

# MANUAL AUTO-FORMACIÓN

## CLIMATOPIA



# CLIMATOPIA



Co-funded by  
the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein

# Capítulo 1: Conceptos científicos básicos relacionados con el cambio climático

## Antecedentes y justificación

### Por qué es necesario aprender y enseñar sobre el cambio climático

El clima de la Tierra es un sistema dinámico complejo. Diferentes procesos (atmosféricos, oceánicos, biológicos, geológicos, etc.) interrelacionan un gran número de subsistemas anidados que impulsan el sistema climático y dan lugar a variaciones regionales del clima. Existe un conjunto sustancial de pruebas independientes de que se está produciendo un **cambio climático inducido por el hombre, basadas en la investigación científica internacional** realizada a lo largo de las últimas décadas y en el consenso de estudios publicados y revisados por expertos de grupos de investigación de todo el mundo. El clima es vital para la vida y, por tanto, es esencial que todos conozcamos con exactitud las conclusiones de la climatología: el cambio climático es una de las cuestiones más críticas del siglo XXI. Es importante saber año tras año lo que ocurre con el clima local y mundial utilizando estaciones de vigilancia, satélites y herramientas científicas adecuadas para ver hasta qué punto responden con éxito las políticas de mitigación del cambio climático.

El cambio climático se considera un campo de estudio altamente interdisciplinar. El reconocimiento de la complejidad del cambio climático y la gran presión para encontrar soluciones sostenibles abordando el problema con conocimientos más profundos, concretos y aplicables requiere la colaboración entre disciplinas de las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades. Sin embargo, existe incertidumbre científica sobre innumerables detalles, como las tasas de cambio y las interacciones entre los componentes del sistema climático; pero ésta es la naturaleza de la investigación sobre todos los sistemas complejos, que es importante comprender como un aspecto de las prácticas científicas. Esta es la razón por la que los conocimientos sobre el clima y sus cambios se actualizan continuamente en función de los nuevos descubrimientos científicos y también hay que señalar que lo que sabemos hoy supera con creces lo que sabíamos hace diez o incluso cinco años.

La ciencia deja claro que el cambio climático es el mayor problema al que se enfrenta la sociedad actual. Una sociedad sana depende de un clima bastante estable, de ecosistemas sostenibles, del suministro de energía y agua, de aguas marinas claras para los productos pesqueros, así como de suelos de buena calidad para la producción agrícola. Todos estos sectores están interrelacionados, mientras que el clima es un componente decisivo para garantizar su sostenibilidad. Así pues, un clima cambiante tendrá efectos adversos en cascada para gran parte del mundo. Por ejemplo, unos fenómenos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes podrían provocar una mayor inseguridad alimentaria y el desplazamiento de personas, con los consiguientes efectos en regiones enteras y en la economía mundial. Además, los impactos no se limitan al lugar vulnerable donde se producen. Provocan una serie de riesgos climáticos de carácter global o que, al menos, afectan a grandes regiones (inundaciones, sequías, incendios forestales).

Las repercusiones de los riesgos climáticos y nuestra capacidad para hacerles frente dependerán de la resiliencia o vulnerabilidad de nuestras sociedades. Los riesgos climáticos afectarán a las sociedades en distinto grado, ya que en el mundo hay regiones claramente resilientes y vulnerables. Los países más ricos, incluidas las naciones europeas, podrían gestionar fácilmente una inundación evitando impactos duraderos en la agricultura local y el suministro de alimentos. En la misma línea, los sistemas avanzados de irrigación y las infraestructuras de suministro de agua facilitan la compensación de las escasas precipitaciones durante los periodos de sequía. Un país desarrollado puede hacer frente a un golpe de impacto climático como una sequía. En cambio, los países menos desarrollados no pueden afrontar fácilmente una sequía que provoque la pérdida de cosechas, la interrupción del suministro de alimentos y el aumento de la pobreza. Entonces, más personas son incapaces de hacer frente a la situación, lo que supone una mayor presión sobre los recursos, lo que significa que las comunidades vulnerables se vuelven más vulnerables, creando un círculo vicioso. Este resultado no se limita a la región vulnerable, sino que puede propagarse a través de fronteras y naciones, creando conflictos, perturbando los mercados financieros y el comercio internacional y provocando migraciones<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://www.chathamhouse.org/2021/10/which-near-term-impacts-climate-change-are-most-worrying>

Por lo tanto, es imperativo que la generación joven esté preparada con los conocimientos y las herramientas de pensamiento crítico que necesitará para afrontar este inevitable obstáculo del cambio climático y sus repercusiones. La educación es un factor esencial en la cada vez más urgente lucha mundial contra el cambio climático. Los conocimientos sobre el cambio climático que se ofrezcan a la juventud pueden:

- 1) Ayudar a comprender la magnitud del problema y a afrontar las consecuencias del calentamiento global
- 2) Animar a cambiar sus actividades cotidianas y su modo de vida para mitigar los efectos del cambio climático
- 3) Permitir adaptarse a lo que ya es una emergencia mundial.

Además, la educación climática es estimulante para el alumnado porque le ayuda a explorar los vínculos entre los acontecimientos locales y los efectos globales, entrelazar conocimientos de diversas materias científicas y contemplar el panorama general del estado del medio ambiente en el futuro. Educar a las jóvenes generaciones enseñando la climatología en las escuelas y concienciándolas sobre el cambio climático es un paso importante para combatir el cambio climático en los próximos años. Además, la juventud de hoy se convertirá en la responsable de la toma de decisiones y la formulación de políticas.

### **Coordinación del esfuerzo científico en el estudio del cambio climático**

El cambio climático es abordado por organizaciones y acuerdos internacionales que indican claramente la urgencia de una acción inmediata por parte de todas las naciones del mundo. Estos tratados internacionales se dedican a sensibilizar a la opinión pública y a combatir el cambio climático. Más información:

**The United Nations Framework Convention on Climate Change<sup>2</sup>, UNFCCC**, (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC) firmada en 1992 y ratificada por 197 países, constituye el primer acuerdo sobre el clima. La Convención estableció una Conferencia de las Partes (conocida como COP), una secretaría y órganos subsidiarios que supervisan la aplicación de la Convención y los

---

<sup>2</sup> [https://unfccc.int/?gclid=EAlalQobChMludq5t6iP-wIVaoBQBh1WdQ5sEAAAYASAAEglh1vD\\_BwE](https://unfccc.int/?gclid=EAlalQobChMludq5t6iP-wIVaoBQBh1WdQ5sEAAAYASAAEglh1vD_BwE)

instrumentos relacionados con su mandato. Las Conferencias de las Partes se celebran cada dos años para evaluar los avances en la lucha contra el cambio climático y renovar la solidaridad entre los países para hacer frente al cambio climático. La CMNUCC ha instituido un proceso para que los países generen y compartan datos sobre sus emisiones nacionales de GEI.

**The Kyoto Protocol**<sup>3</sup> (Protocolo de Kioto) es el primer conjunto de normas internacionales diseñadas para aplicar la CMNUCC. Kioto es el nombre de la ciudad japonesa en la que se negoció el protocolo, pero ahora se utiliza comúnmente en los debates sobre cambio climático para referirse al protocolo en sí. El Protocolo de Kioto entró en vigor tras su ratificación por Rusia en febrero de 2005 y compromete a los países industrializados y a las economías en transición a limitar y reducir las emisiones de GEI de acuerdo con los objetivos individuales acordados

**The Paris Agreement**<sup>4</sup> (Acuerdo de París) es el primer tratado mundial jurídicamente vinculante sobre el cambio climático, acordado en París en 2015 por 196 Partes y que entró en vigor en noviembre de 2016. El Acuerdo de París tiene un enfoque "ascendente" en el que los países deciden individualmente cuánto reducirán sus emisiones nacionales cada año. Su ambición es limitar el calentamiento global muy por debajo de 2 grados centígrados, preferiblemente a 1,5 grados centígrados, en comparación con los niveles preindustriales. Los países firmantes del Acuerdo de París se comprometen a alinear los flujos financieros con "una senda hacia bajas emisiones de gases de efecto invernadero y un desarrollo resistente al clima".

**The World Meteorological Organisation (WMO)**, (Organización Meteorológica Mundial (OMM)), como organismo especializado de las Naciones Unidas, se dedica a la coordinación y cooperación internacionales sobre el estado y el comportamiento de la atmósfera terrestre, su interacción con la tierra y los océanos, el tiempo y el clima que produce y la consiguiente distribución de los recursos hídricos. La misión de la OMM es vigilar continuamente el tiempo a través de una red integrada de observación de instrumentos meteorológicos y facilitar el mantenimiento de centros de gestión de datos y sistemas de

---

<sup>3</sup> [https://unfccc.int/kyoto\\_protocol?gclid=EAlaIqObChMI94uJ\\_KWP-wIVjNPtCh24WQa-EAAYASAAEglqw\\_D\\_BwE](https://unfccc.int/kyoto_protocol?gclid=EAlaIqObChMI94uJ_KWP-wIVjNPtCh24WQa-EAAYASAAEglqw_D_BwE)

<sup>4</sup> <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>  
*Document Title*

telecomunicaciones para el suministro e intercambio rápido de datos meteorológicos, climáticos e hidrológicos<sup>5</sup>.

La OMM ha comunicado a los responsables de la toma de decisiones datos basados en observaciones sobre el estado del clima y sus cambios, mientras que el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que es la principal **autoridad científica** mundial en materia de cambio climático, los ha complementado con informes científicos basados en información científica actualizada.

## Resumen de las pruebas científicas del cambio climático

La información científica extraída de fuentes naturales (como núcleos de hielo, rocas y anillos de árboles) y de equipos modernos (como satélites e instrumentos) revela los signos de un clima cambiante. Según el último informe científico del IPCC (AR6)<sup>6</sup>, algunas pruebas observadas de un clima cambiante podrían resumirse en lo siguiente:

- 1) El clima de la Tierra ha cambiado a lo largo de su historia, pero el calentamiento actual se está produciendo a un ritmo nunca visto en los últimos 10.000 años. Cada una de las últimas cuatro décadas ha sido sucesivamente más cálida que cualquier década anterior desde 1850. La **temperatura media global** en superficie (TMS) aumenta. Se trata de una media mundial que abarca las variaciones extremas de las temperaturas entre regiones y estaciones. En 2021, la GMST (**era  $1,11 \pm 0,13^{\circ}\text{C}$  (grados centígrados)**) más cálida que la referencia preindustrial (1850-1900). La mayor parte del calentamiento se produjo en los últimos 40 años.

*La TSMG se mide combinando la temperatura del aire en tierra y la temperatura de la superficie del mar en las zonas oceánicas, y suele expresarse como una anomalía con respecto a un período de referencia.*

- 2) Las **concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>),**

---

<sup>5</sup> <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate>

<sup>6</sup> IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

**metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), clorofluorocarbonos (CFC), ozono (O<sub>3</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O)**, reflejan un total de emisiones procedentes de actividades naturales (biogénicas) y humanas (antropogénicas), fuentes y sumideros. El aumento de los niveles de GEI en la atmósfera debido a las actividades humanas es uno de los **principales impulsores del cambio climático porque incrementa la temperatura global**. Los ecosistemas terrestres y los océanos absorben aproximadamente la mitad del CO<sub>2</sub> emitido y actúan como amortiguadores (o sumideros) frente a un aumento aún mayor de la temperatura. Pero existe el riesgo de que este sumidero pierda eficacia en el futuro.

**El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)** es el gas de efecto invernadero más comúnmente considerado, y su concentración atmosférica se mide en partes por millón de partículas atmosféricas (ppm). **El metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)** también son extraordinariamente importantes para el clima mundial y se miden en partes por billón de partículas atmosféricas (ppb) Currently, observed (measured) concentrations and increases in GHGs:

- CO<sub>2</sub>: 418.81 ppm = **150% de los niveles preindustriales; [Durante milenios, el CO<sub>2</sub> no superó ~300 ppm]**
- CH<sub>4</sub>: 1889±2 ppb = **262% de los niveles preindustriales;**
- N<sub>2</sub>O: 333.2±0.1 ppb = **123% de los niveles preindustriales.**

3) **Precipitaciones anormales observadas en distintas regiones.**

Recientemente, las **grandes zonas con precipitaciones** por encima de lo normal fueron Europa oriental, el sudeste asiático, zonas del norte de Sudamérica y el sudeste de Norteamérica.

Mientras tanto, las **regiones con déficit** de precipitaciones incluían el suroeste de Asia y Oriente Medio, partes del sur de África, el sur de Sudamérica y el centro de Norteamérica.

4) **Las olas de calor** son más frecuentes e intensas en la mayoría de las regiones rurales desde la década de 1950, mientras que **las de frío** son menos frecuentes y menos graves.

5) Es probable que la proporción mundial de ciclones tropicales graves (de categoría 3 a 5) haya aumentado en las últimas cuatro décadas.

