



# CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO **2020**

Presente y Futuro



Earthrise, tomada a bordo del Apolo 8 por Bill Anders en 1968 (NASA)

## **Lo que encontrarás en este documento:**

- Una recopilación de información científica de referencia para dar una visión general del fenómeno del cambio climático y sus implicaciones.
- Evidencias sobre los cambios que se están produciendo en la actualidad y los que se prevén en el futuro (proyecciones).

Se han considerado los principales informes de organismos autoridad en la materia, destacando los elaborados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés).



# Índice

|   |          |  |           |  |           |
|---|----------|--|-----------|--|-----------|
| <b>I. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>   | <b>2</b> | <b>2. CONCEPTOS BÁSICOS.....</b>   | <b>12</b> | <b>4. QUÉ NOS ESPERA<br/>A FUTURO .....</b>  | <b>30</b> |
| 1. La influencia humana en el sistema climático es clara .....  | 2        | 2.1 ¿Qué es el cambio climático?.....  | 12        | 4.1 Escenarios de emisiones .....  | 30        |
| 2. El cambio climático es una realidad .....  | 4        | 2.2 Gases de efecto invernadero.....   | 13        | 4.2 Proyecciones climáticas .....  | 32        |
| 3. El cambio climático y particularmente, los eventos extremos, afectan en gran medida el bienestar humano y a todos los sectores de actividad..... | 5        | <b>3. EVIDENCIAS DEL CAMBIO<br/>CLIMÁTICO .....</b>  | <b>15</b> | 4.3 Proyección sobre impactos potenciales y riesgos asociados.....                         | 38        |
| 4. Existe un cierto cambio en el clima que es inevitable, y que requerirá una acción de adaptación.....   | 6        | 3.1 Estamos afectando la composición de la atmósfera a través de nuestras emisiones.....                 | 16        | <b>5. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>41</b> |
| 5. La acción de mitigación es clave: cada décima de aumento de temperatura evitada es importante.....   | 7        | 3.2 El planeta se está calentando .....  | 18        | <b>6. PRINCIPALES REFERENCIAS.....</b>   | <b>44</b> |
| 6. La acción climática tendrá un profundo impacto en el clima global .....  | 8        | 3.3 El calentamiento observado en superficie se relaciona con otros cambios en el sistema terrestre..... | 20        | <b>IBERDROLA Y SU COMPROMISO<br/>CON UNA ACCIÓN CLIMÁTICA<br/>AMBICIOSA Y URGENTE.....</b> | <b>45</b> |
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>9</b> | 3.4 Las consecuencias de estos cambios son evidentes .....   | 27        |  |           |

# RESUMEN EJECUTIVO

## 1. La influencia humana en el sistema climático es clara

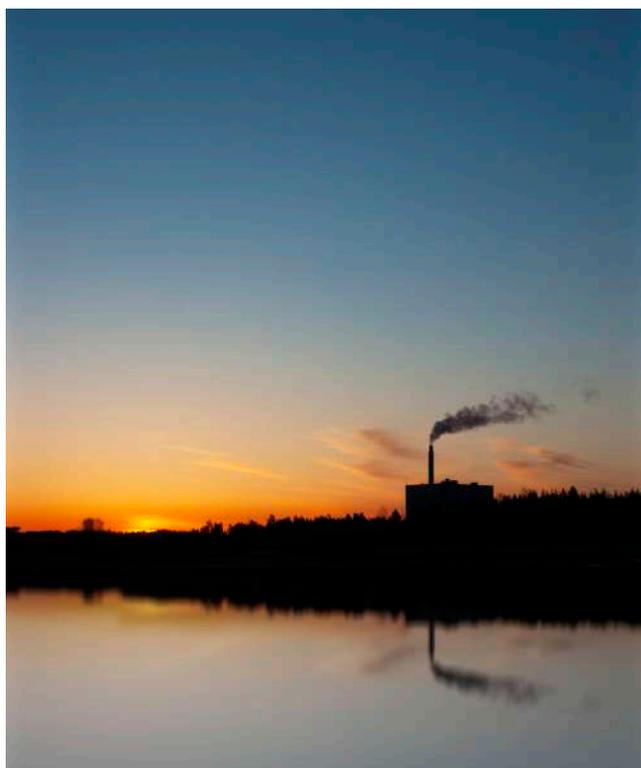
La emisión antropogénica de gases de efecto invernadero (GEI) que se acumulan en la atmósfera y retienen el calor, está incrementando lo que se conoce como “efecto invernadero” y contribuyendo a un aumento de las temperaturas del planeta con un efecto que puede durar muchos milenios antes de que los procesos naturales los eliminen de la atmósfera.

- La **concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>**, el GEI que contribuye en más de dos tercios al calentamiento global, **alcanzó su máximo medio anual de 409,8 ppm en 2019**, por encima de los niveles observados en al menos, los últimos 800.000 años y muy por encima de los niveles de concentración con los que ha convivido el hombre\*. El Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, AR5) concluyó con un alto nivel de confianza que la influencia humana a través de la emisión de GEI ha sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX. De hecho, desde finales de la década de 1950 el CO<sub>2</sub> aumentó casi 100 ppm, casi 5 veces más rápido que en la primera mitad del registro de observación (~20 ppm)\*\*.
- El IPCC ha estimado que los objetivos del Acuerdo de París implican no superar **una concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> equivalente de 450 ppm (para limitar el aumento de la temperatura a 2°C) o 430 ppm (para 1,5°C) a final de siglo.**

\* Blunden, J. and D. S. Arndt, Eds., 2020: State of the Climate in 2019. Special Online Supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society

\*\* NOAA, R. Lindsey, [12 febrero 2020]

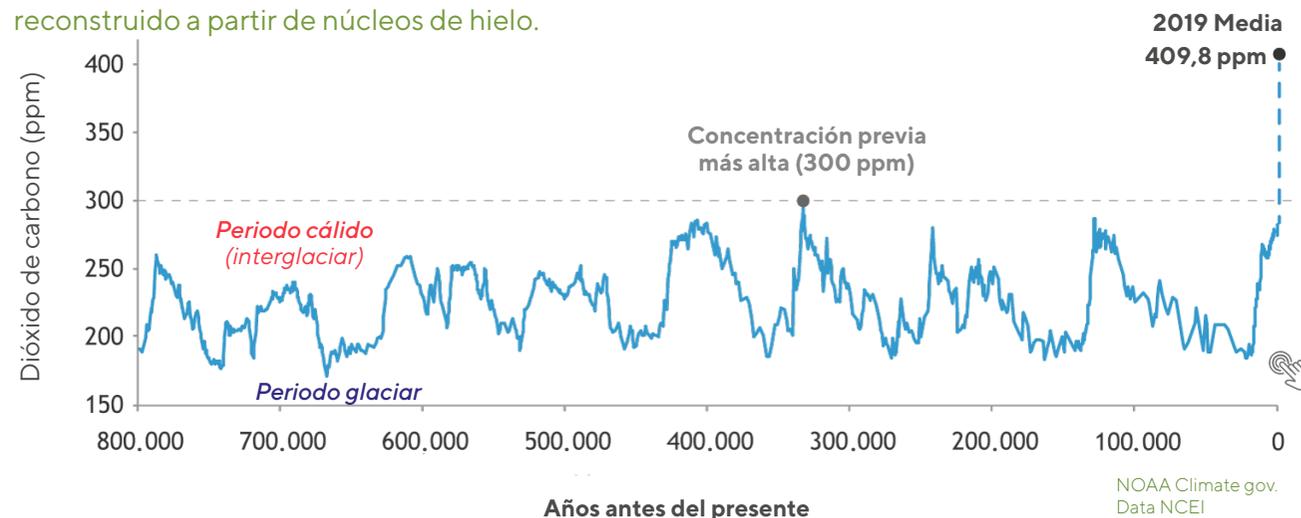
- **El aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> es debido, principalmente,** a las emisiones procedentes de la quema de combustibles fósiles, que dominan las emisiones totales de gases de efecto invernadero expresadas en CO<sub>2</sub> equivalente (~**55,3 GtCO<sub>2</sub>e en 2018**) (UNEP, 2019). Entre 2009-2018, las emisiones de CO<sub>2</sub> fósil fueron en promedio unas 34,7 ± 1,8 GtCO<sub>2</sub> anuales, creciendo a una tasa promedio anual de 0,9% hasta alcanzar un récord de **36,6 GtCO<sub>2</sub> en 2018** (OMM, 2020).



**Figura 1:** Indicadores de evolución de las emisiones y concentración de gases de efecto invernadero

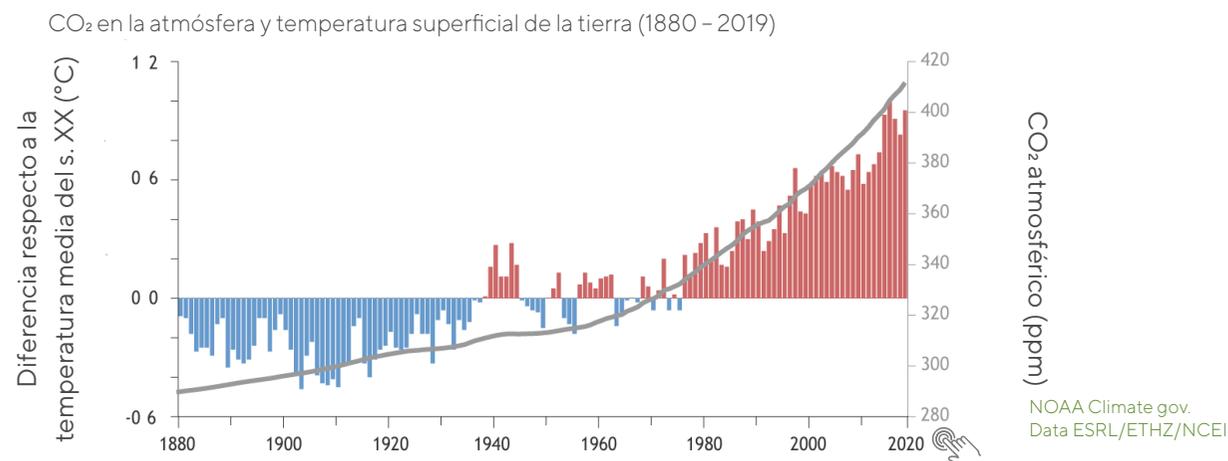
### Evolución concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> (NOAA, R. Lindsey, Agosto 2020)

CO<sub>2</sub> durante periodos glaciares y cálidos de los últimos 800.000 años. Su concentración se ha reconstruido a partir de núcleos de hielo.



### Evolución concentración de CO<sub>2</sub> y temperatura (NOAA, R.Lindsey, Febrero 2020)

El aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> (línea) coincide con el aumento de las temperaturas (barras)



## 2. El cambio climático es una realidad

Los datos científicos constatan que sus efectos se están produciendo a una velocidad sin precedentes y con consecuencias evidentes:

- **Las temperaturas globales han venido aumentando de manera sistemática desde 1880**, alcanzándose 19 de los 20 años más calurosos desde que existe registro a partir del año 2001. **2019 fue el segundo año más cálido del que se tienen registros**, con una temperatura media mundial en superficie que superó en  $\sim 1,1^{\circ}\text{C}$  a la de la era preindustrial (1850-1900), con un mayor aumento en la superficie terrestre que sobre el océano. Desde la década de 1980, cada década sucesiva ha sido más cálida que cualquiera anterior, con un calentamiento continuo en el intervalo de  $0,1^{\circ}\text{C}$  a  $0,3^{\circ}\text{C}$  por década (OMM, 2020).
- **Las consecuencias de este calentamiento global se están constatando en otras variables:**
  - El océano está batiendo records de calentamiento, **habiéndose duplicado la frecuencia de olas de calor marinas desde 1982** (IPCC, 2019b), las cuales ocurrieron en el  $\sim 84\%$  de las aguas oceánicas en 2019 (OMM, 2020).

- El **calentamiento del océano** está contribuyendo a la **reducción observada del inventario de oxígeno oceánico de entre el 1-2 %** desde 1950 y su contribución a la absorción de un 23 % de las emisiones anuales de  $\text{CO}_2$  **está aumentando su acidez** en torno al 26 % desde finales de la década de 1980 (OMM, 2020).
- **Se está acelerando el deshielo de las masas continentales, del hielo marino y los glaciares.** Según el IPCC (2019b) la pérdida de masa de la capa de hielo antártica durante el período 2007-2016 se triplicó en la Antártida y duplicó en Groenlandia con respecto a 1997-2006.
- En **2019, el nivel medio del mar alcanzó su valor más alto** desde que se dispone de registros de alta precisión satelital (enero de 1993) con una tasa de aumento estimada en  $3,24 \pm 0,3$  mm/año.
- Existe **también una relación entre el calentamiento global y los eventos climáticos extremos (olas de calor, ciclones, etc.)**. Y es que, a pesar de la complejidad de su estudio, ya que son por definición raros/excepcionales, existe un consenso general de que los cambios en su frecuencia o intensidad están aumentando en muchas regiones como resultado del cambio climático global.

<sup>1</sup> 3 mm puede no parecer mucho, pero equivale a casi 42 billones de metros cúbicos de agua ([NASA/JPL-Caltech, 2020, Rising Tides: Understanding Sea Level Rise](#))

*19 de los 20 años más calurosos desde que hay registros se han producido a partir del año 2001*



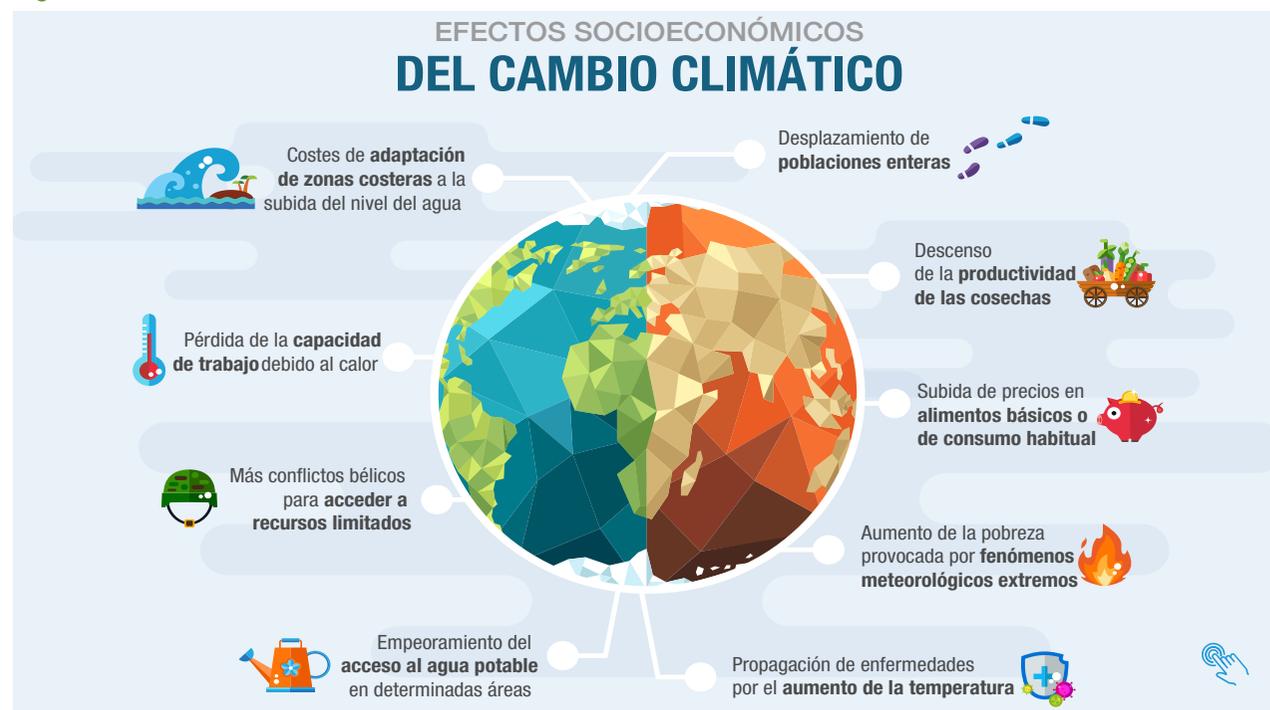
### 3. El cambio climático y particularmente, los eventos extremos, afectan en gran medida el bienestar humano y a todos los sectores de actividad

Influye de forma directa e indirecta, a través de sus impactos en los sistemas naturales y socio-económicos:

- Está **entre los tres mayores impulsores directos de pérdida de biodiversidad**, y con ello, pone en peligro los numerosos bienes y servicios que ésta nos proporciona. Así ha afectado negativamente al 47 % de los mamíferos terrestres en peligro de extinción, excluidos murciélagos, y al 23 % de las aves en peligro de extinción en al menos parte de su distribución (IPBES, 2019).
- Ha sido **definido como el mayor desafío de salud del siglo XXI** por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2018, al amenazar todos los aspectos de la sociedad en la que vivimos, y según una estimación conservadora causará, aproximadamente, 250.000 muertes adicionales por año entre 2030 y 2050.
- Tiene implicaciones **importantes para la calidad de los recursos naturales fundamentales en el suministro alimentario**, ya que los cultivos y el ganado tienen límites fisiológicos que incluyen los relacionados con la temperatura. Según la OMM (2020), la variabilidad climática y los fenómenos

meteorológicos extremos se encuentran entre los principales impulsores del reciente aumento del hambre en el mundo. En promedio, se prevé que los rendimientos medios mundiales de arroz, maíz y trigo disminuyan entre 3% y 10% por grado de calentamiento por encima de los niveles históricos<sup>2</sup>.

