Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada en el cultivo del café (NAMA café):** busca reducir las emisiones de GEI y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos a nivel de fincas y beneficios. Se espera obtener el primer café bajo en emisiones a nivel mundial, lo que dará acceso a mercados nuevos para caficultores costarricenses.

- **Proyecto Aguas Residuales (Planta de Tratamiento Los Tajos, AYA):** pretende rehabilitar y extender colectores y redes secundarias en más de 365 km del área metropolitana, construir una planta de tratamiento primaria para las aguas residuales y lodos, a fin de disponerlos de una manera adecuada.
- **Educación en Cambio Climático en Costa Rica:** en el año 2018 se realizó la inclusión del tema de Cambio Climático en los planes de estudio de primero y segundo ciclo de la enseñanza general básica del Ministerio de Educación Pública. Además, se efectuó la capacitación de los educadores en dicho tema y se elaboró material didáctico de apoyo a los educadores.

1.3. ¡Usted también puede ayudar!

A continuación, se presentan algunas opciones de mitigación que las personas pueden realizar para contribuir con la reducción de las emisiones de GEI:

- Apague los aparatos eléctricos y las luces que no está ocupando.
- Genere menos residuos, rechace, reutilice y recicle.
- Participe en campañas de recolección de residuos de su escuela y comunidad.
- Apoye las iniciativas de siembra de árboles.
- Eduque a sus alumnos, familia, vecinos y amigos, para que conozcan la problemática que genera el Cambio Climático.

Aunque las acciones de mitigación son de gran importancia para desacelerar el Cambio Climático, estas por sí solas no son suficientes, por lo que es necesario implementar además medidas de adaptación complementarias.

¿CÓMO PODEMOS ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO?

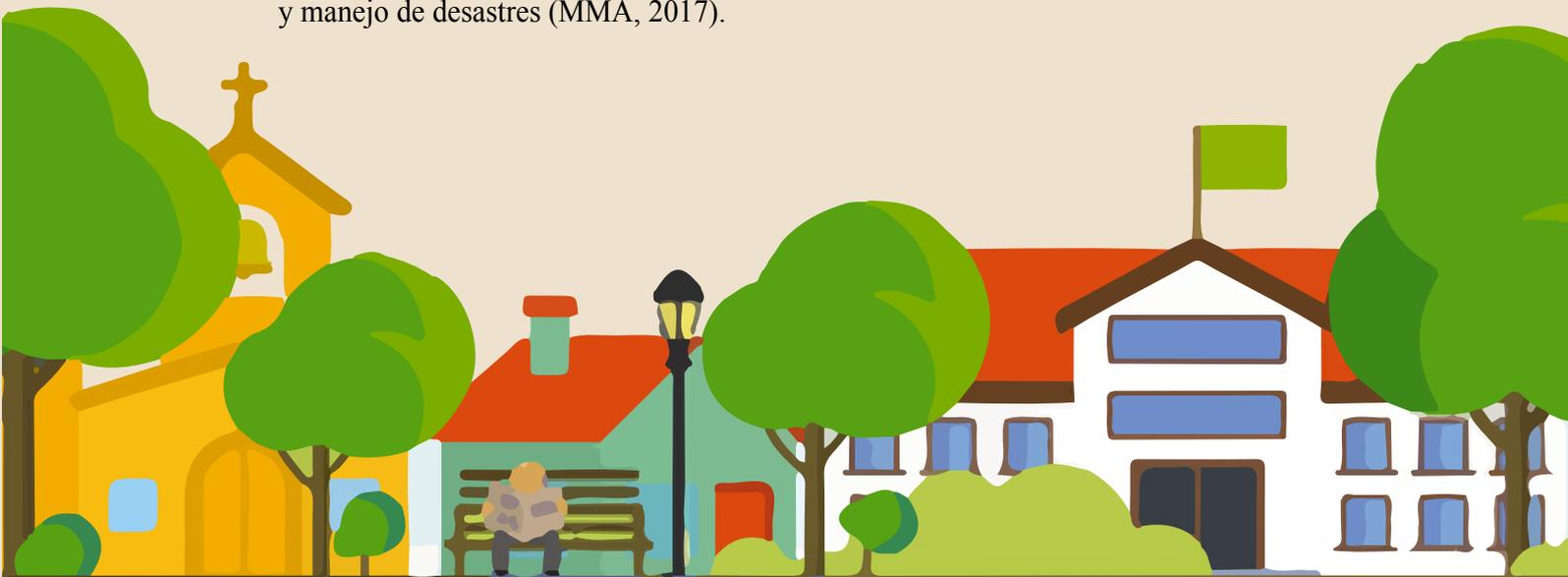
Mitigación y Adaptación: dos estrategias ante el Cambio Climático

2. Adaptación al Cambio Climático

La adaptación al Cambio Climático es un proceso para ajustarse a los cambios del clima y sus efectos, tanto los actuales como los esperados. En sistemas humanos, la adaptación busca moderar o evitar impactos negativos y aprovechar los efectos beneficiosos (MMA, 2017).

La adaptación implica desarrollar un conjunto de iniciativas y medidas, orientadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos, frente a los efectos esperados del Cambio Climático. Es fundamental que los países, las comunidades y las personas adopten medidas y prácticas para protegerse de los daños y perturbaciones generadas por este cambio en el clima (MMA, 2017).

La adaptación debe considerar, la forma de beneficiarse de los efectos positivos de este Cambio Climático. Las medidas de adaptación deben estar orientadas en el corto, mediano y largo plazo e incluir componentes de manejo ambiental, planificación y manejo de desastres (MMA, 2017).



2.1. ¿Por qué debemos adaptarnos?