- 6) El hielo de la superficie terrestre incluye el **hielo marino, los glaciares** y las **capas de hielo continentales**, que en conjunto contienen aproximadamente el 2% del agua de la Tierra. Los científicos denominan criosfera a este sistema. El calentamiento global provoca el **deshielo de las capas de hielo**. Las dos principales capas de hielo de Groenlandia y la Antártida han estado perdiendo masa de hielo desde al menos 1990, con la mayor tasa de pérdida durante la última década (2010-2019). Además, **el hielo marino del Ártico está disminuyendo**. Tanto la extensión como el espesor del hielo marino ártico han disminuido rápidamente en las últimas décadas. La disminución fue del 40% en septiembre y del 10% en marzo.
- 7) Todos los conjuntos de datos coinciden en que los **índices de calentamiento de los océanos** muestran un **aumento especialmente fuerte en las dos últimas décadas**. Desde 1969, los 100 metros superiores de los océanos muestran un warming de 0,33 grados Celsius. Los océanos cubren cerca del 70% de la superficie terrestre. **Los océanos desempeñan un papel importante en el medio ambiente** y el clima de la Tierra. A medida que la atmósfera se calienta, el agua de los océanos absorbe energía (calor) y la distribuye más uniformemente por todo el planeta, a distintas partes del mundo y a la atmósfera, mediante movimientos conocidos como **corrientes oceánicas**. Los océanos también absorben dióxido de carbono de la atmósfera terrestre. El calor y el dióxido de carbono adicionales en el océano pueden cambiar el entorno de las numerosas plantas y animales que viven en él. Los pocos metros superiores de los océanos almacenan tanto calor como toda la atmósfera de la Tierra. Por eso, cuando el planeta se calienta, son los océanos los que reciben la mayor parte de la energía extra. Más del 90% del calentamiento global va a parar al océano. El agua más caliente se expande y sube. Además, el agua extra procedente del deshielo de las capas de hielo provoca un aumento del nivel del mar que puede afectar a las zonas costeras. La NASA informa de que un niño que nazca hoy puede esperar que el nivel de los océanos suba entre 0,3 y 1,2 metros. En 2021, el **nivel medio global del mar** alcanzó un nuevo récord. Sin embargo, el nivel del mar no sube por igual en todas partes: los patrones regionales de cambio del nivel del mar están dominados por los cambios locales en el



contenido de calor del océano y la salinidad. Los océanos absorben alrededor de una cuarta parte del CO<sub>2</sub> que generan los seres humanos al quemar combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural). Pero el exceso de dióxido de carbono en el océano causa un problema llamado acidificación oceánica, que puede ser perjudicial para las plantas y los animales del océano.

- 8) **La capa de nieve disminuye.** Las observaciones por satélite revelan que la cantidad de manto nivoso primaveral en el hemisferio norte ha disminuido en las últimas cinco décadas y que la nieve se derrite antes. Es prácticamente seguro que la cubierta de nieve disminuirá en la mayoría de las regiones terrestres durante el siglo XXI, en términos de equivalente en agua, extensión y duración anual.
- 9) Salvo contadas excepciones, los **glaciares de montaña** han retrocedido desde la segunda mitad del siglo XIX. Este comportamiento no tiene precedentes al menos en los últimos 2.000 años. El adelanto del deshielo primaveral inducido por el calentamiento global y el mayor deshielo de los glaciares ya han contribuido a los cambios estacionales del caudal de los arroyos en las cuencas montañosas de baja altitud

Todos los cambios mencionados plantearán retos para el abastecimiento de agua, la producción de energía, la integridad de los ecosistemas, la producción agrícola y forestal, la preparación ante catástrofes y el ecoturismo.

### **Mensaje clave**

El aumento de la temperatura global ha contribuido a que se **produzcan fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes y graves en todo el mundo**, como olas de frío y calor, inundaciones, sequías, incendios forestales y tormentas.

**Ecosistemas** – Los ecosistemas terrestres, marinos, costeros y de agua dulce, así como los servicios que prestan, se ven afectados por el cambio climático y algunos son más vulnerables que otros. **Los ecosistemas se degradan a un ritmo sin precedentes**, limitando su capacidad de apoyar el bienestar humano y perjudicando su capacidad de adaptación para crear resiliencia.

Según el IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), en un futuro próximo habrá fenómenos meteorológicos extremos más graves y frecuentes, como inundaciones, sequías, incendios forestales y huracanes.

**Una fracción de grado en el calentamiento global medio puede tener consecuencias masivas.**

### **¿Podemos combatir el cambio climático?**

Los informes de la OMM informaban recientemente al público de que el mensaje de la comunidad científica sobre el cambio climático ha sido escuchado y los y las responsables políticas están deseosas de resolver este problema. Los Acuerdos y Protocolos Internacionales sobre el cambio climático firmados por la mayoría de los países manifiestan el consenso general sobre la urgencia y el abordaje del problema. Según la Nota de Acción del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el mundo se encuentra en una situación de emergencia climática. Vamos camino de un aumento de la temperatura a finales de este siglo muy por encima de los objetivos de 1,5-2 °C del Acuerdo de París. Si dejáramos de emitir GEI, la temperatura media mundial dejaría de aumentar al cabo de unos años, pero seguiría siendo elevada durante muchos siglos. Esto se debe a que los GEI viven muchos años en la atmósfera. Sin embargo, quizá no sea demasiado tarde para evitar o reducir los peores efectos del cambio climático. Tales acciones implicarían lo siguiente:

1. **Mitigación:** reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera
2. **Adaptación:** aceptar y adaptarse al cambio climático.

Muchos países han fijado objetivos de neutralidad de carbono para mitigar los efectos del cambio climático. La Unión Europea ha fijado el objetivo de cero emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2050. Pero estas ambiciones deben transformarse en acciones. Tenemos que reconsiderar el funcionamiento industrial, la producción de energía y los sistemas de transporte, y todo el modo de vida. Tenemos que actuar por el bien de nuestro planeta y del futuro de la humanidad.

## Cambios climáticos en la historia y causas naturales

El clima de la Tierra ha cambiado a lo largo de la historia. Sólo en los últimos 800.000 años ha habido ocho ciclos de glaciaciones y períodos más cálidos, y el final de la última glaciación, hace unos 11.700 años, marcó el inicio de la era climática moderna y de la civilización humana. La mayoría de estos cambios climáticos se atribuyen a variaciones muy pequeñas en la órbita de la Tierra (conocidas como ciclos de Milankovitch) que modifican la cantidad de energía solar que recibe nuestro planeta. Además, la variación de la radiación de salida del Sol recibida en la Tierra debido a los ciclos solares o a otra variabilidad solar puede desempeñar un papel en el clima de la Tierra. Estos dos tipos de variaciones naturales del clima se analizan a continuación.

### Efectos de los ciclos de Milankovitch

Existen tres movimientos periódicos de la Tierra, conocidos como ciclos de Milankovitch, que contribuyen a que el clima del planeta varíe de forma matemáticamente predecible a lo largo de distintos periodos, que van de decenas de miles a cientos de miles de años. Los ciclos de Milankovitch incluyen la forma de la órbita terrestre (su excentricidad), el ángulo de inclinación del eje de la Tierra con respecto al plano orbital terrestre (su oblicuidad) y la dirección a la que apunta el eje de rotación de la Tierra (su precesión). Estos ciclos afectan a la cantidad de luz solar y, por tanto, de energía, que la Tierra absorbe del Sol. Proporcionan un marco sólido para comprender los cambios a *largo plazo* en el clima de la Tierra, incluido el comienzo y el final de las Edades de Hielo a lo largo de la historia de la Tierra. A continuación se describen brevemente los tres ciclos:

- 1) La forma de la órbita de la Tierra alrededor del Sol, conocida como **excentricidad** (ciclos de 100.000 años). La órbita anual de la Tierra alrededor del Sol no es perfectamente circular. Con el tiempo, la atracción gravitatoria de los dos mayores planetas gigantes gaseosos de nuestro sistema solar, Júpiter y Saturno, hace que la forma de la órbita de la Tierra varíe de casi circular a ligeramente elíptica. La excentricidad mide cuánto se aleja la forma de la órbita terrestre de un círculo perfecto. Estas variaciones afectan a la distancia entre la Tierra y el Sol.

Cuando la órbita de la Tierra está en su punto más elíptico, cada año llega a la Tierra alrededor de un 23% más de radiación solar entrante en su máximo acercamiento al Sol que en su máximo alejamiento del Sol. Actualmente, la excentricidad de la Tierra está cerca de su mínimo elíptico (más circular) y disminuye muy lentamente, en un ciclo que abarca unos 100.000 años. Cada ~400.000 años, este cambio de excentricidad es aún más pronunciado.

*El cambio total en la radiación solar anual global debido al ciclo de excentricidad es muy pequeño. Dado que las variaciones de la excentricidad de la Tierra son bastante pequeñas, constituyen un factor relativamente menor en las variaciones climáticas estacionales anuales.*

- 2) El eje de rotación de la Tierra se inclina al girar alrededor del Sol, lo que se conoce como **oblicuidad (ciclos de 41.000 años)**. La oblicuidad es la razón por la que la Tierra tiene estaciones. En el último millón de años, ha variado entre 22,1 y 24,5 grados con respecto al plano orbital de la Tierra, cada ~41.000 años. El eje de la Tierra está inclinado debido a la distribución de la masa terrestre en el planeta, que hace que el hemisferio norte sea más pesado. La inclinación de la Tierra influye en la cantidad de radiación solar que absorbe el planeta en las distintas latitudes. Cuando el eje de la Tierra está más erguido, con un ángulo de inclinación menor, los polos reciben menos radiación solar. Cuanto mayor es el ángulo de inclinación axial de la Tierra, más extremas son nuestras estaciones, ya que cada hemisferio recibe más radiación solar durante el verano, cuando el hemisferio está inclinado hacia el Sol, y menos durante el invierno, cuando está inclinado hacia otro lado. Los ángulos de inclinación mayores favorecen los periodos de deglaciación (el deshielo y retroceso de glaciares y capas de hielo). Estos efectos no son uniformes en todo el mundo: las latitudes más altas reciben un cambio mayor en la radiación solar total que las zonas más cercanas al ecuador.
- 3) Al girar, la Tierra se tambalea ligeramente sobre su eje, lo que se conoce como **precesión axial (ciclos de 26.000 años)**. Este bamboleo se debe a las fuerzas de marea provocadas por las influencias gravitatorias del Sol y la Luna, que hacen que la Tierra se abombe en el ecuador, afectando a su rotación. El ciclo de precesión axial abarca unos 26.000 años.

Pero los ciclos de Milankovitch no pueden explicar todo el cambio climático que se ha producido en los últimos 2,5 millones de años aproximadamente. Y lo que es más importante, ***no pueden explicar el actual periodo de calentamiento acelerado que ha experimentado la Tierra desde el periodo preindustrial (el comprendido entre 1850 y 1900) y, sobre todo, desde mediados del siglo XX. Los científicos están convencidos de que el reciente calentamiento de la Tierra se debe principalmente a las actividades humanas, en concreto a la aportación directa de dióxido de carbono a la atmósfera por la quema de combustibles fósiles***<sup>7</sup>.

### **¿Cómo sabemos que los ciclos de Milankovitch no están causando el cambio actual?**

Los ciclos de Milankovitch operan en escalas de tiempo muy largas, que van de decenas de miles a cientos de miles de años. En cambio, el calentamiento actual de la Tierra se ha producido en escalas temporales de décadas a siglos. En los últimos 150 años, los ciclos de Milankovitch no han modificado demasiado la cantidad de energía solar absorbida por la Tierra. De hecho, las observaciones de los satélites de la NASA muestran que, en los últimos 40 años, la radiación solar ha disminuido un poco.

Por último, la Tierra se encuentra actualmente en un periodo interglaciar (un periodo de clima más suave entre las edades de hielo). Si no hubiera influencia humana en el clima, los científicos afirman que las posiciones orbitales actuales de la Tierra dentro de los ciclos de Milankovitch predicen que nuestro planeta debería estar enfriándose, no calentándose, continuando una tendencia de enfriamiento a largo plazo que comenzó hace 6.000 años.

### **El efecto de la variabilidad solar**

El Sol es una gigantesca esfera de gases calientes que gira a una velocidad vertiginosa. Los gases del Sol están en constante movimiento. Este movimiento genera una gran actividad en la superficie del Sol,

<sup>7</sup> <https://climate.nasa.gov/ask-nasa-climate/2949/why-milankovitch-orbital-cycles-cant-explain-earths-current-warming/>

denominada actividad solar, que produce radiación y, por tanto, energía. A veces, la superficie del Sol está muy activa. Otras veces, las cosas están un poco más tranquilas. La cantidad de radiación solar cambia según las fases del ciclo solar. La actividad solar puede tener efectos sobre la Tierra, por lo que los científicos vigilan de cerca la actividad solar todos los días.

Los científicos utilizan una métrica llamada Irradiancia Solar Total (IST) para medir los cambios en la energía que la Tierra recibe del Sol. La TSI incorpora el ciclo solar de 11 años y las erupciones/tormentas solares de la superficie del Sol. Los estudios muestran que la variabilidad solar ha desempeñado un papel en los cambios climáticos del pasado. Por ejemplo, una disminución de la actividad solar unida a un aumento de la actividad volcánica contribuyó a desencadenar la Pequeña Edad de Hielo, un periodo de enfriamiento regional, especialmente pronunciado en la región del Atlántico Norte, que se produjo desde principios del siglo XIV hasta mediados del siglo XIX.

Varias líneas de evidencia muestran que el calentamiento global actual no puede explicarse por cambios en la energía procedente del Sol:

- Desde 1750, la cantidad media de energía procedente del Sol se ha mantenido constante o ha aumentado ligeramente.
- Si el calentamiento se debiera a un Sol más activo, los científicos esperarían temperaturas más altas en todas las capas de la atmósfera. En cambio, han observado un enfriamiento en la atmósfera superior y un calentamiento en la superficie y en las partes bajas de la atmósfera. Esto se debe a que los gases de efecto invernadero ralentizan la pérdida de calor de la baja atmósfera porque lo atrapan.
- Los modelos climáticos que incluyen cambios en la irradiación solar no pueden reproducir la tendencia de la temperatura observada durante el último siglo o más sin incluir un aumento de los gases de efecto invernadero <sup>8</sup>.