**Figura 2:** Efectos socioeconómicos del cambio climático



2. European Commission, 2020, Factsheet, The business case for biodiversity. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs\\_20\\_907](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_20_907)

\*\* Munich Re, NatCatSERVICE (2020). Relevant natural loss events worldwide 1980 – 2018. Ciencia del Cambio Climático 2020 / IBERDROLA

## 4. Existe un cierto cambio en el clima que es inevitable, y que requerirá una acción de adaptación

- El **clima futuro dependerá** del calentamiento asegurado a raíz de emisiones antropogénicas pasadas, así como de emisiones futuras y de la variabilidad climática natural. Para estimar los posibles rasgos futuros del clima, el IPCC ha definido una serie de **escenarios de evolución de emisiones** (RCP por siglas en inglés), utilizados para hacer proyecciones que simulan la evolución del clima durante el siglo XXI.
- Estas proyecciones muestran como, **a corto plazo, los efectos físicos del cambio climático son similares para todos los escenarios**, debido al efecto de las emisiones acumuladas, la inercia del sistema climático y los niveles de emisión actuales, siendo previsible que se alcance el límite del Acuerdo de París de 1,5°C en torno a 2040, si se mantienen las tasas de calentamiento actuales.
- **La gran variación en los resultados físicos surge a partir de 2050**, dependiendo de las acciones de las próximas décadas, de forma que, si se alcanza la **neutralidad climática global** en 2050, el incremento de la temperatura global podría mantenerse en los 1,5°C en 2100.
- No obstante, **la estabilización de la temperatura media global en superficie no implica la estabilización de todos los aspectos del sistema climático**, y algunos aspectos, como la subida del nivel del mar continuarán durante siglos ya que responden más lentamente a cambios en la temperatura global.

*Es previsible que se alcance el límite del Acuerdo de París de 1,5°C en torno a 2040, si se mantienen las tasas de calentamiento actuales.*



## 5. La acción de mitigación es clave: cada décima de aumento de temperatura evitada es importante

- **Los impactos se incrementan rápidamente**, incluso exponencialmente, en función de los escenarios de emisiones que condicionan la evolución de la temperatura. A mayor perturbación del clima, aumenta el riesgo de sufrir impactos severos, generalizados e irreversibles en los sistemas ecológicos y humanos.
- El IPCC (SR15, 2018) alerta de los riesgos que supone el incremento de 1,5°C a fin de siglo, incluso frente a un escenario de 2°C. **Limitar el incremento de la temperatura a 1,5°C en 2100 todavía es posible** y permitiría reducir sustancialmente la magnitud de muchos impactos.

*Para ello es necesario reducir las emisiones en un 45 % a 2030 respecto a 2010 y alcanzar emisiones netas nulas a 2050.*



Figura 3: Comparativa de algunos impactos esperados en 2100 para varios escenarios (CRO Forum/IPCC, 2019)

### Calentamiento a 2100

#### Impactos físicos

|   | <2 °C     |           | 3 °C         | 5 °C          |
|---|-----------|-----------|--------------|---------------|
|   | 1,5 °C    | 2 °C      |              |               |
| Subida del nivel del mar (cm)   | 0,3-0,6 m | 0,4-0,8 m | 0,4-0,9 m    | 0,5-1,7 m     |
| Activos costeros a proteger (\$tn)  | \$10,2 tn | \$11,7 tn | \$14,6 tn    | \$27,5tn      |
| Probabilidad de Ártico libre de hielo en verano   | 1 in 30   | 1 in 6    | 4 in 6 (63%) | 6 in 6 (100%) |
| Ciclones tropicales: Menos (#cat 1-5)<br>Más intensos (#cat 4-5)<br>Más húmedos (precipitación total) | -1%       | -6%       | -16%         | Unknown       |
|   | +24%      | +16%      | +28%         | +55%          |
|   | +6%       | +12%      | +18%         | +35%          |
| Frecuencia de precipitación extrema   | +17%      | +36%      | +70%         | +150%         |
| Incremento de extensión de incendios  | x1,4      | x1,6      | x2,0         | x2,6          |
| Personas expuestas a olas de calor extremas   | x22       | x27       | x80          | x300          |
| Superficie terrestre habitable para malaria   | +12%      | +18%      | +29%         | +46%          |

© 2019 CRO Forum, The heat is on, insurability and resilience in a changing climate

## 6. La acción climática tendrá un profundo impacto en el clima global

- Los esfuerzos mundiales para reducir las emisiones en las próximas décadas tendrán un profundo impacto en el clima global en la segunda mitad de este siglo. Estos **esfuerzos de mitigación deberán ir acompañados de actuaciones de adaptación** a las condiciones cambiantes para abordar el desafío.

*Los esfuerzos mundiales de mitigación de emisiones deberán ir acompañados de actuaciones de adaptación*



# 40<sup>th</sup> Session of the IPCC

27-31 October 2014

Copenhagen, Denmark

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON  
climate change



COPENHAGEN  
DENMARK 2014

1

## INTRODUCCIÓN

Introducción | 9



Ceremonia de apertura del cuadragésimo período de sesiones del IPCC, Dinamarca, 2014  
fuente: @IPCC

El presente documento **recopila información científica de referencia** para dar una visión general del fenómeno del cambio climático. A través del análisis de la evolución de una serie de indicadores, se proporcionan evidencias sobre los cambios que se están produciendo en la actualidad y los que se prevén en el futuro (proyecciones). El objetivo es reforzar la comprensión de este problema global y sus implicaciones y, al mismo tiempo, facilitar datos e información actualizada que puedan resultar útiles para abordar sus principales riesgos.

Teniendo en cuenta la constante evolución de la ciencia y la aparición de nuevos datos de proyección sobre las variables climáticas, se trata de un **documento vivo** que se actualizará periódicamente, en función de la información disponible. Para su elaboración se han tomado como referencias los principales **informes de organismos internacionales que son autoridad y referente actual en la materia**, tal y como se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 1. Principales fuentes de información sobre ciencia del clima

| Organismo  | Descripción   |                          |  |                |           |                           |                             |                          |           |                |  |               |  |
|--|---|--------------------------|--|----------------|-----------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------|----------------|--|---------------|--|
|  <p><b>Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático</b><br/>(IPCC por sus siglas en inglés)</p> | <p>Principal órgano internacional para la evaluación del estado actual del conocimiento sobre el cambio climático. Creado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1988. Evalúa la literatura revisada por pares cada cinco o seis años, y publica sus hallazgos sobre clima pasado, presente y futuro en Informes de Evaluación, los cuales están a su vez sujetos a un intenso proceso de revisión que involucra a cientos de expertos científicos y revisores gubernamentales a nivel mundial. Actualmente 195 países son miembros del IPCC y sus gobiernos participan en el proceso de revisión y en las sesiones plenarias, donde se adoptan y aprueban los informes. Es uno de los documentos más analizados en la historia de la ciencia. El quinto informe de evaluación del IPCC (AR5) fue publicado entre 2013-2014, y ahora se encuentra en la elaboración del sexto que se publicará entre 2021-2022. Además, el IPCC publica informes especiales centrados en una temática concreta, destacando los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe especial sobre cómo gestionar los riesgos de eventos extremos y desastres para avanzar en la adaptación al cambio climático (SREX, 2012)</li> <li>• Informe especial sobre los impactos del calentamiento global de 1.5 °C por encima de los niveles preindustriales (SR15, 2018)</li> <li>• Informe especial sobre cambio climático y tierra (SRCCL, 2019)</li> <li>• Informe especial sobre el océano y la criosfera en un clima cambiante (SROCC, 2019)</li> </ul> |                          |  |                |           |                           |                             |                          |           |                |  |               |  |
|  <p><b>Organización Meteorológica Mundial (OMM)</b></p>  | <p>Monitoriza el clima de la Tierra a escala mundial y coordina la investigación en la materia, a través del programa <i>Global Climate Observing System (GCOS)</i>. Cada año, publica en marzo una <b>Declaración sobre el estado del clima global</b>, basándose en datos proporcionados por los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales y otras organizaciones, que se presenta a la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Esta declaración se basa en el seguimiento de una serie de indicadores climáticos globales, basados en 7 parámetros principales que se complementan con un conjunto de indicadores subsidiarios.</p> <table border="1" data-bbox="1610 954 2141 1281"> <tr> <td>Temperatura y energía</td> <td>Composición atmosférica</td> <td>Océanos y agua</td> <td>Criosfera</td> </tr> <tr> <td>Temperatura en superficie</td> <td>CO<sub>2</sub> atmosférico</td> <td>Acidificación del océano</td> <td>Glaciares</td> </tr> <tr> <td>Calor oceánico</td> <td></td> <td>Nivel del mar</td> <td>Extensión del hielo marino en el Ártico y la Antártida</td> </tr> </table>   | Temperatura y energía    | Composición atmosférica                                | Océanos y agua | Criosfera | Temperatura en superficie | CO <sub>2</sub> atmosférico | Acidificación del océano | Glaciares | Calor oceánico |  | Nivel del mar | Extensión del hielo marino en el Ártico y la Antártida |
| Temperatura y energía  | Composición atmosférica   | Océanos y agua           | Criosfera  |                |           |                           |                             |                          |           |                |  |               |  |
| Temperatura en superficie  | CO <sub>2</sub> atmosférico   | Acidificación del océano | Glaciares  |                |           |                           |                             |                          |           |                |  |               |  |
| Calor oceánico   |   | Nivel del mar            | Extensión del hielo marino en el Ártico y la Antártida |                |           |                           |                             |                          |           |                |  |               |  |

Tabla 1. Principales fuentes de información sobre ciencia del clima

**Organismo** **Descripción**

**Europa**



La Comisión Europea monitoriza el clima a escala mundial y europea a través del [Servicio de cambio climático de “Copernicus” \(C3S\)](#), que pone a disposición de la sociedad información fidedigna sobre la situación climática. Publica boletines mensuales y anuales sobre el estado del clima europeo en base a observaciones in situ y satelitales, y modelos climáticos. Para ello se nutre de los datos proporcionados por los Servicios Meteorológicos Nacionales como el Met Office de Reino Unido y la Agencia Española de Meteorología (AEMET).

Tipo de datos climáticos

- Satélites**  
Proporcionan información sobre la superficie de la tierra y su atmósfera desde la órbita espacial.
- In situ**  
Mediciones desde un instrumento localizado en un punto de interés, como una estación terrestre u oceánica o en un avión.
- Reanálisis**  
Usa una combinación de observaciones y modelos informáticos para recrear condiciones climáticas históricas.
- Estimaciones basadas en modelos**  
Mediante el uso de las leyes de la física y la estadística se construyen modelos a gran escala de indicadores ambientales.

**Estados Unidos**



El Programa de Investigación sobre el Cambio Global de los Estados Unidos ([USGCRP](#), por sus siglas en inglés) coordina e integra la investigación de 13 agencias federales sobre los cambios en el clima y el medio ambiente global y sus implicaciones para la sociedad. Elaboran periódicamente la **Evaluación Nacional del Clima** (NCA por sus siglas en inglés), cuya última versión es de 2018 (similar a informes del IPCC). En materia de ciencia del clima destacan la Agencia Espacial de la NASA y el Organismo Nacional para el Estudio de los Océanos y la Atmósfera (NOAA), que elabora periódicamente boletines mensuales y anuales sobre el estado del clima global y en EE.UU.



“Las muestras que los científicos recolectan del hielo, llamadas núcleos de hielo, tienen un registro de cómo era nuestro planeta hace cientos de miles de años. Los más antiguos, de la Antártida Oriental, proporcionan un registro de 800.000 años del clima de la Tierra. Los registros del núcleo de hielo son una parte esencial para validar los modelos climáticos que predicen el clima futuro de la Tierra.” \*

Fuente “NASA’s Jet Propulsion Laboratory” <https://climate.nasa.gov/news/2616/core-questions-an-introduction-to-ice-cores>

## 2

## CONCEPTOS BÁSICOS

## 2.1 ¿Qué es el cambio climático?

El clima<sup>3</sup> es el conjunto de condiciones atmosféricas a largo plazo que siempre ha estado sometido a variaciones como consecuencia de diferentes fenómenos naturales (erupciones volcánicas, radiación solar, etc.). Sin embargo, **desde hace varias décadas se está produciendo una alteración climática a una velocidad sin precedentes.**

La evidencia científica apunta a la acción del hombre como responsable de esta aceleración, como consecuencia de la generación de gases de efecto invernadero (GEI) que se acumulan en la atmósfera y retienen el calor, incrementando lo que se conoce como efecto invernadero, y contribuyendo a un aumento de las temperaturas del planeta. **Esta alteración de origen antropogénico es lo que se conoce como “el cambio climático”.** Este término es a menudo sustituido por “calentamiento global”, ya que está es la principal forma con la que los seres humanos están afectando el clima.

«La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC) define en su artículo 1 el cambio climático como cambios en el clima directamente o indirectamente atribuibles a la actividad del hombre que alteran la composición de la atmósfera global y que se superponen a la variabilidad natural observable en periodos de tiempo equivalentes».

3. El clima se define en sentido estricto como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes (ej. temperatura, precipitación o viento) durante periodos que pueden abarcar desde meses hasta millones de años. El periodo promedio habitual es de 30 años, según la OMM. En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático, que consta de cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera, y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropogénicos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo.



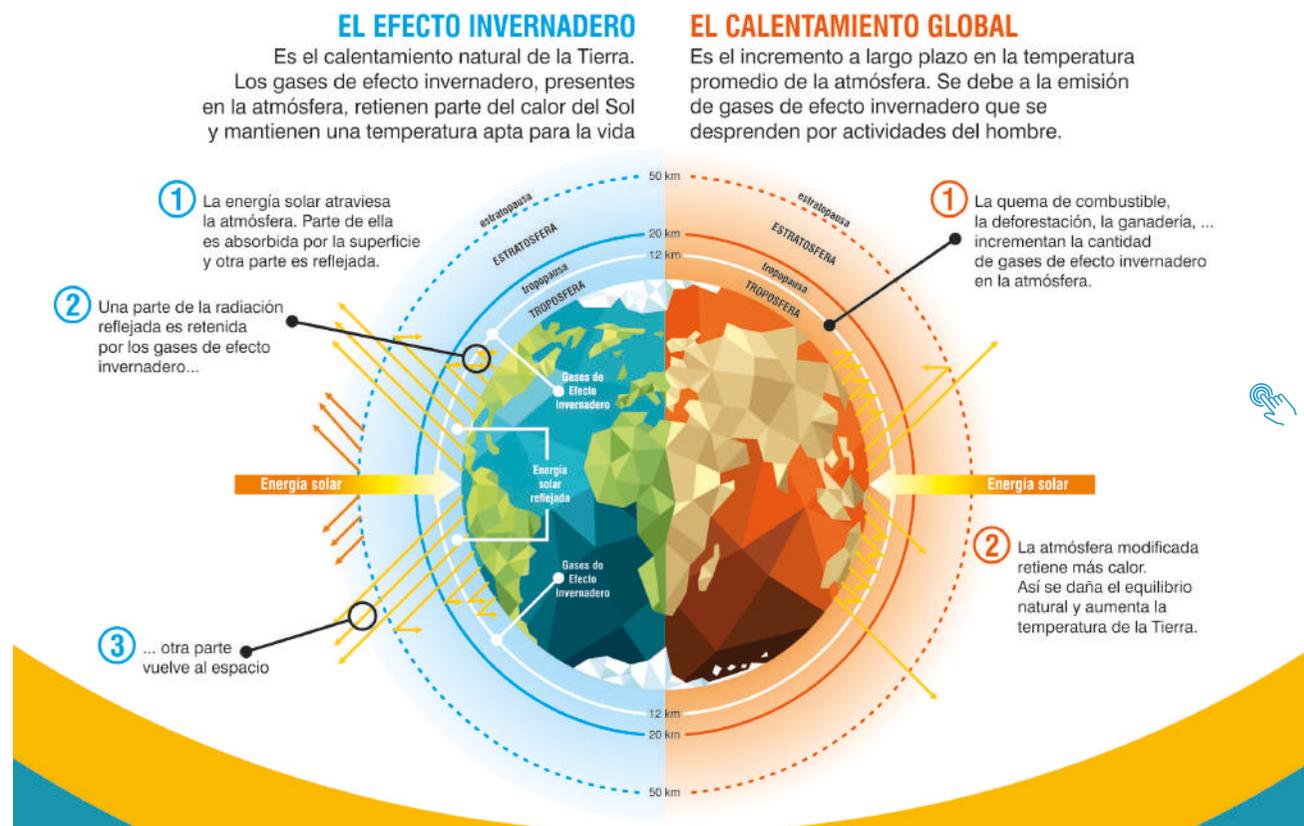
## 2.2 Gases de efecto invernadero

El término “efecto invernadero” se refiere a la retención del calor del Sol en la Tierra por parte de una capa de gases en la atmósfera. Sin ellos la vida tal y como la conocemos no sería posible, ya que el planeta sería demasiado frío (sería unos 30°C más baja). La mayor parte de los gases de efecto invernadero se generan de forma natural y son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>). Sin embargo, la industrialización ha provocado que la emisión y concentración de estos gases haya aumentado de manera exponencial desde comienzos del siglo pasado, cuando, sin la actuación humana, la naturaleza se encargaba de equilibrar las emisiones. Al aumentar estos gases, estamos cambiando el equilibrio (denominado “forzamiento radiativo”<sup>4</sup>) entre la cantidad de energía que entra en la atmósfera y la que sale de ella, de forma que se está aumentando la cantidad de radiación infrarroja acumulada por la tierra. Ello conduce a un aumento de la temperatura de todo planeta.

El **dióxido de carbono** (CO<sub>2</sub>) es el gas que más producimos y es el responsable de la mayor parte

4. Medido habitualmente en vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>)

Figura 4: Ilustración efecto invernadero



Fuente: Comité Español de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)

del calentamiento (por el gran volumen de emisiones que representa y su alto nivel de permanencia en la atmósfera), aunque también son importantes otros GEI que emitimos en menor cantidad, pero que pueden absorber más calor por molécula (potencial de calentamiento). Son el **metano**, el **óxido nitroso** y una **serie de gases fluorados y sintéticos** que se describen en la siguiente tabla. Además, emitimos otras sustancias que también actúan como forzadores climáticos de vida corta, incluyendo una serie de gases<sup>5</sup> precursores que en la atmósfera forman sustancias que contribuyen al efecto invernadero, como el ozono troposférico (O<sub>3</sub>), así como aerosoles como el carbono negro (hollín), que pueden tener un efecto de enfriamiento o calentamiento.