A lo largo de la historia, los pueblos y las sociedades se han adaptado al clima, su variabilidad y sus extremos, y los ha enfrentado con diversos grados de éxito. El IPCC (2014b), indica que la adaptación a los efectos del Cambio Climático consiste en desarrollar la capacidad de moderar los impactos adversos, creando o potenciando las defensas frente a ellos.

La variabilidad climática producto del aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), está provocando un aumento en los fenómenos hidrometeorológicos extremos, tales como las sequías e inundaciones, las cuales impactan negativamente tanto a los sistemas productivos humanos como a los ecosistemas naturales (IMN, 2012).

Los esfuerzos de adaptación ante fenómenos meteorológicos extremos provocados por el Cambio Climático, contribuirán a reducir la vulnerabilidad de la sociedad, limitando los daños en el corto, mediano y largo plazo.

Si las variaciones climáticas son moderadas y/o graduales, la adaptación será más fácil, mientras que, si el clima cambia rápidamente, las posibilidades de adaptación para disminuir la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales serán menores.

Cuanto mayor sea la magnitud del Cambio Climático, mayores serán los desafíos de adaptación que habrá que enfrentar.

2.2. Acciones de Adaptación

Los primeros pasos de la adaptación al Cambio Climático empiezan con el conocimiento del problema. Es necesario evaluar la vulnerabilidad para conocer cuándo, cómo y dónde puede impactar la amenaza. Esto permitirá hacer un uso eficiente de los recursos, priorizando acciones y dirigiéndolas a las zonas de mayor impacto.

Existen opciones de adaptación en todos los sectores, sin embargo, su aplicación es diferente para las distintas regiones del mundo. Por ejemplo, en América Central y América del Sur, se está llevando a cabo una adaptación basada en ecosistemas, la cual comprende áreas protegidas, acuerdos de conservación y gestión comunitaria. En el sector agrícola se están incorporando variedades de cultivos resilientes, predicciones climáticas y gestión integrada de los recursos hídricos (IPCC, 2014b).

En el cuadro 3 se presentan algunas opciones de adaptación en los distintos sectores, propuestas por el IPCC (2014b).

Cuadro 3. Impactos y acciones de adaptación por sector

Sector	Impactos	Opción de adaptación
Agropecuario	Sequías. Plagas y enfermedades. Disminución en los rendimientos de los cultivos. Aparición de especies invasoras. Disminución en el precio del ganado de carne.	<ul style="list-style-type: none">• Biotecnología y mejoramiento genético de cultivos.• Uso de fertilizantes y plaguicidas químicos.• Modificación de las fechas de siembra y utilización de especies tolerantes a la sequía.• Incremento en abonos verdes y cultivos de cobertura para retener humedad de los suelos.• Mayor disposición de abrevaderos y proveer raciones alimenticias al ganado durante años secos.

Sector	Impactos	Opción de adaptación
Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en la distribución geográfica de las especies. • Cambios en los patrones de migración de las especies. • Incremento en la tasa de extinción. • Cambios en los tiempos de reproducción. • Cambios en los patrones de crecimiento de las plantas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Creación y ampliación de corredores migratorios y áreas silvestres protegidas. • Migración y dispersión asistida de especies. • Protección de hábitats críticos para especies vulnerables. • Prevención de incendios forestales. • Fortalecimiento del monitoreo de especies.
Zonas costeras y pesca	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento en el nivel del mar. • Erosión de las playas y costas e inundación de comunidades. • Pérdida de hábitat de especies de flora y fauna marina. • Cambios en la distribución y abundancia de especies marinas de interés comercial. • Incremento de especies invasoras y exóticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de rompeolas, diques y tajamares. • Construcción de viviendas y hoteles lejos de playas y costas. • Migración de la población hacia zonas alejadas de las playas o de mayor altitud. • Protección y manejo sostenible de manglares, humedales y arrecifes de coral. • Incluir la protección de cuencas hidrográficas en los planes reguladores de las municipalidades.
Recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación del ciclo hidrológico. • Disminución de precipitaciones. • Sequías. • Deshielo de los glaciares y los polos. • Desabastecimiento de agua para consumo humano y agricultura, ganadería e industria. 	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de áreas de recarga acuífera y creación de nuevas áreas. • Reutilización del agua. • Mejoramiento en la operación de instituciones de gestión del agua. • Mejorar la eficiencia en el uso y distribución del recurso. • Mejoramiento de la infraestructura de almacenamiento y conducción de agua potable. • Acciones para la reducción en el consumo y contaminación del agua.
Salud humana	<p>Los impactos en este sector son directos e indirectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Directos: aumento de muertes, enfermedades y lesiones producto de olas de calor, inundaciones, tormentas, incendios y sequías. • Indirectos: enfermedades diarreicas, enfermedades transmitidas por insectos y otros vectores como Dengue, Zika y Chikunguña, entre otras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de los sistemas de salud pública. • Sistemas de alerta ante olas de calor. • Monitoreo de los impactos del clima y variabilidad climática. • Realizar investigaciones sobre cómo prevenir las enfermedades provocadas por el Cambio Climático e informar los resultados a la población. • Uso de pronóstico meteorológico como herramienta de prevención de enfermedades.
Sector energía	<p>El aumento de eventos climáticos extremos provocan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de infraestructura utilizada para la generación y transporte de electricidad. • Sequía que produce la disminución de agua de los embalses. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la eficiencia energética. • Desarrollar otras fuentes de energía limpia, como la solar y la eólica. • Incorporar la gestión del riesgo en los proyectos y planes de energía renovable.

2.3. Acciones de adaptación que se desarrollan en Costa Rica

El compromiso del país está basado en la promoción de un desarrollo verde, bajo una acción local, fortaleciendo los programas de conservación y ampliando el pago de servicios ambientales para incluir la adaptación basada en ecosistemas.