## Efecto de los volcanes

---

<sup>8</sup> <https://climate.nasa.gov/causes/>  
Document Title

Los volcanes pueden afectar al clima y repercutir en el cambio climático. Durante las grandes erupciones explosivas, enormes cantidades de material volcánico (gas, gotitas de aerosol y ceniza) se inyectan a gran altura en la atmósfera (alcanzando una capa atmosférica llamada "estratosfera"; la estratosfera es la capa de la atmósfera que se extiende desde unos 10 km a 50 km (6-30 millas) de altitud). A continuación, la ceniza inyectada cae rápidamente desde la estratosfera hacia el suelo -la mayor parte se elimina en un plazo de varios días a semanas- y tiene escaso impacto en el cambio climático. **Pero los gases volcánicos, como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), pueden permanecer a gran altitud en la atmósfera y reducir la temperatura del aire, provocando un enfriamiento global, mientras que el dióxido de carbono volcánico, un gas de efecto invernadero, puede favorecer el calentamiento global.**

El dióxido de azufre liberado en erupciones volcánicas contemporáneas ha causado ocasionalmente un **enfriamiento global detectable de la baja atmósfera**, pero el dióxido de carbono liberado en erupciones volcánicas contemporáneas nunca ha causado un **calentamiento global detectable de la atmósfera**. Entre las erupciones más notables del siglo XX que han provocado un enfriamiento significativo de la atmósfera se encuentran la del **Novarupta** (Alaska, 6 de junio de 2012) y la del **Monte Pinatubo** (Filipinas, 2 de abril de 1991).

No cabe duda de que las grandes erupciones volcánicas pueden inyectar cantidades significativas de dióxido de carbono en la atmósfera. La erupción del Monte Santa Helena en 1980 liberó aproximadamente 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en sólo 9 horas. Sin embargo, actualmente la humanidad sólo tarda 2,5 horas en emitir la misma cantidad. Mientras que las grandes erupciones explosivas como ésta son raras y sólo ocurren globalmente cada 10 años más o menos, las emisiones de la humanidad son incesantes y aumentan cada año.

### **Mensaje clave**

**La actual tendencia al calentamiento evoluciona a un ritmo nunca visto en los últimos milenios.** Un análisis meticuloso de los datos paleoclimáticos de anillos de árboles, sedimentos oceánicos, arrecifes de coral, capas de rocas sedimentarias y núcleos de hielo (Antártida, Groenlandia y glaciares de montaña) arroja que:

- i) El clima responde a los cambios en las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero
- ii) El calentamiento actual es unas 10 veces más rápido que el ritmo medio de calentamiento tras una glaciación.
- iii) La tasa anual de aumento del dióxido de carbono atmosférico en los últimos 60 años es unas 100 veces más rápida que los anteriores aumentos naturales, como los que se produjeron al final de la última glaciación, hace 11.000-17.000 años.

Es inequívoco que los GEI emitidos por las actividades humanas atrapan más energía solar en la atmósfera. Los satélites en órbita terrestre, las redes de vigilancia de la superficie y las nuevas tecnologías han permitido a los científicos adquirir conocimientos sobre el sistema terrestre, recopilando datos a lo largo de muchos años que revelan los signos y las pautas de un clima cambiante.

**La afirmación de que el cambio climático no está ocurriendo es muy difícil de defender dados los datos terrestres y por satélite que muestran claramente el aumento de la temperatura media del mar y de la tierra y la disminución de las masas de hielo en todo el mundo.**

## Información básica sobre el cambio climático

En esta sección se ofrece información básica para comprender los conceptos de atmósfera, tiempo, clima, efecto invernadero natural y efecto invernadero potenciado por las actividades humanas, con el fin de dilucidar el significado del cambio climático.

### Tiempo frente a clima

**El tiempo** se refiere a las condiciones atmosféricas que se producen localmente durante **cortos periodos de tiempo**, desde minutos hasta horas o días. La mayoría de la gente piensa en el tiempo en términos de temperatura, humedad, precipitaciones, nubosidad, luminosidad, visibilidad, viento y presión atmosférica, como la alta y la baja presión.

Por otro lado, el **clima** se refiere a los valores medios locales, regionales o incluso mundiales a **largo plazo** (normalmente al menos 30 años) de la temperatura, la humedad y los patrones de precipitaciones a lo largo de estaciones, años o décadas. Así pues, el clima es la media del tiempo



a lo largo del tiempo y del espacio. En resumen, el clima es la descripción del patrón meteorológico a largo plazo en una zona determinada.

Cuando los científicos hablan de clima, se refieren a los promedios de precipitaciones, temperatura, humedad, insolación, velocidad del viento, fenómenos como la niebla, las heladas y las tormentas de granizo, y otras medidas del tiempo que se producen durante un largo período en un lugar determinado.

Por ejemplo, tras observar los datos de los pluviómetros, los niveles de los lagos y embalses y los datos de los satélites, los científicos pueden saber si durante el verano una zona fue más seca de lo normal. Si sigue siendo más seca de lo normal durante muchos veranos, es probable que se trate de un cambio climático. Además del cambio climático a largo plazo, existen **variaciones climáticas** a más corto plazo. La llamada variabilidad climática puede estar representada por cambios periódicos o intermitentes relacionados con El Niño, La Niña, erupciones volcánicas u otros cambios en el sistema terrestre.

Cuando hablamos de cambio climático, nos referimos a cambios en las medias meteorológicas a largo plazo.

### ¿Qué es el efecto invernadero natural?

La atmósfera terrestre está compuesta principalmente por una mezcla de sólo unos pocos gases: nitrógeno, oxígeno y argón; combinados, estos tres gases constituyen más del 99,5% de todas las moléculas de gas de la atmósfera. Estos gases, que son los más abundantes en la atmósfera, no tienen prácticamente ningún efecto sobre el calentamiento de la Tierra y su atmósfera, ya que no absorben la radiación visible o infrarroja. Sin embargo, hay gases menores que constituyen sólo una pequeña parte de la atmósfera (alrededor del 0,43% de todas las moléculas de aire, la mayoría de las cuales son vapor de agua, con un 0,39%) que sí absorben la radiación infrarroja. Estos gases "traza" (en cantidades muy pequeñas) contribuyen sustancialmente al calentamiento de la superficie terrestre y de la atmósfera debido a su característica de absorber la radiación infrarroja emitida por la Tierra (para más detalles sobre el efecto invernadero,

véase más adelante). Dado que estos gases traza influyen en la Tierra de forma similar a un invernadero, se denominan gases de efecto invernadero (GEI).

### El mecanismo explicado

Se sabe que un invernadero permite la entrada de la luz solar y retiene el calor creado para calentar las plantas y el aire de su interior incluso durante la noche. El efecto invernadero atmosférico es similar, pero en lugar de las paredes y el techo de cristal de un invernadero, ciertos gases atmosféricos absorben o atrapan la luz solar, es decir, la energía del Sol.

Más concretamente, aproximadamente la mitad de la energía luminosa que llega a la atmósfera terrestre atraviesa el aire y las nubes hasta la superficie, donde es absorbida e irradiada en forma de calor infrarrojo. La mayor parte de este calor (~ 90%) es absorbido por los gases atmosféricos, que llamamos gases de efecto invernadero (GEI), y luego se irradia de nuevo en todas direcciones en la atmósfera calentando la Tierra. Este proceso se denomina efecto invernadero natural y es beneficioso, ya que mantiene unas condiciones de vida favorables para los habitantes microbianos, animales y vegetales de la Tierra. Debido a este fenómeno, la Tierra está mucho más caliente de lo que estaría sin atmósfera, ya que el calor no puede escapar al espacio, manteniendo la temperatura media de la Tierra en aproximadamente 15 grados centígrados.

**Los GEI naturales son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el ozono (O<sub>3</sub>) y el vapor de agua (H<sub>2</sub>O).**

### Mensaje clave

La atmósfera es importante para mantener el calor en la superficie de la Tierra. Sin los GEI presentes de forma natural en la atmósfera, la temperatura media de la Tierra sería de ~ -18 grados centígrados en lugar de los ~+15 grados centígrados actuales.

### ¿Qué es el efecto invernadero reforzado?

Los cambios observados en el clima de la Tierra desde mediados del siglo XX se deben a la actividad humana.

Las actividades humanas, en particular la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), la agricultura y el desmonte de tierras (por ejemplo, la deforestación), están aumentando las concentraciones de GEI en la atmósfera. Las actividades humanas no sólo aumentan los GEI naturales (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O), como ya se ha mencionado, sino que también introducen nuevos compuestos químicos que absorben calor en la atmósfera, como los **clorofluorocarbonos (CFC)** . Las mayores concentraciones de gases de efecto invernadero atrapan más **calor en la atmósfera**, actúan como una manta que aísla la Tierra, provocando un mayor calentamiento global al aumentar la temperatura media de la Tierra y potenciando así el efecto invernadero.

Se calcula que, desde el periodo preindustrial, las actividades humanas han aumentado la temperatura media global de la Tierra en aproximadamente 1 grado centígrado, una cifra que actualmente se incrementa en más de 0,2 grados centígrados por década. La actual tendencia al calentamiento global es inequívocamente el resultado de la actividad humana desde la década de 1950 y se está produciendo a un ritmo sin precedentes durante milenios.

### **Calentamiento global frente a cambio climático**

El término "**calentamiento global**" no es idéntico al término "**cambio climático**".

### **El calentamiento global impulsa el cambio climático.**

El calor es energía y cuando se añade más energía a cualquier sistema, éste se agita provocando cambios. El sistema climático mundial depende de varios sistemas o componentes de la Tierra (atmósfera, océano, tierra y ecosistemas) que están interconectados. Así, la adición de energía térmica a un sistema o componente, como la atmósfera, provoca cambios en el clima global en su conjunto.

Los océanos cubren más del 70% de la superficie de la Tierra. **Los océanos intercambian calor con la atmósfera y se calientan.** El aumento del calentamiento debido al calentamiento global hace que se evapore más agua y se formen nubes que provocan tormentas más numerosas y que consumen más energía. Una atmósfera más cálida hace que se derritan los glaciares, las capas de hielo, la nieve de las montañas y los casquetes polares, elevando el nivel del mar. Además, los cambios de temperatura alteran los patrones globales del viento que

traen, por ejemplo, los monzones en Asia y la lluvia y la nieve en todo el mundo, haciendo que la sequía y el tiempo impredecible sean más comunes.

**Por eso los científicos han dejado de centrarse sólo en el calentamiento global y ahora se centran en el tema más amplio del cambio climático.**

Gases de efecto invernadero: breve descripción

**Los distintos GEI pueden tener efectos diferentes sobre el calentamiento de la Tierra. Dos aspectos clave en los que difieren estos gases son su capacidad para absorber el calor del Sol (es decir, su energía) (lo que se conoce como su "eficiencia radiativa") y el tiempo que permanecen en la atmósfera (lo que se conoce como su "vida útil"). Otro término que aparece con frecuencia al hablar de los GEI es el de "potencial de calentamiento global".**

El término *Potencial de Calentamiento Global (PCG)* se desarrolló para poder comparar el impacto de los distintos GEI sobre el calentamiento global.

Proporciona una medida de cuánta energía absorberán las emisiones de 1 tonelada de un gas de efecto invernadero durante un periodo de tiempo determinado, en relación con las emisiones de 1 tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Cuanto mayor es el PCA, más calienta la Tierra un gas de efecto invernadero determinado en comparación con el CO<sub>2</sub> durante ese periodo de tiempo. El periodo de tiempo que se suele utilizar para los PCA es de 100 años.

El gas de efecto invernadero más común es el dióxido de carbono. De hecho, al ser tan común, los científicos lo utilizan como punto de referencia o medida de las cosas que calientan la atmósfera.

### **Los GEI más importantes son:**

**El dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>**, un componente muy importante de la atmósfera, se libera a través de procesos naturales (como las erupciones volcánicas, la desgasificación de los océanos, la respiración animal y vegetal, la descomposición de la materia orgánica y los incendios forestales) y a través de las actividades humanas cada vez que se quema

algo (principalmente la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural para generar energía). Los combustibles fósiles como el carbón y el petróleo contienen carbono que las plantas extrajeron de la atmósfera mediante fotosíntesis a lo largo de muchos millones de años; al quemar combustibles fósiles, estamos devolviendo ese carbono a la atmósfera en sólo unos cientos de años. Las actividades humanas han aumentado la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera en un 50% desde que comenzó la Revolución Industrial (1750). Este fuerte aumento del CO<sub>2</sub> es el factor más importante del cambio climático en el último siglo. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos, por ejemplo, lo utiliza como marcador debido a su ubicuidad. El CO<sub>2</sub> puede permanecer en la atmósfera durante mucho tiempo, entre 300 y 1000 años. Al dióxido de carbono se le asigna un Potencial de Calentamiento Global, PCG, de 1.

**El metano, CH<sub>4</sub>**, un importante GEI, procede tanto de fuentes naturales como antropogénicas. El metano se libera durante la descomposición de la materia vegetal en los humedales, en los vertederos y en el cultivo del arroz. Los animales de cría emiten metano por su digestión y estiércol. Las fugas de la producción y el transporte de combustibles fósiles son otra fuente importante de metano, y el gas natural contiene entre un 70% y un 90% de metano. Como molécula única, el metano es un gas de efecto invernadero mucho más eficaz que el dióxido de carbono, pero es mucho menos común en la atmósfera. La cantidad de metano en nuestra atmósfera se ha más que duplicado desde la época preindustrial. El metano permanece en la atmósfera aproximadamente 10 años, pero es un precursor del ozono (es decir, ayuda a formarlo). El CH<sub>4</sub> tiene un PCA de 28-36.

**El óxido nitroso, N<sub>2</sub>O**, es un potente gas de efecto invernadero producido por las prácticas agrícolas, liberado durante la producción y el uso de fertilizantes comerciales y orgánicos. El óxido nitroso también procede de la combustión de combustibles fósiles y de la quema de vegetación, y ha aumentado un 18% en los últimos 100 años. El óxido nitroso permanece en la atmósfera una media de 114 años. El N<sub>2</sub>O tiene un GWP de 265-298.