5. Estos gases de efecto indirecto incluyen, entre otros, el monóxido de carbono (CO), los compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el amoníaco (NH<sub>3</sub>) y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

Tabla 2. Gases de efecto invernadero

| Gas   | Principales fuentes  | Potencial de calentamiento (a 100 años) (GWP en inglés) con respecto al CO <sub>2</sub> (calor absorbido por molécula) | Periodo de permanencia en la atmósfera | Contribución global al calentamiento causado por los GEI entre 2018 y era preindustrial <sup>6</sup> |
|---|--|--|--|--|
| Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )                 | Quema de combustibles fósiles<br>Deforestación y cambios de uso de suelos  | —  | Entre 50 y 200 años                    | 66%  |
| Metano (CH <sub>4</sub> )                             | En la agricultura, ej. con la digestión del ganado vacuno y cultivos de arroz<br>Con la descomposición de residuos<br>Con la extracción y transporte de gas natural, petróleo y carbón | 28 veces más que la misma cantidad de CO <sub>2</sub>  | Entre 10-15 años                       | 17%  |
| Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)                      | Fertilización de suelos<br>Procesos industriales   | Alrededor de 265 veces más que la misma cantidad de CO <sub>2</sub>  | Alrededor de 114 años                  | 6%   |
| Gases fluorados y otros gases sintéticos <sup>7</sup> | Creados artificialmente para aplicaciones industriales y refrigeración   | Depende del gas, desde 100 a 23.000 veces más que la misma cantidad de CO <sub>2</sub>                                 | Depende del gas, algunos miles de años | 11% <sup>7</sup>   |

6. [Boletín de la OMM](#) sobre los Gases de Efecto Invernadero (2019) y EEA (2019) "[Atmospheric greenhouse gas concentrations](#)". Hace referencia a la contribución de cada GEI de larga vida, incluyendo al metano, a la modificación en el balance energético del planeta (denominado "forzamiento radiativo"), por parte de todos los GEI y que se estima en 3.1 W.m<sup>-2</sup> desde la era preindustrial. La contribución de cada gas al cambio climático viene determinada por su volumen de emisiones, su permanencia en la atmósfera y su potencial de calentamiento global.

7. Los gases fluorados (hidrofluorocarbonos -HFC-, perfluorocarbonos -PFC- y el hexafluoruro de azufre (-SF<sub>6</sub>) se han empleado en muchas aplicaciones industriales y de refrigeración como sustitutivos de las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono (SAO) dado que no afectan a la capa de ozono. Sin embargo, al igual que las SAO (ej. clorofluorocarbonos -CFC-), tienen un elevado potencial de calentamiento, y una larga permanencia en la atmósfera, por lo que contribuyen al cambio climático, aunque debido a sus bajas emisiones su contribución al forzamiento radiativo es baja (<2%). Por ello fueron incluidas en el Protocolo de Kioto sobre el Cambio Climático, mientras que las SAO se regulan por el Protocolo de Montreal aunque también contribuyen al cambio climático y han sido responsables de un 8-9% del forzamiento radiativo causado por los GEI de larga duración entre el periodo preindustrial y 2018.

# 3 EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

“El cambio climático es el reto que marcará nuestra época”

Antonio Guterres,  
Secretario General de Naciones Unidas  
Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2019

El cambio climático es **global, se está produciendo a una velocidad sin precedentes y con efectos a largo plazo, que ya son una realidad**. Tal y como advierte el Secretario General de Naciones Unidas, [António Guterres](#), “*el cambio climático es el reto que marcará nuestra época*” y [advierte](#) que representa una amenaza sin precedentes para la paz, la prosperidad y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: “**Estamos hablando de hechos científicos, no de política, y los hechos son claros, el cambio climático es una amenaza directa y un multiplicador de otros peligros**” (discurso marzo 2017).

Los principales informes científicos confirman cómo el aumento de la temperatura global se relaciona con otros cambios en el sistema climático. El quinto informe de evaluación del IPCC (AR5, 2013) puso de manifiesto que “**el calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado**”. Estas observaciones refrendadas por los últimos informes publicados, sobre el estado actual del clima, por los principales organismos ([ver Tabla 1](#)), ponen de manifiesto cómo todos los indicadores han mostrado una aceleración del cambio climático, batiéndose nuevamente varios récords en 2019 y en los primeros meses de 2020. A continuación, se recogen los resultados del seguimiento de estos indicadores.

## 3.1 Estamos afectando la composición de la atmósfera a través de nuestras emisiones

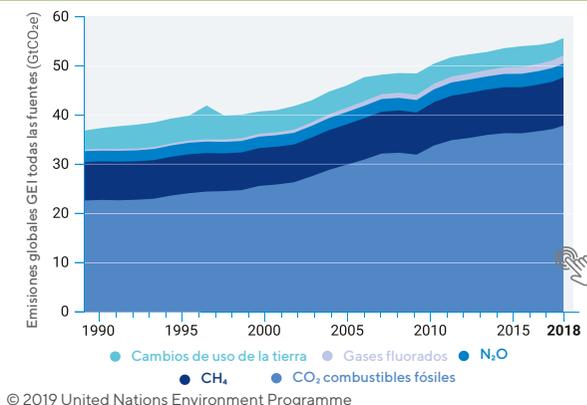
El aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEIs) en la atmósfera reflejan el balance entre sus fuentes (naturales y antropogénicas) y sus sumideros (que las retiran de la atmósfera). La Figura 5(a) muestra el incremento continuado en las emisiones antropogénicas de estos gases para el periodo 1990-2018. Las emisiones de CO<sub>2</sub> representan más de las tres cuartas partes de las emisiones totales, seguidas del metano (19 %) y el óxido nitroso (6 %)<sup>8</sup>. Entre 2009-2018 las emisiones de GEI, incluyendo cambios en el uso del suelo, han aumentado a una tasa del 1,3 % anual, **hasta alcanzar un récord de ~55,3 GtCO<sub>2</sub>e en 2018 (UNEP, 2019)**, lo que supuso un incremento del 2 % con respecto al año anterior. Las emisiones actuales de GEI, excluyendo a las del cambio de uso del suelo, son, aproximadamente,

un 57 % más altas que en 1990 y un 43 % más altas que en 2000 (PBL, 2020).

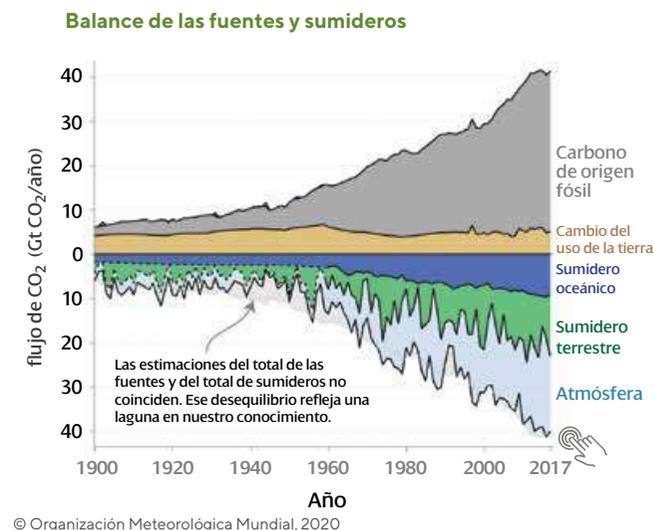
**Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles fósiles, dominan las emisiones totales** y son las que más contribuyen al calentamiento. Entre 2009-2018, fueron en promedio unas 34,7 ± 1,8 GtCO<sub>2</sub> anuales, creciendo a una tasa promedio anual de 0,9 % hasta alcanzar un récord de 36,6 GtCO<sub>2</sub> en 2018 (+2 % respecto a 2017). Por su parte, el uso y cambio de uso de la tierra por la actividad humana (deforestación, incendios, etc.), liberó en ese periodo unas 5,5 ± 2,6 GtCO<sub>2</sub> almacenadas en los ecosistemas (~14 % del CO<sub>2</sub> antropogénico) (OMM, 2020). De todas estas emisiones, en torno al 45 % han sido absorbidas por los océanos y la biosfera terrestre que actúan como sumideros y almacenes naturales de carbono, contribuyendo a reducir su concentración atmosférica. Pero éstos, tienen una capacidad limitada, y con su deterioro se están destruyendo las fuentes de captación naturales. El resultado es que la concentración de GEIs atmosférica está aumentando, por un lado, por el mayor nivel de emisiones y por otro, por la menor capacidad de los sumideros (Figura 5b).

**Figura 5:** Indicadores de evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero

### a) Emisiones por tipo de GEI entre 1990-2012 (UNEP, 2019)



### b) Balance entre las emisiones y sumideros de CO<sub>2</sub> entre 1900 - 2017 (OMM, 2019)



8. [Trends in global CO<sub>2</sub> and total greenhouse gas emissions](#): 2019 Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2020. Esta cifra hace referencia al volumen total de emisiones antropogénicas. Es diferente a los porcentajes reflejados en la Tabla 2, los cuales se refieren a la contribución de la concentración atmosférica de cada gas en la atmósfera al forzamiento radiativo (calentamiento), total de todos los GEI, estimado en 3.1 W.m<sup>-2</sup> desde la era preindustrial.

Por su parte, las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>), el siguiente GEI más importante, crecieron a 1,3 % por año en la última década y 1,7 % en 2018. Las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) están creciendo de manera constante, a 1 % anual en la última década y 0,8 % en 2018. Los gases fluorados (SF<sub>6</sub>, HFC, PFC) están creciendo más rápido, a un 4,6 % anual en la última década y un 6,1 % en 2018 (UNEP, 2019). Como resultado, las **concentraciones de GEIs en la atmósfera siguen una tendencia al alza** registrando nuevos máximos en 2018, con unos valores de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O que constituyen,

respectivamente el 147 %, 259 % y el 123 % de los niveles preindustriales (antes de 1750) (OMM, 2020). En términos de CO<sub>2</sub> equivalente, la atmósfera contenía ~500 ppm en 2019, de las cuales más del 80% son solo CO<sub>2</sub> (NOAA<sup>9</sup>).

En concreto, la concentración de CO<sub>2</sub> alcanzó su su máximo medio anual de 409,8 ppm en 2019, por encima de los niveles observados en al menos, los últimos 800.000 años, cuya concentración se ha reconstruido a partir de núcleos de hielo. Los ciclos de picos y depresiones en las concentraciones de CO<sub>2</sub> rastrean las glaciaciones (menor CO<sub>2</sub>) e inter-

glaciares más cálidas (mayor CO<sub>2</sub>), no superándose nunca 300 ppm. **En la actualidad hemos superado el umbral de los 400 ppm, considerado su nivel más alto en al menos los últimos tres millones de años<sup>10</sup>**, y está aumentando más rápido de lo que lo había hecho en cientos de miles de años, y es, aproximadamente, un 26 % superior al valor de 1970.<sup>11</sup> Debido al largo periodo de permanencia en la atmósfera de los GEIs (tabla 2), desde que dejásemos de emitir, pasarían cientos de años antes de que los procesos naturales los eliminen de la atmósfera.

Figura 6: Evolución de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> (NOAA R. Lindsey, Agosto 2020);

#### CO<sub>2</sub> durante periodos glaciares y cálidos de los últimos 800.000 años



*En la actualidad  
hemos superado el  
umbral de los 400  
ppm, considerado su  
nivel más alto en al  
menos los últimos tres  
millones de años*

9. NOAA's Annual Greenhouse Gas Index (AGGI), 2020

10. NOAA, R. Lindsey, August 2020; Atmospheric carbon dioxide

11. OMM, 2020. El aumento en la concentración global de CO<sub>2</sub> desde 2000 es de aproximadamente 20 ppm por década, que es hasta 10 veces más rápido que cualquier aumento sostenido de CO<sub>2</sub> durante los últimos 800.000 años (IPPC, SR15, 2018).

## 3.2 El planeta se está calentando

El incremento de la concentración de gases en la atmósfera, está contribuyendo al aumento del efecto invernadero y **dando lugar a un aumento de la temperatura** (ver Box).

### Box 1. Evidencias sobre la influencia del aumento de la concentración de GEIs en el aumento de las temperaturas

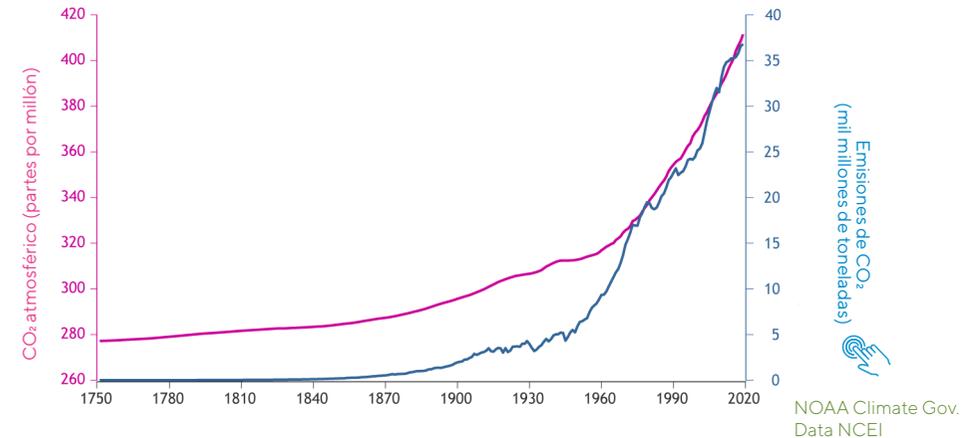
El Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5) concluyó con un alto nivel de confianza que la influencia humana a través de la emisión de GEI ha sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX. Tal y como indica la [Evaluación Nacional del Clima de EE.UU.](#) (NCA4, Vol. I, 2017), durante el siglo pasado no hay explicaciones alternativas respaldadas por evidencia convincente, que puedan atribuir a la variabilidad natural, la magnitud y el patrón de calentamiento global observado durante la era industrial. Las variaciones del flujo solar en las últimas seis décadas han sido demasiado pequeñas para explicar los cambios observados en el clima y no hay ciclos naturales aparentes en el registro de observación que puedan explicar los cambios recientes en el clima. Además, los ciclos naturales dentro del sistema climático de la Tierra solo pueden redistribuir el calor; no pueden ser responsables del aumento observado en el contenido global de calor del sistema climático.

Como [muestra el gráfico \(b\)](#), la rápida tasa de aumento de la temperatura en un periodo de tiempo tan corto apunta a la adición atmosférica de GEIs, principalmente CO<sub>2</sub>. Desde finales de la década de 1950 el CO<sub>2</sub> aumentó casi 100 ppm, casi 5 veces más rápido que en la primera mitad del registro de observación (~20 ppm). Este aumento observado en unos 60 años, en el contexto de las glaciaciones pasadas de forma natural habría ocurrido en el rango de 5.000 a 20.000 años. Al mismo tiempo, la temperatura aumentó en promedio ~0,14°C por década desde 1950.

**Box 1:** Evidencias sobre la influencia del aumento de la concentración de GEIs en el aumento de las temperaturas

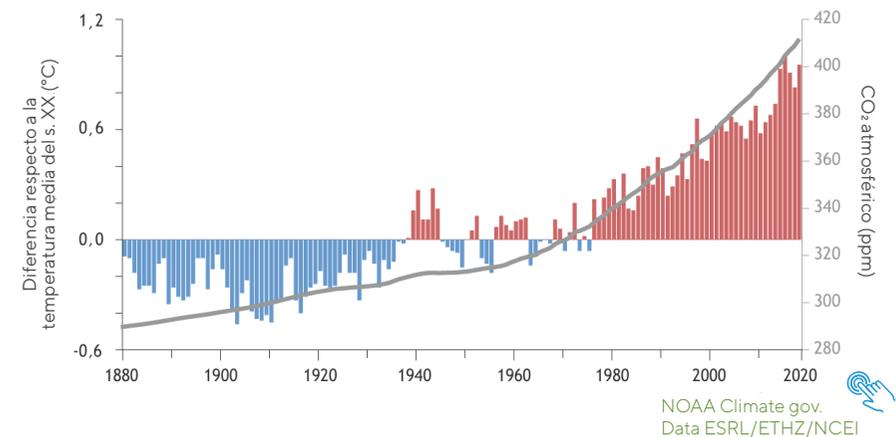
### a) Evolución emisiones y concentración de CO<sub>2</sub> (1750 – 2019) ([NOAA](#), R. Lindsey, Agosto 2020)

El aumento de emisiones se refleja en la concentración de CO<sub>2</sub>



### b) Evolución concentración de CO<sub>2</sub> y temperatura en superficie (1880-2019) ([NOAA](#), R. Lindsey, Febrero 2020)

El aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> (línea) coincide con el aumento de las temperaturas (barras)



- Las temperaturas globales han venido aumentando de manera sistemática desde 1880, alcanzándose 19 de los 20 años más calurosos desde que existe registro a partir del año 2001, con la excepción de 1998<sup>12</sup>.
- Así, **2019 fue el segundo año más cálido del que se tienen registros**, con una temperatura media mundial que superó en  $\sim 1,1^\circ\text{C}$ <sup>13</sup> a la de la era preindustrial (1850-1900), con un mayor aumento en tierra que sobre el océano.



12. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>

13. Un incremento en la temperatura de  $1^\circ\text{C}$  puede no parecer mucho si se piensa en las fluctuaciones diarias o estacionales, pero es un cambio significativo cuando se piensa en un incremento permanente promediado a través del planeta entero. Un descenso de tan solo  $5^\circ\text{C}$  en la temperatura mundial promedio es la diferencia entre el clima de hoy día y una era glacial (NASA).

Este valor ha sido superado únicamente por el récord de 2016, caracterizado por un episodio muy intenso de El Niño<sup>14</sup>, y convierte el quinquenio 2015-2019 como el último decenio en los más cálidos de los que se tiene constancia (OMM, 2020).

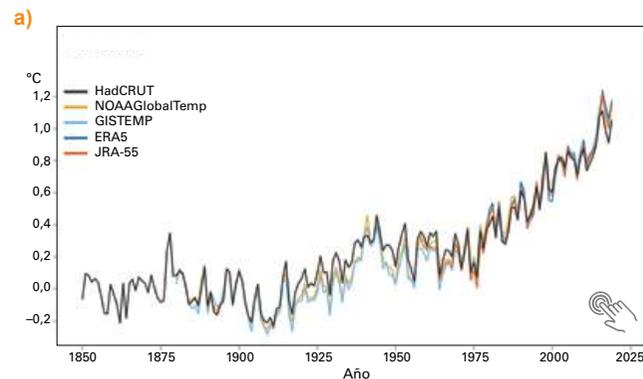
- Desde la década de 1980, cada década sucesiva ha sido más cálida** que cualquier década anterior, con un calentamiento continuo en el intervalo de  $0,1^\circ\text{C}$  a  $0,3^\circ\text{C}$  por década (OMM, 2020).