El país también promueve la generación de energías renovables, el manejo de las cuencas hidrográficas y el ordenamiento territorial municipal, como herramientas para disminuir la vulnerabilidad a largo plazo.

La mayor acción de adaptación que nuestro país pretende realizar, es el proyecto PAACUME conocido como “*Agua para Guanacaste*”, debido a que se prevé que el Cambio Climático generará en la provincia de Guanacaste escasez de agua para la seguridad agroalimentaria y el consumo humano.

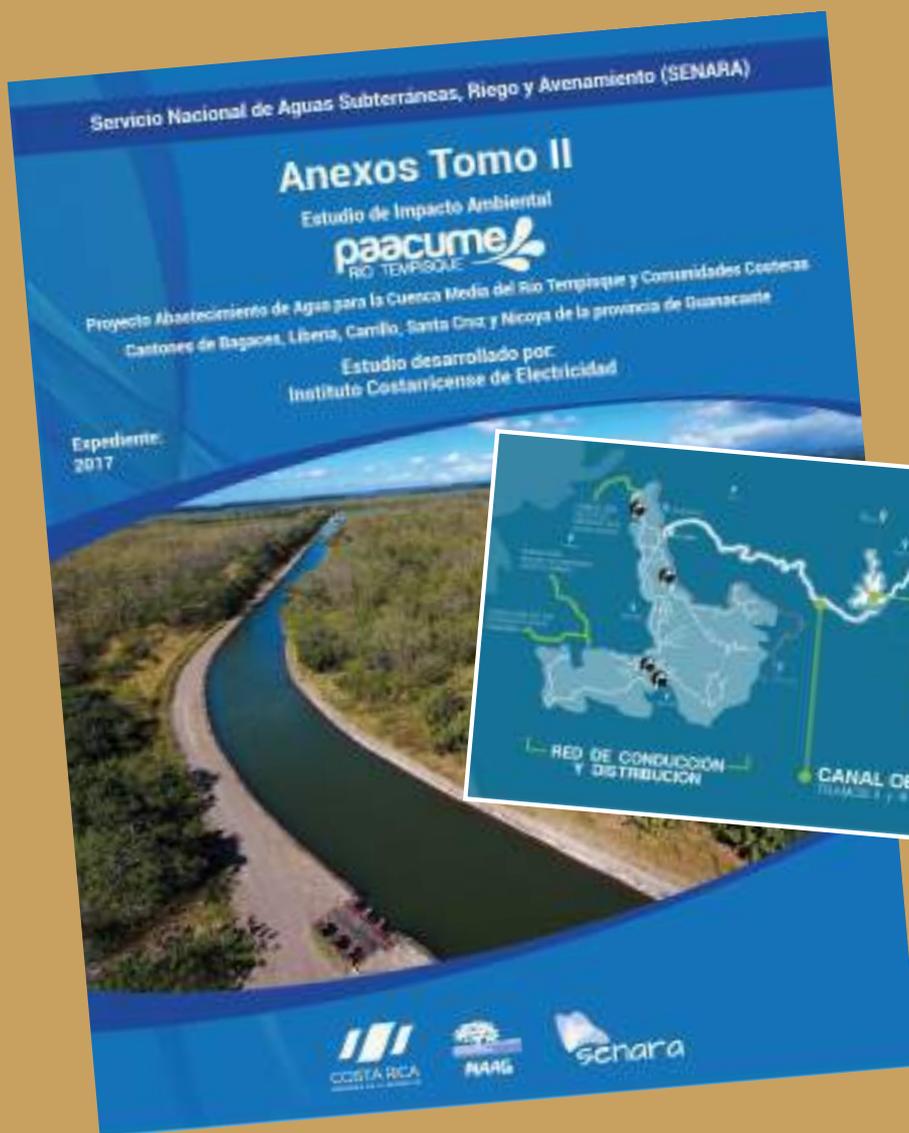
El Estado a través del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), en conjunto con otras instituciones, está impulsando dicho proyecto que busca la adaptación al Cambio Climático de la provincia de Guanacaste, mediante la creación del embalse Piedras, que utilizará el sobrante de agua de la represa de Arenal para el consumo y la producción agropecuaria de dicha región.

2.4. ¡Usted puede ser parte de la solución!

Las personas también podemos realizar acciones de adaptación al Cambio Climático, algunos ejemplos de éstas son:

- Infórmese sobre los riesgos a eventos climáticos extremos y esté preparado.
- Esté atento a los pronósticos del Instituto Meteorológico Nacional y a las alertas de la Comisión Nacional de Emergencias.
- Construya su vivienda en lugares seguros, utilice materiales y diseños robustos y adaptados al lugar.
- Evite construir en zonas aledañas a los ríos y playas, propensas a inundaciones.
- No construya en laderas inestables, ni zonas con fuertes pendientes.
- Haga un uso eficiente y responsable del agua.
- Capacítese, realice acciones de protección y conservación de los recursos naturales, en su escuela y comunidad.





La mayor acción de adaptación que Costa Rica pretende realizar, es el proyecto PAACUME conocido como “Agua para Guanacaste”

Capítulo IV

3. Literatura consultada

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2014a). *Cambio Climático 2014: Informe de síntesis*. IPCC, Ginebra, Suiza. 157 págs.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2014b). *Cambio Climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Ginebra, Suiza. 200 págs.

Instituto Meteorológico Nacional. (2012). *Láminas de Adaptación al Cambio Climático*. IMN, PNUD. San José, Costa Rica.

