

CUIDEMOS EL PLANETA

CAMBIO CLIMÁTICO



Gobierno Regional
Región de Valparaíso

Créditos

PROGRAMA

“TRANSFERENCIA FORMACIÓN CIUDADANA EN MEDIO AMBIENTE DE LA REGIÓN DE VALPARAÍSO” 2023-2024

“Actividad Financiada con Recursos del Gobierno Regional de Valparaíso”

Código BIP: 40046329

Autor:

Equipo Fundación Terram

Diseño:

Mariana Phillips

Año:

2024

Obra liberada bajo licencia Creative Commons:



Licencia Creative Commons: Reconocimiento – No comercial – Compartir igual:

El artículo puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se reconoce la autoría en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original. Más información en: <http://creativecommons.org>

FUNDACIÓN TERRAM

General Bustamante 24, 5to piso, Oficina i / Providencia, Santiago de Chile.

Fonos: +56-2-22694499 / +56-2-29294264 / **e-mail:** contacto@terram.cl / www.terram.cl



@TerramChile



Fundación Terram



Fundación Terram



@fundación_terram



fundación_terram



Índice

INTRODUCCIÓN	03
I.EL CAMBIO CLIMÁTICO	06
1.¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?	06
2.¿QUÉ ES EL EFECTO INVERNADERO?	07
3.¿CUÁLES SON LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)?	08
Incremento de los Gases Efecto Invernadero	08
4.¿QUÉ ES EL CALENTAMIENTO GLOBAL?	10
II.CONSECUENCIAS E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL	12
1.IMPACTOS OBSERVADOS	12
Principales Países Emisores de Dióxido de Carbono CO ₂	17
III.CONSECUENCIAS E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE	19
1.PRINCIPALES IMPACTOS ESPERADOS PARA CHILE	19
2.IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO	24
IV.ACCIONES QUE AYUDAN A ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO	27
1.ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN	27
2.NEGOCIACIONES INTERNACIONALES SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO	29
3.¿QUÉ ESTÁ HACIENDO CHILE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO?	33
4.¿QUÉ PODEMOS HACER PARA CONTRIBUIR EN LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO?	44



Introducción

El Universo se originó a partir de una gran explosión, el Big Bang, hace 13.700 millones de años, dando inicio a todo lo que conocemos y nos rodea. A continuación, el Universo comenzó a expandirse y a enfriarse, produciéndose la condensación de gases y la materia, que se agrupó en galaxias las cuales dieron origen a las estrellas. Algunas estrellas estallaron (supernovas) expulsando los elementos que constituyen la base de la vida: oxígeno, carbono y nitrógeno y la mayoría de los elementos conocidos. Hace 4.500 millones de años se formó el Sol, la estrella desde la cual surgió nuestro planeta y el sistema solar que conocemos.

A medida que la Tierra se fue enfriando, se formaron capas sólidas y luego el agua. Desde entonces, la superficie del planeta ha estado en constante cambio debido a la tectónica de placas y la deriva continental, que explican la aparición de montañas, volcanes, sismos, plegamientos y fallas geológicas, la expansión de los océanos, y la formación y desplazamiento de los continentes. Otras fuerzas que modifican el planeta se relacionan con la formación y transformación de las rocas que forman la litósfera debido a procesos de erosión (que la desgastan) y de sedimentación (acumulación de sedimentos), que transforman lugares antes cubiertos por agua en llanuras.

El clima también ha variado a lo largo de esta evolución. Al menos en cinco períodos geológicos diferentes la Tierra ha experimentado una alternancia irregular de períodos fríos de glaciaciones de enorme magnitud, para luego pasar a períodos templados con mayores temperaturas. Estos cambios han ocurrido desde los comienzos de la historia del planeta por diversas causas, como la variación de los parámetros orbitales o ciclos de Milanković (movimientos de precesión, inclinación del eje terrestre y cambios en la órbita del planeta) que

influyen directamente en la cantidad de radiación solar que llega a la Tierra, la deriva continental, el incremento de la actividad volcánica en algunos períodos o los impactos de meteoritos, entre otros.

Ha habido épocas en las cuales los bosques tropicales y las temperaturas han favorecido el desarrollo de especies animales, plantas, hongos, y otras en las que el mar ha inundado enormes porciones de superficie terrestre. En el transcurso del tiempo geológico, la Tierra ha albergado a millones de especies que han evolucionado, se han transformado, adaptado o extinguido y cada una de ellas, en menor o mayor medida, ha dejado su huella en el planeta.

Se estima que los inicios de la vida datan de unos 4.000 millones de años, gracias a la existencia del agua. En los océanos se combinaron distintas sustancias químicas produciendo moléculas de ADN (ácido desoxirribonucleico) que poseen las características esenciales de la vida y son capaces de reproducirse a sí mismas y de cambiar. Los primeros seres vivos eran unicelulares y desde ese momento la evolución fue dando paso a otras formas de vida que colonizaron distintos ambientes.

La especie humana, conocida como *Homo sapiens*, surgió hace aproximadamente 200 mil años en la Tierra, lo que representa solo 2 segundos en un reloj de 12 horas que simboliza la vida del planeta. En ese lapso de tiempo, el ser humano partió cazando y recolectando frutos para su supervivencia, más tarde aprendió a sembrar y cosechar, primero manualmente y luego ayudado por animales a los cuales fue domesticando, hasta que logró finalmente una agricultura industrializada con la que dio inicio a la vida moderna al sustituir la energía humana por la energía animal y posteriormente



por las máquinas. Esta transformación se intensificó con la Revolución Industrial y el uso de combustibles fósiles, partiendo por el uso del carbón y luego el petróleo, el crecimiento de las ciudades y la elaboración y uso del plástico, entre otros. En los últimos 12.000 años, periodo geológico llamado **Holoceno** y que empezó con el final de la última glaciación, los humanos hemos evolucionado como especie. Sin embargo, en la últimas décadas, componentes, ciclos y procesos clave del planeta han sido modificados por la acción humana más allá de las variaciones naturales.

El Antropoceno o Edad de los Humanos y el Clima

El **Antropoceno** es un concepto reciente, fue divulgado por el holandés y premio Nobel de química Paul Crutzen en el año 2000, haciendo alusión al impacto de la humanidad sobre el planeta en términos biológicos y geofísicos. Antes de la Revolución Industrial, esta influencia era relativamente limitada debido a una población reducida y a unos métodos de producción basados en la energía hidráulica o eólica, en la fuerza humana y animal. A partir de la Revolución Industrial, iniciada con la invención de la máquina a vapor en Inglaterra a mediados del siglo XVIII y que luego se fue extendiendo a distintas regiones del mundo, se produjo un aumento de la población y de la renta per cápita, surgió la producción masiva de bienes basada en el uso de combustibles fósiles, **modificando progresivamente la atmósfera** y el clima debido a las emisiones de CO₂. Desde mediados del siglo XX este impacto se ha convertido en un fenómeno global y prácticamente sincrónico, llamado “**la gran aceleración**”, y que termina por consignar la idea de que desde el inicio de la industrialización la humanidad se ha convertido en una fuerza geológica equiparable a las fuerzas de la naturaleza y capaz de dañar el planeta a una escala masiva.

El acelerado desarrollo industrial y tecnológico junto a las sociedades de consumo y el aumento exponencial de la población (de acuerdo a las Naciones Unidas, los datos de población mundial año 1800: 1.000 millones, al año 1900: 1.700 millones, al año 1960: 3.000 millones, al año 2000: 6.200 millones, y en octubre de 2022 se alcanzó la cifra de 8.000 millones) están ejerciendo una presión sobre el planeta y sus recursos, y llevando al límite su capacidad de respuesta y regeneración. Es así como los cambios en la atmósfera, la hidrósfera, la litósfera y todos los otros componentes del **Sistema Climático Global**, están generando modificaciones fundamentales en el estado y el funcionamiento del planeta y se manifiestan en el incremento de las temperaturas promedio, denominado “calentamiento global”, que amenaza la permanencia del mundo tal y como lo conocemos, y cuyos efectos, como la acidificación de los océanos, el deterioro de la biodiversidad, la pérdida de glaciares y hielos, entre otros, se están generando mucho más rápido de lo que se preveía.

A pesar del escenario en que nos encontramos, el futuro de la vida en la Tierra, así como la permanencia de nuestra especie, no está definido. La ciencia nos indica que estamos en un momento crítico para la especie humana, por lo que hoy más que nunca resulta muy importante comprender bien el problema climático y su verdadera magnitud. Lo cierto es que estamos a tiempo, pero hace falta actuar con urgencia. Ser conscientes de los graves riesgos que supone el calentamiento global y el cambio climático para el planeta, la naturaleza y las comunidades de las que somos parte, debe ser el principal motivo que impulse la acción climática desde todos los niveles.



Como habitantes de la Tierra tenemos la obligación de exigir a los tomadores de decisiones, adoptar en forma urgente medidas reales y decisivas que permitan paliar los efectos del cambio climático y, en lo personal, debemos ser consecuentes adoptando formas de vida sencillas que nos permitan abandonar las sociedades de consumo, así como generar nuevas formas de convivencia

con otros seres humanos y la naturaleza. Más allá de todas las medidas o tecnologías que se adopten para paliar los efectos del cambio climático, debemos comprender que tenemos que disminuir el consumo. Esto es especialmente importante en los países ricos y en las clases más acomodadas de los países en vías de desarrollo debido a la existencia de responsabilidades comunes pero diferenciadas.





I. Cambio Climático

1. ¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?

En la actualidad escuchamos con frecuencia decir que el clima está cambiando, pero ¿por qué cambia el clima? Durante miles de millones de años, el clima de nuestro planeta ha estado en permanente cambio, alternándose periodos fríos (glaciales) y cálidos (temperados). Estos cambios, de origen natural, se han producido durante extensos periodos de tiempo, modificando la superficie de la Tierra, lo que ha generado la extinción de seres vivos, así como ha permitido que muchos otros evolucionen, colonicen nuevos espacios y/o puedan adaptarse a las nuevas condiciones climáticas. Sin embargo,

desde hace algún tiempo, las diversas actividades humanas han alterado la composición de la atmósfera, y con ello se han acelerado los cambios en el clima, lo que se ha denominado como **Cambio Climático Antropogénico**.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su Artículo 1, define 'cambio climático' como: **'un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables'**.

Variabilidad Climática y Cambio Climático

Según el informe del del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2014, el Calentamiento Global es un fenómeno evidente y distinguible de la variabilidad natural que tiene el clima, en el cual el aporte de los seres humanos es fundamental.

Cuando se estudia el comportamiento de las variables climáticas en un periodo de tiempo largo (30, 50 años o más) y se comparan estos promedios con los datos de otro(s) periodos, podemos evidenciar si ha habido cambios en el clima. Dentro de estos periodos de 30 a 50 años, puede existir lo que la ciencia denomina como **variabilidad climática**: en diferentes años, los valores de las variables climatológicas (temperatura del aire, precipitación, etc.) pueden fluctuar por encima o por debajo de lo normal ("normal" se refiere al valor promedio de una variable climatológica en un período de por lo menos 30 años); entonces, la secuencia de estas oscilaciones alrededor de los valores normales, se conoce como **variabilidad climática**. Al analizar las secuencias históricas de anomalías de una variable climatológica determinada para un lugar dado, es posible observar una serie de ciclos que tienen periodos de meses, años y decenios, los que evidencian la variabilidad climática en las escalas **intraestacional, interanual e interdecadal**. Tales fluctuaciones se originan, generalmente, por procesos en los distintos componentes del sistema climático (especialmente en el océano y en la atmósfera) y por oscilaciones en la radiación solar incidente.



2. ¿QUÉ ES EL EFECTO INVERNADERO?

La temperatura del planeta es controlada por el balance entre la cantidad de energía solar que entra al planeta, versus cuánta de esa energía se pierde al ser reflejada desde la Tierra al espacio. Cuando la energía solar alcanza la superficie terrestre, hace que esta se caliente y como resultado, emita ondas de radiación infrarroja. Una parte de esas ondas son retenidas en el planeta gracias a la atmósfera, que está compuesta por diferentes **Gases de Efecto**

Invernadero (GEI) los cuales absorben esas ondas, atrapando la energía emitida por la superficie de la Tierra y permitiendo que la temperatura media del planeta se mantenga entre los 14 – 15°C. A este fenómeno lo conocemos como “Efecto Invernadero” (EI) y es fundamental para la existencia de la vida en el planeta. Sin la retención de calor producto del Efecto Invernadero, la temperatura en la Tierra sería de -18°C, lo que imposibilitaría el desarrollo de la vida tal como la conocemos.

EL EFECTO INVERNADERO

Es el calentamiento natural de la Tierra. Los gases de efecto invernadero, presentes en la atmósfera, retienen parte del calor del Sol y mantienen una temperatura apta para la vida.

EL CALENTAMIENTO GLOBAL

Es el incremento a largo plazo en la temperatura promedio de la atmósfera. Se debe a la emisión de gases de efecto invernadero que se desprenden por actividades del hombre.

1

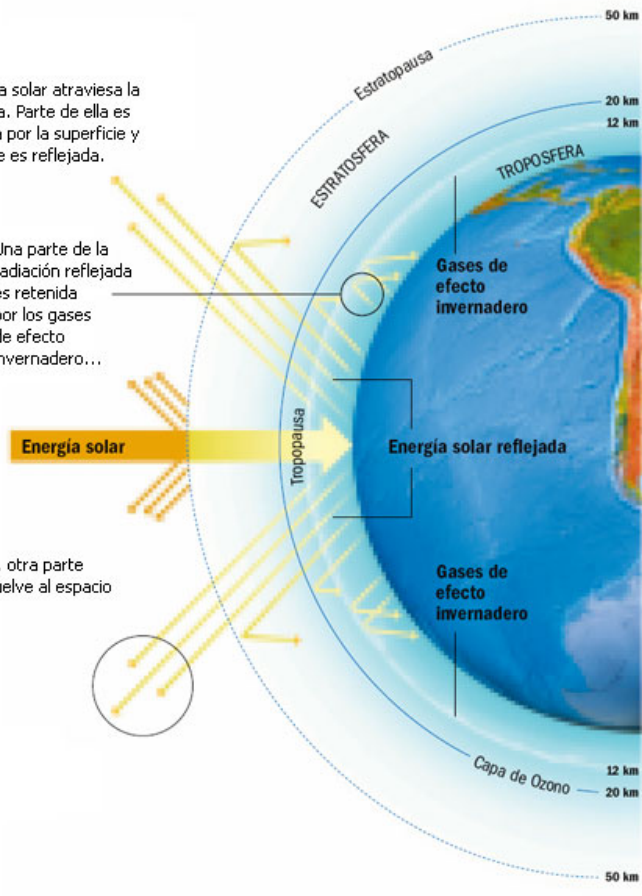
La energía solar atraviesa la atmósfera. Parte de ella es absorbida por la superficie y otra parte es reflejada.

2

Una parte de la radiación reflejada es retenida por los gases de efecto invernadero...

3

... otra parte vuelve al espacio

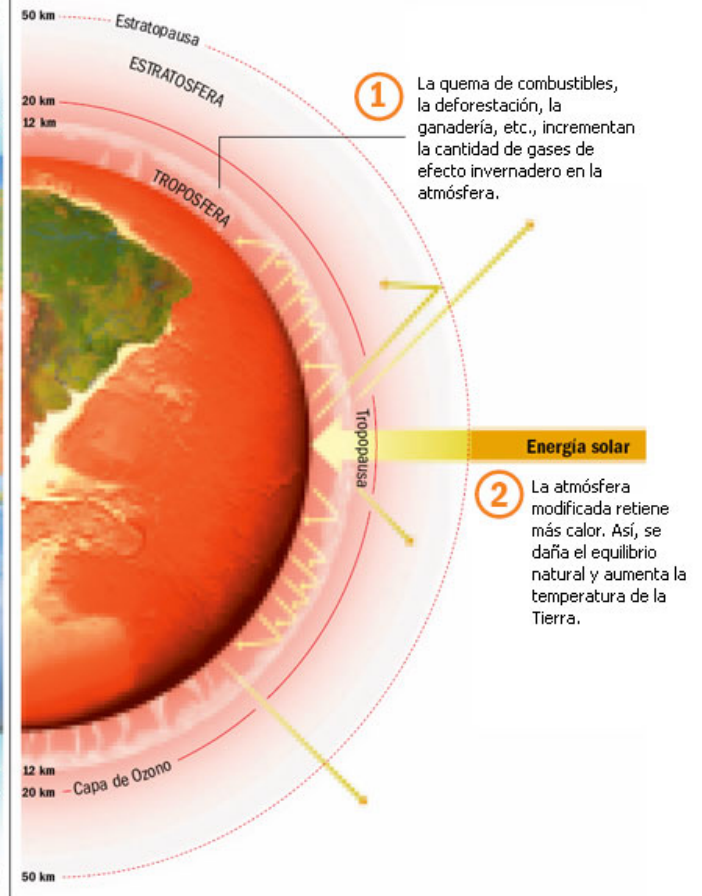


1

La quema de combustibles, la deforestación, la ganadería, etc., incrementan la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

2

La atmósfera modificada retiene más calor. Así, se daña el equilibrio natural y aumenta la temperatura de la Tierra.



Efecto Invernadero – Calentamiento Global

Efecto invernadero natural y su forzamiento, lo que induce al calentamiento global (aumento de la temperatura superficial promedio a nivel global).

Fuente: www.cambioclimaticoyuscausas.es



3. ¿CUÁLES SON LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)?

Los gases de efecto invernadero (GEI) permiten que la radiación emitida por el Sol llegue a la Tierra con menor intensidad, e impiden que la radiación reflejada por la superficie de la Tierra salga en su totalidad, es decir, **actúan como un filtro** manteniendo una temperatura adecuada para la vida. En la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero son el **vapor de agua (H₂O)**, el **dióxido de carbono (CO₂)**, el **óxido nitroso (N₂O)**, el **metano (CH₄)** y el **ozono (O₃)**. También es posible encontrar otros GEI generados por la actividad humana, como los **clorofluorocarburos (HFCs, PFCs, SF₆)**, conocidos como sustancias agotadoras del **Ozono (O₃)**.