- En la mayoría de las zonas, tanto terrestres como oceánicas, se registraron condiciones más cálidas que las de la media reciente (1981-2010).

Desde mediados de la década de 1970, las temperaturas sobre la tierra han aumentado en promedio aproximadamente el doble de rápido que las del mar. (Figura 7b).

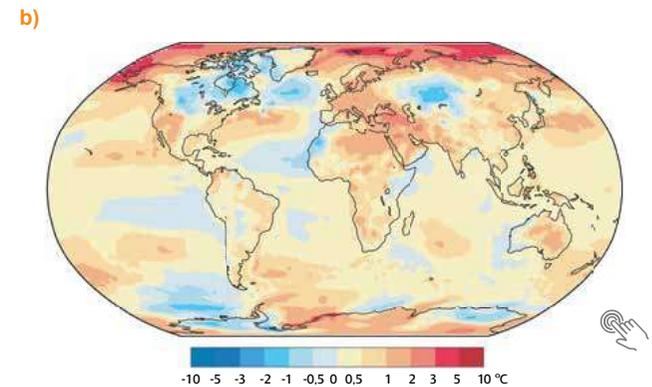
**Figura 7:** Indicadores de evolución de la temperatura media global (OMM, 2020)

### Diferencia en la temperatura media anual mundial con respecto a las condiciones preindustriales (1850-1900) en base a cinco bases de datos



© Organización Meteorológica Mundial, 2020

### Anomalía de la temperatura del aire en superficie en 2019 con respecto a la media de 1981-2010



© Organización Meteorológica Mundial, 2020

14. El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) (El Niño-Southern Oscillation (ENSO)) designa un calentamiento del agua en toda la cuenca del Océano Pacífico tropical asociado a cierta fluctuación de una configuración global de la presión en la superficie tropical y subtropical. Su escala de tiempo más habitual abarca entre dos y aproximadamente siete años. La fase fría de ENOS se denomina La Niña ([Glosario AEMET](#)).

## 3.3 El calentamiento observado en superficie se relaciona con otros cambios en el sistema terrestre

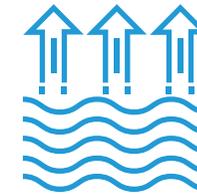
### Los océanos se están calentando

- **El océano absorbe más del 90 % del calor atrapado en el sistema terrestre y en 2019 el calentamiento** (que es una medida de esta acumulación de calor) de los 700 m superiores (en una serie que comenzó en la década de 1950) y de los 2.000 m superiores (en una serie que comenzó en 2005) **continuó en niveles récord o casi récord**, con una media anual que supera hasta ahora los niveles récord establecidos en 2018.
- **La frecuencia de las olas de calor marinas se ha duplicado desde 1982** (IPPC, 2019b), y en 2019 por lo menos en el 84 % de las aguas oceánicas se experimentó al menos una ola de calor marina (MHW por sus siglas en inglés) (OMM, 2020).



**90 %**

del **calor extra** es absorbido por los **océanos**



**84 %**

de las **aguas oceánicas** experimentó al menos **una ola de calor marina** en 2019



**23 %**

de las **emisiones anuales** de **CO<sub>2</sub>** son absorbidas por el **océano**, contribuyendo a su **acidificación**



**1-2 %**

se ha **reducido** el **inventario de oxígeno oceánico**

Figura 8: Indicadores de evolución del calentamiento de los océanos (OMM, 2020)

**a) Mapa mundial que muestra la categoría más alta de las olas de calor marinas registradas en cada píxel a lo largo del año (OMM, 2020)**

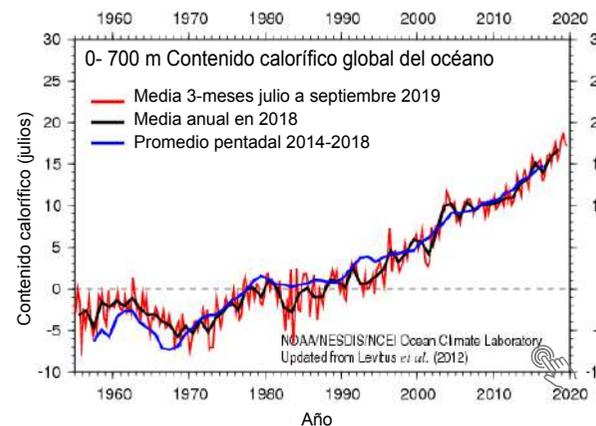
Categorías de las olas de calor marinas de 2019  
OISST de la NOAA. Período climatológico: 1982-2011



Categoría: ■ I Moderada ■ II Fuerte ■ III Severa ■ IV Extrema

© Organización Meteorológica Mundial, 2020

**b) Anomalía de contenido calorífico del océano en los primeros 700 m relativo a la media 1955-2006**



© Organización Meteorológica Mundial, 2020

## Los océanos se están acidificando y desoxigenando

Tanto las observaciones como los resultados de los modelos indican una **reducción de la concentración de oxígeno** en las aguas litorales y en mar abierto, así como en estuarios y mares semicerrados. Desde mediados del siglo pasado, se estima que **se ha producido una disminución de entre el 1 y el 2 % en el inventario de oxígeno oceánico en todo el mundo** (entre 77.000-145.000 millones de toneladas). Aunque se desconoce con precisión la importancia relativa de los diversos mecanismos que subyacen la disminución en los niveles de oxígeno, el calentamiento de los océanos disminuye la solubilidad del oxígeno y reduce la mezcla entre capas de agua y, como consecuencia, el suministro de oxígeno y nutrientes al interior del océano (OMM, 2019a).

Además, **durante la década 2009-2018, el océano absorbió alrededor del 23 % de las emisiones anuales de dióxido de carbono** atenuando las concentraciones atmosféricas. Sin embargo, **el CO<sub>2</sub> reacciona con el agua de mar y disminuye su pH, en un proceso llamado acidificación.**

Observaciones de los últimos 20 a 30 años muestran una clara disminución en el pH promedio, a una tasa de 0,017-0,027 unidades de pH por década desde finales de la década de 1980, lo que equivale a un aumento de la acidez del 26 %.

Ello influye de manera directa en la supervivencia de los arrecifes de coral y de varios [organismos con estructuras calcáreas](#)<sup>\*</sup>, con efectos en cascada dentro de la red trófica marina (OMM 2020).

## Desaparecen los hielos

**El hielo cubre el 10 % de la superficie de la tierra** y está disminuyendo debido al calentamiento global. Además, el deshielo influye en el cambio climático ya que los glaciares tienen superficies blancas que reflejan los rayos del sol y ayudan a mantener nuestro clima templado. Cuando **las capas de hielo se derriten**, las superficies más oscuras quedan expuestas y absorben más calor contribuyendo al calentamiento del planeta.

- **Hielo marino:** En el Ártico, los valores mensuales de extensión del hielo marino disminuyen todos los meses del año, y su espesor no deja de menguar desde que se dispone de satélites (1979 a la actualidad). De hecho, el hielo es cada vez más joven (con periodo formación-deshielo menores), siendo este más fino y más proclive a derretirse

en verano<sup>15</sup>. La extensión del hielo marino antártico había mostrado un pequeño aumento a largo plazo hasta 2016. A finales de 2016, esto se vio interrumpido por una caída repentina en la superficie de hielo hasta niveles mínimos sin precedentes. Desde entonces, la extensión del hielo marino antártico se ha mantenido en niveles relativamente bajos (OMM, 2020).



- **Masas de hielo continentales:** según el IPCC (2019b) la pérdida de masa de la capa de hielo durante el período 2007-2016 se triplicó en la Antártida y duplicó en Groenlandia con respecto a 1997-2006. La OMM indica que, en Groenlandia, en los últimos 13 años, se han registrado 9 de los 10 años con el menor balance de masa superficial de manto de hielo. Y en 2019 se registró el séptimo valor más bajo del que se tienen datos, fijándose la

15. <https://interactive.carbonbrief.org/when-will-the-arctic-see-its-first-ice-free-summer/>

\* NOAA PMEL Carbon program, Ocean Acidification

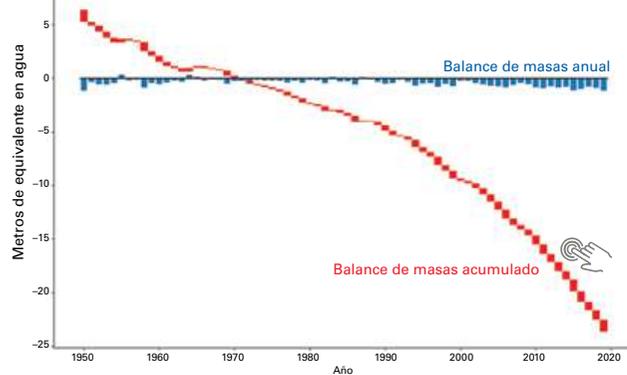
reducción del manto de hielo en 329 Gt, un valor muy por encima de la media y ~96% de la superficie experimentando derretimiento al menos una vez.

- **Glaciares:** La OMM indica que, por 32º año consecutivo, en 2018/2019 el balance de masa de los glaciares de referencia seleccionados fue negativo (Figura 9a). Según el IPCC (2019b) en las altas montañas, como los Andes o el Himalaya, los glaciares se están retirando a tasas sin precedentes, un 30 % más altas que hace unas décadas.

Figura 9: Indicadores de evolución del deshielo

### a) Balance de masas anual (en azul) y acumulado (en rojo) de los glaciares de referencia (OMM, 2020)

Balance global de masas de los glaciares de referencia del Servicio Mundial de Vigilancia de los Glaciares

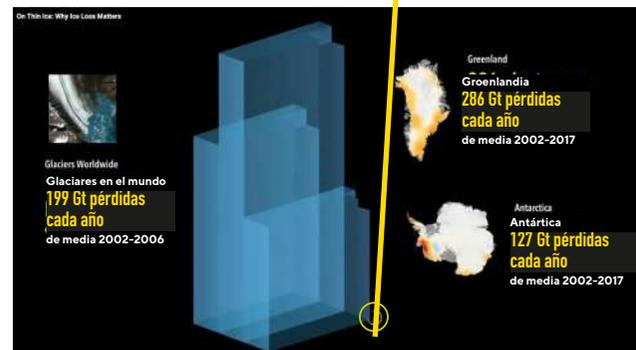
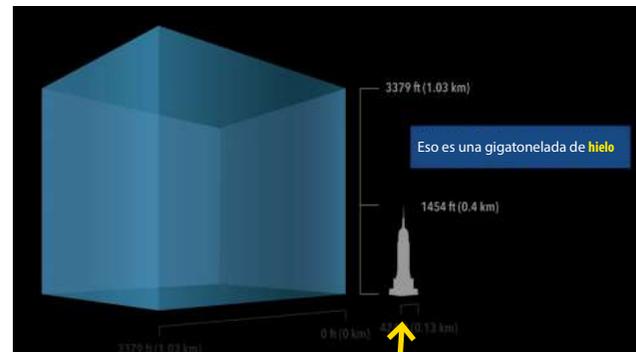


### b) Representación gráfica de la reducción

© Organización Meteorológica Mundial, 2020

### anual promedio entre 2002-2017 del manto de hielo en gigatoneladas (Gt) (NASA, 2020)

Antártida y Groenlandia pierden de media 413 Gt de hielo al año y los glaciares 199 Gt



Fuente: @ NASA/JPL-Caltech, 2020, [On Thin Ice: Why Ice Loss Matters](#)



Iceberg sumergido Groenlandia

## Sube el nivel del mar

La pérdida acelerada de masa de hielo continental es la principal causa del incremento en el ritmo de elevación del nivel medio del mar a escala mundial (~55 %), aunque el calentamiento de los océanos contribuye en más de un 30 % a raíz de la expansión térmica del agua marina (OMM, 2020).

- Durante el siglo XX, **la elevación del nivel del mar a escala mundial ha sido de unos 17,8 cm (NASA)<sup>16</sup>**.
- En **2019, el nivel medio del mar alcanzó su valor más alto** desde que se dispone de registros de alta precisión satelital (enero de 1993) (OMM, 2020). La tasa de aumento promedio se estima en  $3,24^{17} \pm 0,3$  mm/año en estos 27 años, pero la tasa ha aumentado durante ese tiempo.
- La elevación del nivel del mar **no es uniforme en todas las regiones**, y depende principalmente de las variaciones geográficas del contenido calorífico de los océanos.

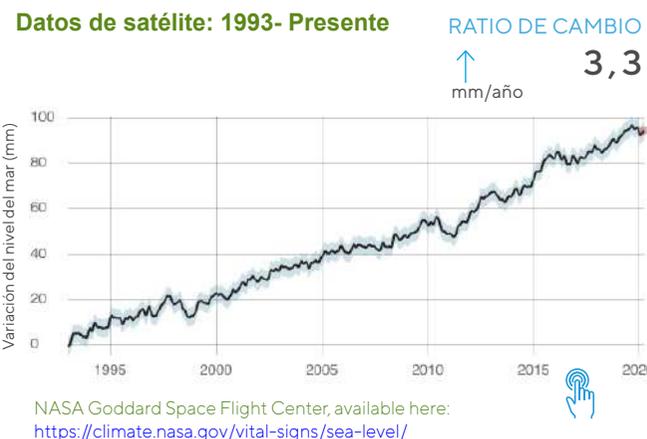
**3 mm puede no parecer mucho, pero equivale a casi 42 billones de metros cúbicos de agua**

16. Fuente: NASA/JPL-Caltech, 2020, Rising Tides: Understanding Sea Level Rise

17. 3 mm puede no parecer mucho, pero equivale a casi 42 billones de metros cúbicos de agua (NASA/JPL-Caltech, 2020)

Figura 10: Indicadores de evolución de subida del nivel del mar

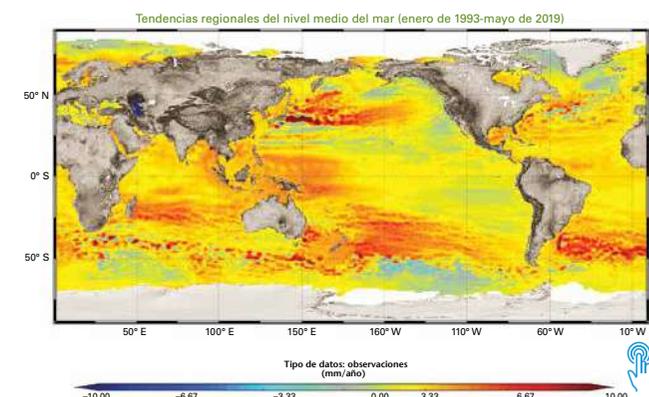
### a) Evolución del nivel medio del mar a escala mundial de enero de 1993 a octubre de 2019. (NASA, 2020)



## Eventos extremos

Los eventos climáticos extremos son fenómenos complejos de estudiar y aún más difíciles de predecir porque son, por definición, raros/excepcionales y obedecen a leyes estadísticas diferentes a los promedios. No obstante, existe un acuerdo general de que los cambios en la frecuencia o intensidad de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos están aumentando en muchas regiones como resultado del cambio climático global. El IPCC (SR15, 2018) indica la observación de cambios en la intensidad y la frecuencia de muchos de estos

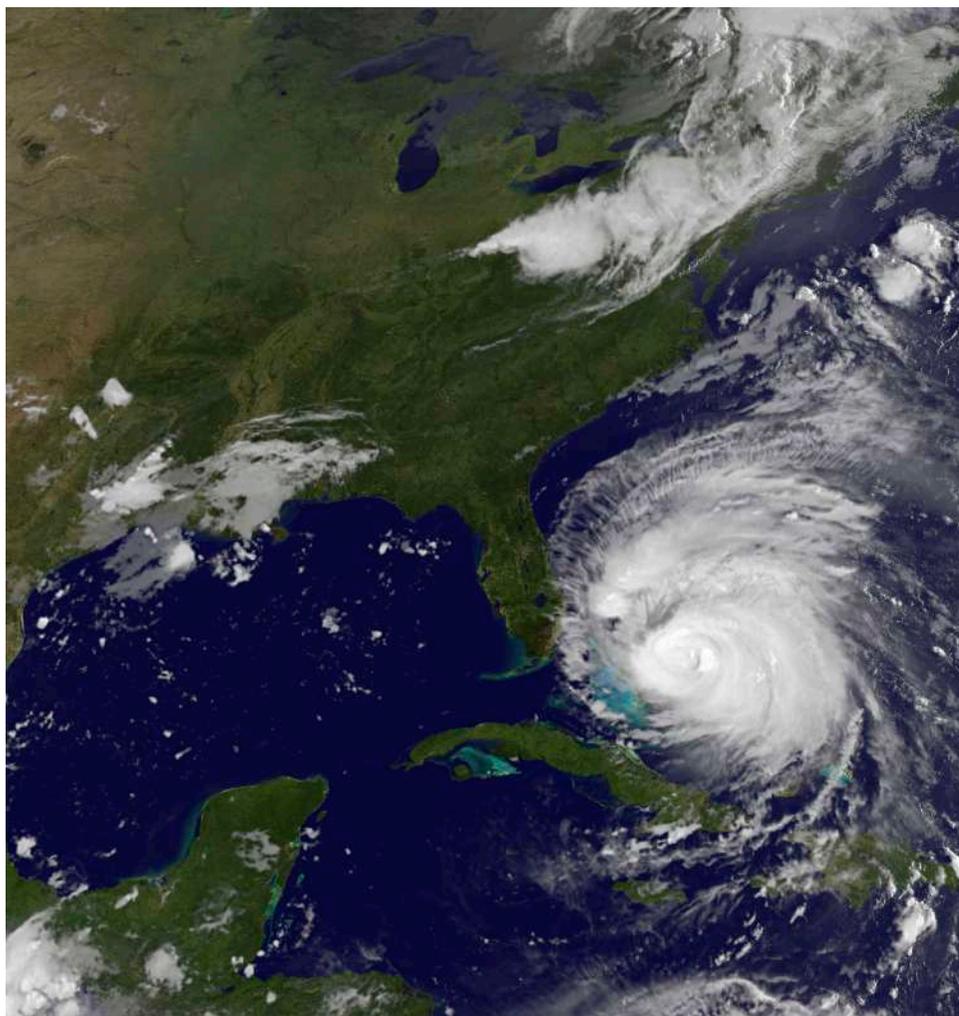
### b) Tendencias regionales del nivel medio del mar (enero de 1993-mayo de 2019) (OMM, 2020)



eventos, tales como los ciclones, olas de calor o inundaciones, desde aproximadamente 1950, en base a varias líneas de evidencia, entre ellas estudios de atribución de eventos concretos al cambio climático (ver [Box 2](#)).