Ministerio del Medio Ambiente. (2017). *Guía de apoyo docente en Cambio Climático*. Gobierno de Chile. MMA. Gobierno de Chile. Recuperado de: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-de-apoyo-docente-en-Cambio-Climatico.pdf>

ACCIÓN POR EL CLIMA: CUMPLIENDO EL OBJETIVO 13 DE LOS ODS

“La educación para la acción climática es crucial porque tiene el poder excepcional de hacer evolucionar la mentalidad y el comportamiento a largo plazo. Como la educación puede cambiar las mentes, puede cambiar el mundo “

Audrey Azoulay, Director General UNESCO.



ACCIÓN POR EL CLIMA

1. Educar para la Acción Climática

Las personas viven en su propia piel las consecuencias del Cambio Climático, que incluyen cambios en los patrones del tiempo, el aumento del nivel del mar y los fenómenos meteorológicos extremos. Las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por las actividades humanas, hacen que esta amenaza aumente. De hecho, las emisiones nunca habían sido tan altas. Si no actuamos, la temperatura media de la superficie terrestre podría aumentar unos tres grados centígrados este siglo y en algunas zonas del planeta podría ser todavía peor. Las personas más pobres y vulnerables serán los más perjudicados.

El Cambio Climático ha pasado de ser un tema reservado exclusivamente a los expertos, a preocupar a las personas y a la sociedad mundial en su conjunto. Las evidencias de este cambio en el clima son cada vez más tangibles, por lo que es necesario desarrollar esfuerzos en materia de acceso a la información, sensibilización, educación, formación y participación en el tema, a fin de empoderar a la población en la puesta en ejecución de acciones que permitan prevenir, mitigar y adaptarnos al Cambio Climático.

La adaptación de las sociedades a los desafíos del Cambio Climático requiere de la cooperación de todos los actores, tanto en el ámbito global como local. El rol de la educación es sin duda determinante para generar personas conscientes de las vulnerabilidades y riesgos que enfrentan los espacios que habi-

tan, y preparadas para enfrentar futuros escenarios de emergencia y episodios climáticos extremos.

La educación es un pilar estratégico en la implementación de acciones y planes de mitigación y adaptación, en el abordaje del Cambio Climático, tal y como quedó establecido en el Artículo 6: Educación, formación y sensibilización del público, de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y conocido como Acción para el Empoderamiento Climático (ACE).

En este contexto, la educación juega un papel primordial como una de las estrategias para enfrentar el Cambio Climático. Su aporte va más allá de presentar la problemática del mismo a los alumnos, sino que su objetivo es fomentar su capacidad para analizar, comprender y afrontar los impactos del calentamiento global.

Como complemento en la solución de los problemas ambientales, la educación debe centrarse en el conocimiento y solución de los problemas locales, mediante una aproximación contextualizada en este caso de los efectos del Cambio Climático. Por lo que es necesario, la integración de los educandos en la lucha para prevenir y adaptarnos al Cambio Climático, a través de acciones y proyectos ambientales que se lleven a cabo en los centros educativos, como parte del quehacer formativo de los alumnos.



ACCIÓN POR EL CLIMA

2. La educación en Cambio Climático en Costa Rica

Para Costa Rica la educación en Cambio Climático es una prioridad que quedó reflejada en la Estrategia Nacional de Cambio Climático, donde se destaca como un elemento clave para la generación de nuevos comportamientos ambientales, específicamente en los estudiantes del sistema educativo del país, así como en la población en general.

Entre las acciones que se vienen desarrollando en el país están:

- La inclusión del tema de Cambio Climático en los programas de estudio de primero y segundo ciclo de la enseñanza general básica del Ministerio de Educación Pública (MEP), con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) a través del Instituto Meteorológico Nacional (IMN).
- Elaboración de material didáctico educativo y divulgativo, dirigido a educadores, estudiantes y público en general, entre los que se encuentran: 30 láminas sobre Cambio Climático, mitigación y adaptación al Cambio Climático, además videos que explican de manera sencilla el Cambio Climático, sus causas y consecuencias. Estos materiales se encuentran disponibles en la página web www.cglobal.imn.ac.cr.
- Capacitación a educadores en el tema de Cambio Climático por parte del Instituto



Meteorológico Nacional, el Proyecto AMAS, la iniciativa Paz con la Naturaleza y la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, en coordinación con el Ministerio de Educación Pública.

- Construcción de una página web sobre Cambio Climático en el IMN, donde se pueden encontrar y bajar de manera gratuita resultados de investigaciones, documentos técnicos, y materiales educativos e informativos sobre Cambio Climático.

ACCIÓN POR EL CLIMA

3. Reforzando conocimientos y promoviendo comportamientos ambientalmente responsables

Con el fin de reforzar los conocimientos adquiridos en los capítulos anteriores de este documento, a continuación se presentan una serie de fichas didácticas que los educadores pueden utilizar en las lecciones impartidas a sus estudiantes.