Incremento de los Gases Efecto Invernadero

A partir de la era industrial y, fundamentalmente, en las últimas décadas, el fenómeno del Efecto Invernadero (EI) se ha intensificado debido a la cantidad de GEI en la atmósfera, producidos principalmente por las actividades humanas. Estos gases se acumulan en la atmósfera, provocando un aumento en la retención de la radiación en la atmósfera y, por ende, un aumento de la temperatura media de la Tierra, fenómeno conocido como **calentamiento global**. El dióxido de carbono (CO₂) es el principal GEI, responsable de al menos la mitad del calentamiento global.

Entre las actividades que contribuyen al aumento de los GEI:

- **Dióxido de carbono (CO₂)**: utilización/quema de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural, pero también la deforestación, la degradación de suelos, la quema de bosques y la actividad industrial en general.
- **Metano (CH₄)**: se origina a partir de la actividad ganadera, la producción de arroz bajo inundaciones, la extracción de turba, los rellenos sanitarios y vertederos, los escapes de gas natural, los espejos de agua de las represas y el tratamiento de aguas residuales.
- **Óxido nitroso (N₂O)**: se debe al uso de fertilizantes en la agricultura, la deforestación y cambios de uso de suelo.

- **Clorofluorocarbonos (CFCs)**: utilizados en la industria refrigerante y de productos desechables.
- **Gases Hidrofluorocarbonados (HFCs)**, son producidos industrialmente, y se emplean en la industria de la refrigeración y de aerosoles.
- **Gases perfluorocarbonados (PFcs)** producidos en procesos industriales para elaborar productos de limpieza de metales.
- **Ozono (O₃)**: se produce por los escapes de gases de los autos y otras fuentes, y la deforestación.

De acuerdo al último informe del IPCC sobre Mitigación del Cambio Climático (2022), las emisiones globales de GEI durante el periodo 2010 a 2019 han sido las más altas de la historia: 59 GtCO₂eq. Esto supone un 12% más que en 2010, y un 54% más que en 1990. Sin embargo, la tasa de crecimiento anual disminuyó (1,3%) respecto de la década anterior (2,1% entre 2000 y 2009).

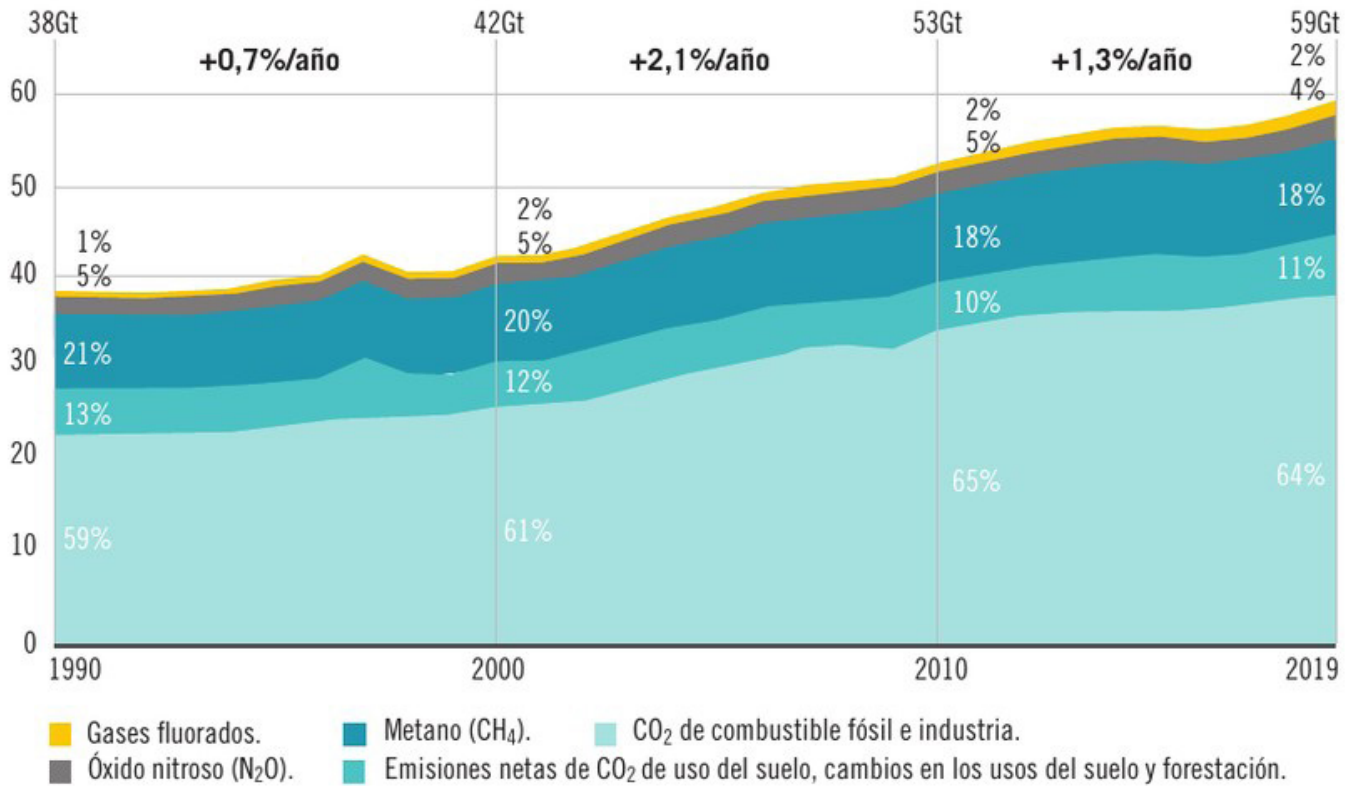
De acuerdo al mismo informe, durante el año 2019 el porcentaje de emisiones por tipo de industria se distribuyó de la siguiente manera:

- Sector energético: 34%
- Industria: 24%
- Agricultura, Forestación u otros usos de la tierra: 22%
- Transporte: 15%



Emisiones antropogénicas netas globales de GEI *

(1990-2019, GtCO₂eq/Año)



Nota: GtCO₂-eq: Gigatoneladas de CO₂ equivalente (métrica GWP100-ARG).

* Las emisiones netas se refieren al total de emisiones de GEI por parte de las actividades humanas, sin contabilizar las absorciones GEI.
Fuente: Informe "Cambio climático 2022: mitigación del cambio climático. informe III AR6 del IPCC". Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), Naciones Unidas.
En: <https://ladiaria.com.uy/fotos/photo/emisiones-netas-globales-de-gases-de-efecto-invernadero/>



4. ¿QUÉ ES EL CALENTAMIENTO GLOBAL?

Cualquier cambio que se produzca en la composición de la atmósfera o en la concentración de sus componentes, altera las propiedades de absorción y, en consecuencia, el Efecto Invernadero y la temperatura media superficial del planeta.

Previo a la **Revolución Industrial**, la concentración media global del **dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq})** era del orden de 280 partes por millón (ppm) mientras que en la actualidad es de unas 420,23 ppm (ONU, abril de 2022), un valor CO_{2eq} histórico que no se alcanzaba desde hace 3 millones de años, es decir, antes de que la especie humana habitara la Tierra. Mientras que la concentración atmosférica de CO_{2eq} aumentó solo 20 ppm durante los 8.000 años previos a la industrialización, a partir de 1750 su concentración ha aumentado más de 150 ppm. En estas condiciones, el Efecto Invernadero natural del planeta se está intensificando, quedando más energía disponible en las capas bajas de la atmósfera y, por tanto, generando las condiciones para que se produzca un calentamiento a escala planetaria: el “**calentamiento global**”.

Aproximadamente las dos terceras partes de ese incremento se deben a la quema de combustibles fósiles y procesos industriales y el tercio restante al cambio de los usos del suelo, deforestación (agricultura y ganadería), y silvicultura (plantaciones y tala de bosques).

Algunos gases de efecto invernadero absorben la radiación con más efectividad que otros. Para tener en cuenta las diferencias de absorción, se ha introducido el concepto de **calentamiento global potencial**, en el que todos los gases se comparan con el CO₂, que tiene un potencial de calentamiento global de 1. Por ejemplo, a lo largo de un periodo de 100 años, el potencial de calentamiento global del metano es 23 veces el del dióxido de carbono; el óxido nitroso es 310 veces más eficiente absorbiendo el calor que el CO₂ y el potencial de calentamiento global del SF₆ es de más de 22 mil veces el del CO₂.

/10

Conceptos Clave

- ▶ **Revolución Industrial:** período de rápido crecimiento industrial con consecuencias sociales y económicas de vasto alcance. Comenzó en Gran Bretaña durante la segunda mitad del siglo XVIII y se expandió al principio hacia Europa y después hacia otros países, en particular hacia Estados Unidos. El invento de la máquina de vapor fue uno de sus principales desencadenantes. La Revolución Industrial marca el inicio de un fuerte incremento en el uso de los combustibles fósiles y de la emisión de dióxido de carbono (CO₂) en particular. Cuando se utiliza el término “preindustrial” se refiere al período anterior a 1750.
- ▶ **Dióxido de Carbono Equivalente (CO_{2eq}):** unidad en la que diferentes GEI pueden medirse en términos de la cantidad de CO₂ que tendrían el mismo potencial de calentamiento global.



Potencial de calentamiento global de algunos GEI (CO₂eq)

GEI	Potencial calentamiento global*	Concentración ** Pre industrial	Concentración 2017	Concentración 2019	Permanencia en la atmósfera
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1	278 ppm	405.5 ppm	410 ppm	20 a 200 años
Metano (CH ₄)	23	722 ppb	1.859 ppb	1.866 ppb	9 a 15 años
Óxido de Nitrógeno (N ₂ O)	310	270 ppb	330 ppb	332 ppb	114 a 120 años
HFC23 (CHF ₃)	12.000	0	14 ppb	Sin información	250 años
CF ₄	5.799	0	80 ppb	109 ppb	>50.000 años
SF ₆	22.000	0	4,2 ppb	10 ppb	3.600 años

*Calculado para un horizonte temporal de 100 años.

** La concentración de los gases en la atmósfera se puede expresar en partes por millón (ppm) o billón (ppb). En el caso de ppm, se puede visualizar como un centímetro cúbico (cm³) de gas por metro cúbico de aire; una ppm también significa que hay una molécula del gas en cuestión por cada un millón de moléculas de todos los gases presentes. En el caso de partes por billón (ppb) refiere a la cantidad de unidades de una determinada sustancia que hay por cada mil millones de unidades del conjunto. Por ejemplo, 5 ppb de monóxido de nitrógeno (NO) significa 5 litros de NO en 1 000 millones de litros de aire.

Fuente: World Meteorological Organization (WMO): Greenhouse Gas Bulletin (GHG Bulletin) - No. 14: The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2017. En https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5455
IPCC AR6: Cambio climático 2021. Bases físicas

Es importante establecer el potencial de calentamiento global en relación con un periodo de tiempo, porque el ciclo de vida atmosférico de los GEI varía considerablemente. El CO₂ puede permanecer en la atmósfera hasta 200 años, en función de cómo se recicle en la tierra o en los océanos; el metano puede durar hasta 15 años en la atmósfera, mientras que los gases fluorados tienen un ciclo de vida de miles de años.



II. CONSECUENCIAS E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Según los diferentes informes del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), en ausencia de esfuerzos relevantes de **mitigación**, las emisiones de GEI continuarán creciendo, y causarán un aumento de la temperatura media de la superficie global de más de 3° y hasta 5°C al 2100 con respecto a los niveles preindustriales. De acuerdo al Informe de Síntesis (2023) del Sexto Informe del IPCC (AR6) que se comenzó a dar a conocer en 2022, **nuestro planeta ya es 1,1°C más caliente en comparación con los niveles preindustriales**, lo cual ha producido fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes y más intensos que han generado impactos cada vez más peligrosos en la naturaleza y las personas en todas las regiones del

mundo. Se prevé además inseguridad alimentaria e inseguridad hídrica asociadas al clima debido al aumento del calentamiento global. En este escenario, han ocurrido además importantes fenómenos adversos, como la pandemia de Covid19 y la guerra en Ucrania, que han hecho más difícil la tarea de controlar o mitigar estos impactos.

De acuerdo a las conclusiones generales del Sexto Informe del IPCC, las emisiones antropogénicas de GEI son causantes inequívocas del calentamiento global, que han producido cambios en el clima impactando en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos durante las últimas décadas.

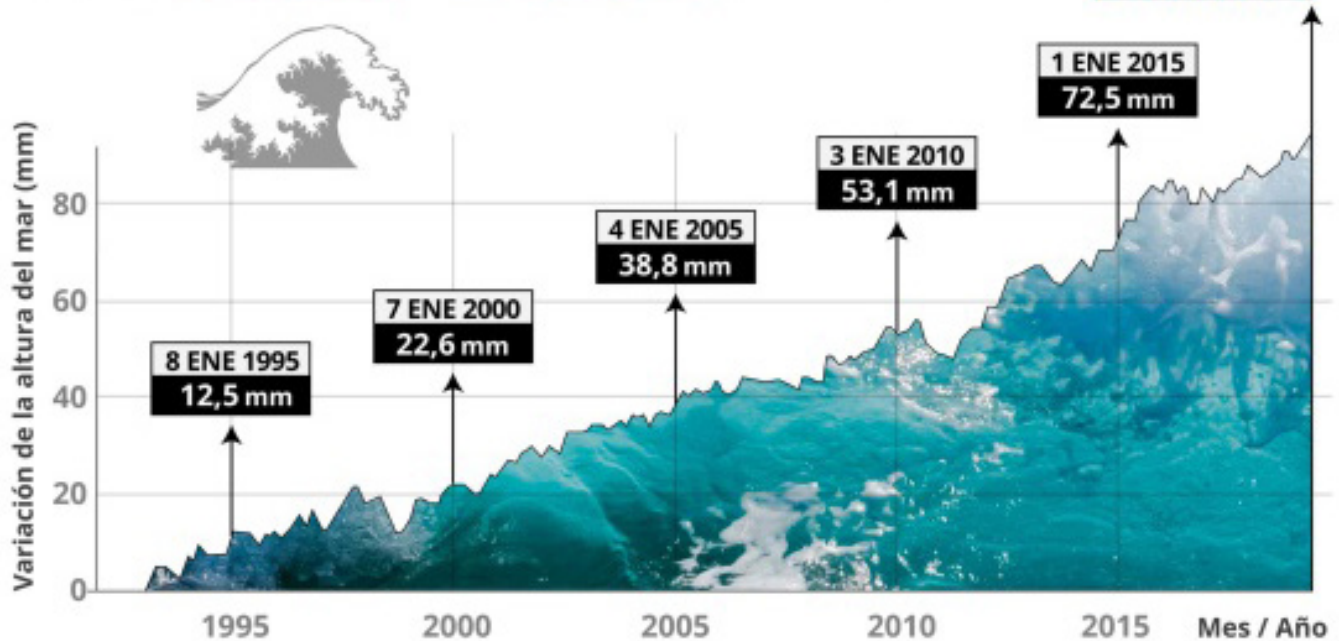
/12

1. IMPACTOS OBSERVADOS

- **Aumento en la temperatura media global (atmosférica, terrestre y oceánica):** el aumento de la temperatura es generalizado en todo el planeta, pero hay importantes variaciones regionales. El calentamiento ha sido más marcado en las regiones polares septentrionales. La temperatura global en superficie fue 1,09°C más alta en el periodo 2011–2020 que en 1850–1900, y los aumentos fueron mayores sobre la tierra (1,59°C) que sobre la superficie oceánica (0,88°C).
- **Cambios en el régimen de precipitación:** es probable que existan más regiones con un aumento en el número de sucesos de precipitaciones intensas. En muchas regiones, los cambios en las precipitaciones o el derretimiento de nieve y hielo están alterando los sistemas hidrológicos, lo que afecta a la cantidad y calidad de los recursos hídricos.
- **Cambios en el nivel medio del mar:** la tasa de elevación media del nivel del mar desde mediados del siglo XIX ha sido mayor que la tasa media registrada durante los últimos dos milenios. Durante el último siglo, el nivel medio global del mar se elevó 200 mm. La tasa media de aumento del nivel del mar fue de 1,3 mm anuales entre 1901 y 1971, y se incrementó a 1,9 mm anuales entre 1971 y 2006, y a 3,7 mm anuales entre 2006 y 2018. La pérdida de masa de los glaciares, en combinación con la expansión térmica del océano provocada por el calentamiento del planeta, explica alrededor del 80% de la elevación observada del nivel medio global del mar desde principios de 1970.



Así ha **aumentado el nivel del mar** desde 1993



Fuente: NASA

● **Derretimiento de glaciares:** en muchas regiones del planeta, se está alterando la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos, como respuesta a modificaciones en los regímenes de precipitaciones y al derretimiento de la nieve y hielos. El cambio climático está causando el retroceso y pérdida de masa de los glaciares, y el deshielo del **permafrost**

en las regiones de altas latitudes y en las zonas de alta montaña, afectando a la escorrentía aguas abajo. Además del retroceso global de los glaciares desde la década de 1990, ha disminuido la superficie de hielos marinos del Ártico, el manto de nieve primaveral del hemisferio norte y la fusión superficial del manto de hielo de Groenlandia.

Conceptos Clave

► **Permafrost:** es la capa de suelo bajo la superficie de la Tierra que ha permanecido congelada ininterrumpidamente durante al menos dos años consecutivos y, en la mayoría de los casos, durante cientos o miles de años. Cuando el permafrost se derrite, el carbono puede liberarse como dióxido de carbono o como metano, que es 30 veces más poderoso como gas de efecto invernadero.



- **Acidificación de los océanos:** es el proceso por el cual el agua de mar se vuelve más ácida debido al exceso de dióxido de carbono que absorbe la atmósfera. La acidificación del océano se ha incrementado un 30% en comparación con los niveles preindustriales. Esto ha provocado que el pH de las aguas superficiales de los océanos haya descendido 0,1 unidades. Si las emisiones de carbono siguen aumentando a la velocidad actual, el pH del agua de la superficie de los océanos caerá 0,2 unidades antes de 2050, alcanzando el nivel más bajo de los últimos 20 millones de años. A finales de este siglo, el pH habrá caído 0,4 unidades, casi el doble de los niveles naturales de acidez del océano. Estos cambios se están produciendo a una velocidad 100 veces mayor que en cualquier otro momento en la historia del planeta.