En esta línea, [la Evaluación Nacional del Clima de EE.UU \(NCA4, Vol. I, 2017\)](#), indica que existe una alta confianza en que la frecuencia e intensidad de los eventos de calor extremo y fuertes precipitaciones están aumentando en la mayoría de las regiones continentales del mundo, siendo estas tendencias consistentes con las respuestas físicas esperadas a un clima más cálido. A mayor calentamiento, el

ciclo del agua atmosférica se intensifica con mayor evaporación y lluvias torrenciales. A medida que las capas atmosféricas se calientan y expanden, las nubes de tormenta pueden crecer en altura y fuerza, lo que lleva a precipitaciones más fuertes.



### Box 2. Evidencias sobre la influencia del cambio climático en la frecuencia y severidad de los eventos extremos

Un estudio reciente publicado por [Carbon Brief](#) ha mapeado cada uno de los estudios de atribución publicado hasta la fecha, obteniendo un [mapa\\*](#) que muestra 355 eventos climáticos extremos que han tenido lugar desde los años 2000, y su tendencia en todo el mundo. Del análisis se concluye que el cambio climático ha alterado la probabilidad o la gravedad de los eventos extremos en un 78% de los casos, volviéndose en un 69% más probables y severos debido al cambio climático y en un 9% menos. El 22% restante no han mostrado ninguna influencia o los resultados no han sido concluyentes. Las olas de calor son el evento más claro de atribución, constituyendo el 47% de los casos.

Destacar, que de los 125 estudios que analizan eventos de olas de calor el 93% concluyen que el cambio climático ha provocado que estos eventos sean más severos y frecuentes. Otros eventos como las inundaciones, las lluvias extremas o las sequías son más complejos y por tanto la atribución no es tan sencilla. En el caso de las lluvias extremas, de los 68 estudios que analizan este tipo de eventos, el 54% concluye que la actividad humana ha provocado que sean más frecuentes o severos. No obstante, si bien los científicos han ido avanzando en el campo de la atribución, existe una limitación clara en cuanto a la calidad y disponibilidad de los datos observados y modelos, por los que resultados obtenidos no son igualmente representativos de todas las geografías del mundo, habiendo relativamente pocos estudios disponibles en regiones como África.

\* Carbon Brief's analysis (2020). Mapped: How climate change affects extreme weather around the world

Datos de la OMM y [el NCA4, Vol. I, 2017](#) sobre la evolución de principales tipos de eventos extremos, indican:



**Olas de calor:** según la OMM (2029b), las olas de calor fueron el peligro meteorológico más mortífero entre 2015-2019, afectando a todos los continentes y contribuyendo a que se registrasen muchos nuevos récords de temperatura. Desde 1998 la superficie terrestre con 30 días de calor extremo por año es prácticamente el doble (NCA4, Vol. I, 2017). En prácticamente todos los estudios que se han realizado desde 2015 sobre olas de calor significativas se hace referencia a la influencia del cambio climático.



**Precipitaciones intensas, tormentas e inundaciones:** Según el NCA4, los eventos de precipitación extrema están aumentando en frecuencia a nivel mundial tanto en regiones húmedas como secas, si bien su impacto en las tendencias de inundación es complejo ya que intervienen otros factores como cambios en la cobertura del suelo. Sobre ciclones tropicales, muchas investigaciones indican un aumento en su probabilidad e intensidad, pero persisten importantes incertidumbres. Un [estudio\\*](#) concluye que ciclones de categoría 3 o superior se volvieron un 15% más propensos a nivel mundial entre 1979-2017. Según la OMM la actividad global de ciclones tropicales en 2019 estuvo por encima de la media en todo el mundo.



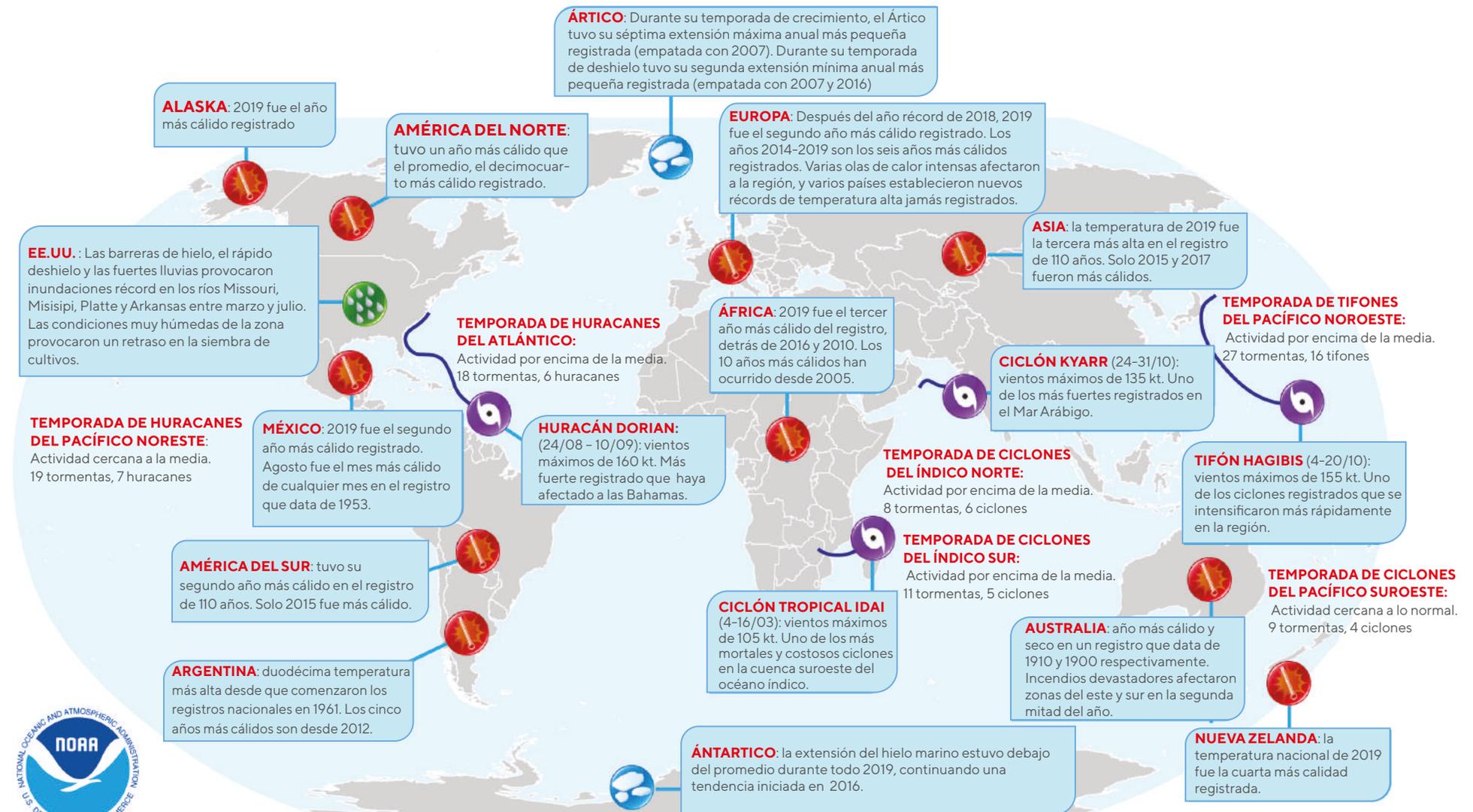
**Las sequías** han tenido importantes impactos, tanto humanitarios como económicos, en numerosas partes del mundo desde 2015. Se produjeron sequías significativas en todos los continentes habitados, pero algunos de los mayores impactos se produjeron en África (OMM, 2019b).



Los **incendios forestales** están fuertemente influenciados por el clima y fenómenos como la sequía. Las tres mayores pérdidas económicas registradas se derivan de incendios forestales ocurridos en los últimos cuatro años. En 2019 hubo incendios forestales sin precedentes en el Ártico y en Australia, así como incendios generalizados en la selva amazónica (OMM, 2019b).

\* Kossin, J. P. et al. (2020) Global increase in major tropical cyclone exceedance probability over the past four decades, Proceedings of the National Academy of Sciences, <https://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1920849117> doi/10.1073/pnas.1920849117

Figura 11: Anomalías climáticas y eventos extremos en el año 2019 (Ver ampliada aquí: [NOAA, 2019](https://www.noaa.gov/global-climate-report-2019))



Fuente: Adaptado y traducido en base a ©NOAA, **Global Climate Report - Annual 2019** <https://www.ncei.noaa.gov/sites/default/files/Significant%20Events%20Map.png>



## 3.4 Las consecuencias de estos cambios son evidentes

El cambio climático, y particularmente, los eventos extremos, afectan en gran medida al bienestar humano y todos los sectores de actividad, tanto de forma directa como indirecta, a través de sus impactos en los ecosistemas naturales y los sistemas socio-económicos. Algunos ejemplos de este impacto:

Tabla 5. Ejemplos de impactos del cambio climático



01

### BIODIVERSIDAD

El cambio climático afecta a numerosos aspectos de la biodiversidad que incluyen la distribución de las especies, la fenología, la dinámica de las poblaciones, la estructura de las comunidades y la función ecosistémica (IPBES, 2019). Estos impactos se suman a los efectos de otras presiones humanas sobre los ecosistemas, que ya están afectando a su vulnerabilidad. Ello supone una **pérdida de calidad de los bienes y servicios que proporcionan los ecosistemas** y que actúan como soporte vital de actividad humana (agua, alimento, medicina, control de patógenos, etc.).

El 47% de los mamíferos terrestres en peligro de extinción, excluidos los murciélagos, y un 23% de las aves en peligro de extinción ya se han visto afectados negativamente por el cambio climático en al menos parte de su distribución (IPBES, 2019). El cambio climático ha acelerado la desaparición de la cubierta de coral vivo en los arrecifes de coral (proceso de “blanqueo” de los mismos), habiendo desaparecido aproximadamente la mitad de la cubierta desde el decenio de 1870 (IPBES, 2019).



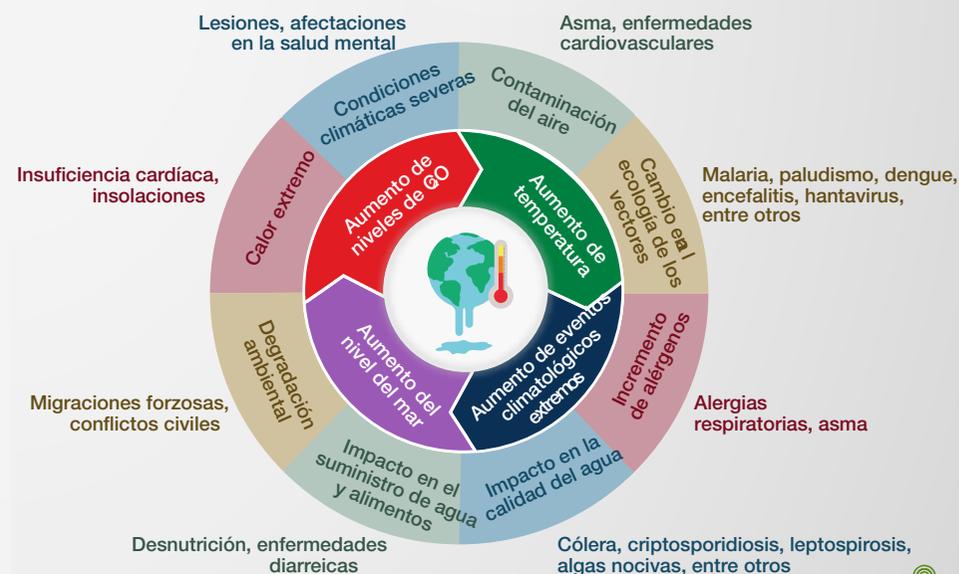
02

### SALUD

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su [informe especial sobre salud y el cambio climático](#) de 2018, especifica que el cambio climático es el mayor desafío de salud del siglo XXI y que amenaza todos los aspectos de la sociedad en la que vivimos. La OMS revela que la gravedad de los efectos del cambio climático en la salud humana es cada vez más clara, tanto de forma directa (ej. exposición a temperaturas más elevadas, eventos extremos) como indirecta a través de sus impactos en los ecosistemas naturales y en su capacidad para proveer servicios y bienes esenciales (ej. agua, control natural de patógenos) y en los sistemas humanos (salud laboral, conflictos, desnutrición).

La OMS hizo una estimación en 2018, según la cual, el cambio climático causará aproximadamente 250.000 muertes adicionales por año entre 2030 y 2050. La OMS especifica que se trata de una estimación conservadora y por lo tanto la salud de **cientos de millones de personas** más podría verse afectada.

### Cambio climático y salud



Fuente: Adaptado y traducido de CDC (Centre for Disease Control and Prevention)



03

## SEGURIDAD ALIMENTARIA E HÍDRICA

El cambio climático tiene implicaciones **importantes para la calidad de los recursos naturales fundamentales en el suministro alimentario**, ya que los cultivos y el ganado tienen límites fisiológicos para su salud, productividad y supervivencia, que incluyen los relacionados con la temperatura. A los que se añaden los impactos de eventos extremos.

También la productividad marina se ve afectada por cambios en los océanos, (calentamiento, acidificación, etc.). Todo ello puede provocar crisis alimentarias puntuales o impactos crónicos (ej. malnutrición). También, afecta a la calidad y disponibilidad de agua, ya que altera la cantidad y estacionalidad de las precipitaciones, el deshielo o el nivel del mar que a su vez tendrán repercusión en la salud y productividad de los ecosistemas.

Según la OMM (2020), la variabilidad climática y los fenómenos meteorológicos extremos se encuentran entre los principales **impulsores del reciente aumento del hambre en el mundo** (1 de cada 9 padecieron hambre en 2018) y es una de las principales causas de crisis graves.



04

## POBREZA, CONFLICTO, MIGRACIÓN

**Estos impactos afectarán en mayor medida a las regiones y poblaciones con menores recursos económicos** debido a su menor capacidad para adaptarse.

Ello puede aumentar la inestabilidad social, originar o intensificar flujos migratorios desde zonas más afectadas hacia las que lo están menos, etc.

En 2019, los desastres naturales relacionados con el clima causaron 23,9 millones de desplazamientos humanos<sup>18</sup>.

Además, **680 millones de personas habitan en zonas costeras de baja altitud**, lo que los hace muy vulnerables a la subida del nivel del mar, los pequeños Estados insulares en desarrollo son el hogar de 65 millones de personas (IPPC, 2019b).



<sup>18</sup>. [IDMC's Global Report on Internal Displacement 2020](#)



05

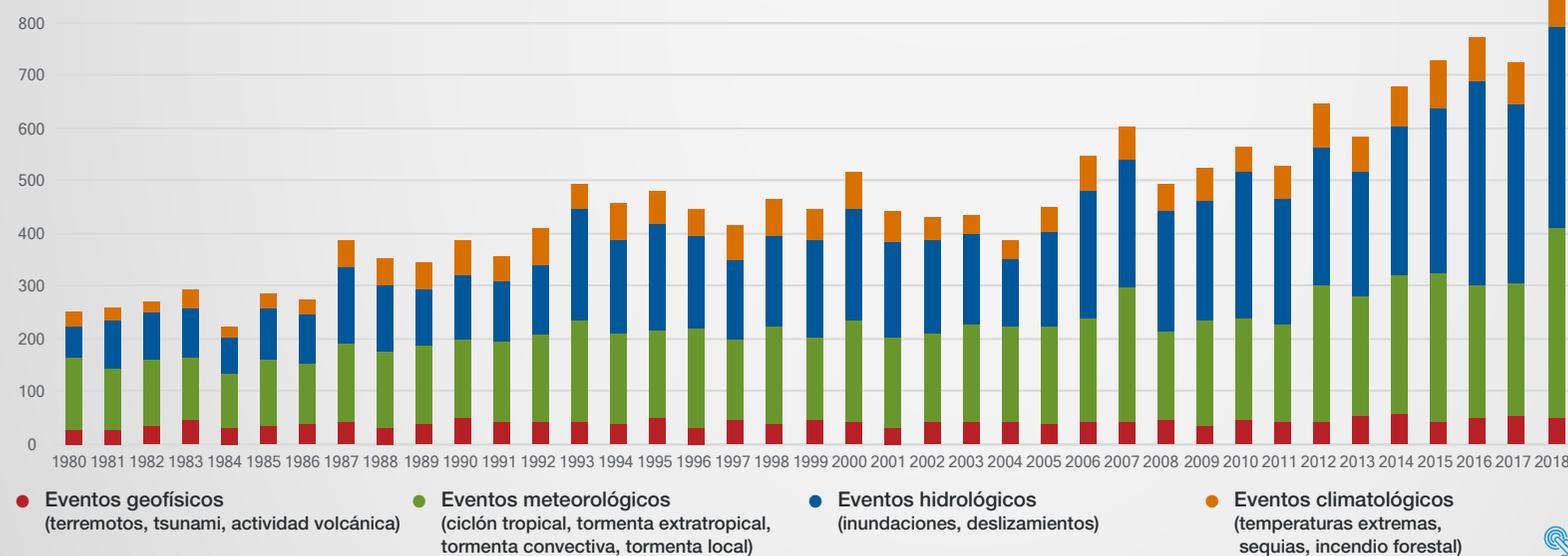
## SECTORES ECONÓMICOS

El cambio climático también es una de las mayores amenazas para la estabilidad económica. Así, cada año en todo el mundo, las catástrofes naturales producen pérdidas humanas y destruyen activos que se traducen en miles de millones. A menudo, solo una pequeña proporción está asegurada, existiendo una brecha importante entre los países industrializados y las economías emergentes y en desarrollo.

Los desastres naturales han causado pérdidas generales de casi \$5.000 mil millones entre 1980-2018, y menos de un tercio estaban aseguradas. La proporción de pérdidas aseguradas por desastres relacionados con el clima ha aumentado constantemente hasta representar más del 90 % en 2018. El número de eventos relacionados con el clima alcanzó un récord en 2018 y representan más del 80 % del total de eventos registrados<sup>19</sup>.

### Número de eventos

Eventos naturales causantes de pérdidas relevantes a nivel global 1980 – 2018



Eventos contabilizados han causado al menos una víctima y/o han producido pérdidas normalizadas >\$100k, 300k, 1 m o 3 m (dependiendo del grupo de ingreso asignado por el Banco Mundial para el país afectado)

<sup>19</sup>. [Munich Re, NatCatSERVICE \(2020\)](#) Relevant natural loss events worldwide 1980 – 2018

# 4

## QUÉ NOS ESPERA A FUTURO

### 4.1 Escenarios de emisiones

El clima futuro dependerá del calentamiento asegurado a raíz de emisiones antropogénicas pasadas, así como de emisiones futuras y de la variabilidad climática natural (IPCC, AR5, 2014). Múltiples líneas de evidencia apuntan a una relación casi lineal sólida y continua, en los distintos escenarios examinados, entre las emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas netas (incluido el impacto de la remoción de CO<sub>2</sub>) y la proyección del cambio en la temperatura global hasta el año 2100. Por tanto, es necesario estabilizar las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero a un nivel que evite interferencias peligrosas con el sistema climático. En base a las recomendaciones de los científicos,

la comunidad internacional se ha comprometido, con la firma del Acuerdo de París, en establecer objetivos de reducción de emisiones **para mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales<sup>20</sup>, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento a 1,5°C.**

El IPCC (AR5) ha estimado que **estos límites implican una concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> equivalente de unos 450 ppm (para 2°C) o 430 ppm (para 1,5°C) a final de siglo.** No obstante, en el transcurso de 2020 se han registrado niveles sin precedentes con valores diarios han llegado a superar las 415 ppm de CO<sub>2</sub><sup>21</sup>. El aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> desde el año 2000 es de aproximadamente 20 ppm por década, que es hasta 10 veces más rápido que cualquier aumento sostenido de CO<sub>2</sub> durante los últimos 800.000 años (IPCC SR15, 2018). El resultado es que la temperatura global está aumentando

20. El IPCC (SR15, 2018) utiliza el período de referencia 1850–1900 para representar la temperatura preindustrial.

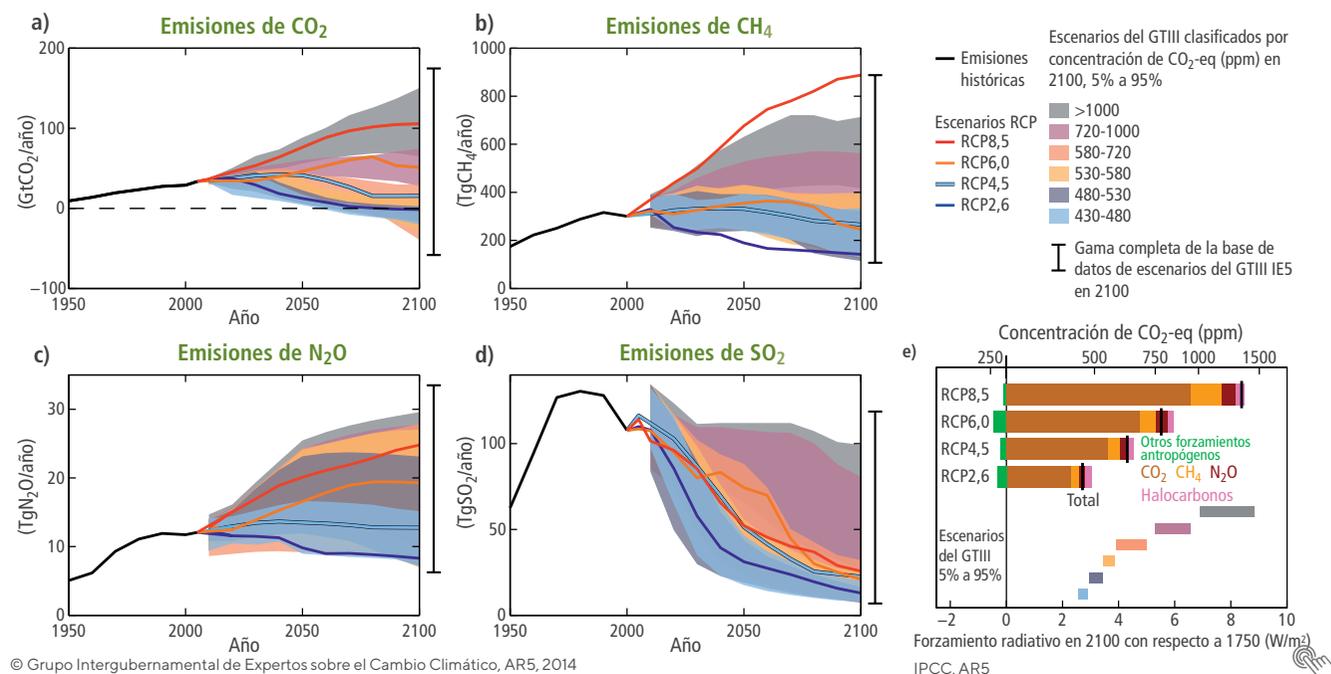
21. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>

en torno a 0,2°C por década, y si esta tasa continúa, el IPCC (SR15 2018) prevé que se alcanzaría un calentamiento global inducido por los humanos de 1,5°C alrededor de 2040. Además, es importante tener en cuenta que este calentamiento no se da forma homogénea en todo el planeta, y en muchas regiones ya se ha excedido el límite de 1,5 °C.

Las proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero presentan un amplio margen de variación, por tanto, en función del desarrollo socioeconómico y la política climática. El último informe de evaluación del IPCC (AR5, 2014) ha definido un grupo de escenarios denominados “sendas de concentración representativa”<sup>22</sup> (RCP Representative Concentration Pathways, por sus siglas en inglés) utilizadas para hacer proyecciones. En ellas se incluye un escenario de mitigación estricto (RCP 2.6) alineado con mantener el incremento de temperatura por debajo de los 2°C, dos escenarios intermedios (RCP 4.5 y RCP 6.0) de estabilización de las emisiones, y un escenario con un nivel muy alto de emisiones (RCP 8.5).

22. Describen [cuatro trayectorias distintas](#) en el siglo XXI de las emisiones y las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, las emisiones de contaminantes atmosféricos (aerosoles) y el uso del suelo. Éstas se caracterizan por su forzamiento radiativo total para el año 2100, que oscila entre 2,6 y 8,5 W/m<sup>2</sup>, en función del escenario. Las proyecciones de las diferentes variables climáticas se obtienen a partir de modelos generales de circulación (GCM). Durante los últimos 20 años se han desarrollado numerosos modelos. El Quinto Informe del IPCC utiliza los resultados del Proyecto CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project) utilizado como referente de forma general.

**Figura 12:** Trayectorias de concentración representativas (RCP)



© Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, AR5, 2014

A escala temporal, los efectos físicos del cambio climático son similares para todos los escenarios a corto plazo, debido al efecto de las emisiones acumuladas y la inercia del sistema climático, siendo previsible que se alcance el límite de 1,5°C en torno a 2040, si se mantienen las tasas de crecimiento actuales (IPCC SR15, 2018). Por tanto, habrá un cierto cambio inevitable a futuro, que exigirá tomar medidas de adaptación (ver [Figura 13b](#)). La gran variación en los resultados físicos surge en la segunda mitad de siglo, dependiendo de las acciones tomadas en las próximas décadas. En

ausencia de acciones de mitigación a gran escala lo más probable es un calentamiento de 3-4°C a final de siglo, aunque también existe un riesgo de superar los 5°C que tendría graves consecuencias. Sin embargo, con una reducción rápida de las emisiones globales todavía es posible limitar el incremento de la temperatura por debajo de los 2°C en 2100<sup>23</sup>.

23. Según el IPCC (SR15, 2018) el calentamiento causado por las emisiones antropogénicas desde el período preindustrial hasta la actualidad, durará de siglos a milenios y seguirá causando nuevos cambios a largo plazo en el sistema climático, como un aumento del nivel del mar, acompañados de impactos asociados; no obstante, es improbable que esas emisiones por sí solas causen un calentamiento superior a 0,5°C durante los próximos dos o tres decenios o en una escala temporal de un siglo.

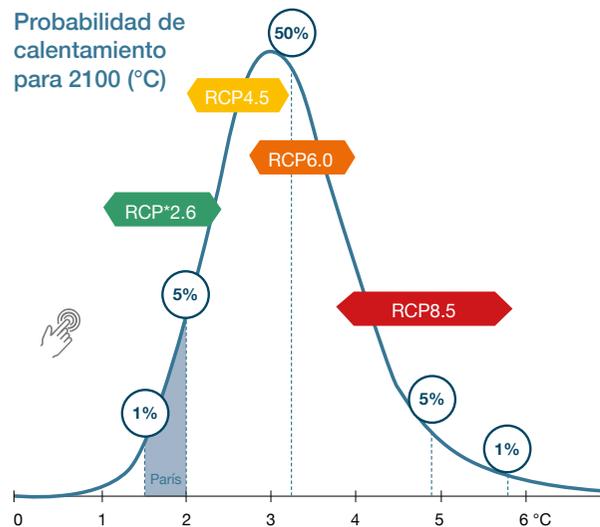
El IPCC (SR15, 2018) establece que para lograr limitar el calentamiento hay que:

- ✓ *Objetivo: 1,5°C - reducir las emisiones en un 45 % a 2030 respecto a 2010 y emisiones netas nulas a 2050.*
- ✓ *Objetivo: 2°C - reducir las emisiones en un 20 % en 2030 respecto a 2010 y alcanzar emisiones netas nulas en 2075.*

Según un reciente informe de UNEP (2019), esto se traduce en la necesidad de reducir las emisiones un 7,6 % anual desde 2020 a 2030 para la meta de 1,5 °C y un 2,7 % anual para la meta de 2°C.

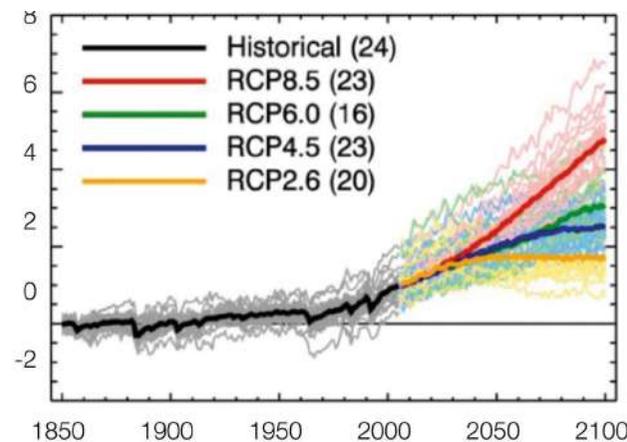
Figura 13: Escenarios de emisiones (en base a IPCC)

### a) Probabilidad de calentamiento



© 2019 CRO Forum  
The heat is on, insurability and resilience in a changing climate

### b) Rango de aumento de temperatura para cada RCP



© 2019 CRO Forum.  
The heat is on, insurability and resilience in a changing climate

| Escenario | Rangos de aumento probable | Aumento medio esperado |
|-----------|----------------------------|------------------------|
| RCP 2.6   | 0,3°C - 1,7°C              | 1°C                    |
| RCP 4.5   | 1,1°C - 2,6°C              | 2°C                    |
| RCP 6.0   | 1,4°C - 3,1°C              | 2,5°C                  |
| RCP 8.5   | 2,6°C - 4,8°C              | 4°C                    |

## 4.2 Proyecciones climáticas

Las proyecciones climáticas son simulaciones técnicas realizadas por el IPCC de la evolución del clima durante el siglo XXI según los escenarios RCP de emisiones de GEI. A continuación, se detallan los cambios esperados para las principales variables climáticas analizadas previamente en base a las conclusiones de los principales informes del IPCC hasta 2100 para diversos escenarios climáticos futuros, contrastando las diferencias entre un escenario de altas emisiones (RCP 8.5) y otro moderado (RCP 2.6) y compatible con limitar el calentamiento a 1,5°C o 2°C.



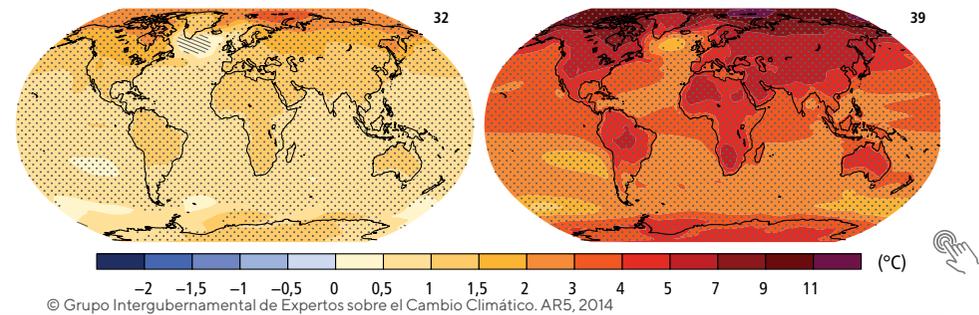
Tabla 6. Proyecciones de cambio para las principales variables climáticas (Informes del IPCC)



TEMPERATURA

El cambio en la temperatura media global en superficie para el periodo 2016-2035 en relación con el periodo 1986-2005 es similar para los cuatro escenarios de RCP y es probable que vaya a estar en el rango de 0,3 °C a 0,7 °C (nivel de confianza medio), siempre que no ocurran grandes cambios en la variabilidad natural. A partir de 2050, la magnitud del cambio climático proyectado varía considerablemente según el escenario de emisiones elegido (IPCC AR5).

RCP2.6 RCP8.5  
Cambio en la temperatura media en superficie (1986-2005 a 2081-2100)

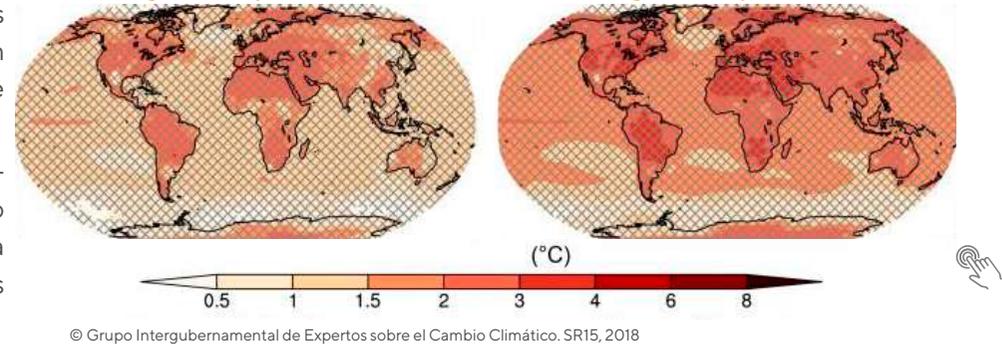


TEMPERATURAS EXTREMAS

Es prácticamente seguro que se produzcan temperaturas extremas calientes más frecuentes y frías menos frecuentes en la mayoría de las zonas continentales, en escalas temporales diarias y estacionales. Es muy probable que haya olas de calor con mayor frecuencia y más duraderas. Continuarán produciéndose temperaturas frías extremas en invierno de forma ocasional.

Las temperaturas extremas en tierra aumentarán más que la media global en superficie y será más acusado con un calentamiento de 2°C que de 1,5°C. El número de días cálidos aumentará en la mayoría de las regiones terrestres, con los mayores aumentos en los trópicos (IPCC, SR15).

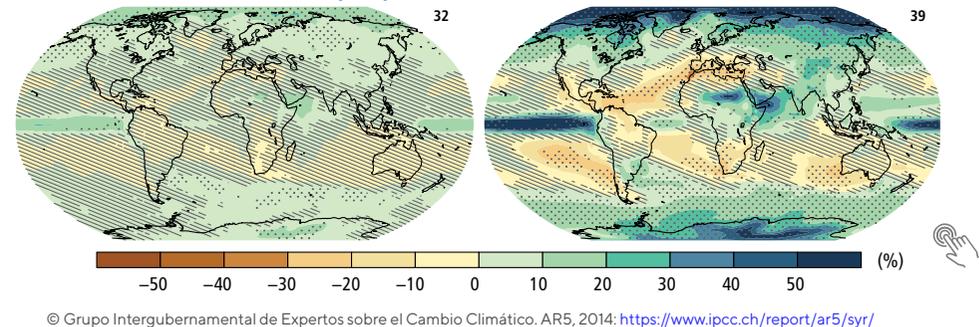
Cambio de temperatura de los días más calientes a un calentamiento de 1,5 grados de temperatura media global en superficie (GMST) Cambio de temperatura de los días más calientes a un calentamiento de 2 grados de temperatura media global en superficie (GMST)



PRECIPITACIÓN

Los cambios en las precipitaciones en un mundo que se calienta no serán uniformes. Es probable que, para el final de este siglo, en las latitudes altas y en el Océano Pacífico ecuatorial se experimente un aumento en la precipitación media anual en el marco del escenario RCP8.5. Es probable que, en el marco del escenario RCP8.5, la precipitación media disminuya en muchas regiones secas de latitud media y subtropicales, mientras que es probable que en muchas regiones húmedas de latitud media la precipitación media aumente. (IPCC, AR5).

RCP2.6 RCP8.5  
Cambio en la precipitación media (1986-2005 a 2081-2100)

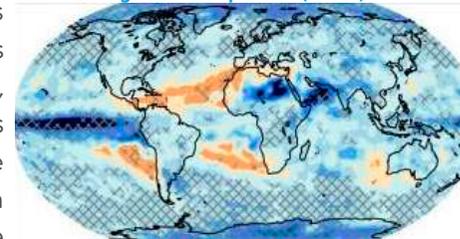




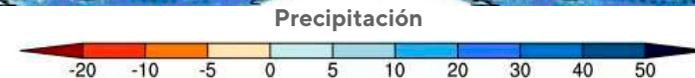
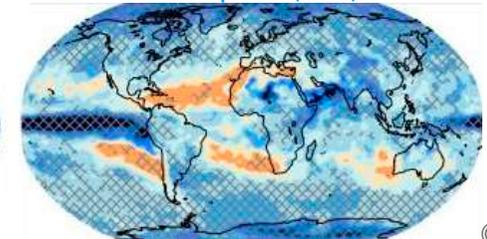
## PRECIPITACIÓN EXTREMA

Es muy probable que sean más intensos y frecuentes los episodios de precipitación extrema en la mayoría de las masas terrestres de latitud media y en las regiones tropicales húmedas (IPPC, AR5). Se calcula que los riesgos de episodios de precipitaciones intensas serán mayores con un calentamiento global de 2 °C que con uno de 1,5 °C en varias regiones de latitudes altas o a gran altitud en el hemisferio norte, en el este de Asia y en el este de América del Norte (IPPC, SR15).