ACTIVIDAD	OBJETIVOS	CONCEPTOS	PROCEDIMIENTOS
La atmósfera.	<ul style="list-style-type: none"> Comprender el concepto de atmósfera y su importancia para los seres vivos. 	<ul style="list-style-type: none"> Atmósfera. Composición. Estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> Observación del entorno. Análisis de la información.
Tiempo y clima.	<ul style="list-style-type: none"> Entender los conceptos de tiempo y clima, y reconocer sus diferencias. 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo. Clima. Variabilidad climática. 	<ul style="list-style-type: none"> Observación del entorno. Investigación del tiempo y el clima de su comunidad.
El efecto invernadero y gases de efecto invernadero.	<ul style="list-style-type: none"> Comprender la importancia que tiene el efecto invernadero para la vida en el planeta. 	<ul style="list-style-type: none"> Efecto invernadero. Gases de efecto invernadero. 	<ul style="list-style-type: none"> Observación del entorno. Investigación en fuentes bibliográficas.
	<ul style="list-style-type: none"> Comprender la relación que tienen los GEI con el aumento de temperatura del planeta. Relacionar el aumento de temperatura con el Cambio Climático. 	<ul style="list-style-type: none"> Calentamiento global. Acciones humanas que provocan el calentamiento global. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación del tema en fuentes científicas. Observación y análisis del entorno.
Cambio Climático Cuéntame un cuento.	<ul style="list-style-type: none"> Observar y describir los cambios en el clima actual de su comunidad, así como sus causas y consecuencias. 	<ul style="list-style-type: none"> Cuento “La Luna de mi patio”. Percepción del cambio en el clima, sus causas y consecuencias. 	<ul style="list-style-type: none"> Observación del entorno. Análisis crítico del cuento “La Luna de mi patio”. Realizar entrevistas a personas mayores de la comunidad sobre los cambios en el clima. Representar por medio de un cuento, una poesía, una obra de teatro, un cartel u otro, los cambios del clima percibidos en su comunidad, así como las acciones que se pueden realizar para prevenirlo.
Mitigación y adaptación al Cambio Climático.	<ul style="list-style-type: none"> Comprender los conceptos de mitigación y adaptación al Cambio Climático. Conocer posibles acciones que se pueden implementar tanto a nivel individual, escolar, comunal y nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> Acciones de mitigación y adaptación. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación documental sobre acciones desarrolladas en materia de Cambio Climático en el país y en el mundo.
Mi compromiso	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar un compromiso individual con el país y con el planeta. 	<ul style="list-style-type: none"> Propuesta de una guía de compromiso. 	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración y firma del compromiso.

3.1. FICHA 1: La Atmósfera

La atmósfera terrestre:

Se puede definir la atmósfera como la envoltura gaseosa que rodea la Tierra. Aunque tiene un espesor de varias cientos de kilómetros, cerca del 99 % de su masa gaseosa se encuentra dentro de los primeros 30 km cercanos a la superficie terrestre.

Importancia de la atmósfera:

- Hace posible la respiración.
- Transmite el sonido y propaga luz.
- Permite el vuelo de los aviones y la combustión.
- Regula la temperatura de la tierra.

Principales gases que conforman la atmósfera:

- **Nitrógeno (N₂):** 78 % total del aire.
- **Oxígeno (O₂):** 21 % del total.
- **Dióxido de carbono (CO₂):** 0,033 % del total.

Estructura de la atmósfera:

La atmósfera se divide en cinco capas según su temperatura, en las cuales ocurren diferentes eventos conforme se va ascendiendo.



FORTALECIENDO CONOCIMIENTOS

La atmósfera se define como: _____

Los principales gases que componen la atmósfera son: _____.

Las capas de la atmósferas son: _____, _____, _____, _____ y _____.

La capa donde ocurren los fenómenos meteorológicos es: _____.

La importancia de la termósfera para la comunicación radica en que: _____
_____.

La capa que actúa como filtro, o escudo protector, de las radiaciones nocivas que llegan a la Tierra, se conoce con el nombre de: _____.

CAPA DE LA ATMÓSFERA	DEFINICIÓN
Tropósfera	Capa de la atmósfera que está en contacto con la superficie de la Tierra, donde ocurren todos los fenómenos meteorológicos que influyen en los seres vivos, como los vientos, la lluvia y los huracanes. Su nombre significa esfera de cambios.
Estratósfera	Aquí se encuentra la capa de ozono que actúa como filtro, o escudo protector de las radiaciones nocivas que llegan a la Tierra, dejando pasar sólo las que permiten la vida en el planeta. Su nombre significa esfera de capas.
Mesósfera	Es donde las naves espaciales que vuelven a la Tierra empiezan a notar los vientos y el rozamiento con la atmósfera. Aquí los fragmentos de meteorito conocidos como estrellas fugaces terminan de hacer ignición. Su nombre significa esfera media.
Termósfera	En esta capa se producen las auroras boreales, se reflejan las ondas de radio y de televisión. Su nombre significa esfera de color.
Exósfera	Es la zona de tránsito entre la atmósfera terrestre y el espacio. En esta región se encuentran los satélites artificiales y hay un alto contenido de polvo cósmico. Su nombre significa esfera externa.

3.2. FICHA 2: Tiempo y clima

Tiempo atmosférico: es el estado de la atmósfera en un lugar y un momento determinado, puede cambiar ya que refleja las condiciones del día y la hora.

Factores del tiempo y del clima:

Factores cósmicos: son permanentes sin importar la ubicación que tengamos en el planeta.

Forma esférica del planeta	Distribución desigual de la radiación solar.
Movimiento de rotación	Afecta la exposición del Sol, el día y la noche.
Movimiento de traslación	Afecta la exposición del Sol, las estaciones.
Energía solar	Energía (luz, calor y rayos ultravioleta).

Factores geográficos: varían de acuerdo con la posición que tengamos en la Tierra.

Latitud	Distancia entre la línea ecuatorial y un punto determinado de la Tierra.
Altitud	Distancia vertical de un punto de la superficie terrestre respecto al nivel del mar.
Relieve	Formas que tiene la corteza terrestre o litosfera en la superficie.
Continentalidad	Efecto climático que produce la lejanía de una región con respecto de una masa oceánica.
Oceanidad	Efecto climático que produce la cercanía de una región con respecto de una masa oceánica.
Vegetación	Conjunto de plantas propias de una zona o un lugar, que ayudan a regular la temperatura.

Clima: se refiere a las estadísticas más representativas del tiempo atmosférico, para una región determinada, durante un periodo de al menos 30 años.

Elementos del tiempo y del clima: el tiempo atmosférico y el clima son el resultado de la combinación de los siguientes elementos.