**Los clorofluorocarbonos, CFC**, son compuestos químicos fabricados por el hombre y de origen totalmente industrial. Se utilizaban como refrigerantes, disolventes (sustancia que disuelve otras) y propulsores

de aerosoles. Un acuerdo internacional, conocido como Protocolo de Montreal , regula actualmente los CFC porque dañan la capa de ozono. A pesar de ello, las emisiones de algunos tipos de CFC se dispararon durante unos cinco años debido al incumplimiento del acuerdo internacional. Una vez que los miembros del acuerdo pidieron una acción inmediata y una mejor aplicación, las emisiones cayeron bruscamente a partir de 2018. Los CFC pueden permanecer en la atmósfera entre 40 y 150 años. Los valores de PCA de estos gases pueden ser de miles o decenas de miles.

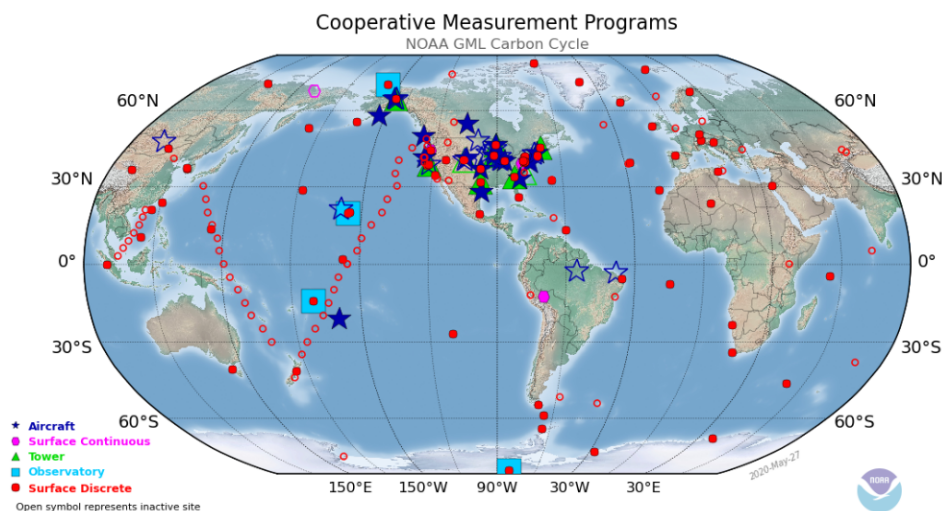
**El vapor de agua, H<sub>2</sub>O**, es el gas de efecto invernadero más abundante, pero como el calentamiento de los océanos aumenta su cantidad en la atmósfera, no es una causa directa del cambio climático. Más bien, a medida que otros forzantes (como el dióxido de carbono) modifican las temperaturas globales, el vapor de agua en la atmósfera responde, amplificando el cambio climático ya en marcha. El vapor de agua aumenta a medida que el clima de la Tierra se calienta. Las nubes y las precipitaciones (lluvia o nieve) también responden a los cambios de temperatura y pueden ser importantes mecanismos de retroalimentación.

**El carbono negro, BC**, se presenta en forma de partículas sólidas de diámetro diminuto (no de gas) y se considera el segundo mayor contribuyente al calentamiento global después del CO<sub>2</sub>, ya que absorbe el calor del Sol millones de veces más eficazmente que el CO<sub>2</sub>. Resulta de la combustión incompleta de combustibles fósiles y biocombustibles (industria, transporte), y biomasa (incendios forestales, incendios residenciales tradicionales). Una vez liberado a la atmósfera, permanece unos días y luego se deposita en la superficie terrestre. El carbono negro se encuentra en todo el mundo, pero su presencia e impacto son especialmente fuertes en Asia. Las concentraciones de BC en el aire causan también mortalidad humana prematura y discapacidad al pasar de los pulmones al torrente sanguíneo. Los valores GWP del BC oscilan entre 1.055 y 2.240 años.

¿Cómo se miden los GEI?

Los científicos miden continuamente las concentraciones de GEI en todo el mundo mediante un sistema de observación basado en una combinación de observaciones desde el espacio y redes de vigilancia en tierra. Así, las mediciones se llevan a cabo de varias formas utilizando

satélites, estaciones terrestres y dispositivos montados en barcos, boyas y aviones (a bordo de aviones de pasajeros normales) . Se han creado varias redes que incluyen un gran número de estaciones terrestres en todo el mundo para registrar las concentraciones de GEI. Un ejemplo de ello es la Red Mundial de Referencia de Gases de Efecto Invernadero, representada en la figura siguiente, que vigila la distribución atmosférica y las tendencias de los tres principales impulsores a largo plazo del cambio climático, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).



**Figura adoptada de NOAA, Global Monitoring Laboratory <sup>9</sup>.**

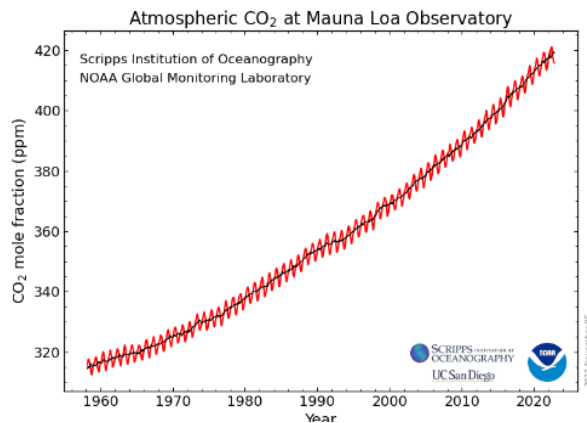
Sin embargo, lo que se mide es la concentración total de gases emitidos por ambos tipos de fuentes, naturales y antropogénicas. Para extraer con la mayor precisión posible la contribución antropogénica al aumento de las concentraciones de GEI, los científicos centran continuamente sus esfuerzos en desafiar las limitaciones actuales en cuanto a disponibilidad y métodos de observación.

El registro moderno de los niveles atmosféricos de CO<sub>2</sub> comenzó con las observaciones realizadas en el Observatorio de Mauna Loa (a 3.400 m de altitud), en Hawai, a finales de la década de 1950. La figura siguiente muestra cómo aumentan cada año las concentraciones de CO<sub>2</sub> medidas en Mauna Loa. El eje horizontal representa el mes de la medición y el eje vertical la concentración de CO<sub>2</sub>. La línea roja muestra los valores medios mensuales de CO<sub>2</sub>; la variabilidad de la línea roja se debe a la actividad fotosintética de las plantas. A medida que las plantas

<sup>9</sup> <https://gml.noaa.gov/ccgg/about.html>



comienzan a realizar la fotosíntesis en primavera y verano, consumen (captan) CO<sub>2</sub> de la atmósfera y acaban utilizándolo como fuente de carbono para crecer y reproducirse. Esto provoca el descenso de los niveles de CO<sub>2</sub> que comienza cada año en mayo. Una vez que llega el invierno, las plantas ahorran energía disminuyendo la fotosíntesis. La línea negra de la figura, que es la media de la línea roja, muestra que existe una tendencia ascendente acelerada de los niveles de CO<sub>2</sub>.



**Figura adoptada de NOAA, Global Monitoring Laboratory.**

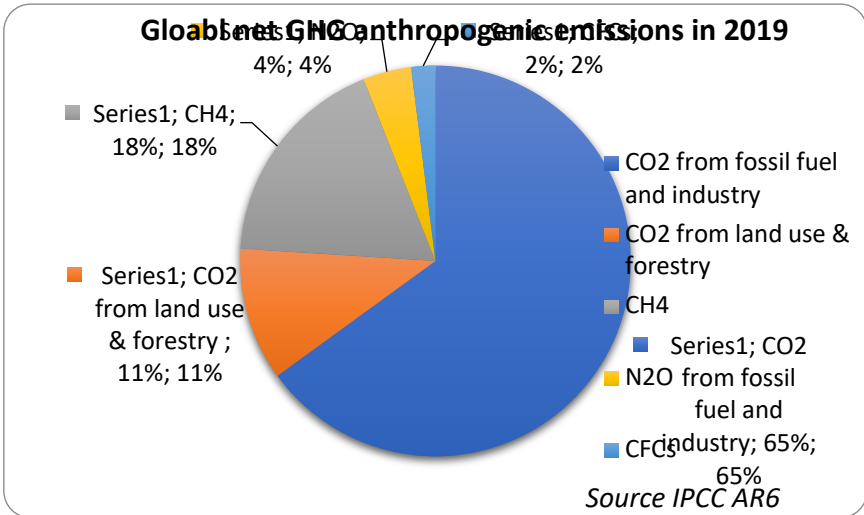
Desde mediados del siglo XX, las emisiones anuales procedentes de la quema de combustibles fósiles han aumentado cada década, pasando de una media de 3.000 millones de toneladas de carbono (11.000 millones de toneladas de dióxido de carbono) al año en la década de 1960 a 9.500 millones de toneladas de carbono (35.000 millones de toneladas de dióxido de carbono) al año en la década de 2010, según el informe Global Carbon Update 2021<sup>10</sup>.

Según el informe AR6 del IPCC<sup>11</sup>, en 2019, las emisiones totales a la atmósfera de gases de efecto invernadero procedentes de fuentes antropogénicas se estimaron aproximadamente en 59.000 millones de toneladas, alrededor de un 59% más que los niveles de 1990 y un 12% más que los de 2010. El siguiente gráfico circular muestra gráficamente la contribución porcentual de cada GEI a las emisiones totales a la atmósfera procedentes de actividades humanas.

<sup>10</sup><https://climate.esa.int/en/news-events/carbon-emissions-rebound-in-2021-new-study-finds/#:~:text=Global%20fossil%20CO2%20emissions,after%20decreasing%205.4%20%25%20in%202020.>

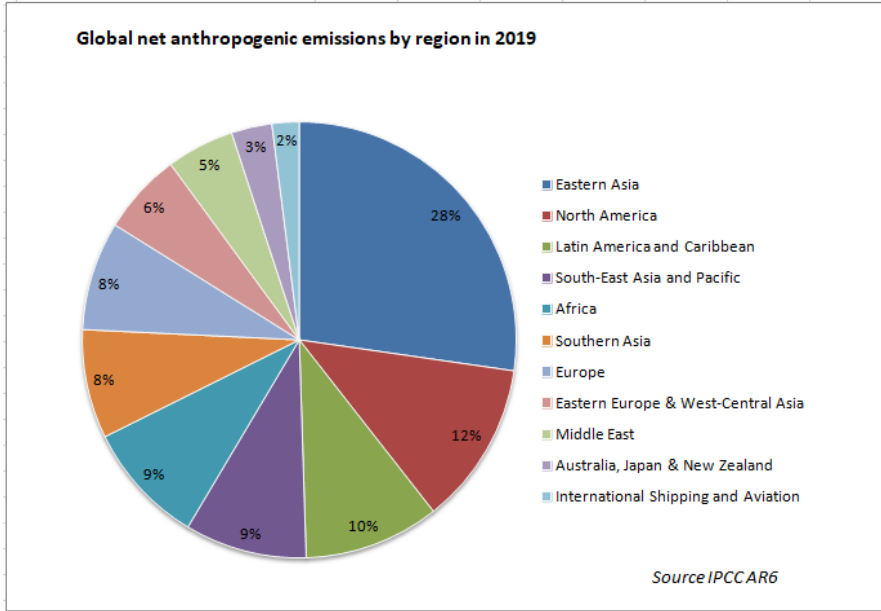
<sup>11</sup> [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGIII\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SPM.pdf)





**Gráfico circular que muestra la contribución porcentual de cada GEI a las emisiones totales a la atmósfera procedentes de actividades humanas, en 2019. Fuente IPCC AR6.**

Las emisiones de GEI han aumentado en la mayoría de las regiones del mundo, pero se distribuyen de forma desigual (véase el siguiente gráfico circular), tanto en la actualidad como de forma acumulada desde 1850.



**Gráfico circular que muestra la contribución porcentual de las diferentes regiones del mundo en 2019. Fuente IPCC AR6.**

## Huella de carbono

La **huella de carbono** es la emisión total de GEI a la atmósfera resultante de las actividades de personas, organizaciones, estados, hogares, etc., **expresada en CO2 equivalente**, durante un periodo de tiempo específico (mes, año, década, etc.).

**El equivalente de CO2** es una medida única utilizada para comparar y sumar las emisiones de todos los GEI (que tienen diferentes potenciales de calentamiento global, PCA, mientras que el PCA del CO2 es de 1).

Existen muchas aplicaciones sencillas que pueden utilizarse para calcular la huella de carbono. He aquí un ejemplo de aplicación web disponible en la Plataforma de Compensación de Carbono de la ONU:

<https://offset.climateneutralnow.org/footprintcalc>

*La huella de carbono media de una persona en Estados Unidos es de 16 toneladas, uno de los índices más altos del mundo. A escala mundial, la huella de carbono media se acerca más a las 4 toneladas. Para tener la mejor oportunidad de evitar un aumento de 2°C en las temperaturas globales, la huella de carbono global media por año tiene que bajar a menos de 2 toneladas para 2050<sup>12</sup>.*

**Podemos reducir nuestra huella de carbono** empezando a hacer pequeños cambios en nuestra vida cotidiana. Todos utilizamos medios de transporte, vestimos ropa, comemos alimentos y consumimos electricidad y otros bienes de la era moderna. Sin embargo, las decisiones que tomamos cada uno de nosotros pueden marcar la diferencia. En la última sección se detallan algunas actividades más.