Cambio de precipitación extrema a un calentamiento de 1,5 grados de temperatura media global en superficie (GMST)



Cambio de precipitación extrema a un calentamiento de 2 grados de temperatura media global en superficie (GMST)



© Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. SR15, 2018

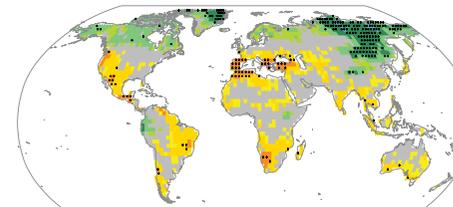


## SEQUÍAS

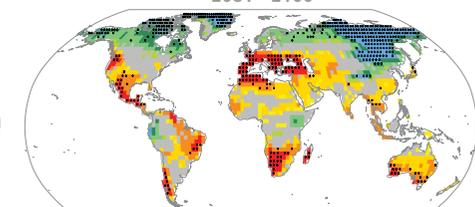
Hay un nivel de confianza medio en que las sequías se intensifiquen en el siglo XXI en algunas zonas y estaciones del año, debido a la disminución de las precipitaciones y/o al aumento de la evapotranspiración. Es el caso de las regiones del sur de Europa y la zona mediterránea, Europa central, la zona central de América del Norte, América Central y México, el noreste de Brasil y África meridional. (IPPC, SREX, 2012).

Cambio en el número de días secos consecutivos

2046 - 2065



2081 - 2100

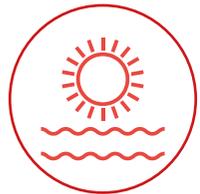


© Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. SREX, 2012



## PATRONES CLIMÁTICOS

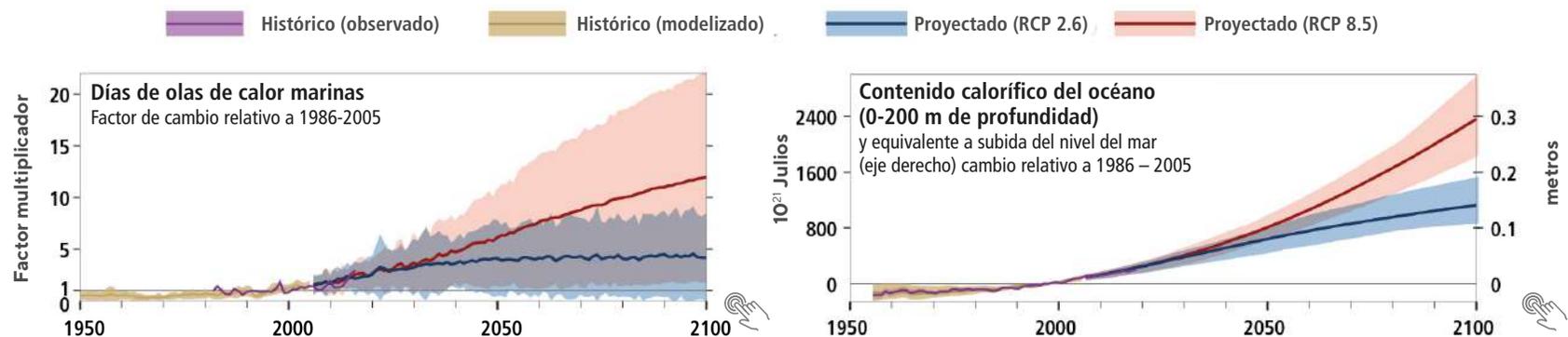
Se prevé que los eventos extremos de El Niño y La Niña aumentarán su frecuencia en el siglo XXI, con respuestas más secas o más húmedas en varias regiones del mundo. Se prevé que eventos extremos de El Niño ocurran aproximadamente con el doble de frecuencia bajo RCP2.6 y RCP8.5 en el siglo XXI frente al siglo XX (confianza media). Los eventos extremos del Dipolo del Océano Índico también aumentan en frecuencia (baja confianza). (IPPC, SROCC, 2019)



## CALENTAMIENTO DEL OCEANO

Para 2100, los océanos absorberán entre 2 y 4 veces más calor en un escenario de bajas emisiones (RCP2.6) y de 5 a 7 veces más para el escenario de altas emisiones (RCP8.5) en comparación con los cambios observados desde 1970. Con el escenario RCP8.5, es muy probable que el océano absorba el doble de calor que RCP2.6. Incluso con RCP2.6 el océano continuará calentándose varios siglos.

Además, las proyecciones apuntan a un incremento adicional en la frecuencia, duración, extensión e intensidad de las olas de calor marinas. Con un calentamiento de 2°C, su frecuencia, que ya se ha duplicado desde 1982, será 20 veces mayor en comparación con los niveles preindustriales, pudiendo ser de hasta 50 veces mayor si las emisiones siguen aumentando con fuerza. (IPPC, SROCC).



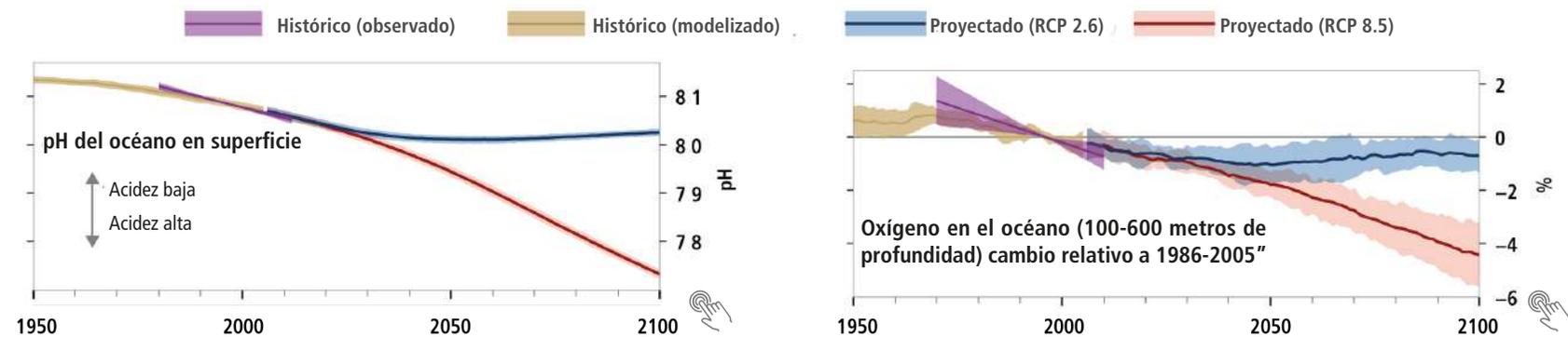
© Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. SROCC, 2019

Para 2081-2100 según RCP8.5, se prevé que el contenido de oxígeno del océano disminuya globalmente en rangos muy probables de 3-4% en relación con 2006-2015. (IPPC, SROCC).

Una incorporación continuada de carbono a los océanos de aquí a 2100 exacerbará el aumento de acidez de sus aguas. El aumento de la acidez del pH en el océano superficial se sitúa en el rango del 15% -17% para RCP2,6 y llega hasta el 100%-109% para RCP8.5. (IPPC, AR5).



## ACIDIFICACIÓN Y DESOXIGENACIÓN



© Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. SROCC, 2019



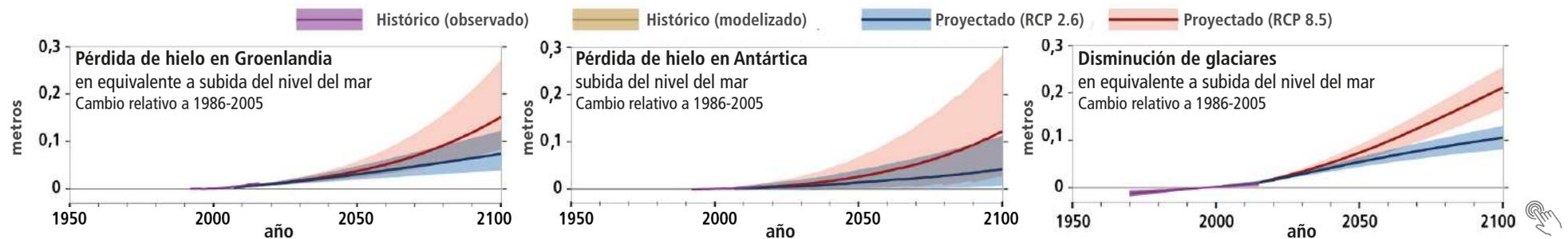
## HIELOS

Se prevé que las actuales tendencias de pérdida de masa de glaciares, deshielo de permafrost y declive en la cobertura de nieve y hielo en el Ártico continúen a lo largo del siglo XXI. (IPPC, SROCC)

Así, se prevé que el 80% de la capa de hielo actual de glaciares en lugares como Europa podría desaparecer bajo escenarios de emisiones elevadas.

En un escenario de 1,5 grados, podríamos ver un septiembre sin hielo en el Ártico cada 100 años y cada 3-10 años en un escenario de 2 grados.

Incluso aunque el calentamiento global se limite a valores muy inferiores a 2°C, aproximadamente el 25% del permafrost situado cerca de la superficie (3-4 metros de profundidad) se habrá deshelado de aquí a 2100.

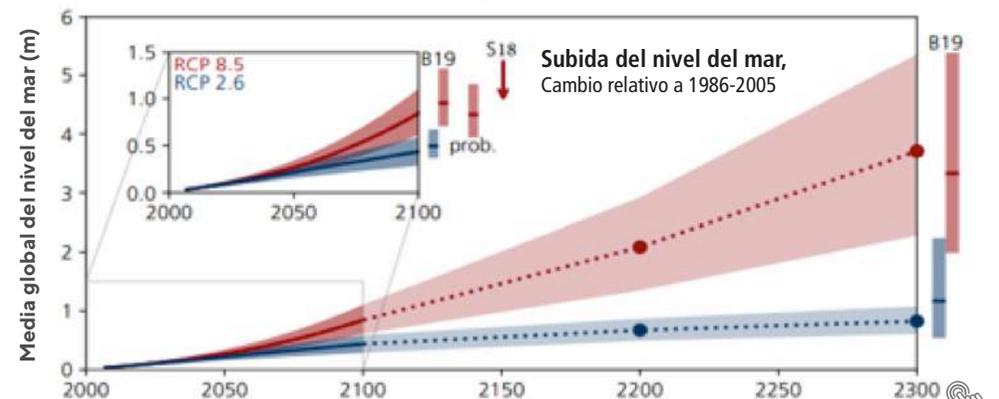


© Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. SROCC, 2019



## SUBIDA DEL NIVEL DEL MAR

El nivel del mar seguirá subiendo durante siglos. Hasta 2100 podría subir entre 30-60 cm incluso aunque el calentamiento global se mantenga muy por debajo de 2°C. Sin embargo, en un escenario de altas emisiones, la subida podría ser del orden de 60 a 110 cm. A más largo plazo, las estimaciones son aún más preocupantes, con un aumento de hasta 5,4 metros en el año 2300 en un escenario de emisiones altas. ( IPCC, SROCC).



© Ministerio para la Transición Ecológica IPPC, 2019b, SROCC



## EVENTOS DE MAR EXTREMOS

La subida del nivel del mar incrementará la frecuencia de los episodios extremos de mar que tienen lugar, por ejemplo, durante las mareas altas y las tormentas intensas. La intensificación de los vientos y las precipitaciones asociados a los ciclones tropicales agudizan los episodios de nivel del mar extremo y los riesgos costeros.

Con cada grado de calentamiento adicional, aquellos fenómenos que en el pasado se producían una vez cada 100 años tendrán periodicidad anual en 2050 en muchas regiones, agravando los riesgos a los que están expuestas muchas islas pequeñas y ciudades costeras de baja altitud. (IPCC, SROCC).

**Nota:** La confiabilidad de los **cambios proyectados** varía con el tipo de variable y con la región, así como con la estación considerada. De acuerdo con las informaciones proporcionadas por el IPCC<sup>26</sup>, se podría concluir que: 1) existe **mucha confianza** en las proyecciones relacionadas con las temperaturas extremas y el nivel del mar; 2) la **confianza es menor** en el caso de las precipitaciones extremas y sequías; 3) En general, hay **poca confianza** en lo referente a eventos extremos como vientos, inundaciones fluviales, tormentas de polvo, modos climáticos naturales (el Niño, Dipolo del Océano Índico, etc.).

Las proyecciones cubren un amplio horizonte temporal, hasta final de siglo. En el corto plazo, la OMM indica<sup>27</sup> que es probable que en el próximo quinquenio (2020-2024) se produzca un nuevo récord de temperatura media mundial, en particular en las regiones de latitudes altas y en las zonas terrestres, y que el calentamiento oceánico sea más lento, en especial en el Atlántico Norte y en el océano austral.

En cuanto al posible impacto de la pandemia del COVID-19, la OMM indica que dado que el CO<sub>2</sub> permanece en la atmósfera y en los océanos durante siglos el mundo está abocado a un cierto nivel de cambio continuado con independencia de cualquier reducción transitoria de las emisiones.

Por otro lado, dificulta atajar los riesgos meteorológicos, climáticos e hidrológicos, cuya gravedad no hace más que aumentar por el cambio climático.

## Esquema del efecto del aumento del nivel del mar regional en eventos de niveles extremos del mar proyectados (no a escala)



Además, 2020<sup>28</sup> apunta a ser un año de récord, habiéndose experimentado el segundo comienzo de año más cálido después de 2016, que estuvo afectado por el Niño.

26. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap3\\_FI-NAL-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap3_FI-NAL-1.pdf)

27. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-d%C3%A9-Da-de-la-tierra-hace-hincapi%C3%A9-en-la-acci%C3%B3n-clim%C3%A1tica>

28. <https://www.carbonbrief.org/state-of-the-climate-first-quarter-of-2020-is-second-warmest-on-record>

## 4.3 Proyección sobre impactos potenciales y riesgos asociados

Los escenarios constituyen estimaciones de los posibles rasgos futuros del clima y sirven como referencia para elaborar estudios de impactos y vulnerabilidad específicos para diversos sectores y sistemas ecológicos, económicos y sociales. La siguiente figura extraída del documento ‘*The heat is on insurability and resilience in a changing climate*’ (CRO Forum) pone de manifiesto algunas de las diferencias entre los impactos esperados de un aumento de la temperatura media del planeta de 1,5°C frente a uno de 2°C, así como los impactos que supondrían un aumento de 3 o 5 °C en base a la información del IPCC. Esos riesgos dependen de la magnitud y el ritmo del calentamiento, la ubicación geográfica y los niveles de desarrollo y vulnerabilidad, así como de las opciones de adaptación y mitigación.

Figura 14: Comparativa de algunos impactos esperados en 2100 para varios escenarios (CRO Forum/ IPCC, 2019)

| Calentamiento a 2100  | <2 °C     |           | 3 °C         | 5 °C          |
|---|-----------|-----------|--------------|---------------|
|   | 1,5 °C    | 2 °C      |              |               |
| <b>Impactos físicos</b>   |           |           |              |               |
| Subida del nivel del mar (cm)   | 0,3-0,6 m | 0,4-0,8 m | 0,4-0,9 m    | 0,5-1,7 m     |
| Activos costeros a proteger (\$tn)  | \$10,2 tn | \$11,7 tn | \$14,6 tn    | \$27,5tn      |
| Probabilidad de Ártico libre de hielo en verano   | 1 in 30   | 1 in 6    | 4 in 6 (63%) | 6 in 6 (100%) |
| Ciclones tropicales: Menos (#cat 1-5)<br>Más intensos (#cat 4-5)<br>Más húmedos (precipitación total) | -1%       | -6%       | -16%         | Unknown       |
|   | +24%      | +16%      | +28%         | +55%          |
|   | +6%       | +12%      | +18%         | +35%          |
| Frecuencia de precipitación extrema   | +17%      | +36%      | +70%         | +150%         |
| Incremento de extensión de incendios  | x1,4      | x1,6      | x2,0         | x2,6          |
| Personas expuestas a olas de calor extremas   | x22       | x27       | x80          | x300          |
| Superficie terrestre habitable para malaria   | +12%      | +18%      | +29%         | +46%          |

© 2019 CRO Forum, The heat is on, insurability and resilience in a changing climate

Las proyecciones ponen de manifiesto la importancia de alcanzar la neutralidad climática global en el corto plazo (2050) para limitar el incremento de la temperatura global en 2100 por debajo de los 1,5°C, y así minimizar la magnitud del problema a medio y largo plazo. Es cierto que la estabilización de la temperatura media global en superficie no implica la estabilización de todos los aspectos del sistema climático, y muchos aspectos (ej. subida del nivel del mar) continuarán durante siglos. Pero cada décima de aumento de temperatura es importante ya que los impactos aumentan rápidamente, incluso exponencialmente.