Elemento	Definición	Instrumento de medición
Temperatura	Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera en un tiempo y lugar determinado.	Termómetro de máxima y mínima.
Humedad	Contenido de vapor de agua en la atmósfera.	Higrómetro.
Precipitación	Cualquier forma de hidrometeoro (conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas) que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre.	Pluviómetro.
Presión atmosférica	Fuerza que ejerce el aire que forma la atmósfera sobre la superficie terrestre.	Barómetro.
Viento	Corriente de aire que se produce en la atmósfera al variar la presión.	Anemómetro (velocidad) Veleta (dirección).
Radiación solar	Conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. Responsable de dinamizar la atmósfera.	Heliógrafo.



FORTALECIENDO CONOCIMIENTOS

¿Cuál es la diferencia entre tiempo atmosférico y clima? _____

_____.

¿Qué utilidad tiene para las personas conocer el pronóstico del tiempo? _____

_____.

¿Cómo afecta el clima las actividades de las poblaciones humanas? _____

_____.

Mencione tres factores geográficos que son determinantes en el clima de una región:

_____, _____ y _____.

Tres elementos del clima son: _____, _____, _____.

El instrumento que mide la dirección del viento se llama: _____.

3.3. FICHA 3: El Efecto Invernadero

El efecto invernadero

Se conoce como efecto invernadero, al fenómeno mediante el cual la atmósfera retiene una parte de la radiación emitida por el Sol y calienta el planeta. Esta capa contiene ciertos gases (principalmente dióxido de carbono, CO_2) que absorben una parte de esta energía recibida, manteniendo el planeta a una temperatura adecuada que permite la vida. El efecto invernadero es una característica esencial de nuestro planeta que ha permitido que exista la vida en él durante milenios.

¿Qué son los gases de efecto invernadero?

Los gases con capacidad de absorción del calor se denominan gases de efecto invernadero (GEI). Estos gases son esenciales para la vida, ya que gracias a ellos la temperatura del planeta es de aproximadamente $15\text{ }^\circ\text{C}$, de lo contrario la temperatura sería de aproximadamente $-18\text{ }^\circ\text{C}$.

Sin embargo, si estos gases se incrementan la temperatura del planeta aumenta poniendo en riesgo la supervivencia de los seres vivos. El incremento de los GEI presentes en la atmósfera es la causa más importante del calentamiento global, del que deriva el Cambio Climático actual.

Principales gases de efecto invernadero:

Gas	Fuente emisora	Potencial de calentamiento	Permanencia en la atmósfera
Dióxido de carbono (CO ₂)	Combustibles fósiles	1	5 a 200 años
Metano (CH ₄)	Ganadería, deforestación, agricultura	25	12 años
Óxido Nitroso (N ₂ O)	Combustibles, cultivos, deforestación	298	114 años
Hidrofluorocarbonos (HFCs)	Equipos de refrigeración, aerosoles y espuma aislante	124 - 14.800	270 años
Perfluorocarbonos (PFCs)	Equipos de refrigeración y extintores.	7.390 - 12.200	
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	Equipos de distribución de energía eléctrica, procesos industriales de desgasificación del aluminio y procesos siderúrgicos de fusión de magnesio y sus aleaciones, y procesos de plasma en la industria electrónica.	22.000	3.200 años



FORTALECIENDO CONOCIMIENTOS

¿Qué importancia tiene el efecto invernadero para la vida en el planeta? _____

_____.

Enumere los principales gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera _____,

_____, _____, _____, _____ y _____.

¿Cuáles son las principales fuentes emisoras de CO₂? _____

_____.

¿Cuál es el gas de efecto invernadero con mayor potencial de calentamiento? _____,

¿cuál es su fuente emisora? _____ y ¿cuál es su permanencia en la atmósfera?

Indique tres acciones humanas que han incrementado la cantidad GEI presentes en la atmósfera

_____, _____ y _____.

3.4. FICHA 4: El Cambio Climático

Cambio Climático:

Se denomina Cambio Climático a la variación del clima atribuida directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera terrestre y se suma a la variabilidad natural del clima.

Causas del Cambio Climático actual:

Las causas del Cambio Climático actual son de origen humano y se deben principalmente al aumento en los niveles de concentración de los gases de efecto invernadero (GEI). Este aumento en los

GEI, es provocado principalmente por el uso de combustibles fósiles en procesos industriales, el transporte, la generación de energía, así como algunas actividades agropecuarias, y la tala y quema de los bosques.

Consecuencias del Cambio Climático:

Los estudios científicos indican que el Cambio Climático actual trae consigo una serie de alteraciones en el planeta, entre las que están: el aumento en la temperatura, el deshielo de los polos, un aumento en los eventos extremos del clima, la extinción de especies de flora y fauna, y un aumento en el nivel del mar, entre otras.



FORTALECIENDO CONOCIMIENTOS

Indique en sus propias palabras que entiende por Cambio Climático _____

¿A qué se debe que el clima del planeta Tierra este cambiando? _____

¿Qué consecuencias negativas está teniendo el cambio de clima para el planeta y los seres vivos que lo habitan? _____

Realice una lectura y análisis del cuento: La Luna de mi patio.

¿Qué ha cambiado en el patio de Lupe? _____

Según don Esteban, ¿cuáles son las causas de este cambio? _____

¿Qué consecuencias podrían tener los cambios en el clima mencionados por Lupe y don Esteban?, menciones algunas: _____

¿Qué podrías hacer para ayudar a prevenir y mitigar el Cambio Climático? _____

Pregunte a personas mayores de la comunidad cómo era el clima antes y cómo es ahora, si han percibido algún cambio. Con las respuestas obtenidas elabore un cuento, una poesía, una obra de teatro o un cartel, que muestre los resultados obtenidos y preséntelo a su clase.