### ¿Cómo predecir el cambio climático en el futuro?

Es muy importante saber cómo evolucionará el sistema climático para tomar decisiones tempranas sobre la reducción de las emisiones de GEI y la adaptación a los cambios. Los científicos obtienen valiosa información para comprender el mecanismo climático de la Tierra y sus cambios realizando experimentos y recogiendo y analizando continuamente mediciones de los sistemas de observación. A

---

<sup>12</sup> <https://www.nature.org/en-us/get-involved/how-to-help/carbon-footprint-calculator/>  
Document Title

continuación, estos conocimientos se traducen en un código/programa computacional, denominado **modelo climático** con el uso de un lenguaje de programación, que imita cómo cambian los patrones climáticos a lo largo de periodos de tiempo prolongados. En muchos sentidos, la modelización del clima no es más que una extensión de la previsión meteorológica, pero centrándose en los cambios a lo largo de meses, años y décadas en lugar de horas.

Existen dos variantes de modelos climáticos globales, **los Modelos de Circulación General (MCG)** y los **Modelos del Sistema Tierra (ESM)**. Por lo general, un MCG representa los procesos físicos que tienen lugar en la atmósfera, los océanos y la criosfera, así como las interacciones entre estos dominios, incluidos los cambios en la producción de energía del Sol. Además de representar la dinámica oceánica y atmosférica, los ESM también incluyen información sobre el ciclo biogeoquímico en los ecosistemas terrestres y marinos. Por lo tanto, un ESM puede simular cómo cambian estos componentes a lo largo del tiempo en respuesta a la actividad antropogénica y a las condiciones climáticas cambiantes. También existen modelos climáticos que cubren sólo partes o regiones del mundo, denominados modelos climáticos regionales (MCR), que se utilizan para estudiar cómo afecta el cambio climático a sectores como la agricultura, las enfermedades y ecosistemas específicos, y para elaborar planes de adaptación al futuro cambio climático.

Los científicos utilizan modelos climáticos para simular el clima en el pasado y predecir cómo podría cambiar en el futuro, sobre todo a medida que las acciones humanas, como la adición de GEI a la atmósfera, modifiquen las condiciones básicas de nuestro planeta. Los modelos climáticos coinciden en muchos datos importantes sobre el clima observado. Por ejemplo, los modelos muestran con fiabilidad que la adición de más gases de efecto invernadero a la atmósfera provocará un aumento de las temperaturas medias. Los modelos también intentan predecir cómo afectará el cambio climático a las precipitaciones, [sea levels](#) (niveles del mar), la capa de hielo y otras partes del mundo natural.

Los modelos climáticos se ejecutan en enormes superordenadores porque requieren una enorme potencia de cálculo. Los modelos climáticos más sencillos se crearon a finales de los años 50 y con el tiempo han ido ganando en complejidad. **Un modelo climático habrá**

**Llevado muchos años de trabajo a cientos de científicos de distintas disciplinas para construirlo y mejorarlo.** Sin embargo, el clima de la Tierra es demasiado complejo y no existe un modelo perfecto para describirlo. Al igual que los modelos meteorológicos modernos no pueden decirnos con certeza si lloverá la semana que viene, los modelos climáticos sólo pueden predecir una gama probable de resultados.

No obstante, **los modelos climáticos son una herramienta crucial para comprender el cambio climático, y cada vez son más detallados y precisos.** Los nuevos descubrimientos de la climatología están mejorando nuestra comprensión de los procesos climáticos naturales y proporcionando más datos reales sobre el sistema climático de la Tierra, lo que permite simulaciones más precisas de características complejas como las nubes, el ciclo del agua, las corrientes oceánicas y las interacciones entre los distintos componentes de la Tierra. Al mismo tiempo, los avances informáticos permiten simular patrones meteorológicos y climáticos a escalas espaciales y temporales más precisas que nunca<sup>13</sup>.

Escenarios de emisiones de GEI: modelos plausibles de emisiones futuras de GEI

Para describir en términos cuantitativos la actividad antropogénica en los modelos climáticos, los científicos han compilado escenarios de concentraciones de GEI que cambian con el tiempo en función de una serie de supuestos diferentes de cambios en las actividades socioeconómicas mundiales y regionales. Estos escenarios son, por tanto, estimaciones de evoluciones plausibles y cuantitativas de todas las emisiones de GEI -conocidas como vías de concentración representativas- a escala mundial desde la actualidad hasta finales del siglo XXI. Estas estimaciones se basan en el crecimiento demográfico, la urbanización, la producción mundial de energía, el uso del suelo, el comercio, los avances tecnológicos y la economía mundial<sup>14</sup>.

Las vías de concentración de GEI más actualizadas desarrolladas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)

---

<sup>13</sup> <https://climate.mit.edu/explainers/climate-models>

<sup>14</sup> <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

y fundamentales para el trabajo de los informes de la ONU sobre el clima son las Vías Socioeconómicas Compartidas (SSP). Hay cinco SSP clave (SSP1-SSP5) que se utilizan en la investigación, cuyos escenarios difieren en sus hipótesis sobre el desarrollo socioeconómico y tecnológico en las próximas décadas. **Presentan referencias de cómo serían las cosas en ausencia de una política climática, y permiten a los investigadores examinar las barreras y oportunidades para la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo en cada posible mundo futuro cuando se combinan con objetivos de mitigación<sup>15</sup>.**

More details about the SSPs and the resulting emissions and global average temperature changes can be found below.

- **SSP1: Sustainability - Taking the Green Road** El SSP1 ofrece el escenario más positivo tanto para el desarrollo humano como para la acción medioambiental. *El mundo evoluciona gradualmente, pero de forma generalizada, hacia una senda más sostenible.* Seguimos observando mejoras in education and health (en la educación y la sanidad) en todo el mundo, grandes reducciones de la pobreza y una disminución de las desigualdades globales. Los investigadores vislumbran al mismo tiempo que el mundo avanza en una dirección mucho más sostenible.

**Las emisiones de GEI alcanzan su punto máximo entre 2040 y 2060, incluso en ausencia de políticas climáticas específicas, y disminuyen a entre 22 y 48 gigatoneladas de CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2</sub>) anuales en 2100. Esto se traduce en un calentamiento de entre 3 y 3,5 °C de aquí a 2100.**

- **SSP2: Middle of the Road** El mundo sigue una trayectoria en la que las tendencias sociales, económicas y tecnológicas no se apartan mucho de los patrones históricos. El desarrollo y el crecimiento de la renta son desiguales: algunos países progresan relativamente bien, mientras que otros no alcanzan las expectativas. Las instituciones mundiales y nacionales

---

<sup>15</sup> <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change/>

trabajan pero avanzan lentamente en la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible.

**Las emisiones de GEI seguirán aumentando hasta finales de siglo, alcanzando entre 65 GtCO<sub>2</sub> y 85 GtCO<sub>2</sub>, con un calentamiento resultante de 3,8-4,2 °C.**

■ **SSP3: Rivalidad regional - Un camino pedregoso** El resurgimiento del nacionalismo, la preocupación por la competitividad y la seguridad y los conflictos regionales empujan a los países a centrarse cada vez más en cuestiones internas o, como mucho, regionales. Los países se centran en alcanzar objetivos de seguridad energética y alimentaria dentro de sus propias regiones a expensas de un desarrollo de base más amplia. El desarrollo económico es lento, el consumo es intensivo en materiales y las desigualdades persisten o empeoran con el tiempo. El crecimiento demográfico es bajo en los países industrializados y alto en los países en desarrollo. La escasa prioridad internacional a la hora de abordar los problemas medioambientales provoca una fuerte degradación del medio ambiente en algunas regiones. Un escenario pesimista.

**Aumento de las emisiones de GEI hasta unas 76-86 GtCO<sub>2</sub> en 2100 y calentamiento global estimado en 3,9-4,6°C.**

■ **SSP4: Desigualdad - Un camino dividido** Las inversiones muy desiguales en capital humano, combinadas con las crecientes disparidades en oportunidades económicas y poder político, conducen a un aumento de las desigualdades y la estratificación tanto entre los países como dentro de ellos. Con el tiempo, se ensancha la brecha entre una sociedad conectada internacionalmente que contribuye a los sectores intensivos en conocimiento y capital de la economía mundial, y un conjunto fragmentado de sociedades con ingresos más bajos y escasa formación que trabajan en una economía intensiva en mano de obra y de baja tecnología. El desarrollo tecnológico es elevado en la economía y los sectores de alta tecnología. Un escenario pesimista.

**Las emisiones de GEI oscilan entre 34 GtCO<sub>2</sub> y 45 GtCO<sub>2</sub> para 2100, con un calentamiento de 3,5-3,8°C.**

- **PE5: Desarrollo alimentado por combustibles fósiles** El PEC5 es igual de optimista que el PEC1 en términos de desarrollo, pero lo consigue mediante un gran uso de combustibles fósiles. Esto tiene efectos negativos en el medio ambiente.

**Las emisiones más elevadas oscilan entre 104 GtCO<sub>2</sub> y 126 GtCO<sub>2</sub> en 2100, lo que provocaría un calentamiento de 4,7-5,1°C.**

### ¿Cuáles son los efectos del cambio climático?

Los **impactos del cambio climático** se están produciendo y han cobrado importancia al interactuar con los diversos sistemas de la naturaleza y sectores de la sociedad provocando cambios significativos. Según el IPCC<sup>16</sup>, los impactos observados del cambio climático se resumen a los siguientes sectores:

1. Ecosistemas y biodiversidad
2. Fenómenos meteorológicos extremos
3. Sistemas alimentarios, seguridad alimentaria y bosques
4. Sistemas hídricos y seguridad del agua
5. Salud y bienestar
6. Migración y desplazamiento
7. Vulnerabilidad humana
8. Ciudades, asentamientos e infraestructuras
9. Sectores económicos

A continuación se analizan brevemente las repercusiones mencionadas.

### **Ecosistema y biodiversidad**

Según las pruebas científicas, los ecosistemas de todo el mundo se han visto afectados por el cambio climático. Según el último informe del

---

<sup>16</sup>

[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_TechnicalSummary.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_TechnicalSummary.pdf)

IPCC [19], los cambios han alterado los ecosistemas marinos, terrestres y de agua dulce. Los efectos están más extendidos y tienen consecuencias de mayor alcance de lo previsto. Biodiversidad es un término que designa la variedad de la vida en la Tierra, en todas sus formas. Las respuestas de la diversidad biológica, que incluyen cambios en la fisiología, el crecimiento, la abundancia, la ubicación geográfica y los cambios en el calendario estacional, a menudo no son suficientes para hacer frente al reciente cambio climático. El cambio climático ha provocado un aumento de las zonas quemadas por incendios forestales y la pérdida de especies locales, ha incrementado las enfermedades y ha impulsado la mortalidad masiva de plantas y animales, dando lugar a las primeras extinciones provocadas por el clima.

Los efectos del clima en los ecosistemas <sup>17</sup> han causado pérdidas económicas y de medios de subsistencia cuantificables y han alterado prácticas culturales y actividades recreativas en todo el mundo.

En tierra, el aumento de las temperaturas ha obligado a animales y plantas a desplazarse a zonas más elevadas o latitudes más altas, muchos de ellos hacia los polos de la Tierra, con consecuencias de gran alcance para los ecosistemas. El riesgo de extinción de especies aumenta con cada grado de calentamiento.

En el océano, el aumento de las temperaturas incrementa el riesgo de pérdida irreversible de los ecosistemas marinos y costeros. Los arrecifes de coral vivos, por ejemplo, se han reducido casi a la mitad en los últimos 150 años, y un mayor calentamiento amenaza con destruir casi todos los arrecifes que quedan.

En general, **el cambio climático afecta a la salud de los ecosistemas**, influyendo en los cambios de distribución de plantas, virus, animales e incluso asentamientos humanos. Esto puede aumentar las posibilidades de que los animales propaguen enfermedades y de que los virus se transmitan a los seres humanos. La salud humana también puede verse afectada por la reducción de los servicios de los ecosistemas, como la pérdida de alimentos, medicinas y medios de subsistencia que proporciona la naturaleza.

## Fenómenos meteorológicos extremos

---

<sup>17</sup> [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_CCP1.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_CCP1.pdf)  
Document Title



Los cambios climáticos inducidos por el hombre han aumentado la frecuencia y/o intensidad y/o duración de fenómenos meteorológicos extremos, como sequías, incendios forestales, olas de calor terrestres y marinas, ciclones (e inundaciones que causan pérdidas y daños generalizados y graves a las poblaciones humanas y los sistemas naturales. Los extremos están superando la capacidad de **recuperación** de algunos sistemas ecológicos y humanos y, además, están desafiando las capacidades de **adaptación** de otros.

Los fenómenos extremos relacionados con el clima han afectado a la productividad de los sectores agrícola, forestal y pesquero. Las sequías, las inundaciones, los incendios forestales y las olas de calor marinas contribuyen a reducir la disponibilidad de alimentos y a aumentar sus precios, amenazando la seguridad alimentaria, la nutrición y los medios de subsistencia de millones de personas en todas las regiones.

Se han observado fenómenos climáticos extremos en todas las regiones habitadas, y muchas de ellas han sufrido consecuencias sin precedentes, sobre todo cuando se producen múltiples amenazas al mismo tiempo o en el mismo espacio. Los fenómenos extremos relacionados con el clima van seguidos de repercusiones negativas en la salud mental, el bienestar, la satisfacción vital, la felicidad, el rendimiento cognitivo y la agresividad de las poblaciones expuestas.

### **Sistemas alimentarios, seguridad alimentaria y silvicultura**

El cambio climático ya está ejerciendo presión sobre los sistemas alimentarios y forestales, con consecuencias negativas para los medios de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de cientos de millones de personas, especialmente en las latitudes bajas (zonas cercanas al ecuador terrestre) y medias. El sistema alimentario mundial está fracasando a la hora de abordar la inseguridad alimentaria y la malnutrición de forma sostenible desde el punto de vista medioambiental.

Los efectos del cambio climático están afectando negativamente a la agricultura, la silvicultura, la pesca y la acuicultura, obstaculizando cada vez más los esfuerzos para satisfacer las necesidades humanas.