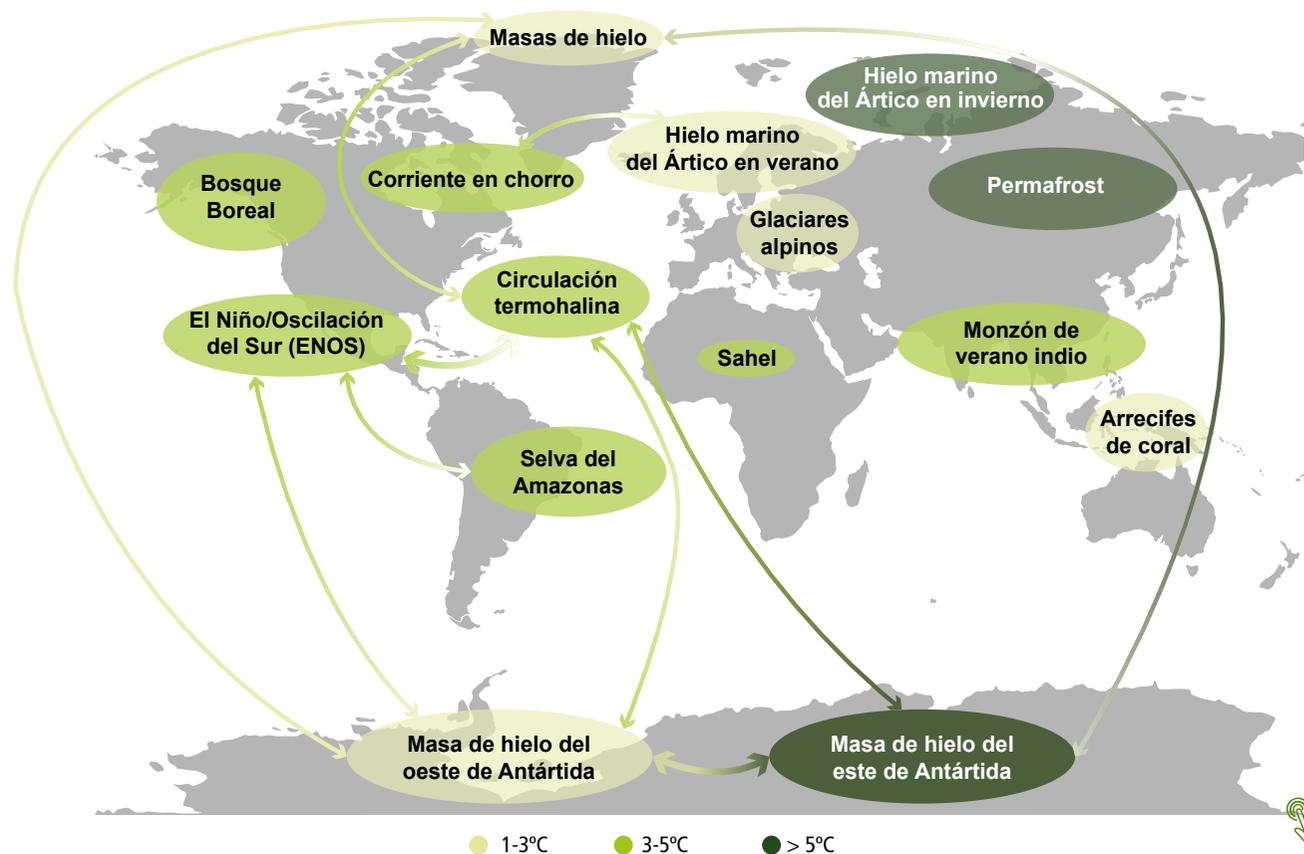
Así, el IPCC (SR15) alerta de los riesgos que supone el incremento de 1,5°C a fin de siglo, incluso frente a un escenario de 2°C. La comparativa entre ambos muestra cambios sustanciales en las temperaturas medias y máximas globales, encontrándose en algunas regiones un calentamiento entre 2 o 3 veces superior comparado con la media en un escenario de 2°C. Así, limitar el calentamiento a 1,5°C supondría reducir en 420 millones las personas expuestas a olas de calor extremas y limitaría aproximadamente a la mitad de la población mundial expuesta a la escasez de agua frente a un escenario de 2°C. Además, también destaca la importancia de la trayectoria de las emisiones, con unos riesgos futuros que dependen del ritmo, el

pico y la duración del calentamiento. En conjunto, estos son mayores si el calentamiento global supera los 1,5 °C antes de volver a ese nivel para 2100 que, si el calentamiento global se estabiliza gradualmente en 1,5 °C.

**A aumentos mayores de temperatura de 3-4° C, es casi seguro que se crucen varios puntos de inflexión, con cambios abruptos e irreversibles en los ecosistemas o los patrones climáticos, lo que limitará nuestra capacidad de adaptación.**

La transgresión de ciertos “umbrales” por parte de componentes del sistema terrestre implica un cambio a un estado completamente nuevo que puede ser difícil de revertir y puede desencadenar bucles de retroalimentación positiva o impactos en cascada con otros elementos que incluso aceleren el calentamiento. Así, un estudio<sup>29</sup> alerta de que cambios irreversibles pueden comenzar a remodelar los ecosistemas del mundo en los próximos años, al superarse los límites climáticos de forma prácticamente simultánea en la mayoría de las especies en cada ecosistema.

**Figura 15:** Posibles elementos de inflexión y efectos en cascada de acuerdo con los umbrales estimados para la temperatura media global de la superficie (AEMA, 2019)

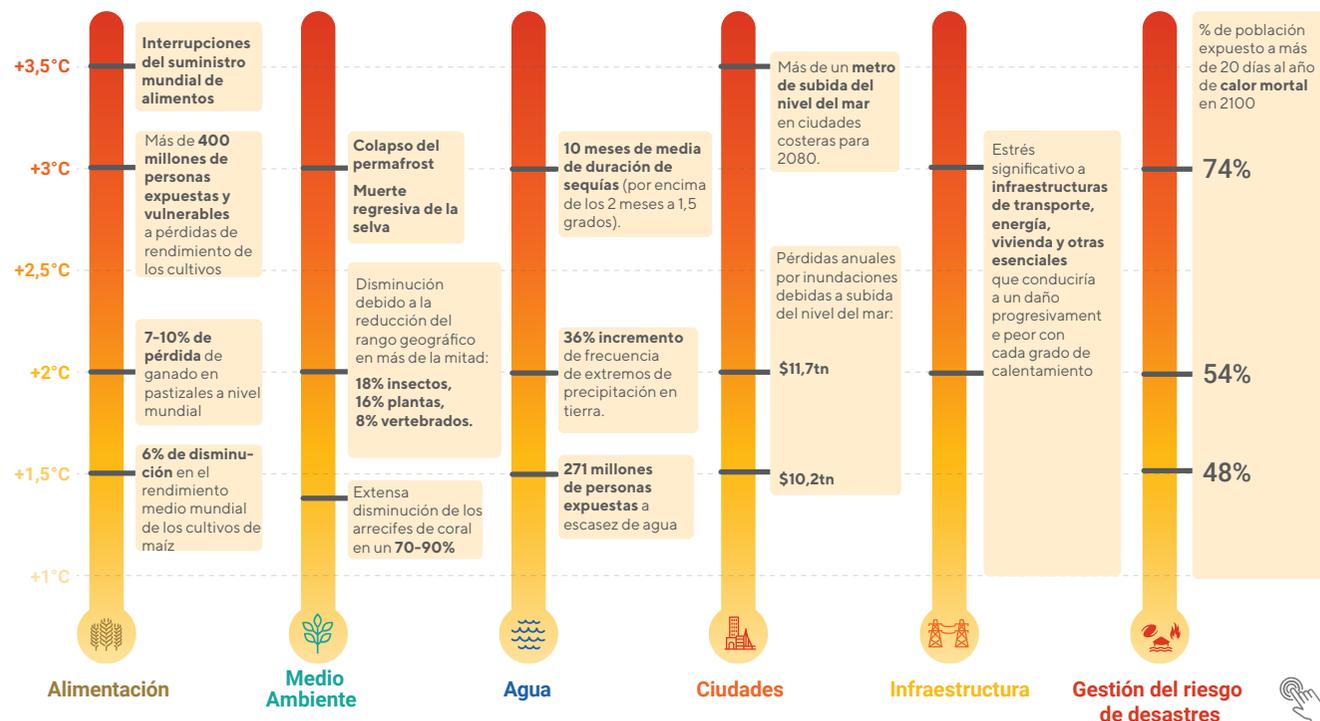


© Agencia Europea del Medio Ambiente (2019); Informe “El medio ambiente europeo: estado y perspectivas 2020 (SOER 2020)”

29. Trisos, C.H., Merow, C. & Pigot, A.L. The projected timing of abrupt ecological disruption from climate change. Nature 580, 496–501 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2189-9>

El cambio climático agravará por tanto los riesgos existentes y creará nuevos riesgos para los sistemas naturales y humanos. La Figura 16 describe la magnitud y la gravedad de las consecuencias en sistemas clave que están en riesgo. Los riesgos se distribuyen de forma dispar y son generalmente mayores para las personas y comunidades desfavorecidas, haciendo que aumenten las diferencias entre países desarrollados y en vías de desarrollo. En estos últimos, el cambio climático puede provocar que más de 100 millones de personas vivan en umbrales de pobreza en 2030, con fuertes impactos en la mortalidad y morbilidad (OMS, 2018). Asimismo, según un estudio del Banco Mundial<sup>30</sup> solo en las regiones de América Latina, el sur de Asia y África Subsahariana, podrían generarse movimientos migratorios internos causados por los impactos crónicos<sup>31</sup> del cambio climático de más de 143 millones de personas (equivalente al 2,8% de la población en estas regiones) en 2050 en el escenario más pesimista. La referencia más citada a nivel global es que hacia 2050 podría haber unos 200 millones de personas desplazadas debido a variaciones en regímenes de precipitación, sequías, subidas del nivel del mar e inundaciones costeras<sup>32</sup>, si bien, éste es un ámbito en el que la investigación aún debe avanzar mucho.

**Figura 16:** Magnitud y la gravedad de las consecuencias en función de aumento de temperatura (Comisión Global de adaptación, 2019<sup>33</sup>)



Adaptado y traducido en base a @Comisión Global de Adaptación, 2019

Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience  
 Copyright 2019 Global Commission on Adaptation. This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

30. Banco Mundial, 2018; Groundswell: Prepararse para las migraciones internas provocadas por impactos climáticos.

31. Los impactos crónicos del cambio climático están asociados a los cambios a largo plazo y progresivos en los patrones climáticos como el incremento de la temperatura o el nivel del mar.

32. <https://www.osce.org/eea/14851?download=true>; <https://www.iom.int/news/finding-our-way-age-climate-change-and-migration>;

33. Global Commission on Adaptation, 2019; Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience

5

CONCLUSIONES



1

## LA INFLUENCIA HUMANA EN EL SISTEMA CLIMÁTICO ES CLARA



La emisión adicional de GEIs antropogénicos conduce a un aumento de la temperatura del planeta con un efecto que puede durar muchos milenios antes de que los procesos naturales los eliminen de la atmósfera.

- La **concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>**, el GEI que contribuye en más de dos tercios al calentamiento global, **alcanzó su máximo medio anual de 409,8 ppm en 2019**, por encima de los niveles observados en, al menos, los últimos 800.000 años y muy por encima de los niveles de concentración con los que ha convivido el hombre. El IPCC (AR5) concluyó con un alto nivel de confianza que la influencia humana a través de la emisión de GEI ha sido la causa dominante del calentamiento observado desde mediados del siglo XX.
- El IPCC ha estimado que los objetivos del Acuerdo de París implican no superar **una concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> equivalente de 450 ppm (para limitar el aumento de la temperatura a 2°C) o 430 ppm (para 1,5°C) a final de siglo**.
- **El aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> es debido, principalmente**, a las emisiones procedentes de la quema de combustibles fósiles, las cuales representan las tres cuartas partes de las emisiones totales de GEI (**~55,3 GtCO<sub>2</sub>e en 2018**). Entre 2009-2018, las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron en promedio unas 34,7 ± 1.8 GtCO<sub>2</sub> anuales, creciendo a una tasa promedio anual de 0,9 % hasta alcanzar un récord de 36.6 GtCO<sub>2</sub> en 2018 (+2 % respecto a 2017).

2

## LA EVIDENCIA CIENTÍFICA MUESTRA QUE EL CAMBIO CLIMÁTICO ES UNA REALIDAD



Constata que sus efectos derivados se están produciendo a una velocidad sin precedentes y con consecuencias evidentes.

- **Las temperaturas globales han venido aumentando de manera sistemática desde 1880**, alcanzándose 19 de los 20 años más calurosos desde que existe registro a partir del año 2001. **2019 fue el segundo año más cálido del que se tienen registros**, con una temperatura media mundial en superficie que superó en ~1,1°C a la de la era preindustrial (1850-1900), con un mayor aumento en tierra que sobre el océano. Desde la década de 1980, cada década sucesiva ha sido más cálida que cualquier anterior, con un calentamiento continuo en el intervalo de 0,1°C a 0,3 C por década (OMM, 2020). Las consecuencias de este calentamiento global se están constatando en otras variables como la disminución de la capa de hielo, la acidificación y desoxigenación de los océanos y la subida del nivel del mar.
- Existe **también una relación entre el calentamiento global y los eventos climáticos extremos (olas de calor, ciclones, etc.)**. Y es que, a pesar de la complejidad de su estudio, ya que son por definición raros/excepcionales, existe el consenso general de que los cambios en su frecuencia o intensidad están aumentando en muchas regiones como resultado del cambio climático global.

3

## EL CAMBIO CLIMÁTICO AFECTA A TODOS LOS SECTORES DE ACTIVIDAD



**El cambio climático, y particularmente, los eventos extremos, afectan en gran medida el bienestar humano y todos los sectores de actividad**, tanto de forma directa como indirecta, a través de sus impactos en los ecosistemas naturales y los sistemas socio-económicos.

## 4 | EL CAMBIO CLIMÁTICO REQUERIRÁ UNA ACCIÓN DE ADAPTACIÓN

### Existe un cierto cambio en el clima que es inevitable y requerirá una acción de adaptación.

- Debido a las emisiones acumuladas, la inercia del sistema climático y la tasa actual de emisiones, los efectos físicos del cambio climático son similares para todos los escenarios de emisiones en el corto plazo siendo previsible que se alcance el límite de 1,5°C en torno a 2040 (IPCC SR15, 2018), si se mantienen las tasas de calentamiento actuales.
- La gran variación en los resultados físicos surge a partir de 2050, dependiendo de las acciones de las próximas décadas, de forma que, si se alcanza la neutralidad climática global en 2050, la temperatura global podría mantenerse en los 1,5°C en 2100. Pero la estabilización de la temperatura media global en superficie no implica la estabilización de todos los aspectos del sistema climático, y muchos aspectos (ej. subida del nivel del mar) continuarán durante siglos ya que, responden más lentamente a cambios en la temperatura global. Por ello, **las acciones de adaptación son clave.**

## 5 | CADA DÉCIMA DE AUMENTO DE TEMPERATURA ES IMPORTANTE

**Pero cada décima de aumento de temperatura es importante** ya que los impactos se incrementan rápidamente, incluso exponencialmente, de forma que la mitigación es clave. A mayor perturbación del clima, aumenta el riesgo de sufrir impactos severos, generalizados e irreversibles en los sistemas ecológicos y humanos. Limitar el incremento de la temperatura a 1,5°C en 2100 todavía es posible y permitiría reducir sustancialmente la magnitud de muchos impactos incluso frente a un escenario de 2°C.

## 6 | LOS ESFUERZOS PARA REDUCIR LAS EMISIONES REPERCUTIRÁN EN EL CLIMA GLOBAL

Los esfuerzos mundiales para reducir las emisiones en las próximas décadas tendrán un profundo impacto en el clima global en la segunda mitad de este siglo. Estos **esfuerzos de mitigación deberán ir acompañados de actuaciones de adaptación** a las condiciones cambiantes para abordar el desafío.



# 6 Principales referencias

- 1) IPBES (2019). Evaluación Global de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos. <https://ipbes.net/news/global-assessment>
- 2) IPCC. (2014). AR5. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- 3) IPCC (2018) SR15. Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15\\_Full\\_Report\\_High\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf)
- 4) IPCC (2019a). SRCCL. Informe Especial del IPCC sobre el Cambio Climático y la Tierra. <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- 5) IPCC (2019b). SROCC. Informe especial del IPCC sobre los océanos y la criosfera en un clima cambiante. <https://www.ipcc.ch/srocc/>
- 6) OMM (2020) Estado del clima mundial en 2019 [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10215](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10215)
- 7) OMM (2019a) Estado del clima mundial en 2018 [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=5845](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5845)
- 8) OMM (2019b) Estado del clima mundial en el periodo 2015 – 2019 [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=5845](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5845)
- 9) OMS. (2018). Informe Especial para la COP24 sobre Salud y Cambio Climático: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276405/9789241514972-eng.pdf?ua=1>
- 10) PBL, (2020) [Trends in global CO<sub>2</sub> and total greenhouse gas emissions: 2019 Report](#). PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2020
- 11) UNEP (2019) Emissions Gap Report. <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>
- 12) USGCRP, 2017: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment* (NCA4, Volume I) <https://science2017.globalchange.gov/chapter/1/>

# Iberdrola y su compromiso con una acción climática ambiciosa y urgente

Hace más de dos décadas [el grupo Iberdrola](#) comprendió la trascendencia del cambio climático. La compañía comenzó entonces una profunda transformación de su modelo de negocio, que le ha permitido liderar la transición energética y contribuir a avanzar hacia un futuro sostenible y justo.

El sector eléctrico juega un papel clave en el logro del propósito fijado por el histórico Acuerdo de París para limitar el incremento de la temperatura del planeta por debajo de los 2°C. El grupo Iberdrola, activo participante de las diferentes Cumbres Climáticas, [está plenamente alineado con este pacto internacional](#), habiendo asumido un compromiso público de alcanzar la neutralidad de carbono en 2050 (y prevé alcanzar una intensidad de emisiones prácticamente nulas en Europa en 2030). Alcanzar un modelo energético descarbonizado es viable actualmente y puede llevarse a cabo de forma eficiente y competitiva. Iberdrola está en una posición óptima para gestionar los riesgos y aprovechar las oportunidades que esta transición energética ofrece gracias a su liderazgo en energías renovables, redes inteligentes, almacenamiento y digitalización.

Conscientes de que el cambio climático es un desafío que precisa de la participación activa de todos los agentes de la sociedad, el grupo Iberdrola lleva a cabo diferentes iniciativas de sensibilización en el marco de su [Plan de concienciación social en cambio climático](#). Este documento forma parte de nuestra iniciativa de poner a disposición de la sociedad materiales didácticos para sensibilizar sobre cambio climático global.

Descubre más sobre nuestra acción climática y de concienciación en nuestra web, donde podrás encontrar materiales para seguir profundizando en este gran reto global:



*Código QR de acceso a la sección de cambio climático de Iberdrola*

Diseño y maquetación: Iberdrola, S.A.

Elaborado por: Dirección de políticas energéticas y cambio climático

Año de edición: 2020