LA LUNA DE MI PATIO

- Cuento -

Autor: José Alberto Retana Barrantes

Lupe era una niña de ocho años que le gustaba mirar el cielo durante las noches estrelladas. Vivía cerca de las montañas. Le gustaba sentir el frío. Por eso cuando salía a ver la luna siempre llevaba una cobija que le habían regalado cuando era pequeña. Se arrollaba en ella y se sentaba en su silla de madera. Podía pasarse horas enteras mirando el cielo.

Sin embargo, Lupe sentía que las noches ya no eran tan frías como antes. Muchas veces ni usaba su colcha de bebé cuando salía al patio. Además, notaba que ya no veía tantas luciérnagas como antes entre los cafetales.

Estando María Guadalupe (porque así se llamaba Lupe), en la feria científica de su escuela, conoció a don Esteban. Un hombre alto y delgado, de barba gris, cejas pobladas y amplia sonrisa. Era un invitado de la maestra de ciencias para que fuera juez de la actividad. Era un astrónomo famoso que se quedó asombrado de la presentación que hizo Lupe, sobre el cielo, la Luna y las estrellas.

“¿Así que te gustan las estrellas... María Guadalupe?”, le preguntó don Esteban mirando fijamente el gafete con el nombre de la

niña. “Me puede llamar Lupe, así me dicen todos”, respondió rápida y cordialmente la pequeña. Lupe era directa al hablar y no se intimidaba con la conversación de nadie. “¿Le puedo hacer una pregunta...don Esteban?” dijo Lupe mirando fijamente el gafete del invitado.

“¿Por qué el patio de mi casa está caliente durante las noches?.. ya no es como antes don Esteban. Me da mucho miedo de que se siga calentando y ya no vuelva a salir la Luna cuando le toque estar llena.



!Porque a la Luna de mi patio le gusta el frío como a mí!"... dijo Lupe.

Don Esteban sonrió. Buscó una silla y se sentó a la par de Lupe. Le dijo seriamente: Mi pequeña Lupe. Ni a tu Luna ni a mi nos gusta que tu patio se caliente. Lamentablemente eso está pasando en muchos otros patios de muchos otros lugares alrededor del mundo.

Lupe puso cara seria, buscó una silla y sentó junto a don Esteban con las manos sosteniendo su cabeza, apoyada en sus rodillas y sin pestañear.

Resulta que nosotros, los seres humanos, hemos utilizado mal los recursos que nos da la Tierra. Quemamos basura, usamos mucho petróleo, usamos muchos los carros...."¿hacemos mucho humo don Esteban?" interrumpió Lupe.



"Si mihijta. Hacemos mucho humo", replicó don Esteban. Y no solo eso. Contaminamos el aire, contaminamos la tierra y contaminamos el mar y los ríos. Al ensuciar el aire es como si tapáramos todas las ventanas de una casa. Sin poderlas abrir. Sin poder respirar aire fresco. La casa se vuelve oscura y se empieza a calentar porque el calor de las mañanas no tiene por dónde salir cuando llega la noche. Nuestro planeta es nuestra casa y lo seguimos contaminando, si seguimos haciendo mucho humo como vos decís, estaremos cerrando las ventanas y poco a poco tu patio y todos los patios del mundo serán más calientes. Si eso pasa, los animales que conocemos poco a poco se tendrán que ir a buscar lugares más fríos, más cómodos..."¿Cómo las luciérnagas?" dijo Lupe...."mmmm, seguro que sí, como las luciérnagas", respondió don Esteban.

Las noches calientes en muchas partes del mundo hacen pensar a los científicos que el clima está cambiando. Y si cambia el clima, todo cambiará también. Dijo don Esteban apesadumbrado. Pero Lupe, vos podés hacer la diferencia. Decíle a tus amigos que es necesario evitar las quemadas, que se pueden recoger las basuras y depositarlas en los lugares que corresponde y que no desperdicien el agua. Podés decirle a los seres humanos que sean inteligentes y responsables con el ambiente. Cuando eso pase...pregúntale a la Luna de tu patio, si se ha sentido mejor hoy.

Don Esteban y Lupe, se sonrieron juntos. Intercambiaron sus gafetes y siguieron sus caminos.

3.5. FICHA 5: Mitigación y Adaptación al Cambio Climático

Mitigación al Cambio Climático:

Se conoce como mitigación al Cambio Climático a la intervención de los seres humanos, para reducir las fuentes emisoras de gases de efecto invernadero y mejorar los sumideros de carbono (océanos, bosques y suelos).

Adaptación al Cambio Climático:

La adaptación se refiere al proceso de ajuste de los sistemas naturales y humanos a los efectos actuales o esperados del Cambio Climático. En los sistemas humanos, la adaptación busca moderar o evitar los impactos negativos y aprovechar los efectos beneficiosos.

Existen dos tipos de adaptación, una espontánea que se relaciona con la sobrevivencia de las especies, y la otra planificada la cual es un proceso consciente que toma en cuenta los posibles cambios en el clima.

Acciones de mitigación:

Algunas acciones que podemos implementar para mitigar el Cambio Climático son:

- Racionalizar el uso de automóviles, usar el transporte público, la bicicleta o caminar.
- Aumentar los sumideros de carbono mediante el establecimiento de plantaciones, promoviendo la regeneración natural y la siembra de árboles en cultivos y pastos, y conservando los bosques.
- Evitar la tala de árboles, los incendios forestales, las quemas de charrales, potreros y rastrojos.
- Hacer un uso racional de la energía: utilizar la luz natural, secar la ropa al sol, apagar las luces cuando no se estén utilizando, usar bombillas eficientes.
- Utilizar abonos orgánicos.