El calentamiento está afectando negativamente a la calidad de los cultivos y pastizales y a la estabilidad de las cosechas. Las condiciones más cálidas y secas han incrementado la mortalidad de los árboles y las

perturbaciones forestales en muchos biomas templados y boreales. El calentamiento de los océanos ha disminuido el rendimiento sostenible de algunas poblaciones de peces salvajes en un 4,1% entre 1930 y 2010. La acidificación y el calentamiento de los océanos ya han afectado a las especies acuáticas cultivadas.

Los efectos del cambio climático en los sistemas alimentarios afectan a todos, pero algunos grupos son más vulnerables.

### **Sistemas hidráulicos y seguridad del agua**

En la actualidad, aproximadamente la mitad de la población mundial sufre una grave escasez de agua durante al menos un mes al año debido a factores climáticos y de otro tipo. La inseguridad hídrica se manifiesta a través de la escasez de agua y los peligros inducidos por el clima, y se ve agravada por una gobernanza inadecuada del agua. Los fenómenos extremos y las vulnerabilidades subyacentes han intensificado el impacto social de sequías e inundaciones, han afectado negativamente a la agricultura y a la producción de energía y han aumentado la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua. Los efectos económicos y sociales de la inseguridad hídrica son más pronunciados en los países de renta baja que en los de renta media y alta.

El cambio climático ha intensificado el ciclo hidrológico global, causando varios impactos sociales, que son sentidos desproporcionadamente por las personas vulnerables. En todo el mundo, la gente experimenta cada vez más patrones de precipitación desconocidos, incluyendo eventos de precipitación extrema. Además, los glaciares se están derritiendo a un ritmo sin precedentes, causando impactos sociales negativos entre las comunidades que dependen de los recursos hídricos criosféricos. El cambio en la criosfera ha afectado a los ecosistemas, los recursos hídricos, los medios de subsistencia y los usos culturales del agua en todas las regiones del mundo que dependen de la criosfera.

Los cambios inducidos por el clima en el ciclo hidrológico han afectado negativamente a los ecosistemas de agua dulce y terrestres. Las tendencias climáticas y los fenómenos extremos han tenido importantes repercusiones en muchos sistemas naturales. Más concretamente, las tendencias y los fenómenos extremos inducidos por el clima en el ciclo hidrológico han repercutido positiva y negativamente en la producción

agrícola, y los efectos negativos superan a los positivos. Las sequías, las inundaciones y la variabilidad de las precipitaciones han contribuido a reducir la disponibilidad de alimentos y a aumentar sus precios, amenazando la seguridad alimentaria y nutricional, así como los medios de subsistencia de millones de personas en todo el mundo. Los años de sequía han reducido la producción termoeléctrica e hidroeléctrica en torno a un 4-5% en comparación con la producción media a largo plazo desde la década de 1980.

Los cambios en la temperatura, las precipitaciones y las catástrofes relacionadas con el agua están vinculados a una mayor incidencia de enfermedades transmitidas por el agua, como el cólera, especialmente en regiones con acceso limitado a infraestructuras de agua potable, saneamiento e higiene.

### **Salud y bienestar**

El cambio climático ya ha perjudicado la salud física y mental de los seres humanos. Las mujeres, los niños, los ancianos, los pueblos indígenas, los hogares con bajos ingresos y los grupos socialmente marginados de las ciudades, los asentamientos, las regiones y los países son los más vulnerables. La mortalidad observada por inundaciones, sequías y tormentas es 15 veces mayor en los países clasificados como altamente vulnerables en comparación con los países menos vulnerables en la última década. Los problemas de salud mental aumentan con el calentamiento de las temperaturas, los traumas asociados a los fenómenos meteorológicos extremos y la pérdida de medios de subsistencia y cultura.

El aumento de las temperaturas y las olas de calor han incrementado la mortalidad y la morbilidad, con repercusiones que varían en función de la edad, el sexo, la urbanización y los factores socioeconómicos. Los fenómenos climáticos extremos han sido factores clave en el aumento de la desnutrición de millones de personas, principalmente en África y América Central. Los riesgos para la seguridad alimentaria relacionados con el clima han aumentado en todo el mundo. Entre ellos, las infecciones por *Salmonella*, *Campylobacter* y *Cryptosporidium*, las micotoxinas asociadas al cáncer y al retraso del crecimiento infantil, y la contaminación del marisco con toxinas y patógenos marinos.

El aumento de las temperaturas, las lluvias torrenciales y las inundaciones se asocian a un incremento de las enfermedades transmitidas por el agua, en particular las diarreicas, como el cólera y otras infecciones gastrointestinales (nivel de confianza alto) en países de renta alta, media y baja. Los cambios en el área de distribución de los animales salvajes, la explotación de la fauna salvaje y la pérdida de calidad de su hábitat provocados por el cambio climático han aumentado la probabilidad de que los patógenos se propaguen de la fauna salvaje a las poblaciones humanas, lo que ha dado lugar a una mayor aparición de enfermedades zoonóticas (transmitidas a los humanos por los animales), epidemias y pandemias. En las regiones árticas y subárticas de Europa, Asia y Norteamérica están apareciendo zoonosis que históricamente eran raras o nunca se habían documentado, como consecuencia del cambio medioambiental inducido por el clima.

Varias enfermedades respiratorias crónicas no transmisibles son sensibles al clima debido a sus vías de exposición (por ejemplo, calor, frío, polvo, pequeñas partículas, ozono, humo de incendios y alérgenos), aunque el cambio climático no es el factor dominante en todos los casos.

### **Migración y desplazamiento**

Los peligros climáticos asociados a fenómenos extremos (sequías, tormentas tropicales y huracanes, lluvias torrenciales e inundaciones) y la variabilidad actúan como impulsores directos de la migración y el desplazamiento involuntarios y como impulsores indirectos a través del deterioro de los medios de subsistencia sensibles al clima. La mayoría de los desplazamientos y migraciones relacionados con el clima se producen dentro de las fronteras nacionales, mientras que los movimientos internacionales tienen lugar principalmente entre países con fronteras contiguas. Desde 2008, una media anual de más de 20 millones de personas se han visto desplazadas internamente a causa de fenómenos meteorológicos extremos, siendo las tormentas y las inundaciones los fenómenos más comunes.

Los fenómenos climáticos extremos actúan como impulsores directos (por ejemplo, la destrucción de hogares por ciclones tropicales) e indirectos (por ejemplo, la pérdida de ingresos rurales durante sequías prolongadas) de la migración y el desplazamiento involuntarios. El

mayor número absoluto de personas desplazadas cada año por fenómenos climáticos extremos se produce en Asia (sur, sureste y este), seguida del África subsahariana, pero los pequeños Estados insulares del Caribe y el Pacífico Sur se ven afectados de forma desproporcionada en relación con el pequeño tamaño de su población.

### **Vulnerabilidad humana**

La vulnerabilidad determina en gran medida la forma en que las sociedades y las comunidades experimentan los efectos del cambio climático. La vulnerabilidad al cambio climático es un fenómeno multidimensional y dinámico, determinado por la intersección de procesos históricos y contemporáneos de marginación política, económica y cultural. Las sociedades con altos niveles de desigualdad son menos resistentes al cambio climático. Alrededor de 3.300 millones de personas viven en países con una alta vulnerabilidad humana al cambio climático.

La variabilidad y los extremos climáticos se asocian a conflictos más prolongados debido al aumento del precio de los alimentos, la inseguridad alimentaria e hídrica, la pérdida de ingresos y la pérdida de medios de subsistencia, con pruebas más consistentes en el caso de la violencia organizada de baja intensidad dentro de los países que en el de los conflictos armados de gran envergadura o internacionales.

### **Ciudades, asentamientos e infraestructuras**

Las ciudades y los asentamientos (sobre todo los no planificados e informales y los de las regiones costeras y montañosas) han seguido creciendo a un ritmo acelerado y siguen siendo cruciales como lugares concentrados de mayor exposición al riesgo y creciente vulnerabilidad. Desde la década anterior, más personas y bienes clave están expuestos a impactos inducidos por el clima y a pérdidas y daños en ciudades, asentamientos e infraestructuras clave. Estos efectos del cambio climático incluyen la subida del nivel del mar, las olas de calor, las sequías, los cambios en la escorrentía, las inundaciones, los incendios forestales y el deshielo del permafrost, que provocan interrupciones en infraestructuras y servicios clave como el suministro y la transmisión de energía, las comunicaciones, el abastecimiento de alimentos y agua y los sistemas de transporte en las zonas urbanas y periurbanas y entre ellas. El crecimiento más rápido de la vulnerabilidad y la exposición

urbanas se ha registrado en ciudades y asentamientos donde la capacidad de adaptación es limitada, incluidos los asentamientos informales en comunidades de ingresos bajos y medios y en comunidades urbanas pequeñas y medianas.

### **Pérdidas económicas**

Los efectos de las repercusiones del cambio climático se han observado en varios sectores económicos, aunque la magnitud de los daños varía según el sector y la región. Los recientes fenómenos meteorológicos y climáticos extremos se han asociado a grandes costes por daños materiales e infraestructuras y por interrupciones de la cadena de suministro, aunque los patrones de desarrollo han impulsado gran parte de estos aumentos. Se han detectado efectos adversos de los fenómenos meteorológicos extremos sobre el crecimiento económico, principalmente en los países en desarrollo. Los impactos climáticos generalizados han socavado los medios de subsistencia económicos, especialmente entre las poblaciones vulnerables. Los impactos climáticos y los riesgos previstos no se han internalizado suficientemente en las prácticas de planificación y presupuestación de los sectores público y privado, ni en la financiación de la adaptación.

### **Mensaje clave**

Los cambios de temperatura, precipitaciones y condiciones meteorológicas extremas han aumentado la frecuencia y propagación de enfermedades en la fauna salvaje, la agricultura y las personas. La temporada de incendios forestales se alarga y aumenta la superficie quemada. Aproximadamente la mitad de la población mundial sufre actualmente una grave escasez de agua en algún momento del año, en parte debido al cambio climático y a fenómenos extremos como inundaciones y sequías. Las condiciones de sequía son cada vez más frecuentes en muchas regiones, lo que afecta negativamente a la agricultura y a la producción de energía de las centrales hidroeléctricas.

Los habitantes de las ciudades se enfrentan hoy en día a mayores riesgos de estrés térmico, reducción de la calidad del aire debido a los incendios forestales, falta de agua, escasez de alimentos y otros impactos causados por el cambio climático y su efecto en las cadenas de suministro, las redes de transporte y otras infraestructuras críticas. En todo el mundo, el cambio climático está causando cada vez más

lesiones, enfermedades, desnutrición, amenazas a la salud física y mental y al bienestar, e incluso muertes. Está haciendo que las zonas cálidas sean aún más cálidas y está reduciendo drásticamente el tiempo que la gente puede pasar al aire libre, lo que significa que algunos trabajadores al aire libre no pueden trabajar las horas necesarias y, por tanto, ganarán menos.

Se prevé que los efectos del cambio climático se intensifiquen con el calentamiento adicional. También es un hecho constatado que interactúan con otros múltiples retos sociales y medioambientales.

### **¿Qué cambios se esperan en el futuro?**

Según el último informe de evaluación del IPCC (AR6), muchos cambios en el sistema climático son cada vez mayores en relación directa con el aumento del calentamiento global. A continuación se ofrece un resumen de los cambios previstos:

- En todos los escenarios de emisiones considerados, la temperatura global de la superficie seguirá aumentando al menos hasta mediados de siglo. A lo largo del siglo XXI se superará un calentamiento global de 1,5°C y 2°C, a menos que se reduzcan considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero en las próximas décadas. La última vez que la temperatura de la superficie del planeta superó en 2,5 °C o más el nivel de 1850-1900 fue hace más de 3 millones de años.
- Más concretamente, en comparación con 1850-1900, es muy probable que la temperatura global de la superficie aumente entre 1,0 °C y 1,8 °C de media durante los años 2081-2100 en un escenario con emisiones de gases de efecto invernadero muy bajas. Con emisiones medias de gases de efecto invernadero, la temperatura aumentará entre 2,1°C y 3,5°C. En el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero muy elevadas, el aumento será de unos 3,3°C a 5,7°C.
- Los cambios climáticos incluyen el aumento de la frecuencia e intensidad de olas de calor extremas, precipitaciones intensas y, en algunas regiones, sequías agrícolas y ecológicas. A escala mundial, se prevé que las precipitaciones diarias extremas aumenten un 7% por cada 1°C de calentamiento global.

- Se prevé un aumento de la proporción de ciclones tropicales intensos y una disminución del hielo marino, la capa de nieve y el permafrost del Ártico.
- Es casi seguro que el nivel medio global del mar seguirá subiendo en el siglo XXI. En comparación con 1995-2014, el aumento probable del nivel medio global del mar para 2100 es de 0,28-0,55 m en el escenario con emisiones de gases de efecto invernadero muy bajas; en el escenario con emisiones de gases de efecto invernadero medias, de 0,44-0,76 m, y con emisiones de gases de efecto invernadero muy altas, el aumento será de 0,63-1,01 m.
- En los próximos años, el nivel medio global del mar aumentará entre 2 y 3 m si el calentamiento global se limita a 1,5 °C. Aumentará entre 2 y 6 m si se limita a 2 °C y entre 19 y 22 m si aumenta a 5 °C.
- Muchos cambios debidos a las emisiones pasadas y futuras de gases de efecto invernadero son irreversibles a lo largo de siglos o milenios, especialmente los cambios en los océanos, las capas de hielo y el nivel global del mar. A largo plazo, debido al calentamiento continuado de las profundidades marinas y al deshielo de las capas de hielo, el nivel del mar subirá durante siglos o milenios y se mantendrá elevado durante miles de años.

### **Mensaje clave**

El cambio climático afectará a la calidad y disponibilidad del agua para la higiene, la producción de alimentos y los ecosistemas debido a inundaciones y sequías.