La acidificación disminuye la concentración de iones de carbonato (CO_3^{2-}) en los océanos, un compuesto que organismos como las ostras, los cangrejos, los erizos de mar, las langostas y los corales necesitan para conformar y regenerar sus conchas y esqueletos, que además se desgastan más fácilmente a medida que el pH disminuye. Por otra parte, puede afectar a los organismos marinos que necesitan más energía para adaptarse a la acidificación, repercutiendo en sus procesos fisiológicos, como la reproducción y el crecimiento, lo que altera las cadenas alimentarias, el equilibrio de los ecosistemas y las actividades económicas asociadas.

- **Alteración de ecosistemas:** una gran cantidad de especies han modificado sus áreas de distribución geográfica, así como sus actividades estacionales, pautas migratorias, abundancias e interacciones con otras especies, e incluso se han registrado mortalidades masivas por eventos de calor extremo tanto en los ecosistemas terrestres como en los dulceacuícolas y en los oceánicos. Por ejemplo,

en todas las cuencas oceánicas se han producido cambios en la abundancia y en la distribución de peces marinos, invertebrados y fitoplancton, que buscan aguas más frías hacia los polos o a mayores profundidades. Los hábitats de peces también se han restringido, como resultado de la acidificación oceánica y del aumento de zonas con niveles mínimos de oxígeno en los mares tropicales.

- **Baja en el rendimiento de las cosechas y alteración de los ciclos productivos:** esto ha sido observado principalmente en zonas tropicales y subtropicales. En materia de seguridad alimentaria, se observa una gran sensibilidad de los precios de los alimentos respecto de la ocurrencia de episodios climáticos extremos en las principales regiones de producción de alimentos. El cambio climático ha contribuido también al incremento de las **sequías agrícolas y ecológicas** debido un déficit anormal de humedad del suelo, resultado de la escasez combinada de precipitaciones y del exceso de evapotranspiración. Este fenómeno afecta el período de crecimiento y la producción de los cultivos, y el funcionamiento del ecosistema en general.

El calentamiento y la acidificación de los océanos han afectado negativamente a la producción de alimentos provenientes de la pesca y la acuicultura en algunas regiones oceánicas y aproximadamente en la mitad del mundo la población experimenta una grave escasez de agua durante al menos parte del año debido a una combinación de factores climáticos y no climáticos.

- **Mayor ocurrencia de eventos climáticos extremos:** los impactos de los crecientes fenómenos extremos, como olas de calor, sequías, inundaciones, ciclones tropicales e incendios forestales, son manifestaciones de una significativa vulnerabilidad y exposición de algunos sistemas naturales y humanos. Estos fenómenos alteran el



funcionamiento de los ecosistemas, así como la producción de alimentos y el suministro de agua, generando mayores niveles de morbilidad y riesgo de mortalidad, con efectos negativos para la salud mental y el bienestar humano. Aproximadamente entre 3.300 y 3.600 millones de personas viven en contextos altamente vulnerables al cambio climático, y entre 2010 y 2020, la mortalidad humana por inundaciones, sequías y tormentas fue 15 veces mayor en regiones altamente vulnerables, en comparación con regiones con muy baja vulnerabilidad. Asimismo, los extremos climáticos y meteorológicos han impulsado cada vez más el desplazamiento de la población humana en África, Asia, América del Norte, Centro y Sur, siendo los pequeños estados insulares del Caribe y el Pacífico Sur afectados de manera desproporcionada en relación con el tamaño de su población. El informe releva también la influencia de estos fenómenos adversos en los pueblos indígenas a nivel global, ya que son productores de alimentos a pequeña escala y viven en comunidades de bajos ingresos. En áreas urbanas, los impactos adversos apuntan también a la salud humana, además de afectar los medios de subsistencia e infraestructura clave, transporte, agua, sistemas de saneamiento y energía, interrupción de servicios básicos, entre otros, y se concentran en la población social y económicamente marginada.

Desde la década de 1950 se han incrementado los fenómenos extremos compuestos, es decir, la combinación de diversas fuerzas impulsoras o amenazas que contribuyen a un riesgo social y medioambiental. Esto incluye una mayor frecuencia

de las olas de calor y sequías simultáneas a escala global, condiciones meteorológicas favorables para la ocurrencia de incendios forestales, como la combinación de calor, sequedad y viento, y las inundaciones compuestas, como una marea meteorológica en combinación con precipitaciones extremas.

Según el Servicio de Vigilancia Atmosférica de Copernicus (CAMS), que monitorea la intensidad y las emisiones de los incendios forestales a nivel global, el año 2019 fue excepcional, contabilizando la emisión de 6.735 megatonnes de CO₂ en todo el mundo. Hubo incendios en Australia (Queensland y Nueva Gales del Sur), el Amazonas, Indonesia, en el círculo polar Ártico (Siberia y Alaska), Siria, Colombia, Venezuela, México.

- **Consecuencias para la salud y el bienestar humano:** se ha producido un aumento de la mortalidad debida a episodios de calor extremo; y por otra parte, una reducción de la mortalidad asociada al frío en otras regiones como resultado del calentamiento. A su vez, las variaciones locales en la temperatura y la precipitación han alterado la distribución de algunas enfermedades transmitidas por el agua y vectores de enfermedad, como la malaria y el dengue. Las diferencias en la vulnerabilidad y la exposición de la población respecto del cambio en los escenarios climáticos, derivan más bien de factores distintos del clima, como las desigualdades sociales y la disparidad de participación en los procesos de desarrollo económico. Los riesgos a los que estamos expuestos como especie humana dependen del nivel de desarrollo y vulnerabilidad del territorio donde habitamos, como también de las decisiones e implementación de medidas de política pública en materia de adaptación y mitigación.



No es lo mismo 1,5°C que 2°C

Muchos aspectos del cambio climático y los impactos asociados continuarán durante siglos, incluso si se detienen las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero. No obstante, los riesgos de cambios abruptos o irreversibles, y por tanto la dimensión de los impactos, aumentarán a medida que se incremente la magnitud del calentamiento. Es por ello que limitar el calentamiento a 1,5°C en lugar de a 2°C supondría una gran diferencia en términos climáticos: se evitaría que cientos de millones de personas sufran olas de calor extremas de forma frecuente; se reduciría a la mitad el porcentaje adicional de población que tendría que enfrentarse a la escasez de agua; 10 millones de personas menos estarán expuestas a los riesgos relacionados con el incremento del nivel del mar; las probabilidades de tener un océano Ártico sin hielo durante el verano disminuirá a una vez por siglo con el máximo en 1,5°C, en lugar de una vez por década, si la marca se establece en los 2°C, y los arrecifes de coral disminuirían entre un 70 y 90% con un calentamiento global de 1,5°C, mientras que con 2°C, se perderían prácticamente todos (99%).

FENÓMENOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

1,5°C

Incrementa un 100% el riesgo de inundación.



2°C

Incrementa un 170% el riesgo de inundación.

ESPECIES

1,5°C

El 6% de los insectos, el 8% de las plantas y el 4% de los vertebrados se verán afectados.



2°C

El 18% de los insectos, el 16% de las plantas y el 8% de los vertebrados se verán afectados.

DISPONIBILIDAD DE AGUA

1,5°C

350 millones de personas residentes en ciudades, estarán expuestas a sequías severas en el año 2100.



2°C

410 millones de personas residentes en ciudades, estarán expuestas a sequías severas en el año 2100.

AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

1,5°C

46 millones de personas afectadas por la subida de 48 cm del nivel del mar en el año 2100.



2°C

49 millones de personas afectadas por la subida de 56 cm del nivel del mar en el año 2100.

POBLACIÓN

1,5°C

El 9% de la población mundial (700 millones de personas) estará expuesto a olas de calor extremas al menos una vez cada 20 años.



2°C

El 28% de la población mundial (2.000 millones de personas) estará expuesto a olas de calor extremas al menos una vez cada 20 años.

HIELO ÁRTICO

1,5°C

Veranos sin hielo en el Ártico al menos una vez cada 100 años.



2°C

Veranos sin hielo en el Ártico al menos una vez cada 10 años.

OCÉANOS: BLANQUEAMIENTO DE CORAL

1,5°C

Pérdida del 70% de los arrecifes de coral del mundo para el año 2100.



2°C

Prácticamente se perderán todos los arrecifes de coral del mundo para el año 2100.



Cada grado importa

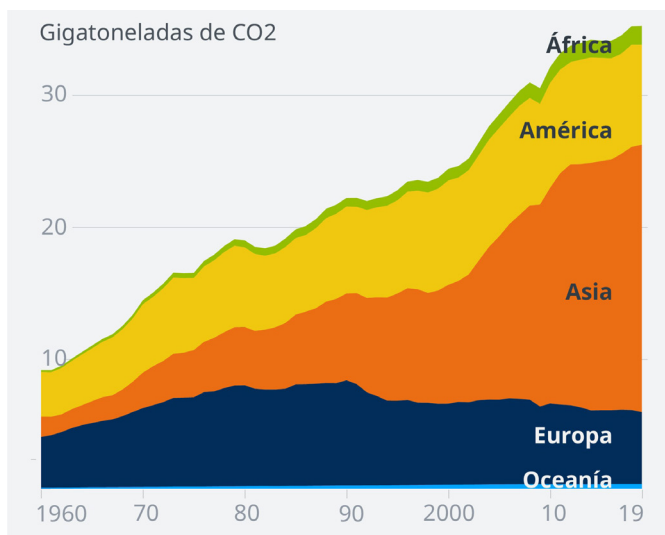
Hablar de un aumento en la “**temperatura media del planeta**”, no es lo mismo que la “**sensación térmica**”, sobre la cual resultaría sencillo soportar un incremento de 2°C. Un cambio en la temperatura media del planeta implica una transformación severa en un sistema calibrado con rangos óptimos de funcionamiento. Todo sistema (el cuerpo humano, otros seres vivos, un equipo electrónico, el planeta, entre otros) está hecho para funcionar correctamente bajo unos parámetros determinados de temperatura, de humedad, de esfuerzo, etc. Hablar de unos grados más en la temperatura media del planeta (1, 2, 4°C o más) significa entonces, pensar en un sistema que debe comenzar a funcionar bajo unas condiciones diferentes a las que normalmente está acostumbrado, con las consecuencias que esto pueda traer y debe entonces comenzar a adaptarse a esas nuevas condiciones.

En general cada una de las especies que habita el planeta, sean plantas, animales, hongos, bacterias, virus etc., tiene un rango de temperatura en el que puede desarrollarse, si este rango cambia, se altera su proceso vital y no se puede predecir lo que ocurrirá, algunas especies se adaptarán, otras desaparecerán, o se trasladarán a otros lugares.

Principales Países Emisores De CO₂

Tradicionalmente, entre los principales países emisores de gases de efecto invernadero totales se encontraban Estados Unidos, Rusia, Japón, Alemania y Canadá. Sin embargo, en los últimos años economías emergentes como China e India, han aumentado de manera significativa sus emisiones de CO₂ y otros GEI. Esto ha significado que en la actualidad China sea el mayor emisor del mundo y que junto a Estados Unidos, emitan cerca del 44% de las emisiones totales de dióxido de carbono a nivel mundial.

Emisiones mundiales de CO₂



Fuente: Global Carbon Project 2020 - DW

En la actualidad, América Latina y el Caribe tan solo produce el 8% (Informe Banco Mundial 2022) de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero; no obstante, su contribución a las cifras globales está aumentando. Al mismo tiempo, es una región particularmente vulnerable a los efectos negativos del cambio climático. A pesar de la evidencia, América Latina vuelca sus esfuerzos y recursos en reducir sus emisiones en vez de reducir su vulnerabilidad. Según el IPCC la capacidad de adaptación de América Latina es baja, sobre todo a los eventos climáticos extremos. A esto se suma la poca capacidad de los países y gobiernos de reaccionar políticamente ante el fenómeno. La adaptación al cambio climático está poco presente en la agenda política latinoamericana.

Conceptos Clave

► **Sensación térmica:** sensación de frío o calor que siente una persona a través de la piel según una combinación de parámetros meteorológicos, generalmente la temperatura, el viento y la humedad relativa.



Los países que más contaminan el aire

Países/regiones con mayor volumen de emisiones de dióxido de carbono en 2020 (mill. de toneladas)



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2021

Año 2022, las emisiones de CO₂ se mantienen al alza

En 2022 las emisiones globales de CO₂ crecieron en un 1% (total estimado de 40,6 gigatoneladas) respecto de 2021, esto significa que si seguimos a este ritmo, en los próximos nueve o diez años se superará el objetivo de 1,5°C según plantea el último informe de Global Carbon Project. Los cuatro países y regiones que más han contribuido a este aumento han sido China, India, Estados Unidos y la Unión Europea, y entre los cuatro representan un 58,94% del incremento en el año 2022.

El crecimiento de la economía y la energía están superando a las políticas climáticas. Estamos lejos de la trayectoria que nos permitiría permanecer en un alza de la temperatura de 1,5°C o incluso 2°C al 2100.



III. CONSECUENCIAS E IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) establece criterios bajo los cuales, si un país cumple con uno de ellos, puede ser considerado vulnerable a los efectos del cambio climático. En nuestro país se pueden identificar 7 de estos 9 criterios, es decir, **Chile es un país extremadamente vulnerable a los efectos del cambio climático** debido a que posee:

“Zonas costeras bajas; zonas áridas y semiáridas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal; zonas expuestas a la sequía y desertificación; zonas con alta contaminación atmosférica urbana; áreas susceptibles a la deforestación o erosión; zonas propensas a los desastres naturales; con ecosistemas frágiles incluidos los ecosistemas

montañosos; además de ser intensivo en el consumo de energía en su economía”.

Esto nos posiciona dentro de los países que serán más afectados por los efectos del calentamiento global. Según el Segundo Informe de Evaluaciones de desempeño ambiental (2016) de la Organización de Comercio y Desarrollo Económico, OCDE, las características socioeconómicas y el alto nivel de desigualdad en nuestro país aumenta los niveles de vulnerabilidad frente al Cambio Climático.

El Atlas de Riesgos Climáticos (<https://arclim.mma.gob.cl/>) proporciona información sobre impactos del cambio climático en Chile, sus regiones y comunas, y es una herramienta útil para tratar temas más focalizados.

/19

1. PRINCIPALES IMPACTOS ESPERADOS PARA CHILE

- **Temperatura:** aumento de temperatura en todo el territorio nacional, con un gradiente de mayor a menor, de norte a sur y de Cordillera a Océano. Para el período 2011 y 2030, los aumentos de temperatura fluctúan entre los 0.5°C para la zona sur y los 1.5°C para la zona norte grande y altiplánica. Para el periodo entre 2031 - 2050, se mantiene el patrón de calentamiento, pero con valores mayores que llegarían hasta 2°C en la zona norte. Se espera que el mayor calentamiento se verifique en la zona del Norte Grande y en altura, sobre la cordillera de los Andes. Se proyecta que aumente el número de ocurrencia de eventos de olas de calor, siendo más pronunciado en verano en la zona centro y zona sur.
- **Precipitaciones:** las precipitaciones disminuirían en todo el territorio, a excepción del área altiplánica y del extremo sur (Patagonia), donde se esperan aumentos. La reducción en los montos de las precipitaciones se combina con la proyección de altos impactos hidrológicos relacionados con la reducción de las áreas de acumulación de nieves. Las proyecciones para el periodo 2021-2050 muestran una clara disminución de la precipitación anual del 20% en el norte de Chile y zona centro, y si en el futuro no hay cambios respecto del calentamiento global, el déficit de precipitaciones en la zona central podría llegar a un 30% para fines de siglo. Se proyecta una disminución en la precipitación de verano en la zona sur y Patagonia norte para el 2021-2050.



Según el Informe anual de la evolución del clima elaborado por la Dirección Meteorológica de Chile, durante el 2022, 15 de las 16 regiones del país presentaron déficit de precipitación, siendo las regiones de Valparaíso, Metropolitana, de O'Higgins y de Arica y Parinacota las que tuvieron los mayores déficits en torno al 50%. Solo la región de Atacama tuvo superávit con un valor de 11%.

- **Variación del mar:** para el litoral chileno se estima hacia fines de siglo alzas del nivel del mar de entre 16 y 28 cm para el escenario más severo y de 14 y 24 cm para el más moderado. Las zonas costeras bajas serán las más vulnerables a estos impactos, sumado al incremento de la temperatura en la atmósfera y el mar, la intensificación de tormentas y marejadas, cambios en las corrientes oceánicas, intrusión de agua salada y erosión costera, entre otros.

- **Eventos climáticos extremos:** se proyecta un marcado aumento en la probabilidad de eventos de sequía, especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XXI. Al mismo tiempo, se proyecta la ocurrencia de eventos de alta precipitación en días con temperaturas elevadas, lo que es un aumento con respecto a la situación base. Esto tiene implicancias importantes, ya que el incremento de la altura de la **isoterma 0**, durante las llamadas tormentas cálidas, tiene el efecto de aumentar considerablemente el caudal de los ríos por cortos periodos de tiempo. Ello genera grandes catástrofes debido a inundaciones, crecidas y aluviones. Por otro lado, es muy probable que la duración, la frecuencia y/o la intensidad de los períodos cálidos o las olas de calor aumenten en casi todas las zonas continentales, generando un ambiente proclive a la ocurrencia de incendios forestales. Se espera, además un aumento en la frecuencia y magnitud de sequías, crecidas, y de otros eventos hidrometeorológicos extremos que no se han dado en el país, como ciclones y tifones.

/20

Conceptos Clave

- ▶ **Isoterma:** son líneas imaginarias que sobre un plano cartográfico unen los puntos que registran la misma temperatura en una unidad de tiempo determinada. Así, la Isoterma cero (0°C), corresponde a una línea que une los puntos cuya temperatura es cero grados. Durante una precipitación, la Isoterma cero representa la altura desde la cual hacia arriba de ella la precipitación es en forma sólida y hacia abajo de ella en forma líquida.