- Reducir al máximo la generación de residuos: evitar los productos muy empacados, reutilizar bolsas y envases, recuperar el vidrio, plástico, papel y aluminio, separar los residuos orgánicos y hacer compost.
- Conservar y usar racionalmente el agua: cierre el tubo mientras se enjabona, se cepilla los dientes y cuando lava los trastes. Use la lavadora cuando tenga una carga completa, riegue las plantas solo en caso necesario y preferiblemente en horario nocturno, al lavar el automóvil utilice un recipiente de agua en lugar de una manguera.

Acciones de adaptación:

- Capacitar e informar a las personas y las comunidades para prevenir y manejar los riesgos a eventos hidrometeorológicos extremos.
- Ubicar las casas y edificios fuera de áreas propensas a inundaciones o deslizamientos
- Mejorar las construcciones adaptándolas para resistir eventos meteorológicos extremos.
- Crear embalses y depósitos para la recolección y almacenamiento de agua.
- Desarrollar fuentes de energía limpia.
- Construir diques y tajamares.
- Proteger los manglares.
- Crear corredores biológicos para la migración de especies.
- Fortalecer los sistemas de salud relacionados con enfermedades vectoriales como el dengue, malaria, chagas y parasitosis, entre otros.
- Mejorar genéticamente las variedades de cultivos.
- Modificar las fechas de siembra en cultivos de arroz y frijol dependiendo del escenario climático: seco o lluvioso.



FORTALECIENDO CONOCIMIENTOS

En su criterio, indique seis acciones que considere prioritarias para mitigar el Cambio Climático.

¿Cuáles acciones de mitigación de las mencionadas en el texto podría usted poner en práctica en su casa?, indique al menos tres _____

¿Qué entiende por adaptación al Cambio Climático? _____

Indique cuáles serían cuatro acciones de adaptación al Cambio Climático que se podrían implementar en la agricultura del país _____

3.6. FICHA 6: Mi compromiso con el Medio Ambiente.

FICHA DE COMPROMISO INDIVIDUAL

Nombre: _____

Centro educativo: _____

Distrito: _____ Cantón: _____ Provincia: _____

Después de comprender que el Cambio Climático es uno de los principales problemas ambientales que afrontamos los seres vivos en la actualidad, me comprometo mediante las siguientes acciones de mitigación y prevención al Cambio Climático, a ser parte de la solución de esta crisis climática.

En mi casa me comprometo a:

• Apagar las luces siempre que no las esté usando.	
• Desconectar los aparatos electrónicos que no se estén utilizando.	
• Separar los residuos para que se puedan reutilizar, reciclar o hacer abono orgánico.	
• Depositar los residuos reciclables en los sitios instalados para ese fin.	
• Al bañarme cerrar el tubo mientras me enjabono.	
• Cerrar el tubo mientras me lavo los dientes, las manos y cuando lavo los platos.	
• Explicar a mis padres la importancia de comprar productos locales y de temporada.	
• Pedir a mi familia utilizar la lavadora solo cuando tenga una carga completa y secar la ropa al aire libre.	
• Solicitar a mis padres usar bombillos de bajo consumo o LED.	
• Pedir a mis padres reducir la compra de productos que tengan mucho empaque.	
• Explicar a mis padres la importancia de usar bolsas reutilizables cuando hacemos las compras.	
• Evitar el uso de aerosoles.	
• Imprimir mis tareas y documentos solo en caso necesario y por ambas caras del papel.	

En el centro escolar me comprometo a:

• Apagar las luces del centro educativo cuando vea que no se están utilizando.	
• Llevar mi merienda en recipientes reutilizables.	
• Cerrar los tubos del centro escolar que vea abiertos y explicar a mis compañeros la importancia de ahorrar agua y no desperdiciarla.	
• Ir al centro escolar en transporte público, en bicicleta o caminando cuando sea posible y seguro.	
• Pedir a mis familiares que conduzcan más despacio si me llevan en coche.	
• Solicitar a los educadores y compañeros sembrar plantas en el centro educativo y explicarles su importancia para el clima.	
• Pedir a mi maestra utilizar la luz natural en el aula mientras sea posible.	
• Preparar un cartel, maqueta, poesía o cuento sobre el calentamiento del planeta y presentarlo a los alumnos y educadores de mi grupo escolar.	
• Invitar a mis maestros y compañeros a iniciar un proyecto de manejo adecuado de residuos en mi escuela y explicarles la importancia de esto para el planeta.	

En mi comunidad me comprometo a:

• Llevar los residuos separados a los contenedores dispuestos para reciclar.	
• Recoger los residuos que encuentre tirados en mi comunidad.	
• Participar en las campañas de limpieza y reforestación de mi comunidad.	
• Compartir mis conocimientos sobre el Cambio Climático con los habitantes de mi comunidad.	
• Instar a los grupos organizados de mi comunidad, a realizar la siembra de árboles y plantas en los lugares adecuados, y explicarles la importancia de estos en la mitigación del Cambio Climático.	

Firmo mi compromiso en _____

a las _____ del día _____ del mes de _____ del año _____.

¡TODOS SOMOS PARTE DE LA SOLUCIÓN! ✓





Capítulo V

4. Literatura consultada

Meseguer, P. y Delgado, JP. (s.f.). *Unidad Didáctica sobre Cambio Climático*. Programa LIFE, Proyecto LIFE ADAPTATE.

Instituto Meteorológico Nacional. (2011). *Colección de láminas: Mitigación del Cambio Climático*. PNUD-IMN. San José, Costa Rica.

Instituto Meteorológico Nacional. (2011). *Colección de láminas: Adaptación al Cambio Climático*. PNUD-IMN. San José, Costa Rica.

Junta de Andalucía. (s.f.). *Guía Didáctica del Programa KiotoEduca*. Consejería de Educación, Cultura y Deporte. Consejería de Medio Ambiente y Ordenamiento del Territorio.