En el futuro se producirán simultáneamente múltiples amenazas climáticas con mayor frecuencia. Pueden reforzarse mutuamente y dar lugar a mayores impactos y riesgos para la naturaleza y las personas, más complejos y difíciles de gestionar.

Los efectos del cambio climático seguirán aumentando si se siguen retrasando las reducciones drásticas de las emisiones de gases de efecto invernadero. Pero la ciencia también es clara: si se toman medidas inmediatas, aún es posible evitar impactos drásticos



---

## Adaptación al cambio climático

Los riesgos e impactos del cambio climático pueden reducirse, dentro de unos límites, si los seres humanos y la naturaleza se adaptan a las condiciones cambiantes. La escala y el alcance de las acciones para reducir los riesgos climáticos (adaptación) han aumentado en todo el mundo. Las personas y los hogares, junto con las comunidades, las empresas, los grupos religiosos y los movimientos sociales, ya se están adaptando al cambio climático. Sin embargo, el último informe del IPCC (AR6) identifica grandes lagunas entre los esfuerzos en curso y la adaptación necesaria para hacer frente a los niveles actuales de calentamiento, con la escala del desafío variando en diferentes regiones. El informe también destaca que la eficacia de las opciones de adaptación disponibles disminuye con cada incremento del calentamiento. El éxito de la adaptación requiere una actuación urgente, más ambiciosa y acelerada y, al mismo tiempo, una reducción rápida y profunda de las emisiones de gases de efecto invernadero. Cuanto más rápido y más se reduzcan las emisiones, más margen tendrán las personas y la naturaleza para adaptarse. Desde un punto de vista científico, limitar el calentamiento global provocado por el hombre a un determinado nivel requiere limitar las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> y de otros gases de efecto invernadero. Como mínimo, ¡debe alcanzarse un valor cero neto de emisiones de gases de efecto invernadero!

Para las plantas y los animales, la adaptación significa ajustarse al cambio climático y a sus efectos dedicando más tiempo y energía a medidas de mantenimiento de la vida (como regular su temperatura corporal, elegir lugares más frescos o mantenerse hidratados) o, si es posible, trasladarse a regiones donde las condiciones ambientales se mantengan dentro del rango climático al que los organismos están acostumbrados. Para las personas y la sociedad, la adaptación al cambio climático significa ajustar nuestro comportamiento (por ejemplo, dónde elegimos vivir, la forma en que planificamos nuestras ciudades y asentamientos) y adaptar nuestra infraestructura (por ejemplo, la ecologización de las zonas urbanas para el almacenamiento de agua) para hacer frente al clima cambiante, hoy y en el futuro.

Adaptarse con éxito requiere un análisis de los riesgos causados por el cambio climático y la aplicación de medidas a tiempo para reducirlos. La

buena noticia es que la concienciación y la evaluación de los riesgos climáticos actuales y futuros han aumentado en todo el mundo. Los gobiernos nacionales y locales, así como las empresas y la sociedad civil, reconocen la creciente necesidad de adaptación.

### **Algunos ejemplos de formas de adoptar ante la crisis climática**

Nuestras economías y sociedades deben ser más resistentes a los efectos del cambio climático. Esto requerirá esfuerzos a gran escala, muchos de los cuales deben ser orquestados por los gobiernos. **Los Planes Nacionales de Adaptación**<sup>18</sup> son un mecanismo de gobernanza crucial para que los países planifiquen el futuro y prioricen estratégicamente las necesidades de adaptación. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y sus socios lanzaron en 2021 un movimiento global para restaurar los ecosistemas del mundo, “**Decenio de las Naciones Unidas para la Restauración de los Ecosistemas**”<sup>19</sup>. Este esfuerzo global de restauración no sólo absorberá carbono, sino que también aumentará los "servicios ecosistémicos" para defender al mundo de sus impactos más devastadores.

Es posible que haya que construir carreteras y puentes o adaptarlos para que soporten temperaturas más altas y tormentas más potentes. Es posible que algunas ciudades costeras tengan que establecer sistemas para evitar inundaciones en las calles y el transporte subterráneo. Las regiones montañosas pueden tener que encontrar formas de limitar los corrimientos de tierra y el desbordamiento de los glaciares que se derriten. Reverdecer las laderas de las montañas protege a las comunidades de los desprendimientos y avalanchas inducidos por el clima. Es posible que algunas comunidades tengan que trasladarse a otros lugares porque será demasiado difícil adaptarse. Esto ya está ocurriendo en algunos países insulares que se enfrentan a la subida del nivel del mar. Según estudios científicos, se prevé que en 2030, one-in-two people (una de cada dos personas) sufrirá una grave escasez de agua. Invertir en regadíos más eficientes será crucial, ya que la agricultura representa el 70% de todas las extracciones mundiales de agua dulce. En los centros urbanos, podrían ahorrarse entre 100.000 y

---

<sup>18</sup> <https://www.unep.org/explore-topics/climate-action/what-we-do/climate-adaptation/national-adaptation-plans>

<sup>19</sup> <https://www.decadeonrestoration.org/>

120.000 millones de metros cúbicos de agua de aquí a 2030 reduciendo las fugas..

En las ciudades, la restauración de los bosques urbanos refresca el aire y reduce los efectos de las olas de calor. Los particulares pueden tomar algunas medidas sencillas. Por ejemplo, puede plantar o conservar árboles alrededor de su casa para mantener la temperatura más fresca en el interior. En un día soleado normal, un solo árbol proporciona un efecto refrescante equivalente al de dos aparatos de aire acondicionado domésticos funcionando durante 24 horas. La limpieza de arbustos puede reducir el riesgo de incendios. El propietario de una empresa puede empezar a pensar y planificar en torno a posibles riesgos climáticos, como días calurosos que impidan a los trabajadores realizar tareas al aire libre.

Todo el mundo debería ser consciente de la posibilidad de que aumenten las catástrofes naturales en el lugar donde vive y de los recursos de que dispone en caso de que ocurran. Eso puede significar contratar un seguro con antelación o saber dónde obtener información sobre catástrofes y ayuda en caso de crisis.

Está demostrado que una de las formas más eficaces de adaptarse al cambio climático es invertir en **Servicios de Alerta Temprana (SAT)** para saber con antelación cuándo se avecina una tormenta, una ola de frío o calor, una inundación o un periodo seco. Desarrollando los SAT podemos evitar pérdidas humanas y económicas. Las investigaciones demuestran que sólo 24 horas de aviso de una ola de calor o una tormenta pueden reducir los daños en un 30%. Los sistemas de alerta temprana que proporcionan previsiones climáticas son una de las medidas de adaptación más rentables, ya que producen unos nueve dólares de beneficios totales por cada dólar invertido.

### **Mitigación del cambio climático**

Las medidas para reducir las emisiones de GEI y mejorar los sumideros se denominan "mitigación". Muchas de estas medidas se refieren a la eficiencia energética en la industria de la construcción, el uso de fuentes de energía renovables, la utilización sostenible de los bosques y un transporte más eficiente, etc. Para preservar un clima habitable, las emisiones de gases de efecto invernadero deben reducirse a la mitad de aquí a 2030 y a cero en 2050. Pero la transición a un mundo con bajas

emisiones de carbono también requiere la participación de los ciudadanos, especialmente en las economías avanzadas.

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en todo el sector energético exige grandes cambios, como una reducción sustancial del uso de combustibles fósiles, el despliegue de fuentes de energía de bajas emisiones, el cambio a vectores energéticos alternativos y la eficiencia y conservación energéticas. Los sistemas eléctricos alimentados principalmente por energías renovables son cada vez más viables<sup>20</sup>.

### Actividades individuales para mitigar el cambio climático

Alrededor de two-thirds (dos tercios) de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero están relacionadas con los hogares. La electricidad que utilizamos, los alimentos que comemos, la forma en que viajamos y las cosas que compramos contribuyen a la "huella de carbono" de una persona, la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las actividades de un individuo.

He aquí algunas sugerencias sobre lo que cada individuo puede hacer para contribuir a reducir las emisiones de GEI.

- Reduce tu huella de carbono por conducir. Utilice la bicicleta o el transporte público en lugar del coche siempre que sea posible. Conduce un vehículo bajo en carbono. Los coches eléctricos no emiten CO<sub>2</sub> si se cargan con electricidad limpia (if they're charged with clean electricity) (proceden de fuentes renovables).
- Reducir el número de vuelos de conexión.
- Utiliza menos energía reduciendo la calefacción y la refrigeración, cambiando a electrodomésticos de bajo consumo, lavando la ropa con agua fría o colgando las cosas para que se sequen en lugar de utilizar la secadora. Sustituye las bombillas antiguas por bombillas LED modernas que consumen menos energía, producen la misma cantidad de luz y duran mucho más.
- Asegúrate de regular correctamente la temperatura en los termostatos de un dispositivo de termorregulación. Cierre

---

<sup>20</sup> <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

inmediatamente la puerta del frigorífico. Mejore la eficiencia energética de su hogar, mediante un mejor aislamiento.

- Apaga las luces, televisores y ordenadores cuando no los necesite.
- Desenchufa todos los adaptadores y cargadores de las tomas de corriente.
- Consume alimentos ecológicos y producidos localmente. La producción y el transporte de alimentos generan elevadas emisiones de gases de efecto invernadero. El transporte de alimentos requiere combustibles derivados del petróleo, y muchos fertilizantes también se basan en combustibles fósiles.
- Reduce la carne de vacuno y los productos lácteos. Se necesitan muchos recursos para criar vacas, y es especialmente malo si compras carne de vacuno de algún lugar como Brasil, donde se pastorea en tierras que solían ser bosques tropicales pero que se talaron para uso agrícola. La deforestación es una de las principales causas de las emisiones de carbono y, por tanto, del cambio climático.
- Tira menos comida. Cuando tiras comida, también desperdicias los recursos y la energía que se utilizaron para cultivarla, producirla, envasarla y transportarla. Y cuando la comida se pudre en un vertedero, produce metano, un potente gas de efecto invernadero. Así que utiliza como mucho lo que compres y composta las sobras.
- Reutilizar y reciclar siempre que sea posible. Una parte considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero procede del "suministro de bienes", es decir, de la extracción de recursos, la fabricación, el transporte y la eliminación final de "bienes", que incluyen productos de consumo y envases, componentes de construcción y vehículos de pasajeros (pero excluyen los alimentos). Al comprar productos usados y revender o reciclar los artículos que ya no utiliza, reduce drásticamente su huella de carbono derivada del "suministro de bienes."
- Utiliza la menor cantidad de papel posible, porque así puedes salvar árboles.

- Utiliza agua del grifo en la medida de lo posible. Llévate el agua en botellas reciclables. Elige opciones que ahorren agua al comprar cabezales de ducha, grifos, inodoros, lavavajillas y lavadoras.
- Compra productos que no requieran un embalaje resistente.
- Planta árboles.
- Instala paneles solares en el tejado para generar energía para tu hogar.
- Apoya las fuentes de energía limpia. Siempre que puedas, aboga por alternativas limpias a los combustibles fósiles, como la energía eólica, la solar, la geotérmica y los proyectos de energía hidroeléctrica y de biomasa adecuadamente diseñados.

## Capítulo 2: Instrucciones para continuar el cómic

En este capítulo el profesorado encontrará instrucciones útiles para ayudar a sus alumnos y alumnas a crear sus propias tiras cómicas.

El alumnado decidirá la longitud de las tiras cómicas. Y, según los medios disponibles y sus preferencias, escogerá utilizar papel y lápiz o una aplicación que les permita crear un cómic digital.

### Cómic en papel

La manera clásica de crear un cómic es usando lápiz y papel. El profesor o la profesora dice a su alumnado algo como:

"El cómic no ha terminado. Vosotros y vosotras decidiréis cuál será el final de la historia. Tres colegas, junto con los demás niños y niñas, abandonan el Centro de Investigación y regresan a sus casas. Han experimentado mucho y conocen a fondo el problema del cambio climático. Han seguido a los Cuatro Elementos a seis entornos diferentes (hogares, escuelas, trabajo, ayuntamiento, la reunión de los Países del Medio Epiro y la Conferencia de los 20) y han descubierto algunos problemas importantes relacionados con estos entornos en relación con la crisis climática en Climatopia. Tienen la fuerte convicción de que la juventud tiene que actuar para cambiar el futuro de Climatopia. ¿Van a hacer algo al respecto? ¿Conseguirán prevenir futuras crisis? Viajemos en el tiempo y observemos estos seis entornos diferentes en dos momentos futuros: al cabo de 10 años y al cabo de 80 años. Imaginemos lo que ocurrirá en las dos casas, las dos escuelas, la granja, lo que discutirán dirigentes de los ayuntamientos y de los países en estos dos momentos futuros."

Entonces el profesor o profesora, pide al alumnado que continúe el cómic siguiendo 8 pasos.

#### Paso 1: Decidiendo el concepto del cómic

El profesor o profesora pide que imaginen el futuro de Climatopia. Pide a la clase que de respuestas:

a. Cuál sería el futuro de Climatopia: La población climatopiana tomará medidas para un futuro mejor o el planeta se dirige a un desastre climático total.

b. Cuál sería el papel de los tres amigos y de los otros niños y niñas: ¿Intentarán informar y activar a sus comunidades y al mundo para que tomen medidas drásticas y salven Climatopia o fracasarán y la vida en Climatopia se volverá inasequible?".

## **Paso 2: Formación de grupos**

El alumnado se divide en grupos. En función de su número, cada grupo se encargará de continuar la historia del cómic en uno o dos de los seis entornos. El profesor o profesora dice:

"Ahora que habéis decidido cuál será el futuro de Climatopia, tenéis que continuar el cómic. Cada grupo continuará una (o dos) de las historias. Tenéis que imaginar qué les pasaría a los climatopianos y climatopianas de los seis entornos diferentes en dos momentos futuros distintos (al cabo de 10 y al cabo de 80 años)".