- **Biodiversidad:** se proyecta una pérdida importante del patrimonio genético nacional, caracterizado por un alto endemismo. El cambio climático representa una amenaza para los equilibrios ecosistémicos en toda la extensión territorial chilena. En el mundo existen 34 **hotspots de biodiversidad**, y Chile contiene uno de ellos, entre Coquimbo y Valdivia aproximadamente, representando la zona central de clima mediterráneo.



Conceptos Clave

► **Hotspots de biodiversidad:** los hotspot o “puntos calientes” de biodiversidad con prioridad de conservación se definen como regiones donde se concentra un mínimo de 1.500 especies de plantas vasculares endémicas -equivalente al 0,5% del total de plantas vasculares en el mundo-, una alta proporción de vertebrados endémicos, y en donde el hábitat original ha sido fuertemente impactado por las acciones del hombre.

● **Agua:** los cambios esperados para el sector hídrico implican un cuadro de menor seguridad en el abastecimiento de agua potable para la población, así como para su utilización con fines productivos, tanto en cantidad como de calidad del recurso. De hecho, se estima que más de un 15% de la población chilena se ve afectada por la escasez hídrica, y muchas comunidades son abastecidas por camiones aljibe en zonas áridas del norte y también en el centro y sur del país. Se espera una reducción significativa de los caudales medios mensuales en las cuencas entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos y una elevación de la isoterma de 0°C, trayendo como consecuencia la reducción de las reservas de agua de cuencas nivales y el aumento del riesgo de desastres durante eventos de precipitación extrema y altas temperaturas. El retroceso de glaciares sería significativo, afectando los aportes de agua en los períodos secos. En el extremo austral (entre 50 y 55°S), se espera un leve aumento de los caudales disponibles. Para el Norte Grande y Norte Chico, habría una mayor ocurrencia de períodos de escasez hídrica y eventos de lluvias extremas en verano.

Reducción de agua en el embalse El Yeso entre 2016 y 2020



Marzo 19, 2016

Marzo 14, 2020

Fuente: Nasa



- **Sector silvoagropecuario:** se pronostica una aridización y un desplazamiento de los cultivos hacia el sur del país junto a una menor disponibilidad de aguas para riego en la zona centro norte y costeras (que ya presentan estrés hídrico), generando cambios en la producción y en los ingresos netos, siendo negativos en las zonas norte y centro, y positivos en las zonas sur y austral debido a una expansión de la actividad agrícola (debido a un aumento de las temperaturas y una menor reducción de las precipitaciones); también son previsibles efectos negativos no solo sobre la cantidad, sino que también sobre la calidad de los productos. Esta situación impacta en el consumo local, en las exportaciones y pueden tener efectos negativos en la seguridad alimentaria, los medios de vida de los agricultores, perjudicando así a un sector que genera empleo y es responsable de una fracción importante del producto interno bruto nacional (PIB), teniendo un 3% de participación sectorial, según datos del Banco Central para el año 2018.

- **Pesca y acuicultura:** al menos once especies de recursos hidrobiológicos (peces y mariscos) presentan diferentes niveles de vulnerabilidad al cambio climático. Entre ellos, la anchoveta, la sardina común y el jurel serían las especies más vulnerables al cambio climático, lo que se expresaría en modificaciones en la distribución, abundancia, crecimiento y reproducción de las especies. Respecto a la acuicultura, cambios en las salinidades de los **sistemas estuarinos**, pueden influir negativamente en los rendimientos y mortalidades de los individuos. Es también factible que ese efecto favorezca la manifestación de plagas y/o enfermedades relevantes en centros de cultivo, especialmente en la región de Los Lagos. La zona en que se desarrolla la salmonicultura está propensa a las Floraciones de Algas Nocivas (FAN).

Conceptos Clave

- ▶ **Sistemas estuarinos:** son cuerpos de agua salobres parcialmente encerrados que se forman cuando las aguas dulces provenientes de ríos y quebradas fluyen hacia el océano y se mezclan con el agua salada del mar.



Megasequía en Chile

Desde el año 2010 el territorio comprendido entre las regiones Coquimbo y la Araucanía ha experimentado un déficit de precipitaciones cercano al 30%. Esta situación ha permanecido desde entonces en forma ininterrumpida, y ocurre en la década más cálida de los últimos 100 años, exacerbando el déficit hídrico. La persistencia temporal y la extensión espacial de la actual sequía son extraordinarias en el registro histórico, sin análogos en el último milenio de acuerdo a las reconstrucciones climáticas, por lo que el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)², de la Universidad de Chile, la ha denominado como “**megasequía**”, en donde el cambio climático antropogénico es responsable de al menos un 25% del déficit de precipitación.

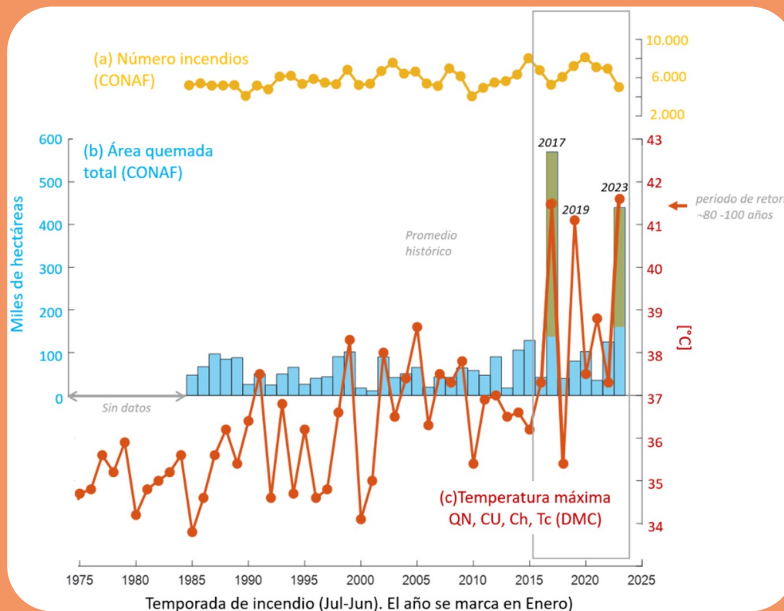
Parte importante de las variaciones climáticas interanuales de la precipitación acumulada en Chile Central son moduladas por El Niño - Oscilación del Sur (ENOS); sin embargo, su contribución al actual evento de megasequía ha sido menor, incluso El Niño 2015-2018 (que supone aumentos de precipitaciones) no logró revertir la situación. Por otro lado, la actual fase fría de la Oscilación Decadal del Pacífico -otro fenómeno global de origen natural relacionado a la variabilidad climática decadal- solo explica cerca de la mitad de la intensidad de la megasequía.

La extensión territorial, intensidad y persistencia de la megasequía está generando importantes impactos, relacionados con la reducción de la cantidad de agua en los ríos, lagos, embalses y acuíferos, afectando la disponibilidad de agua para todos los usos: consumo humano directo, mantenimiento de ecosistemas, usos productivos. Al mismo tiempo la disminución del caudal de los ríos está afectando directamente la productividad biológica de la zona costera, debido a una menor capacidad de transporte de sedimentos, y al hecho de que al disminuir los caudales y mantenerse el nivel de los contaminantes que se vierten a un curso de agua, aumentan los niveles de contaminación. Aunque

la vegetación nativa está habituada a resistir sequías intensas, en general estas son de corta duración, por lo que la persistencia de la actual megasequía está comenzando a producir un notable deterioro del bosque esclerófilo, que ha presentado una inusual coloración café llamada pardeamiento o browning en la zona central, especialmente en las zonas preandinas. Esta situación se ha agravado por los impactos de los incendios forestales de los últimos años. La superficie forestal quemada en la zona centro-sur ha aumentado un 70% durante la megasequía, mientras que la temporada de incendios se ha extendido a todo el año, llegando a más de 1 millón novecientas mil hectáreas afectadas durante el periodo 2008-2023 (según datos de Conaf). Los incendios forestales producen un importante aumento de las emisiones GEI, y al mismo tiempo una disminución de la capacidad de absorción del carbono debido a las superficies quemadas.

Según investigadores del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)², los veranos de los años 2017 y 2023 han revelado un nuevo régimen de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile, en que unos pocos eventos experimentan una rápida e intensa propagación quemando cientos de miles de hectáreas (ha) en los primeros días desde su ignición. El área quemada total en cada una de las temporadas superó las 450 mil ha -cerca de 10 veces el promedio histórico- causando la muerte de decenas de personas, la destrucción de residencias e infraestructura, el deterioro de la biodiversidad y grandes pérdidas en diversos sectores productivos, además de un significativo incremento de los GEI y la pérdida de la capacidad de absorción de CO₂. Estos **megaincendios** han sido coincidentes con días extremadamente cálidos (temperaturas del aire sobre los 40 °C) y vientos muy intensos en la zona de ocurrencia que, unidos a un abundante y continuo combustible de vegetación y múltiples focos de ignición, son una receta perfecta para generar graves catástrofes socioambientales. Estas condiciones meteorológicas tampoco tienen precedente en el registro histórico y su recurrencia en los últimos años sugiere una contribución del cambio climático al establecimiento de este nuevo régimen de incendios forestales.

Incendios forestales en Chile



Fuente: (CR)², Megaincendios forestales en un clima cambiante. Con datos de Conaf y Dirección Meteorológica de Chile. Marzo, 2023.



Variabilidad Climática y Cambio Climático en Chile: El Niño y La Niña

En Chile central y sur, la variabilidad interanual de las precipitaciones está fuertemente asociada a El Niño - Oscilación del Sur (ENOS). Este es un fenómeno de origen natural caracterizado por la alternancia entre tres y siete años de temperaturas del océano Pacífico tropical más frías (La Niña) o cálidas (El Niño) que el promedio de largo plazo. Las alteraciones de la circulación atmosférica durante años de La Niña incluyen un debilitamiento de los vientos del oeste sobre Sudamérica y una intensificación del anticiclón del Pacífico, elementos que favorecen condiciones más secas que el promedio en Chile central. Por el contrario, durante El Niño tienden a ocurrir condiciones más lluviosas en el centro sur del territorio nacional. La evidencia científica parece demostrar que, a causa de los cambios en el clima, la variabilidad climática parece estar aumentando en todo el territorio nacional, haciéndose más frecuentes e intensos los eventos climáticos extremos de sequía, olas de calor y frío, y eventos de heladas, entre otros.

2. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO

De acuerdo al estudio “Elaboración de una base digital del clima comunal de Chile: línea base (1980-2010) y proyección al año 2050”, desarrollado por la Universidad de Chile, Valparaíso es considerada la región del **país más vulnerable al cambio climático**, y pasó de ser una región mediterránea húmeda a una zona semiárida. Esta situación se refleja en el aumento de temperaturas; el aumento del nivel del mar, de la temperatura en los océanos, de las inundaciones del borde costero, y especialmente en las sequías, incendios forestales, remociones en masa por deslizamiento y mareas altas producto del oleaje.

Según el estudio, al 2050 se proyectan varios escenarios, de los cuales muchos pueden llegar a ser extremos, y que ya podemos observar en la región:

- **Precipitaciones:** disminución de las precipitaciones en al menos un 17%, aumento de la cantidad de días secos y una mayor frecuencia de sequías meteorológicas (fenómenos que ya se observan en la región y con cifras bastante más altas producto de la megasequía). Esto incidirá directamente en la disminución de los caudales de los ríos, situación que se verá agudizada por aumento de temperaturas y la reducción de la nieve acumulada en la zona andina. La disminución de la disponibilidad de aguas ya está teniendo un gran impacto en sectores económicos como la agricultura, la minería, la industria y el turismo, además del abastecimiento y consumo de agua potable. De hecho, 37 de sus 38 comunas estuvieron declaradas con escasez hídrica, estos decretos caducaron, y se renovó la escasez hídrica en la provincia de Petorca. Como esta situación es dinámica, puede consultarse en <https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/decretosZonasEscasez/Paginas/default.aspx>. Estos decretos tienen una vigencia de 6 meses y entregan herramientas para disminuir los efectos ocasionados por la sequía focalizados especialmente para los sectores rurales. Permiten además la entrega de recursos de emergencia para quienes viven en zonas rurales, como el abastecimiento con camiones aljibe (que debieran asegurar el abastecimiento de agua potable no inferior a 100 litros diarios por persona). Estos camiones son contratados por las comunas y financiados por el gobierno regional, una vez que ha sido autorizado por la Subsecretaría del Interior.
- **Temperaturas:** aumento sostenido de las temperaturas y olas de calor en todas las comunas de la región por sobre la media histórica, con promedios de 1,9°C para los veranos, y 1,6°C para los períodos invernales. El aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos de temperatura que implican un aumento de olas de calor y de días y noches más cálidos, y una disminución de días con heladas.



- **Océano:** incremento del nivel del mar y el aumento de la temperatura de sus aguas (debido a deshielos y, principalmente, a la dilatación térmica de los océanos), además de una mayor frecuencia de marejadas, inundaciones costeras y mareas altas, con el consiguiente daño y erosión en playas e infraestructura costera, cambios en la dinámica y desaparición de humedales, efectos en la dinámica de las dunas y de los estuarios, intrusión salina en acuíferos, además de daños en obras marítimas, puertos y caletas. Valparaíso y Viña del Mar forman parte de las comunas críticas en las que se deberían priorizar acciones de adaptación al cambio climático. Por otra parte, la acidificación de los océanos crea un ambiente propicio para la llegada de especies invasoras, como la fragata portuguesa, además del florecimiento de algas nocivas (FAN) producto del incremento de la densidad de algunas microalgas nocivas. Esta situación provoca la muerte de organismos, la contaminación de especies y la alteración de ecosistemas.
- **Incendios forestales:** aumento de la probabilidad de incendios forestales debido al aumento de las temperaturas, el cambio de los vientos y las condiciones de sequedad imperantes tanto en el aire como en el suelo y la vegetación.
- **Las remociones en masa por deslizamiento de tierras:** el aumento de eventos climáticos extremos de precipitaciones (sobre 50 mm) implica un mayor escurrimiento de aguas superficiales, lo que puede desencadenar fenómenos de deslizamientos, desprendimientos y aludes. Estos se pueden ver agravados según las condiciones del territorio (laderas expuestas, deforestadas o erosionadas, pendientes, distancia a cauces y quebradas, uso de suelos, entre otras), la infraestructura, las condiciones poblacionales y la capacidad de respuesta.



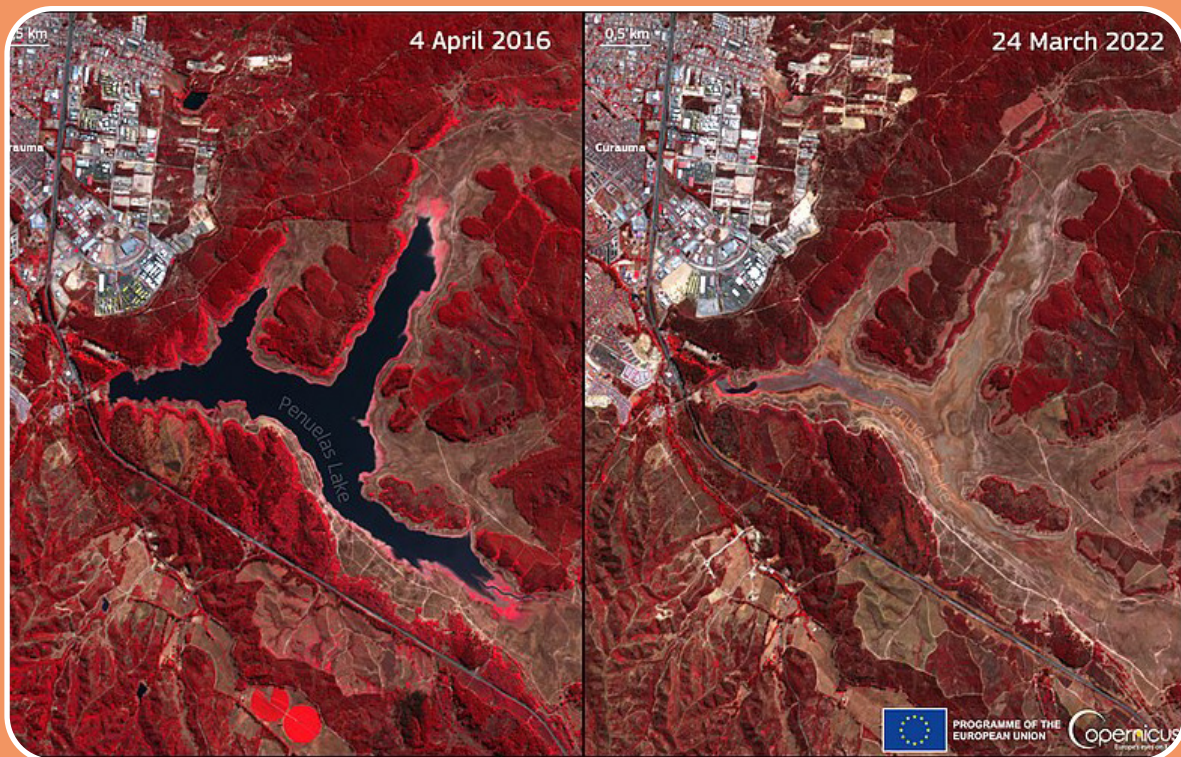
Megasequía en Valparaíso

Según informes de ESVAL (empresa de servicios sanitarios de la región), ante una sequía que se extiende por más de 10 años, los primeros meses de 2023 han presentado un balance hídrico regional complejo, con una importante disminución de agua caída y nieve acumulada en la cordillera, en relación con un año normal. Todas las comunas de Valparaíso registraron déficit de precipitaciones, en algunos casos llegando al 100%, como en Petorca y San Felipe. La acumulación de nieve en la estación de Portillo también presentó una

baja del 98% respecto del promedio histórico, lo que afecta directamente en la cantidad de deshielos que se generan para recargar el río Aconcagua.

Respecto al nivel de los principales embalses en 2023, Los Aromos registra poco menos del 25% de su volumen total (8,7 millones de metros cúbicos acumulados), lo que a pesar del déficit, permite asegurar el suministro para el Gran Valparaíso y el Litoral Norte. Peñuelas sigue totalmente seco, con apenas un 0,1% de su capacidad (105.000 metros cúbicos), mientras que el tranque La Luz, que abastece a Placilla de Peñuelas y Curauma, alcanza un 61% de acumulación.

El lago Peñuelas desaparece



Fuente: Copernicus

Producto de las lluvias de agosto de 2023, se produjo un aumento del espejo de aguas del lago Peñuelas. Esta situación no significa que se vaya a recuperar, debido a que responde a un fenómeno temporal asociado al fenómeno de El Niño.



IV. ACCIONES QUE AYUDAN A ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

1. ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN

Muchos de los impactos del cambio climático ya se están produciendo y otros serán inevitables. Sin embargo, es posible reducir la **vulnerabilidad** y evitar un incremento mayor de la temperatura del planeta a través de la implementación de medidas/mecanismos de adaptación y mitigación. La vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad o incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los eventos extremos.

La **adaptación** es el ajuste en los sistemas naturales o humanos que podrían moderar los daños ocasionados por el cambio climático. Es la preparación para afrontar los impactos e incluye prácticas como la reducción del riesgo de desastres, el ordenamiento territorial, ordenamiento costero,

planificación del uso de los recursos y medidas preventivas en la salud pública, entre otras. Es la capacidad de una persona, comunidad y país de prepararse y tomar medidas para enfrentar el cambio climático y los eventos climáticos extremos, de manera de reducir posibles daños, aprovechar oportunidades y afrontar consecuencias.

La **mitigación** se refiere a todas aquellas acciones destinadas a reducir la contaminación y las emisiones de los gases de efecto invernadero. Entre ellas, la disminución del uso de combustibles fósiles, como carbón y petróleo, a través de la implementación de las energías alternativas o renovables no convencionales, el uso de tecnologías más limpias en los procesos industriales, la disminución de la deforestación, el aumento de la reforestación y conservación de bosques (sumideros de GEI).

/27

Sumideros de carbono

Globalmente, el equilibrio del carbono en la Tierra está en función de tres reservorios, los océanos con una cantidad estimada de carbono de 38.000Pg, la atmósfera con 750Pg, y el sistema terrestre con 550Pg como biomasa-vegetación y 1.550Pg como carbono orgánico en los suelos (un Pg es igual a 10¹⁵ g ó 1.000 millones de toneladas métricas). Son los denominados sumideros de carbono: océanos, bosques y suelos, que absorben hasta el 50% del CO₂ emitido por las actividades humanas.

Según Global Carbon Project, **los océanos** absorben alrededor de un 22% de las emisiones de CO₂ antropogénicas. Con la absorción de una cuarta parte del dióxido de carbono (CO₂) que se emite a la atmósfera, se ha alterado la química de los carbonatos y la acidez del agua de mar, en un proceso denominado acidificación de los océanos. Si bien esto reduce el dióxido de carbono de la atmósfera y mitiga de manera sustancial el cambio climático, genera un importante problema a nivel mundial debido a la afectación de organismos marinos y los ciclos biogeoquímicos.

Dentro de los océanos, cabe destacar el rol de los bosques de macroalgas, verdaderos captadores de CO₂ y almacenadores de carbono (biomasa), parte de la cual es secuestrada en sedimentos adyacentes como carbono orgánico, lejos del contacto con la atmósfera; a diferencia de bosques terrestres, cuyos suelos acumulan carbono orgánico pero están expuestos a la influencia de la atmósfera y por ende a una oxidación aeróbica inmediata.

Los suelos representan un gran almacén de carbono en la naturaleza. La vegetación de plantas y bosques capturan y almacenan naturalmente CO₂, que con el tiempo es liberado a la atmósfera por procesos ecológicos naturales o antropogénicos, como la tala de bosques o los incendios forestales.



Los suelos más ricos en carbono son las turberas, un tipo de humedal en el que existen condiciones de saturación constante de agua, escasez de oxígeno y son hábitat de diversas especies adaptadas para vivir bajo tales condiciones. La turba puede estar compuesta de 90% de agua y 10% de restos de plantas (briófitos, líquenes, herbáceas de medios húmedos, entre otros), y se forma bajo condiciones donde el material vegetal se conserva por miles de años debido a una combinación de saturación permanente de agua, bajos niveles de oxígeno y altos niveles de acidez.

Son ecosistemas de transición entre los ambientes terrestres y acuáticos, y muy frágiles ya que tardan miles de años en conformarse (se calcula que en Chile pueden tener hasta 18.000 años, y en la Patagonia existen más de 3,1 millones de hectáreas). Las turberas acumulan gran cantidad de CO₂ y cumplen un rol muy relevante en el ciclo hidrológico ya que purifican y mantienen la calidad del agua, y son un importante reservorio en los períodos secos. Cuando se extrae turba se libera carbono en forma de dióxido de carbono CO₂ o CH₄ (metano): una tonelada de CH₄ equivale a 23 toneladas de CO₂, es decir, tiene un potencial de calentamiento global 23 veces mayor que el CO₂.

Los cambios de uso del suelo como los que suceden cuando se deforestan los terrenos para uso agrícola, no solo derivan en pérdidas de carbono del suelo, sino que generan emisiones de Gases Efecto Invernadero que contribuyen al cambio climático. Los suelos pueden contribuir a mitigar el cambio climático, en la medida en que se racionalice su uso y se preserve el carbono orgánico del mismo, mediante prácticas de manejo idóneas que inclinen la balanza a favor de la fijación o secuestro de carbono, antes que a la salida del carbono del sistema suelo, con la consiguiente formación de gases de efecto invernadero. Si no nos preocupamos por el suelo, podemos agravar rápidamente los problemas relacionados con el cambio climático. Existe el riesgo de que el calentamiento de la atmósfera lleve a que el suelo libere mayor cantidad de GEI, dando lugar a un “círculo vicioso” que impulse aún más el cambio climático.

Cuando se talan **los bosques** para usos agrícolas o urbanos se emiten a la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, lo que contribuye al cambio climático. Un mejor manejo de los bosques, incluida la reducción de la deforestación, y la restauración de estos ecosistemas, ayudaría de manera decisiva a abordar el cambio climático, no solo absorbiendo los gases de efecto invernadero, sino también creando paisajes con una mayor resiliencia, regulando la disponibilidad del agua, mejorando y manteniendo los suelos, y protegiendo a las comunidades costeras contra los fenómenos meteorológicos extremos, entre otros.

/28

Geoingeniería. ¿una solución?

La geoingeniería o ingeniería climática es un conjunto de propuestas tecnológicas a gran escala para manipular el clima con el fin de remover de la atmósfera gases de efecto de invernadero y/o reducir las temperaturas globales. Existen dos direcciones principales para tales intervenciones: una es una serie de tecnologías cuyo propósito es reducir la cantidad de luz solar que ingresa a la atmósfera de la Tierra, para enfriar artificialmente el clima. Estos enfoques llamados “**manejo de la radiación solar**” (MRS) podrían consistir, entre otros, en la inyección de aerosoles en la estratósfera para imitar el efecto de una erupción volcánica o el blanqueamiento de nubes o de la superficie de los océanos para hacerlas más reflejantes. La segunda categoría de intervenciones en los sistemas terrestres se agrupa bajo la denominación: “**remoción de gases de efecto invernadero**” (RGEI), cuya finalidad es absorber dióxido de carbono de la atmósfera en gran escala y enterrarlo en el subsuelo, en los océanos o en grandes plantaciones de monocultivos de árboles.

En general, la geoingeniería puede comprender intervenciones sobre la tierra, los océanos o la atmósfera e implica grandes riesgos e impactos adversos para las comunidades humanas, los ecosistemas y los procesos naturales. Estas tecnologías son avaladas por algunos gobiernos -como Estados Unidos y Rusia- y empresas, ya que permitirían en teoría reducir la temperatura y contrarrestar el cambio climático en las futuras décadas.

Diferentes ONGs a nivel internacional han señalado que estas tecnologías no abordan las causas profundas del cambio climático, afianzan la dependencia de la economía de los combustibles fósiles y sirven de justificación para que los países o empresas que más emiten puedan seguir haciéndolo. En general la geoingeniería se encuentra en un nivel experimental.



Las tecnologías de geingeniería podrían alterar los patrones climáticos locales y regionales y volver aún más inestable el clima, con efectos catastróficos para algunas regiones, así como en la disponibilidad de agua y la producción de alimentos. Producto de los altos riesgos sobre la biodiversidad y las personas, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) estableció una moratoria contra las actividades de geingeniería en 2010 (aún en vigencia), y el Convenio y Protocolo de Londres sobre vertimiento de desechos al mar adoptó una prohibición sobre la fertilización oceánica en 2013. Recientemente, en 2022, parte importante de la comunidad científica internacional ha hecho un llamado para firmar un Acuerdo Internacional de No Uso de Geingeniería Solar como política climática planetaria.

Todo indica que los recursos humanos y económicos deben dirigirse a otras formas más sustentables y menos riesgosas de contrarrestar el cambio climático, como la preservación y restauración de los ecosistemas en particular los bosques, las turberas y los ecosistemas costeros; el cambio en los sistemas agroindustriales actuales y, sobre todo, la reducción de las emisiones de dióxido de carbono.

2. NEGOCIACIONES INTERNACIONALES SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Es una organización internacional creada en 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM). El IPCC cuenta actualmente con 195 Estados Miembros. Su objetivo es evaluar la ciencia relacionada con el cambio climático a través de informes científicos sobre los impulsores del cambio climático, sus impactos y riesgos futuros, y promover la adaptación y la mitigación para reducir estas amenazas. De esta manera contribuye con información científica para la elaboración de políticas públicas por parte de los gobiernos, y para las negociaciones internacionales sobre cambio climático.

Desde su creación, ha presentado seis informes regulares que se dan a conocer cada 7 años, proporcionando mayor claridad y evidencias sobre el rol de la actividad humana en el cambio climático. Su conclusión es categórica: **el cambio**

climático es real y las actividades humanas son sus principales causantes. El IPCC trabaja compilando información científica pública. Para ello, miles de científicos se organizan en forma voluntaria en grupos de trabajo para revisar esta información.

El último ciclo de informes es el llamado **AR6** y comenzó a darse a conocer en 2022. Consta de 4 informes:

- Contribución del grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación – Resumen para responsables de políticas: La Base de la Ciencia Física 2021
- Contribución del grupo de Trabajo II al Sexto Informe de Evaluación: Impacto, adaptación y vulnerabilidad 2022
- Contribución del grupo de Trabajo III al Sexto Informe de Evaluación: Mitigación del cambio climático 2022
- Informe de Síntesis del Sexto Informe de Evaluación: Cambio climático 2023



En octubre de 2018, el IPCC publicó un informe especial sobre los impactos del calentamiento global con un incremento de 1,5°C. Uno de los mensajes fundamentales del informe es que ya estamos viviendo **IPCC: Calentamiento Global de 1,5°C**

En octubre de 2018, el IPCC publicó un informe especial sobre los impactos del calentamiento global con un incremento de 1,5°C. Uno de los mensajes fundamentales del informe es que ya estamos viviendo las consecuencias de un calentamiento global de 1°C. Mientras estimaciones previas se enfocan en determinar el daño que se ocasionaría si la temperatura media llegara a los 2°C, este informe establece que muchos de los impactos adversos del cambio climático se producirían ya en los 1,5°C. De este modo, limitar el calentamiento global a este nivel requerirá cambios rápidos, de gran alcance y sin precedentes en todos los aspectos de la sociedad. Para ello, será necesario que las emisiones netas mundiales de dióxido de carbono (CO₂) de origen humano se reduzcan en un 45% para 2030 con respecto a los niveles de 2010, y seguir disminuyendo hasta alcanzar el cero neto aproximadamente en 2050.

IPCC: Los océanos y la criósfera en un clima cambiante (2019)

El reporte destaca la necesidad de actuar con carácter urgente a fin de priorizar iniciativas oportunas, ambiciosas y coordinadas que permitan abordar cambios perdurables en los océanos y la criósfera que no tienen precedentes. Se ponen de manifiesto los beneficios que supondría la adopción de medidas de adaptación ambiciosas y eficaces en pro del desarrollo sostenible y, a la inversa, se evidencia que postergarlas entrañaría un incremento de los costos y los riesgos.

El océano y la criósfera sostienen hábitats únicos, y están interconectados con otros componentes del sistema climático a través del intercambio global de agua, energía y carbono.

Las comunidades humanas en conexión cercana con ambientes costeros, pequeñas islas y Estados insulares, áreas polares y altas montañas están particularmente expuestas a cambios en el océano y la criósfera tales como el aumento del nivel del mar, nivel del mar extremo y disminución de la criósfera. Otras comunidades más alejadas de la costa también se encuentran expuestas a cambios en el océano, como eventos extremos del tiempo.

Además de su rol en el sistema climático, como el

consumo y redistribución del calor y el dióxido de carbono natural y antropogénico, así como soporte ecosistémico, otros servicios provistos a las personas por el océano y/o la criósfera incluyen alimentos, suministros de agua, energías renovables, beneficios para la salud y el bienestar, valores culturales, turismo, mercado y transporte. El estado del océano y la criósfera interactúa con cada aspecto de la sostenibilidad reflejada en las metas de desarrollo de las Naciones Unidas

En el informe se proporcionan indicios que evidencian los beneficios de combinar conocimientos científicos con saberes locales y ancestrales para elaborar estrategias adecuadas de gestión de los riesgos asociados al cambio climático y potenciar su resiliencia. Se trata además del primer informe del IPCC en el que se hace hincapié en la importancia de la educación para fomentar los conocimientos sobre el cambio climático, los océanos y la criósfera.

IPCC: El cambio climático y la tierra (2019)

El informe aborda los flujos de gases de efecto invernadero (GEI) en los ecosistemas terrestres, el uso y gestión sostenible del suelo en relación con la adaptación y mitigación del cambio climático, la desertificación, la degradación del suelo y la seguridad alimentaria. La tierra ya se encuentra sujeta a una presión creciente del ser humano, que el cambio climático acentúa. Asimismo, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de todos los sectores, incluido el de la tierra y el alimentario, es el único modo de mantener el calentamiento global muy por debajo de 2 °C.

Debe mantenerse la productividad de la tierra a fin de velar por la seguridad alimentaria en un contexto de incremento demográfico y del aumento de los efectos negativos del cambio climático en el crecimiento de la vegetación. Ello significa que la contribución de la tierra a la lucha contra el cambio climático —por ejemplo, mediante los cultivos destinados a la generación de energía y la forestación— no es infinita. Y no puede olvidarse que se necesita tiempo para que árboles y suelo capturen el carbono con eficacia.

La gestión de las actividades relacionadas con la bioenergía debe ser extremadamente cuidadosa con miras a evitar riesgos para la seguridad alimentaria y la biodiversidad y problemas de degradación de la tierra. La consecución de resultados convenientes dependerá de la instauración de políticas y de sistemas de gobernanza que sean adecuados a nivel local.



Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). Durante la Cumbre de la Tierra (Brasil 1992), los países asistentes acordaron implementar tres grandes convenciones: Convenio de Diversidad Biológica (CDB); Convención para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía (CNULD) y la Convención Marco para el Cambio Climático (CMNUCC). Su objetivo es “estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel que impida interferencias peligrosas en el sistema climático”. Este nivel debería lograrse en un plazo suficiente para “permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”. Actualmente hay 196 Estados Parte de la Convención, y todas las decisiones se toman por consenso.

Conferencia de las Partes (COP). Desde la entrada en vigor de la CMNUCC en 1995, cada año se realiza la reunión de la Conferencia de las Partes o COP. Se trata de una instancia donde se acuerdan por consenso las acciones internacionales en materia de cambio climático, para orientar las acciones nacionales que todos los países miembros o partes tomarán para enfrentarlo. Se examinan además las comunicaciones nacionales y los inventarios de emisiones presentados por las Partes para evaluar los efectos y progresos de las medidas adoptadas. La Conferencia de las Partes es el órgano supremo de la CMNUCC.

La última de estas conferencias fue la COP27, en Egipto (2022). Si bien no se realizaron avances concretos respecto a medidas para frenar el aumento de las temperaturas y no sobrepasar los 1,5 grados, sí se acordó la creación de un fondo de pérdidas y daños para los países vulnerables afectados por los desastres climáticos.

Del Protocolo de Kioto al Acuerdo de París. Tras la primera Conferencia Internacional sobre Cambio Climático (COP), realizada en Berlín (1995), surgió la necesidad de fijar “objetivos cuantitativos vinculantes” para limitar emisiones de Gases Efecto Invernadero, los cuales fueron materializados en la COP3 en Japón, con el denominado **Protocolo de Kioto**. Entró en vigencia en 2005 con el objetivo de reducir, entre todos los países industrializados miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en 1992, más los países en proceso de transición a una economía de mercado, al menos un 5,2%, de las emisiones de los GEI para el periodo 2008-2012 en comparación con las emisiones de 1990. Se aplicó el **principio de “responsabilidades comunes pero diferenciadas”**, ya que los países en vías de desarrollo o con economías emergentes solo tuvieron obligaciones de informar y reportar emisiones. Por lo tanto, el Protocolo de Kioto no imponía objetivos de reducción a los países que en ese momento estaban clasificados como en desarrollo como China, India, Brasil o México.

Conceptos Clave

► **Principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas:** este principio contribuye a alcanzar la justicia social, económica y ambiental mediante la solidaridad y la cooperación entre los Estados para conservar, proteger y restablecer la salud y la integridad del ecosistema de la Tierra y para compensar la situación desventajosa de los países en desarrollo provocada por la presión ejercida por los Estados desarrollados sobre el medio ambiente, como son China, Estados Unidos, los países de la Unión Europea, entre otros. Se encuentra reconocido en el Principio 7 de la Declaración de Río de Janeiro y en el artículo 3 párrafo 1 de la CMNUCC.



En 2012 se cumplió el plazo para el Protocolo de Kioto sin haber logrado el objetivo de reducción de emisiones, y en la COP de ese año, realizada en Doha, Qatar, se hizo una enmienda extendiendo la vigencia de protocolo hasta 2020. Se propuso entonces reducir las emisiones promedio a un 18% a 2020, y la continuidad de los mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto. Sin embargo, este proceso fracasó por la falta de respaldo de países industrializados, y porque el protocolo dejó de ser vinculante (principalmente por las presiones ejercidas por Estados Unidos y China). Ante esta situación, los países miembros de la CMNUCC comenzaron a discutir un nuevo acuerdo que se materializó en París en 2015, durante la COP 21: **el Acuerdo de París**.

El Acuerdo de París entró en vigencia en 2020, y su propósito es “mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C, para reducir los riesgos y los efectos del cambio climático”. (Art. 2 Acuerdo de París). La principal diferencia con el Protocolo de Kioto es que los países desarrollados y en vías de desarrollo deben comprometerse con una meta de reducción de emisiones. Al mismo tiempo, por primera vez los Estados parte se comprometieron a emprender acciones concertadas para mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2°C, mediante la incorporación de las **Contribuciones Nacionales Determinadas** (NDC por su sigla en inglés) y se ratificó la constitución de un fondo de ayuda para apoyar a los países en desarrollo en sus programas de adaptación al cambio climático a partir de 2020.

Las contribuciones deben ser actualizadas periódicamente (cada 5 años); cada país fija su nivel de ambición y su cumplimiento es de carácter voluntario, lo que debilita el Acuerdo. Sin embargo, dada la gran brecha entre los recortes de emisiones requeridos para limitar el calentamiento global a 1,5 °C y las reducciones de emisiones planificadas actualmente, el Pacto Climático de Glasgow (2021) instó a todos los países a revisar y fortalecer los objetivos en sus NDC en 2022. Se espera que las NDC vayan ganando en ambición con el tiempo, a medida que la financiación climática y otras formas de cooperación multilateral sean puestas en marcha. La organización Climate Action Tracker se encarga de monitorear el estado de avance de las NDC y clasifica a los países según sus objetivos de NDC. Un nuevo informe de ONU Cambio Climático de 2022 muestra que los países están reduciendo la curva de las emisiones globales de gases de efecto invernadero; sin embargo, estos esfuerzos siguen siendo insuficientes para limitar el aumento de la temperatura global a 1,5 grados centígrados para fines de siglo. Según el informe, las promesas climáticas combinadas de 193 Partes en virtud del Acuerdo de París podrían encaminar al mundo hacia un calentamiento de alrededor de 2,5 grados centígrados para fines de siglo.

En 2023 se realizará el primer “Balance Mundial” para evaluar los avances en los objetivos del Acuerdo de París. Este proceso animará a los países a adoptar medidas climáticas más ambiciosas que mantengan el calentamiento por debajo de 1,5 grados centígrados



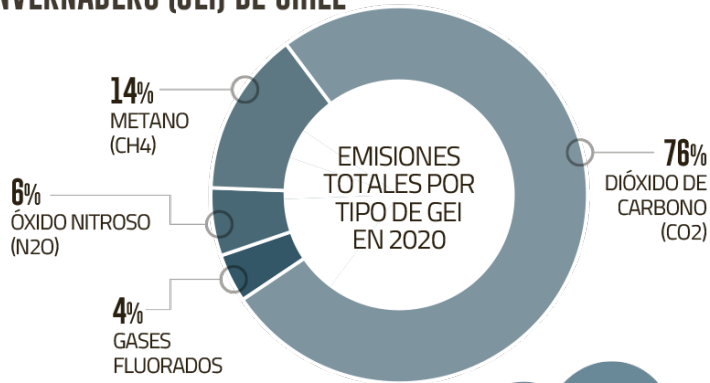
3. ¿QUÉ ESTÁ HACIENDO CHILE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO?

A nivel mundial Chile no es un gran emisor de Gases Efecto Invernadero pues sus emisiones alcanzan un 0,26% del total mundial; sin embargo y a diferencia del resto de los países de Latinoamérica donde el aumento de emisiones de GEI está dado por el cambio de uso de suelo, en Chile este se asocia a la generación de energía eléctrica (basada en centrales termoeléctricas a carbón) y transporte. Actualmente, es el primer país en Latinoamérica

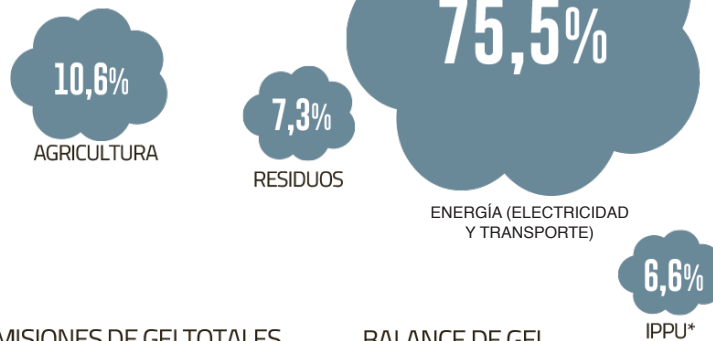
-seguido de Argentina- con las mayores emisiones de CO₂ per cápita, casi duplicando a Brasil y superando a México, países con un mayor nivel de industrialización y economías más grandes.

Si bien la mitigación del cambio climático debe desempeñar un papel fundamental en la política pública a nivel nacional sobre cambio climático, la condición de **vulnerabilidad** del territorio nacional genera una necesidad urgente de fortalecer las medidas de adaptación, a fin de que nuestro país sea más resiliente y menos vulnerable a este fenómeno.

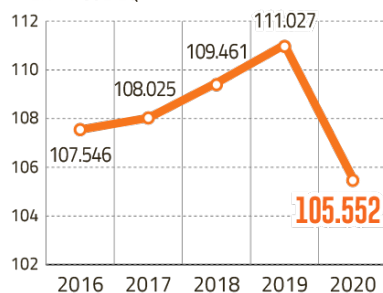
INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) DE CHILE



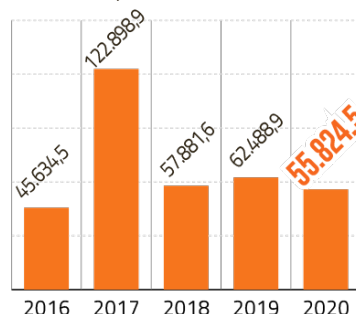
EMISIONES DE GASES DE GEI POR SECTOR EN 2020



EMISIONES DE GEI TOTALES EN KT CO₂ EQ



BALANCE DE GEI EN KT CO₂ EQ**



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2022

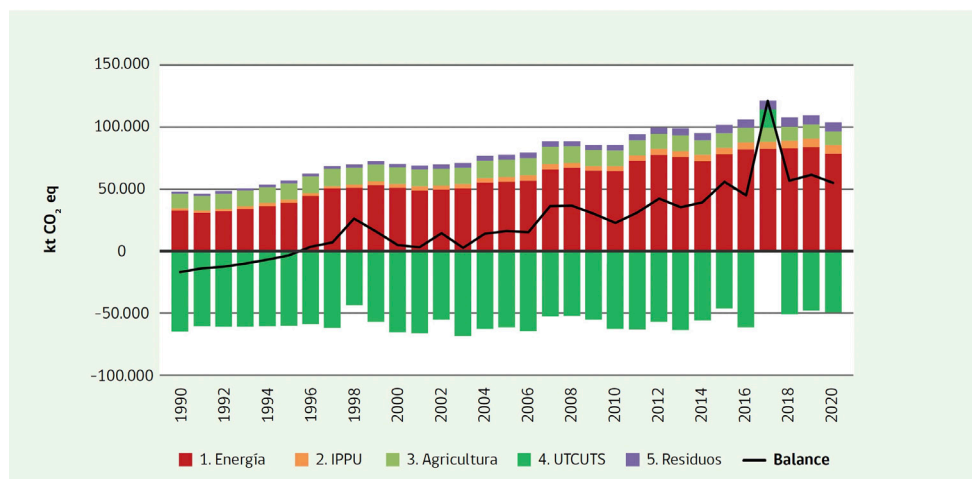


Reportes de Actualización Bienal. En el marco de la CMNUCC, los países decidieron en 2012 que presentarían un tipo de informe llamado “Reporte de Actualización Bienal” (BUR por sus siglas en inglés). Como su nombre lo indica, estos informes deben ser presentados cada dos años, iniciando en 2014.

En 2022 Chile presentó su **Quinto Informe de Actualización sobre el Cambio Climático**. De acuerdo al informe, las emisiones de GEI totales del país en 2020 (sumatoria de las emisiones de GEI nacionales expresadas en CO₂ equivalente) contabilizaron 105.552 ktCO₂eq, incrementándose en un 116% desde 1990 y disminuyendo en un 4% desde 2018. Los principales causantes de la tendencia en las emisiones de GEI totales (gráfico INGEI de Chile: emisiones de GEI totales) son las emisiones de CO₂ generadas por la quema de combustibles fósiles para la generación eléctrica y el transporte terrestre (contabilizadas en el sector Energía), las emisiones de CH₄ generadas por el ganado (fermentación entérica y manejo del estiércol) y las emisiones de N₂O generadas por la aplicación de nitrógeno en los suelos agrícolas (las últimas dos contabilizadas en el sector Agricultura).

Por otra parte, en la participación de cada sector en el **balance GEI** 2020 en términos absolutos (gráfico INGEI de Chile: balance de GEI), el sector Energía representó un 51%, seguido del **sector UCTUS** (-32%), del sector Agricultura (7%), del sector Residuos (5%), y por último del **sector IPPU** (4%). El término “absoluto” refiere a la magnitud del valor, y su finalidad es comparar las magnitudes entre emisiones y absorciones de GEI. En este sentido, los valores que correspondan a absorciones se acompañarán de un signo negativo para representar su calidad de sumidero. Es importante resaltar que el sector UCTUS es el que absorbe y contribuye en el balance neto. La absorción está dada por los bosques.

INGEI de Chile: balance de GEI (kt CO₂eq) por sector, serie 1990-2020



Fuente: 5to Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente, 2020.



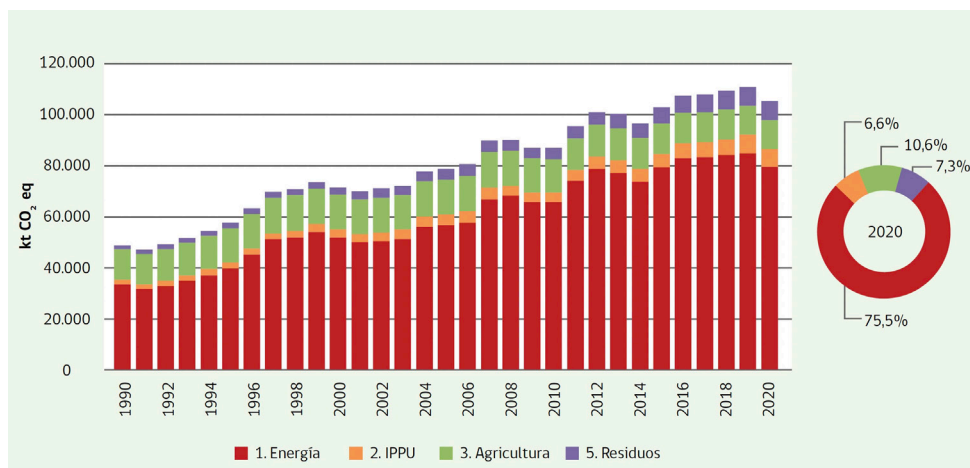
Los principales causantes de la tendencia del balance de GEI son las emisiones de CO₂ generadas por la quema de combustibles fósiles (contabilizadas en el sector Energía) y las absorciones de CO₂ de las tierras forestales (contabilizadas en el sector UTCUTS). La disminución del balance de 2020 respecto a los últimos años se debe a los efectos ocasionados por la pandemia por la COVID-19, que se evidencia en la baja en las emisiones del sector Energía que disminuye un 5% desde 2018, en particular las emisiones asociadas al transporte. Los valores que escapan de la tendencia del balance de GEI (en 1998, 2002, 2007, 2012, 2015 y especialmente 2017) son consecuencia, principalmente, de las emisiones de GEI generadas por incendios forestales (contabilizadas en el sector UTCUTS) y cambios en la participación de los principales energéticos consumidos en el país (diésel, gasolina, gas natural y carbón). Cabe resaltar que el balance de GEI de 2017 escapa de la tendencia, alcanzando 122.899 ktCO_{2eq}, lo que corresponde a un incremento de 168% respecto al balance de 2016. Este incremento se debe a los grandes incendios que afectaron la zona centro y sur del país durante esa temporada, los que consumieron cerca de 570.000 hectáreas de tierras forestales, cultivos y pastizales principalmente. Solo los incendios en tierras forestales de 2017 contabilizaron 68.223 ktCO_{2eq}, lo que equivale a más de lo que emitieron en suma el transporte terrestre, la generación eléctrica y las industrias durante el mismo año.

Respecto a la participación de cada sector en las emisiones de GEI totales del país (gráfico INGEI de Chile: emisiones de GEI totales), el sector Energía representó un 75%, seguido del sector Agricultura (11%), del sector Residuos (7%), y finalmente del sector IPPU (7%). Esto muestra que, tanto en el balance de GEI como en las emisiones totales, el sector Energía es el de mayor relevancia.

Conceptos Clave

- ▶ **Balance GEI:** el término “balance de GEI” o “emisiones netas” refiere a la sumatoria de las emisiones y absorciones de GEI expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq}). Este término incluye al sector UTCUTS en su totalidad.
- ▶ **Sector UCTUS:** este sector incluye las emisiones y absorciones de GEI asociadas a las actividades silvícolas y al cambio de uso de la tierra, es el único sector que consistentemente absorbe CO₂ en el país.
- ▶ **Sector IPPU:** este sector incluye las emisiones de GEI producidas por una gran variedad de actividades industriales que transforman materias primas por medios químicos o físicos.

INGEI de Chile: emisiones de GEI totales (kt CO_{2eq}) por sector, serie 1990-2020



Fuente: 5to Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente, 2020.

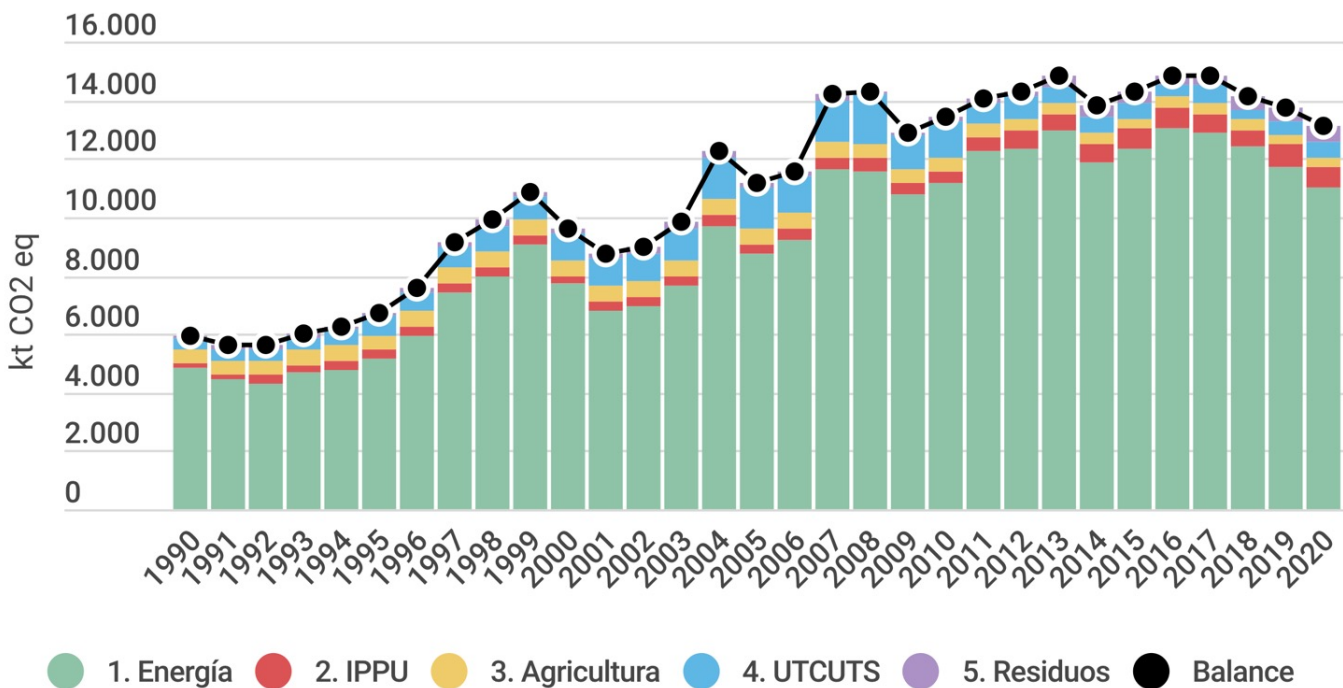


Emisiones de la región de Valparaíso

En 2020 la región de Valparaíso emitió 12.535 kt CO_{2eq} (sin considerar el sector UTCUTS), representando un 11,9 % del total de emisiones de GEI nacionales en 2020. El principal sector emisor fue el de Energía (88,1%), que considera la quema de combustibles para transporte terrestre, ferroviario, marítimo, aéreo, generación eléctrica para industrias y edificaciones comerciales, públicas y residenciales.

A nivel nacional las emisiones totales aumentaron en un 429% en 30 años (1990 -2020) y disminuyeron en un 4% desde 2018. En el mismo periodo, la región tuvo un incremento de 120% de emisiones, y una disminución de un 7% desde 2018. Estas cifras se explican por el aumento sostenido del consumo de combustible, en particular el relacionado con la generación eléctrica, observándose una serie de fluctuaciones debido al aumento del consumo del gas natural, por sobre el consumo de carbón y diésel. El sector Uso de la Tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) emitió en suma 556 kt CO_{2eq} en 2020 (1% del sector a nivel nacional), observándose un cambio en el sector Suelos desde el 2012 debido a mejoras en la estimación de la leña cosechada.

Valparaíso: emisiones y absorciones de GEI (kt CO_{2eq}) de alcance 1 por sector, 1990-2020



*IPPU: Procesos industriales (no quema de combustible) y uso de productos (principalmente refrigerantes).

Fuente: MMA. <https://snichile.mma.gob.cl/valparaiso/>



Comunicación Nacional de Cambio Climático.

El año 2021 nuestro país presentó la Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. En este documento se reportan los avances de Chile en la implementación de los objetivos y principios de la Convención, principalmente en el periodo 2016 a 2021, e incluye avances en materia de vulnerabilidad y adaptación.

Contribuciones Nacionales Determinadas y Tentativas (NDC) (INDC).

Chile presentó su Contribución Nacional Tentativa (INDC, por sus siglas en inglés) ante Naciones Unidas en 2015. En ella están expresados los compromisos internacionales en materia de cambio climático que el país asumió al suscribir el Acuerdo de París, momento en que la contribución pasó a ser Contribución Nacionalmente Determinada (NDC). Estos compromisos se articularon en torno a cinco componentes fundamentales: mitigación de gases de efecto invernadero (GEI); adaptación al cambio climático; construcción y fortalecimiento de capacidades; desarrollo y transferencia de tecnologías; y financiamiento climático.

En 2020 Chile presentó la actualización de su Contribución Nacional y a fines de 2022 realizó un fortalecimiento de sus compromisos a través de un anexo que incorpora una contribución en materia de emisiones de metano.

La organización **Climate Action Tracker (CAT)**, que clasifica a los países según sus objetivos de NDC, ha señalado en 2022 que los compromisos climáticos actuales de nuestro país lo sitúan en un nivel “insuficiente”, ya que conducen a un aumento de la temperatura de 2°C para 2100. A pesar de

la nueva Ley Marco de Cambio Climático y de las leyes y políticas actualizadas dirigidas a reducir las emisiones de CO₂, el CAT sigue calificando los objetivos y las políticas climáticas de Chile como “Insuficientes”, debido a que los compromisos climáticos necesitan mejoras sustanciales y a que las políticas anunciadas deben ser aprobadas para ser coherentes con el límite de temperatura de 1,5°C del Acuerdo de París.

Chile ha presentado dos objetivos climáticos para 2030: un objetivo incondicional, que planea alcanzar con sus propios recursos, y otro más ambicioso, condicionado al apoyo internacional. El objetivo condicional de la NDC de Chile para 2030 fue calificado como “Casi suficiente” en comparación con las trayectorias nacionales modelizadas. Si bien este objetivo climático representa una mejora significativa con respecto al anterior de Chile (de 2017), aún no es lo suficientemente estricto como para limitar el calentamiento a 1,5 °C y necesita más mejoras.

En comparación con su contribución equitativa a la acción climática, se califica el objetivo incondicional de Chile para 2030 aún más bajo, como “Insuficiente”. El objetivo de Chile está en el extremo menos estricto de lo que sería una parte justa del esfuerzo global, y no es consistente con el límite de 1,5°C. Para alcanzar sus objetivos climáticos para 2030, Chile necesita implementar plenamente sus políticas planificadas, que van mucho más allá de sus políticas y acciones actuales. Con las políticas planificadas, Chile cumpliría sus dos objetivos y también crearía la oportunidad para mejorar significativamente su objetivo incondicional, lo que podría conducir a una mejora sustancial en su calificación general.



Descarbonización. En 2019, el Gobierno y las empresas de la Asociación de Generadoras de Chile, dieron a conocer un cronograma de descarbonización voluntario, el cual contemplaba el cierre de ocho unidades termoeléctricas a carbón en un plazo de cinco años (2019-2024), dejando para el periodo 2024-2040 el cierre de las otras 20 unidades que utilizan este combustible. Lamentablemente existe cierta incertidumbre en esta medida, ya que no se establecieron fechas concretas de cierre para las centrales del segundo periodo de descarbonización (2024-2040). Al mismo tiempo, los plazos de cierre

de las centrales serán reevaluados cada 5 años y todo esto se dará en un marco de “**estado de reserva estratégica**” (ERE), es decir, algunas de las centrales que se cerrarán, en realidad no dejarán de funcionar completamente, ya que las empresas recibirán un pago por mantenerlas en el sistema ante una eventual necesidad energética. Por otra parte, el plan de retiro voluntario no considera el desmantelamiento y descontaminación de los lugares donde están emplazadas. Al anuncio de descarbonización se suma el compromiso de carbono neutralidad para el año 2050.

Cronograma de compromisos del Plan de Descarbonización

Termoeléctrica	Empresa	Potencia	Comuna	Año	Situación o estado
Tarapacá	ENEL	158	Iquique	2019	Retirada
Tocopilla (U12)	ENGIE	85	Tocopilla	2019	Retirada
Tocopilla (U13)	ENGIE	86	Tocopilla	2019	Retirada
Bocamina 1	ENEL	128	Coronel	2020	Retirada
Ventanas 1*	AES GENER	114	Puchuncaví	2022	Retirada
Bocamina 2	ENEL	350	Coronel	2022	Retirada
Tocopilla (U14)	ENGIE	136	Tocopilla	2022	Retirada
Tocopilla (U15)	ENGIE	132	Tocopilla	2022	Retirada
Ventanas 2	AES GENER	218	Puchuncaví	2023	Por retirar
Mejillones (CTM1)	ENGIE	150	Mejillones	2024	Por retirar
Mejillones (CTM2)	ENGIE	160	Mejillones	2024	Por retirar
Andina (CTH)	ENGIE	170	Mejillones	2025	Por reconvertir
Andina (CTA)	ENGIE	169	Mejillones	2025	Por reconvertir
IEM1	ENGIE	275	Mejillones	2025	Por reconvertir
Angamos 1	AES GENER	280	Mejillones	2025	Por reconvertir
Angamos 2	AES GENER	280	Mejillones	2025	Por apagar
Nueva Ventanas	AES GENER	250	Mejillones	2025	Por apagar
Campiche	AES GENER	270	Mejillones	2025	Por apagar
Nueva Tocopilla 1	AES GENER	147	Tocopilla	2025	Por retirar
Nueva Tocopilla 2	AES GENER	147	Tocopilla	2025	Por retirar
Guacolda 1	CAPITAL ADVISORS	154	Huasco	-	Sin compromiso
Guacolda 2	CAPITAL ADVISORS	154	Huasco	-	Sin compromiso
Guacolda 3	CAPITAL ADVISORS	154	Huasco	-	Sin compromiso
Guacolda 4	CAPITAL ADVISORS	154	Huasco	-	Sin compromiso
Guacolda 5	CAPITAL ADVISORS	168	Huasco	-	Sin compromiso
Cochrane 1	AES GENER	280	Mejillones	-	Sin compromiso
Cochrane 2	AES GENER	280	Mejillones	-	Sin compromiso
Santa María	COLBÚN	370	Coronel	-	Sin compromiso

Fuente: Terram

* Ventanas 1 se había acogido al Estado de Reserva Estratégica, mecanismo que le permitía seguir conectada al SEN como respaldo hasta 5 años adicionales y a la vez continuar recibiendo ingresos.

Pie de gráfico: Al 2022 se lograron apagar ocho unidades, mientras otras doce deben ser apagadas o ser reconvertidas al año 2025. Sin embargo, quedan aún ocho unidades sin un compromiso de fecha para su paralización.

**Energías Renovables No Convencionales (ERNC).**

Actualmente Chile ha cumplido con uno de sus compromisos climáticos en materia de mitigación: 20% ERNC al 2025, antes de la meta en lo que respecta a capacidad instalada.

Del total de **capacidad instalada** en el SEN, el 62,3% corresponde a tecnología de generación de energía en base a recursos renovables (hidroeléctrica,

solar FV, eólica, biomasa y geotermia). El otro 37,7% corresponde a centrales termoeléctricas a gas natural (15%), carbón (12,9%) o derivados del petróleo (9,8). Respecto a la **generación de energía**, el 65,3% corresponde a generación renovable (hidroeléctrica, solar FV, eólica, biomasa y geotermia), y el 34,7% corresponde a fuentes térmicas (15,2% carbón, 21,5% gas natural y 1% petróleo).

Conceptos Clave

- ▶ **Capacidad instalada:** se refiere a la potencia de generar energía en base a determinada tecnología.
- ▶ **Generación de energía:** se refiere a la energía eléctrica efectivamente generada a partir de determinada tecnología.

Capacidad instalada del SEN

Tipo de tecnología	MW	%
Hídrica	7.518,2	22,0
Embalse	3.483,8	10,2
Pasada	4.034,4	11,8
Térmica	13.318,0	39,0
Gas Natural	4.507,5	13,2
Carbón	3.994,5	11,7
Diésel	2.908,2	8,5
Termosolar	114,4	0,3
Otros térmicos *	1.793,4	5,3
Eólica	4.726,5	13,9
Solar	8.456,4	24,8
Geotérmica	94,8	0,3

Generación de energía eléctrica

SEN	GWh	%
Hídrica	2.662,0	37,4
Térmica	2.517,8	35,4
Eólica	780,1	11,0
Solar	1.120,9	15,8
Geotérmica	33,5	0,5

Fuente: Coordinador Eléctrico Nacional. Informe Mensual, septiembre 2023.

* Otros térmicos: Biogás, Biomasa, Fuel Oil, Petcoke y Cogeneración.
Fuente: Coordinador Eléctrico Nacional. Informe Mensual, septiembre 2023.



Hidrógeno Verde

A fines de 2020 se presentó al país la **Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde**, cuyo propósito es convertir a Chile en líder mundial en la producción, uso doméstico y exportación de este combustible, además de llegar a ser el productor del hidrógeno verde más barato del planeta. En el contexto de la actual crisis climática y ante la proyección de un crecimiento de la demanda global de energía, el hidrógeno verde aparece como “el combustible del futuro”.

El primer paso de la estrategia consiste en maximizar los usos domésticos del combustible, como el reemplazo del amoníaco importado por el amoníaco verde producido en Chile, y el reemplazo del hidrógeno gris por hidrógeno verde en las refinerías chilenas. En un segundo paso se busca potenciar el uso de hidrógeno verde en el transporte terrestre y comenzar su exportación; y, por último, a largo plazo de ampliarán sus usos en transporte y las exportaciones se abrirán a nuevos mercados internacionales.

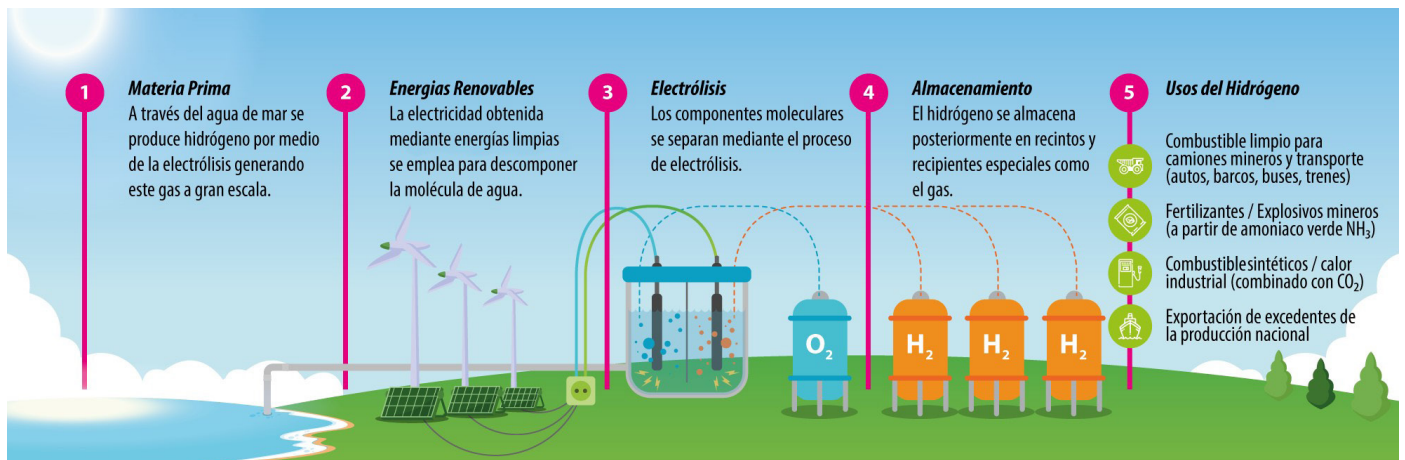
El Plan de Acción para la estrategia desarrolla cuatro ejes de acción: 1) fomento al mercado doméstico y la exportación; 2) normativa, seguridad y pilotajes; 3) desarrollo social y territorial; 4) formación de capacidades e innovación.

El hidrógeno industrial generado con el uso de fuentes renovables de energía, también llamado hidrógeno verde, es considerado como un sustituto de los combustibles fósiles. Chile es una de las zonas del planeta donde se puede producir el hidrógeno verde más económico del

mundo, debido a su capacidad de generar energía eólica y fotovoltaica en zonas de gran potencial: Atacama (con alta radiación solar) y la Patagonia, en Magallanes (por sus fuertes y constantes vientos). Para producirlo, se utilizaría agua salada proveniente de plantas desalinizadoras, energía eólica o solar (según dónde se ubique la industria) y el proceso de electrólisis, que consiste en la descomposición del agua (H_2O) en los gases oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2) por medio de una corriente eléctrica continua que se conecta mediante electrodos al agua. Luego se almacena en tanques de compresión en forma de gas, para ser transportado como gas presurizado o líquido, lo que implica invertir en tecnologías que eviten el riesgo asociado a las fugas de hidrógeno por su alta inflamabilidad.

Los principales desafíos que presenta esta industria se relacionan con la ordenación del territorio (con el consiguiente impacto en el cambio de uso de suelo) y las normas medioambientales (especialmente en lo que respecta al uso potencialmente elevado del agua, el proceso de desalinización que puede generar un gran impacto ambiental por las salmueras, y la biodiversidad), y la participación ciudadana en la planeación, la ejecución y el seguimiento de los proyectos. Para hacer frente a estos retos, es necesario un modelo de gobernanza sólido que contribuya a la soberanía energética y mejore la calidad de vida de la población. Si bien la Estrategia Nacional de H_2V reduce las emisiones de CO_2 aportando a la descarbonización de la matriz energética, está diseñada esencialmente como una política de exportación y generar divisas para surtir la demanda internacional, por lo que perpetua la industria extractivista de recursos naturales.

Proceso de producción del Hidrógeno Verde





Impuestos verdes. Durante el año 2018, entró en vigencia la aplicación del llamado “Impuesto verde”. Su propósito central es apoyar y complementar los esfuerzos para disminuir la contaminación atmosférica local - el principal problema ambiental de Chile - así como mitigar los gases de efecto invernadero a un menor costo. Este impuesto grava las emisiones tanto de CO₂ como de otros contaminantes, con el objetivo de desincentivar el empleo de combustibles sucios productores de GEI. A nivel internacional existe consenso en que los instrumentos de mercado, dentro de los cuales están los impuestos, cumplen, bajo ciertas condiciones, con los objetivos de reducción de emisiones a un menor costo social. Con la implementación de estos impuestos Chile se convierte en el primer país de América del Sur y uno de los primeros entre los países en vías de desarrollo que han adoptado un precio al carbono. Pese a este avance general, el impuesto fijado en Chile es muy bajo en relación a la media mundial. Todavía queda mucho por hacer en la senda de utilizar impuestos o subsidios para motivar cambios de comportamiento hacia la reducción de consumo de bienes contaminantes.

La Ley Marco de Cambio Climático (N° 21.455). Promulgada en 2022, crea un marco jurídico para que el país pueda enfrentar el cambio climático en materia de mitigación y adaptación en una mirada de largo plazo y así dar cumplimiento a sus compromisos internacionales asumidos ante la CMNUCC y el Acuerdo de París.

Establece como propósito “hacer frente a los desafíos que presenta el cambio climático, transitar hacia un desarrollo bajo en emisiones de gases de efecto invernadero y otros forzantes climáticos, hasta alcanzar y mantener la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero al año 2050, adaptarse al cambio climático, reduciendo la vulnerabilidad y aumentando la

resiliencia a los efectos adversos del cambio climático, y dar cumplimiento a los compromisos internacionales asumidos por el Estado de Chile en la materia” (Art. 1). Reconoce los principios de No Regresión y de Progresividad e incorpora los principios de Enfoque Ecosistémico, Equidad y Justicia Climática, Territorialidad, Transparencia y Participación ciudadana en su aplicación. Además, se definen conceptos tales como adaptación, carbono azul, pérdidas y daños, refugios climáticos, y otros. Asimismo, fortalece los procesos de participación ciudadana durante la elaboración de los instrumentos de gestión del cambio climático, incorpora la obligación del Ministerio del Medio Ambiente de reportar periódicamente al Congreso sobre los avances en acción climática. Por otra parte, se fortalece la obligación de transparencia con Monitoreo, Reporte y Verificación para todos los instrumentos de gestión.

Si bien el presupuesto asignado para la implementación en régimen de esta ley es muy bajo, entre los aspectos más interesantes estipulados se encuentra la elaboración de una Estrategia Financiera de Cambio Climático a cargo del Ministerio de Hacienda y de un informe anual sobre inversión climática a cargo de los ministerios de Hacienda, Desarrollo Social, y de Medio Ambiente. Este último deberá ser presentado al Senado en el mes de septiembre de cada año, y dará cuenta de la inversión del año anterior. Evidentemente, la identificación de la inversión pública con incidencia en cambio climático, aportará una perspectiva real del compromiso de Chile y su Gobierno ante la crisis climática.

Plan Nacional de Adaptación. En 2014 fue presentado por el Ministerio de Medio Ambiente el “Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático” (PNACC), configurándose como el instrumento articulador a partir del cual se definirá la política



pública de adaptación frente a los efectos del cambio climático en el largo plazo. Este Plan entrega el marco conceptual y los lineamientos para la adaptación en Chile, y articula los planes sectoriales de adaptación definidos como prioritarios (Silvoagropecuario, Biodiversidad, Pesca y Acuicultura, Salud, Ciudades, Infraestructura, Energía, Turismo y Recursos hídricos). De este modo, en cumplimiento de los compromisos establecidos, entre 2013 y 2016 y 2017-2022 fueron aprobados los Planes de Adaptación para los distintos sectores.

Actualmente el Ministerio del Medio Ambiente está trabajando en actualización del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2024-2029 (PNACC), instrumento que entregará lineamientos transversales para planificar un país más resiliente. Esta iniciativa está incluida en la nueva Ley Marco de Cambio Climático, que establece su actualización cada cinco años y otorga los lineamientos para la elaboración de los planes sectoriales, regionales y comunales.

Entre los lineamientos específicos de este Plan se cuenta la reducción del riesgo de desastres, la incorporación de enfoque de género y de Pueblos Indígenas y Comunidades Locales como población vulnerable al clima, lineamientos para implementar medidas de Soluciones basadas en la Naturaleza, seguridad hídrica, guías para planes de adaptación, directrices para elaborar estrategias financieras, o incorporar un esquema de cooperación público-privado, entre otros.

Una de las críticas hacia estos instrumentos sectoriales, es que no integran suficientemente la visión de Chile como país vulnerable ante el cambio climático. Al mismo tiempo, no existe financiamiento desde el presupuesto de la nación para llevar adelante acciones de adaptación. El objetivo del PNACC y de las estrategias de adaptación, es identificar acciones relacionadas con cambio climático cuya implementación es financiada con los presupuestos ya existentes, por lo que no contemplan financiamiento adicional. Considerando la vulnerabilidad de Chile y la

urgencia de realizar acciones de adaptación, resulta importante la realización de acciones coordinadas entre ministerios a nivel territorial y con financiamiento adicional, en donde los municipios o los futuros gobiernos regionales pueden jugar un rol muy relevante.

Los instrumentos de gestión del Cambio Climático

- **Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC)**, que se comentó anteriormente dado que sus inicios se remontan al año 2015. Con la promulgación de la Ley de Cambio Climático quedó incorporada dentro de sus instrumentos de gestión, y contiene los compromisos de Chile a nivel internacional para mitigar las emisiones de GEI e implementar medidas de adaptación. Cabe destacar que la estructura de la NDC considera un pilar social de transición justa y desarrollo sostenible, y los componentes de mitigación, adaptación, integración y medios de implementación.
- **Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP)**, 2021, instrumento que define los lineamientos generales que seguirá el país de manera transversal e integrada, considerando un horizonte a 30 años. Si el objetivo es ser carbono neutrales y resilientes al clima a más tardar al 2050, la ECLP es la hoja de ruta que contiene las metas que permitirán alcanzar el objetivo principal. Debe ser actualizada cada diez años y de forma abreviada cada cinco años para incorporar la nueva NDC.
- **Planes Sectoriales de Mitigación.** La Ley de Cambio Climático establece los Planes Sectoriales de Mitigación que incluirán las acciones y medidas destinadas a reducir o absorber GEI, de acuerdo con los presupuestos de emisiones asignadas a cada sector en la ECLP. Estos planes deberán ser revisados y actualizados cada cinco años.
- **Planes Sectoriales de Adaptación.** Los Planes Sectoriales de Adaptación establecerán las acciones y medidas para que los sectores con mayor vulnerabilidad puedan adaptarse al cambio climático y aumentar su resiliencia. Se establecen 11 sectores

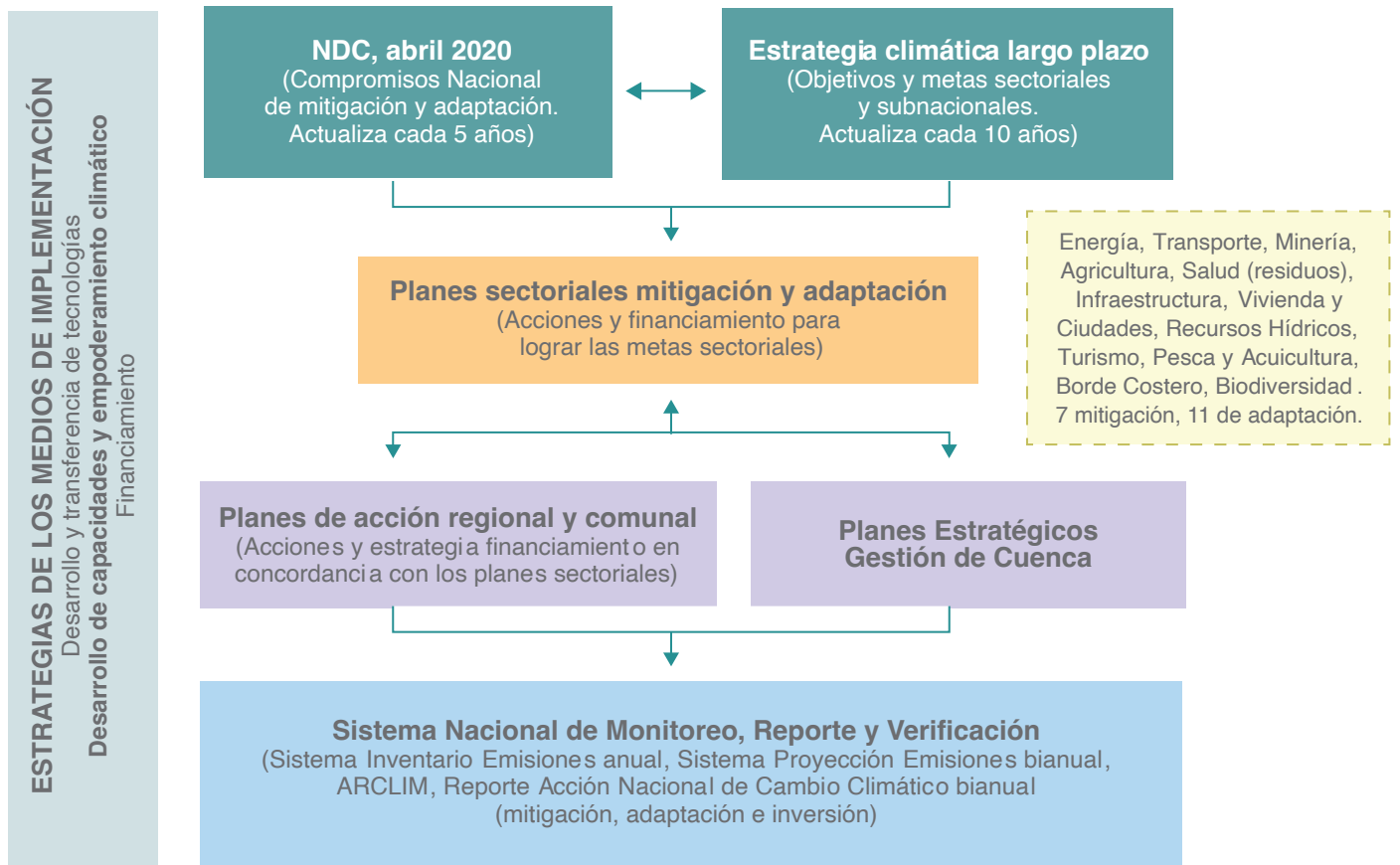


que deberán elaborar dichos planes: Biodiversidad (MMA), Recursos hídricos (MOP), Infraestructura (MOP), Salud (Minsal), Minería (MinMinería), Energía (MinEnergía), Silvoagropecuario (Minagri), Pesca y acuicultura (Economía), Ciudades (Minvu), Turismo (Economía), Zona costera (Defensa y Transportes). Estos planes serán revisados y actualizados cada cinco años. Cabe mencionar que existen planes desde el año 2013: Silvoagropecuario

(2013), Biodiversidad (2014), Salud (2015), Pesca y acuicultura (2016), Infraestructura (2017), Energía (2018), Ciudades (2018) y Turismo (2019).

La Ley de Cambio Climático contempla también los Planes de Acción Regional; los Planes de Acción Comunal; y los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos por Cuenca. Adicionalmente, se establece la regulación para normas de emisión de GEI y un sistema nacional de acceso a información.

Instrumentos de gestión de la Ley de Cambio Climático





4. ¿QUÉ PODEMOS HACER PARA CONTRIBUIR EN LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO?

El futuro de la vida en el planeta no está escrito, pero es importante comprender bien el problema y su verdadera magnitud. A pesar del conocimiento científico respecto de las causas antropogénicas del cambio climático, la crisis climática no ha hecho más que agravarse. Lamentablemente las medidas aplicadas desde la puesta en marcha de la CMNUCC han sido demasiado tímidas y lentas en su implementación. La falta de voluntad política y económica en la meta de limitar el aumento de la temperatura media del planeta hacia fines de siglo por debajo de 2°C como se ha establecido en el Acuerdo de París, ha generado que una parte de la comunidad científica le otorgue a este escenario muy pocas probabilidades de éxito, lo que nos obliga a reconocer, estudiar y debatir la existencia de otros escenarios alternativos que permitan a las comunidades reaccionar a tiempo y diseñar estrategias de adaptación y supervivencia.

El cambio climático es uno de los síntomas del hecho de que estamos viviendo por encima de los límites geofísicos y biológicos del planeta, en un escenario demográfico de 8.000 millones de personas en 2022, y una estimación de crecimiento de alrededor de 2.000 millones para 2050. En las últimas décadas hemos presenciado el surgimiento de redes de organizaciones como Climate Action Network (CAN), la más antigua red acción climática, y de diversos grupos activistas medioambientales como Ecologistas en Acción, 350.org, Friday For Future, liderados por Greta Thunberg, Extinction Rebellion, entre otros, que no creen que esta crisis sea pasajera o cíclica y que la innovación científica y técnica sea capaz de resolverla, sino que intentan transmitirnos que, se trata más bien, de una crisis civilizatoria mayor, proveniente de sociedades de consumo basadas en el crecimiento económico.

La causa fundamental de los problemas globales que amenazan a la humanidad es su alto nivel de consumo, pues durante años los líderes mundiales de occidente y los grandes consorcios empresariales señalaron que podríamos crecer sin límites, y que todos los habitantes del planeta podrían aspirar a altos niveles de satisfacción material. Sin embargo, la Tierra tiene límites, y los hemos sobrepasado. Las tasas per cápita de utilización de recursos en países desarrollados y en desarrollo son tan altas que no permitirían mantenerlas durante mucho tiempo más, o extenderlas a todas las naciones del mundo, ya que eso supondría una devastación de nuestro planeta. En este marco, han surgido propuestas como la de la “Vía de la simplicidad”, desarrollada por el australiano Ted Trainer. Según Trainer “el cambio climático es tan grave, que no puede resolverse sin un cambio sin precedentes y extremadamente radical, incluido el abandono de la obsesión por el crecimiento económico, los sistemas de mercado y los altos estándares de vida”.

De alguna forma, el IPCC ya ha advertido de aquello cuando señala en su informe especial del año 2018 que “se necesita llevar a cabo transiciones rápidas y de gran alcance en la sociedad y en los sistemas en materia de energía, tierra, alimentos, urbanos, consumo e industrial”.

Desde la base de que no hay modo alguno de desacoplar la actividad económica actual del impacto ecológico de manera suficiente y en el tiempo que tenemos disponible, la “Vía de la simplicidad” promueve prácticas y sistemas alternativos que nos alientan a abandonar la sociedad de consumo, mediante la adopción de modos de vida menos dependientes de la abundancia material. La simplicidad pasa por tener lo necesario y ser capaces de eliminar y rechazar lo superfluo.



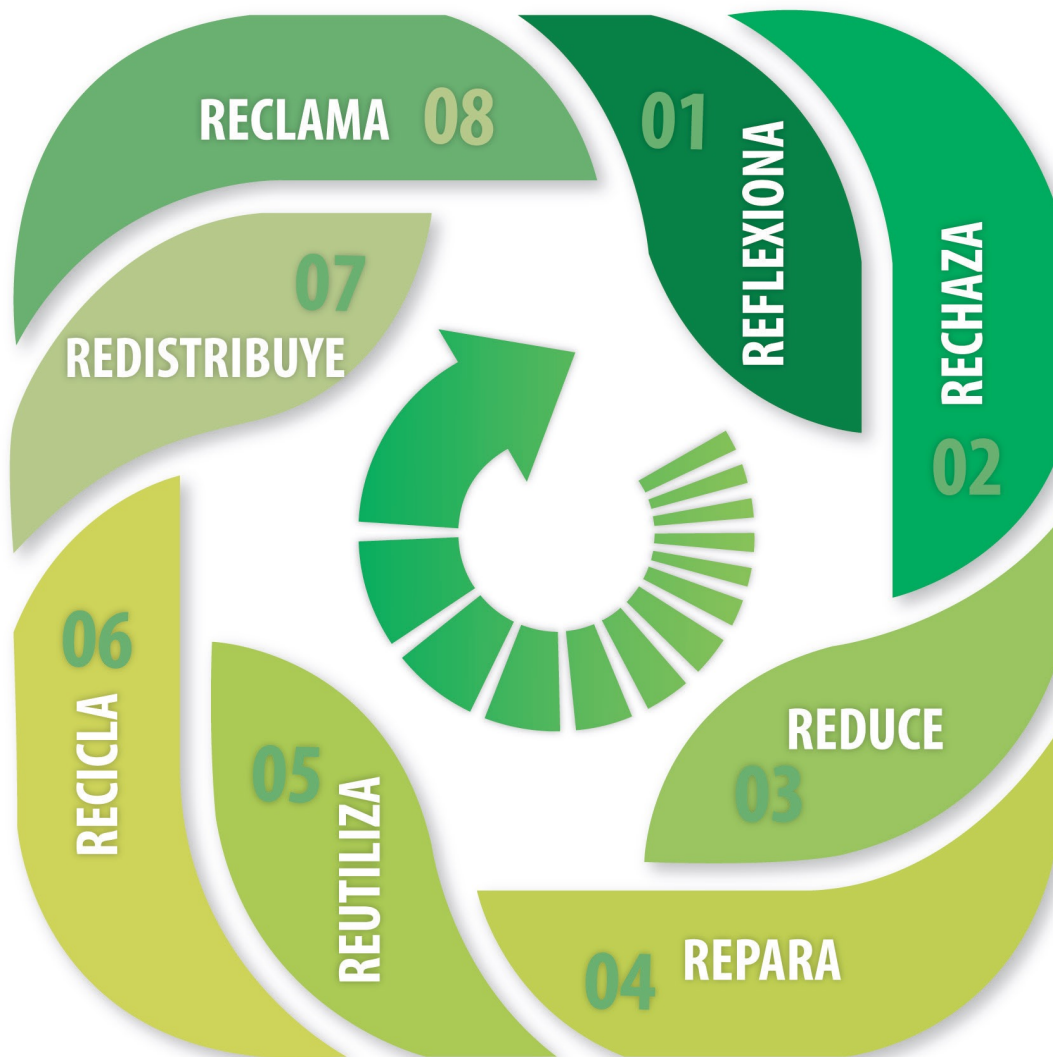
La Vía de la simplicidad

Trainer afirma que nuestra forma de vivir es insostenible desde una perspectiva multidimensional, abarca problemáticas de índole tanto material como social-cultural. La combinación explosiva de la escasez actual y futura de combustibles fósiles, los cuales permiten la producción de alimentos, y utensilios, el transporte, la construcción, etc., el aumento continuo de la población mundial en el contexto de una economía desregulada y una civilización caracterizada por el consumo excesivo, nos está llevando a una gran escasez y augura una catástrofe.

Pero, ¿cuál es su propuesta frente a un escenario tan sombrío?

- Modos de vida mucho menos dependientes de la abundancia material.
- Una economía de pequeña escala que tienda a la autosuficiencia.
- El desarrollo de sistemas de gestión y gobierno locales orientados a la generación de autonomía en las comunidades.
- El desarrollo de un sistema económico diferente, bajo control social, sin crecimiento y que busque satisfacer necesidades reales y no generar beneficios: crecimiento cero.
- Un cambio de valores y de visión del mundo, que implica la toma de conciencia colectiva de la irracionalidad que significa la creencia de un progreso material perpetuo y la insostenibilidad de nuestra forma de vivir.

Algunos ejemplos de esta Vía de la simplicidad son las propuestas de Ecoaldeas y los Pueblos en Transición, además de las CDC (Cooperativas de Desarrollo Local).



Fundación Terram

Fundación para la Promoción del Desarrollo Sustentable, conocida como Fundación Terram, es una organización de la sociedad civil chilena que nace el año 1997.

Nuestra misión es aportar a la construcción de una nueva forma de relación entre los seres humanos y la naturaleza que permita un desarrollo armónico, a través del análisis crítico y propuestas de políticas públicas en temáticas ambientales.

En el ámbito de la educación ambiental, nuestro trabajo apunta a desarrollar formación y capacitación sobre educación cívica ambiental. El proyecto Creación Ambiental es una iniciativa de la Fundación Terram, apoyada por el Gobierno Regional de Valparaíso, que tiene como objetivo contribuir a la formación de una ciudadanía ambiental consciente de los problemas ambientales actuales, así como fomentar la conservación y protección del medio ambiente.

Sus propósitos son:

- a.** Aportar a que la población local pueda identificar el valor y los atributos ambientales en territorios vulnerables y zonas de sacrificio.
- b.** Generar y aumentar el conocimiento y valoración sobre el impacto antrópico y las actividades intensivas en la generación de problemas socioambientales.
- c.** Generar conocimiento respecto de las principales herramientas de gestión ambiental dispuestas en la normativa e institucionalidad ambiental vigente, y su aplicación en el territorio.
- d.** Proporcionar herramientas de educación y formación sobre temáticas ambientales que sean didácticas, prácticas y útiles para la acción ciudadana.
- e.** Involucrar a la población en la creación de acciones y actividades de autogestión ambiental que permitan generar capacidades y aumentar la conciencia ambiental.

Programa

Transferencia Formación Ciudadana en Medio
Ambiente de la Región de Valparaíso 2023-2024

Actividad Financiada con Recursos del Gobierno Regional de Valparaíso
Código BIP: 40046329