## **Paso 3: Desarrollo de la trama.**

A partir de la idea general de cómo sería el futuro de Climatopia, cada grupo escribe el esquema de la trama. La trama debe dar respuesta a las siguientes preguntas: a. cuándo tiene lugar la trama (10 u 80 años después de que los alumnos y alumnas hayan vuelto a sus casas), b. dónde ocurre (por ejemplo, en la escuela, en el Ayuntamiento, etc.), c. quiénes intervienen, es decir, cuáles son los personajes de la historia y d. qué hacen y dicen los personajes. Los alumnos y alumnas pueden debatir y decidir sobre la trama y alguien asume la responsabilidad de escribir toda la trama o hacer pequeñas anotaciones sobre ella.

## **Paso 4: Escritura del guión**

Uno o dos miembros del grupo escriben el guión. Es decir, dividen la trama en una secuencia de escenas. Escriben una corta descripción de cada escena, incluidos los diálogos. Estos tienen que ser lo suficientemente cortos como para caber en los "bocadillos". El guión es la base para todo lo que sigue.



## Paso 5. Dibujando

El miembro del grupo que sea más eficiente dibujando realiza el cómic basándose en el guión.

- Para empezar se divide la página de papel en cuadros iguales. Si se utilizan páginas A4, podrían dividirse en seis u ocho cuadros iguales, aunque a veces pueden ser necesarios algunos cuadros más grandes para escenas más amplias. Las viñetas no deben tocarse entre sí, sino que debe haber un pequeño espacio entre ellas.
- A continuación, se dibujan las escenas en las viñetas utilizando un lápiz ("boceto"), siguiendo el guión y las instrucciones verbales de quien ha escrito el guión (por supuesto, quien dibuje podría ser también una de las personas que escriben). Los bocetos deben dibujarse de forma tenue para poder hacer correcciones fácilmente y borrar las líneas innecesarias cuando se complete el paso 6 ("entintado").
- Quienes se encargan de dibujar no tienen que preocuparse por sus habilidades de dibujo. Basta con dibujar figuras sencillas con un círculo para la cabeza y líneas para el cuerpo y las extremidades. Una idea es imitar los personajes del cómic. Se pueden calcar del cómic. Si quieren añadir más personajes, pueden probar los sencillos pasos que se indican a continuación sobre cómo dibujar personajes de cómic:
  - Empezar con un círculo sencillo.
  - Dibuja dos círculos para los ojos, una boca y un pequeño punto curvo para la nariz.
  - Esboza un peinado.
  - Dibuja un rectángulo de aspecto triangular para el cuerpo.
  - Esboza las piernas y los zapatitos.
  - Añade los brazos y las manos del personaje.

## Paso 6: Entintado

Una vez plasmadas las escenas en las viñetas, ya se ha completado la parte básica del cómic. Otra persona del grupo se encarga de tomar los dibujos a lápiz y utilizarlos como guía para producir el trazo final del cómic en tinta. No se limita a "calcar". Tiene que decidir qué líneas son

necesarias para la imagen final. Una vez seca la tinta, puede eliminar las líneas innecesarias con una goma de borrar suave.

### **Paso 7: Colorea**

La línea final del cómic se entrega al miembro del grupo encargado de colorear, que utiliza lápices de colores o rotuladores para colorear las imágenes en blanco y negro. Este paso puede omitirse si el grupo decide hacer un cómic en blanco y negro.

### **Paso 8: Rotulación**

Por último, otro miembro del grupo inserta bocadillos/cajas de diálogo en los paneles del cómic y coloca todo el texto. Los diálogos se encierran en bocadillos, mientras que los textos con información se encierran en recuadros de distinto tamaño.

- Desde la fase de trazado hay que tener en cuenta que haya espacio suficiente para colocar los globos/cajas de forma que no compitan con la composición ni tapen el dibujo.
- Primero se escribe el texto y luego se encierra en un globo/caja.
- Al igual que al dibujar, al rotular se utiliza primero lápiz y luego tinta.

## **Cómic digital**

Existen aplicaciones gratuitas que pueden ser utilizadas fácilmente por el alumnado para continuar el cómic desarrollando un cómic digital. Las aplicaciones de cómic proporcionan galerías de objetos como personajes, fondos, globos, etc. que se pueden insertar en las viñetas y crear las tiras deseadas. En este caso se pedirá a los alumnos y alumnas que sigan los 4 primeros pasos y cuando los guiones estén escritos estarán listos para utilizar la aplicación para desarrollar su cómic digital. Todas las aplicaciones ofrecen descripciones detalladas que ayudan a utilizarlas incluso a los usuarios más jóvenes.

# Chapter 3: Open Educational Resources for comics creation

## Introduction

El uso de recursos educativos abiertos para la creación de cómics tiene numerosos beneficios. Cada vez son más los docentes que utilizan la creación de cómics en sus clases para fomentar una manera de aprendizaje más dinámica y divertida.

En este capítulo propocionamos una serie de herramientas educativas gratuitas para la creación de cómics en clase:

- Make Beliefs Comix
- Pixton
- Smilebox
- Creately
- Canva

## Beneficios del comic en clase

Como ya hemos adelantado, la creación de cómic desarrolla habilidades y competencias que pueden ser muy beneficiosas en el aula. Algunos de los beneficios que encontramos son los siguientes:

- Aprendizaje más dinámico y divertido.
- Reflexión sobre posibles situaciones de la vida real.
- Aprendizaje de lecciones sobre distintas temáticas (medioambiente, cambio climático, bullying...).
- Trabajo de las habilidades sociales y la conversación.
- Adquisición de nuevo vocabulario.
- Trabajo de la escritura y todo lo relacionado con la misma: gramática, ortografía, léxico...

- Fomento de la creatividad y la imaginación, ya que podemos ilustrar otras épocas, lugares, e incluso crear nuestros avatares y el de nuestras amistades.
- Posible práctica de una lengua extranjera.
- Uso de este tipo de herramientas creativas para el desarrollo de historias, cuentos o experiencias personales.

Estos son solo algunos de los beneficios de utilizar el cómic como herramienta educativa.

## Beliefs Comix

[Make Beliefs Comix](#) es una aplicación web para la creación de cómics e historias. Funciona de manera muy sencilla siguiendo una secuencia narrativa formada por viñetas. Estas viñetas ofrecen imágenes y textos.

Ofrece también otros recursos como pueden ser: ideas para actividades para estudiantes con necesidades educativas especiales; recursos imprimibles; o libros electrónicos gratuitos en inglés.

Esta aplicación web tiene diferentes características que hacen que sea muy fácil de usar:

- Es de acceso gratuito.
- No se necesita crear una cuenta para registrarse.
- Dispone de varios idiomas, es multilingüístico.
- Tiene la opción de imprimir los cómics que se creen o de enviarlos por correo.

Por otro lado, tiene una serie de pequeños inconvenientes con fácil solución que pueden limitar su uso:

- Requiere de conexión a internet.
- Tiene opciones limitadas para crear cómics, relacionadas con personajes, ambientes, paisajes, objetos o colores.

- Necesita tener instalados los programas de ordenador como Paint o Photoshop.
- No permite guardar los cómics en la nube si no te registras con usuario.

## Pixton

Pixton es una herramienta de la web 2.0 que se utiliza para crear cómics a través del desarrollo de la capacidad lingüística, la comprensión lectora y la creatividad.

Consiste en una herramienta que funciona en todos los navegadores y plataformas, como MAC, Windows, Linux, iOS y Android.

Cuenta con diferentes niveles de registro, donde el más básico, llamado “Pixton para divertirse”, es gratuito y de uso individual. También existe “Pixton para aulas”, destinado a centros educativos y que es de pago. O “pixton para negocios”, destinado a empresas y también de pago.

Pixton se compone de algunas características que debes saber antes de empezar a utilizarlo:

- Ofrece plantillas, formas y ajustes preestablecidos si no quieres empezar desde cero.
- Permite subir tus propias fotos para poder personalizarlas como quieras.
- Permite editar la forma y posición de cada panel del cómic.
- Permite crear burbujas de texto y voz a los personajes.
- Permite a los usuarios crear sus propios cómics, así como compartirlos con los demás.
- Es gratuito para las cuentas individuales, y esta versión contiene muchas opciones.
- Ofrece una gama ilimitada de expresiones.

Antes de empezar, recuerda que debes iniciar sesión o registrarte con una cuenta de correo electrónico y una contraseña. Una vez dentro, debes seleccionar el formato de cómic que quieres crear entre los siguientes:

cómic rápido, el clásico, chistes dominical, gran formato, avatar pixtor, 4-kroma, súper largo, estilo libre.

## Smilebox

Smilebox es un comic strip maker para crear cómics de manera gratuita, fácil y en pocos minutos. Cuenta con plantillas predeterminadas que puedes editar y cambiar a tu gusto.

Puedes escoger plantillas para cartas, invitaciones, slideshows, collages, flyers, announcements y otras.

Es necesario crearse una cuenta para registrarse, con un correo electrónico y contraseña es suficiente.

Sigue cuatro sencillos pasos para crear cómics con Smilebox:

1. Elige un comic strip template gratuito y clicas en “personalizar”.
2. Sube tus fotos. Puedes añadir las fotos a tu template clicando únicamente en “add more photos” para acceder a las imágenes guardadas en tu dispositivo o cuentas de redes sociales.
3. Personaliza tu cómic. Cambia y edita el template a tu gusto para añadir el texto que quieras, personajes e imágenes.
4. Compártelo. Puedes hacer una vista previa y guardar el cómic en tu dispositivo. Compártelo o envíalo a través de email o redes sociales.

## Creately

Creately es un comic strip maker para crear cómics de manera gratuita, fácil y en pocos minutos. Cuenta con plantillas predeterminadas que puedes editar y cambiar a tu gusto. No se necesita registro para probar la versión de prueba y utilizar alguna de sus plantillas.

Si te registras, cuentas con diferentes planes en los que tienes diferentes opciones:

- Free: con una cuenta de correo y el plan gratis tienes opción de crear 3 canvases con 60 elementos máximo, una carpeta, limited storage, y raster image only exports.

- Starter: 5\$ al mes, recomendado para individuales o equipos pequeños. Tienes canvases ilimitados, así como elementos ilimitados, 20 carpetas, 5gb de almacenaje, todos los formatos para exportar, colaboración básica con gente y apoyo por email.
- A partir de 90\$ cuentas con otro tipo de beneficios relacionados con más almacenaje, más equipo, más cuenta, y más formatos para exportar.

Para crear un Comic Strip con Creately necesitas seguir los siguientes pasos:

1. Selecciona una plantilla que te sirva basada en el concepto o escenario que quieres seguir.
2. Importa imágenes desde cualquier fuente, tu dispositivo o navegadores.
3. Añade texto en las burbujas de habla.
4. Personaliza con colores y estilos disponibles para hacer más creativo tu cómic.
5. Exporta en formato JPEG, PNG, PDF y SVG o embebe un enlace compartiendo automáticamente con cualquiera o descárgalo en alta resolución para imprimir.

## Canva

[Canva](#) es una aplicación web de diseño gráfico sencillo que cuenta con múltiples opciones de creación de recursos y elementos. Tiene diferentes planes, pero cuenta con un plan gratuito muy completo.

Ofrece una opción para dar vida a las historias a través de una novela gráfica. Puedes encontrar cientos de plantillas con paneles ya prediseñados para que puedas editar y añadir tus diálogos. También tienes la opción de crear tu cómic desde cero con un diseño en blanco.

La aplicación ofrece cinco sencillos pasos para crear un cómic en Canva:

1. Abre la aplicación web y regístrate. Después, busca “comic”.
2. Busca una plantilla.
3. Experimenta las funciones que Canva ofrece para editar las historietas.

4. Personaliza tu historieta. Utiliza tu propio esquema de colores, estilo de fuentes, mezcla stickers, íconos e ilustraciones. Organiza los globos de diálogos y los marcos que mejor te parezca, o sube tus propias imágenes.

Publícalo y comparte. Puedes descargarlo, compartirlo en redes sociales o por email.



## Literature

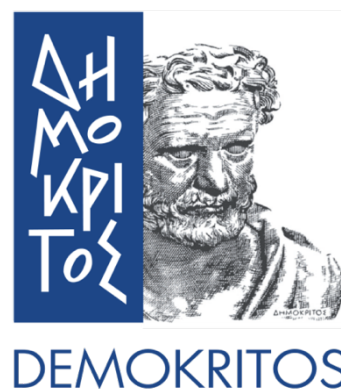
- Bandura, A. (1978) Reflections on self-efficacy. *Advances in behaviour research and therapy*, 1(4), S. 237-269.
- Glasser, W. (1999) *Choice theory: A new psychology of personal freedom*. HarperPerennial
- Maslow, A. H. (1943) A Theory of Human Motivation. In: *Psychological Review*. Vol. 50 #4, S. 370–396
- Maslow, A. H. (1954): *Motivation and Personality*. new york harper & row publishers
- Rosenberg, M. B. (2002). *Nonviolent communication: A language of compassion*. Encinitas, CA: Puddledancer press
- Rosenberg, M. B. (2004). *The heart of social change: How to make a difference in your world*. PuddleDancer Press.
- Winnicott, D. W. (1960) Ego distortion in terms of true and false self. *The Maturation Process and the Facilitating Environment: Studies in the Theory of Emotional Development*. New York: International Universities Press, Inc: 140–57.
- Winnicott, D.W. (1960) Ego Distortion in Terms of True and False Self. In: Winnicott, D.W., Ed., *The Maturation Processes and the Facilitating Environment: Studies in the Theory of*



# CLIMATOPIA



UNIVERSITY  
OF LATVIA



Co-funded by  
the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein