

## CALENTAMIENTO GLOBAL

### 1 INTRODUCCIÓN

Cambio climático o Calentamiento global, conjunto de alteraciones en el clima terrestre que pueden afectar a todos los parámetros climáticos (precipitaciones, temperatura, nubosidad, etc.). El clima nunca ha sido estático, sino que a lo largo de la historia de la Tierra se han producido diversos cambios climáticos provocados por causas naturales.

Los científicos consideran que la Tierra se enfrenta en la actualidad a un periodo de calentamiento rápido atribuido a las actividades humanas, originado por el incremento atmosférico de los niveles de gases que retienen el calor, denominados gases de efecto invernadero o gases invernadero.

Los gases de efecto invernadero retienen la energía radiante (calor) proporcionada por el Sol a la Tierra en un proceso denominado efecto invernadero. Estos gases tienen un origen natural y sin ellos el planeta sería demasiado frío para albergar vida tal como la conocemos. Sin embargo, desde el inicio de la Revolución Industrial a mediados del siglo XVIII, las actividades de los seres humanos han añadido más y más gases de este tipo en la atmósfera. Por ejemplo, los niveles de dióxido de carbono, un poderoso gas de efecto invernadero, se han incrementado de manera espectacular desde 1750, principalmente por el uso de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural

### 2 EL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL PASADO

Desde su formación hace aproximadamente 4.650 millones de años, la Tierra se ha calentado y enfriado muchas veces. Los cambios climáticos globales dependían de muchos factores, como las erupciones volcánicas masivas que incrementaron el dióxido de carbono en la atmósfera, los cambios en la intensidad de la energía emitida por el Sol y las variaciones de la posición de la Tierra respecto al Sol, tanto en su órbita como en la inclinación de su eje de rotación.

Hace 10.000 años se inició un periodo interglacial cuando la última edad de hielo llegó a su fin. Antes de esa edad de hielo hubo un periodo interglacial hace unos 125.000 años.

Durante los periodos interglaciales los gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano, aumentaron de forma natural en la atmósfera debido al incremento de la vida animal y vegetal. Pero desde el año 1750 estos gases han aumentando de forma preocupante, alcanzando niveles nunca detectados, como consecuencia del rápido crecimiento de la población humana y del desarrollo de la tecnología y la agricultura.

Los gases de efecto invernadero y las temperaturas están aumentando. Antes de finales del siglo XIX, la temperatura media de la Tierra era de casi 15 grados centígrados. A lo largo de los últimos 100 años, la temperatura media de la superficie terrestre ha subido alrededor de 0,7 °C , con una subida más pronunciada a partir de la década de 1970.

Los científicos han relacionado este aumento con numerosos cambios producidos en todo el mundo, como el deshielo de los glaciares de montaña y del hielo polar, el aumento del nivel del mar, las sequías más importantes y prolongadas, las tormentas más intensas, las olas de calor más frecuentes y los cambios en los ciclos vitales de muchas plantas y animales. El calentamiento ha sido más acusado en el Ártico, donde las temperaturas han llegado a aumentar incluso el doble de la media global.

### 3 EL CALENTAMIENTO GLOBAL EN EL FUTURO

Los científicos prevén que el calentamiento global continuará a un ritmo sin precedentes en la historia de la Tierra y prevén un calentamiento todavía mayor en el siglo XXI, que dependerá de las futuras emisiones de gases de efecto invernadero. En un supuesto con emisiones más altas, en el que las emisiones continúan incrementándose a un nivel significativo a lo largo del siglo, los científicos prevén para el año 2100 un calentamiento de 2,4 a 6,4 grados centígrados. En cambio, en un supuesto con menos emisiones, en el que estas crecen despacio hasta llegar a un máximo en 2050 para descender después, los científicos pronostican un calentamiento de 1,1 a 2,9 °C para el año 2100.

El deshielo de los polos y de los glaciares, así como el calentamiento de los océanos, ocasionaría un aumento del volumen del océano y, por tanto, una elevación del nivel del mar, lo que provocaría una inundación de las zonas costeras e incluso de islas enteras. Se espera que los patrones de lluvias cambien y se prevén más lluvias en altitudes más altas (más cerca de los polos) y menos en las zonas subtropicales (como el Mediterráneo y el sur de África). Los cambios en las temperaturas y en las precipitaciones podrían dañar las cosechas, alterando la producción de alimentos en algunas partes del mundo. Las especies vegetales y animales se trasladarán a los polos o a lugares de mayor altura buscando temperaturas más frías y aquellas que no sean capaces de hacerlo se extinguirán. El incremento de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera también provoca un aumento de la acidez de los océanos, dañando los ecosistemas marinos.

Las consecuencias que puede acarrear este fenómeno son tan preocupantes que muchos líderes científicos y cada vez más también los políticos, los hombres de negocios y otros ciudadanos, piden la cooperación internacional y una acción inmediata para contrarrestar el problema.

### 4 EL EFECTO INVERNADERO

La energía que ilumina y calienta la Tierra procede del Sol. Las radiaciones solares de onda corta que emite el Sol, como la luz visible, penetran en la atmósfera y son absorbidas por la superficie, calentando la Tierra. A su vez, la superficie de la Tierra libera un poco de este calor en forma de radiación infrarroja de onda larga.

Gran parte de esta radiación infrarroja regresa al espacio pero una parte permanece atrapada en la atmósfera terrestre, retenida por ciertos gases atmosféricos como el vapor de agua, el dióxido de carbono y el metano. Estos gases absorben y reflejan el calor irradiado por la Tierra del mismo modo que el cristal en un invernadero, por lo que reciben el nombre de gases de efecto invernadero.

Únicamente los gases de efecto invernadero, que constituyen menos del 1% del total de los gases atmosféricos, ofrecen a la Tierra cierto aislamiento. Si no fuera por el efecto invernadero, la temperatura media de la superficie terrestre sería alrededor de -18 °C y

el hielo cubriría la Tierra de un polo a otro, imposibilitando el desarrollo de la vida en nuestro planeta.

#### 4.1 Tipos de gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero están presentes de forma natural en el medio ambiente y también se forman como resultado de las actividades humanas. El gas de efecto invernadero más abundante es el vapor de agua, que llega a la atmósfera mediante evaporación del agua de los océanos, lagos y ríos. Sin embargo, la cantidad de vapor de agua en la atmósfera no depende directamente de las actividades humanas. El dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y el ozono están presentes de forma natural en la atmósfera pero también proceden de las actividades humanas. Otros gases de efecto invernadero no tienen un origen natural y solo se forman en los procesos industriales. Las actividades humanas producen también partículas transportadas por el aire, llamadas aerosoles, que compensan parte del calentamiento provocado por la acumulación de los gases de efecto invernadero.

##### 4.1.1 Dióxido de carbono

El dióxido de carbono es el segundo gas de efecto invernadero más abundante después del vapor de agua. Este gas circula en el ambiente de forma constante participando en diversos procesos naturales que constituyen el ciclo del carbono. El dióxido de carbono llega a la atmósfera a partir de las erupciones volcánicas, la respiración de los animales que inhalan oxígeno y exhalan dióxido de carbono, y la combustión o descomposición de las plantas y otra materia orgánica. El dióxido de carbono abandona la atmósfera cuando se disuelve en el agua, especialmente en los océanos, y cuando es absorbido por las plantas. Los vegetales utilizan la energía luminosa, mediante un proceso llamado fotosíntesis, para convertir el dióxido de carbono y el agua en azúcares simples que emplean como alimento. Mediante este proceso las plantas almacenan carbono en los tejidos y liberan oxígeno como subproducto.

En el año 2007, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), una de las principales organizaciones científicas que estudian este proceso, afirmó que los niveles de dióxido de carbono habían alcanzado un registro máximo de 379 ppm y estaban subiendo una media de 1,9 ppm por año.

Para estabilizar las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono deberían reducirse de forma considerable las emisiones globales, entre un 70% y un 80 por ciento. Si no tomamos medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, se prevé que hacia el año 2100 el dióxido de carbono alcanzará concentraciones de más del doble o incluso el triple de las que había antes de la Revolución Industrial.

##### 4.1.2 Metano

El metano se emite a la atmósfera durante el proceso de extracción del carbón, y en la producción y transporte de gas natural y petróleo. Es, además, un producto de la descomposición de la materia orgánica en los vertederos, arrozales y pantanos, y un subproducto de la digestión de ciertos animales, en especial del ganado vacuno. Las plantas vivas emiten también pequeñas cantidades de metano.

##### 4.1.3 Óxido nitroso

El óxido nitroso es un gas con potente efecto invernadero liberado principalmente al arar las tierras de labranza y al quemar combustibles fósiles. El óxido nitroso retiene alrededor de trescientas veces más calor que el dióxido de carbono. La concentración de óxido nitroso contribuye al calentamiento global aproximadamente diez veces más que la del dióxido de carbono.

#### 4.1.4 Ozono

El ozono es un gas de efecto invernadero tanto de origen natural como producido por el ser humano. El ozono presente en la zona superior de la atmósfera (estratosfera) constituye la capa de ozono y actúa como escudo protector de la Tierra frente a las nocivas radiaciones ultravioletas del Sol. Este gas se forma por la acción de la luz ultravioleta solar sobre las moléculas de oxígeno. Se sabe que algunas sustancias químicas destruyen las moléculas de ozono en la zona superior de la atmósfera. Esto podría disminuir o agotar la capa de ozono. En realidad la disminución de la capa de ozono origina un ligero enfriamiento que compensa, en una pequeña proporción, el calentamiento ocasionado por los gases de efecto invernadero. Sin embargo, el ozono en la zona inferior de la atmósfera es un componente de la niebla tóxica o *smog*. El óxido nitroso y los gases volátiles orgánicos emitidos por los automóviles y las industrias se combinan para formar ozono. Este ozono es un tóxico que daña la vegetación, destruye los árboles e irrita el tejido pulmonar. La contribución de este gas de efecto invernadero al calentamiento global es cuatro veces menor que la del dióxido de carbono. A diferencia del resto de gases de efecto invernadero, que están dispersos por toda la atmósfera, el ozono en la zona inferior de la atmósfera tiende a estar limitado a las regiones industrializadas.

#### 4.1.5 Sustancias químicas sintéticas

Los procesos industriales emplean o generan muchas sustancias químicas sintéticas que son gases con potente efecto invernadero. Aunque estos gases se producen en cantidades relativamente pequeñas retienen entre cientos y miles de veces más calor en la atmósfera que el dióxido de carbono. Además, sus enlaces químicos hacen que sean muy duraderos en el medio.

Los gases de efecto invernadero producidos por el ser humano son los clorofluorocarbonos (CFC), un grupo de gases que contienen cloro, muy utilizados en el siglo XX como refrigerantes, propulsores de pulverizadores y productos de limpieza. Los estudios científicos han demostrado que el cloro liberado por los CFC en la zona superior de la atmósfera destruye la capa de ozono. Por esta razón, está reduciéndose su producción a partir de un tratado internacional aprobado en 1987, el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Los CFC fueron prohibidos en la mayoría de los países industrializados desde el inicio de 1996 y en los países en desarrollo se estableció una retirada progresiva a partir de 2010. Se han obtenido nuevas sustancias químicas para sustituir a los CFC como los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC) pero también poseen un potente efecto invernadero.

#### 4.2 Aerosoles

La combustión de la gasolina y, en menor medida, los procesos industriales y agrícolas producen no solo gases sino también diminutas partículas sólidas y líquidas, denominadas aerosoles, que permanecen suspendidas en la atmósfera. Aunque los

aerosoles no son gases de efecto invernadero, afectan al calentamiento global de distintos modos.

Los motores diesel y algunos tipos de combustiones de biomasa producen aerosoles negros como el hollín, que absorben la energía solar y contribuyen al calentamiento. Por el contrario, las plantas energéticas alimentadas con carbón rico en azufre emiten aerosoles de sulfato que tienen un color claro y reflejan la energía solar de vuelta al espacio. De este modo producen un efecto de enfriamiento. En general, los aerosoles pueden compensar parcialmente el calentamiento neto que producen los gases de efecto invernadero diferentes del dióxido de carbono, la mitad mediante enfriamiento directo y la otra mitad mediante enfriamiento indirecto. Sin embargo, no se ha cuantificado con exactitud el efecto de enfriamiento de estos aerosoles.

## 5 MEDICIÓN DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

Ya en 1896 los científicos señalaron que el uso de combustibles fósiles podría cambiar la composición de la atmósfera y producir un aumento de la temperatura media global. La primera parte de esta hipótesis quedó confirmada en 1957 cuando los expertos del programa de investigación global denominado Año Geofísico Internacional analizaron la atmósfera sobre el volcán hawaiano Mauna Loa. Sus aparatos de medición determinaron que la concentración de dióxido de carbono estaba aumentando. Desde entonces, se ha realizado un seguimiento minucioso de la composición de la atmósfera. Los datos registrados demuestran, sin lugar a dudas, que las concentraciones de gases de efecto invernadero están aumentando.

La medición del calentamiento global (comportamiento de la temperatura media a largo plazo) resulta complicada. Las temperaturas varían mucho en todo momento y lugar, y una tendencia al calentamiento local puede deberse simplemente a la variabilidad natural del clima. Sin embargo, las mediciones de los parámetros climáticos realizadas a lo largo de varios años en distintas partes del mundo, han permitido a los científicos detectar una tendencia al calentamiento más allá de las fluctuaciones que puedan deberse al azar.

Los registros realizados desde finales del siglo XIX demuestran una tendencia al calentamiento, aunque se trata de datos parciales que pueden resultar poco fiables. No obstante, desde 1975 se han realizado mediciones en estaciones climáticas más fiables, localizadas lejos de las ciudades, y también, desde 1979, en satélites. Estas estaciones han realizado mediciones más precisas, sobre todo aquellas tomadas en las aguas oceánicas, que constituyen el 70% de la superficie del planeta. Estos registros indican la existencia de una clara tendencia al calentamiento de la superficie y al hecho de que las temperaturas han subido de forma más pronunciada en las últimas décadas.

### 5.2 Predicciones del calentamiento global

En su informe de 2007 el IPCC pronosticó aumentos de la temperatura en distintas circunstancias, según la magnitud de las futuras emisiones de gases de efecto invernadero. En un supuesto "moderado", con un crecimiento lento de estas emisiones y un pico alrededor del año 2050 para descender después, el informe del IPCC prevé un calentamiento de entre 1,1 °C y 2,9 °C hacia el año 2100. En un supuesto con "emisiones elevadas", en el que las emisiones continúan subiendo de forma considerable hasta estabilizarse a finales del siglo, el informe del IPCC prevé un calentamiento adicional de 2,4 °C a 6,4 °C hacia el año 2100.

El IPCC alertó de que, incluso si las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero dejan de aumentar, el clima continuará calentándose durante un periodo prolongado, como consecuencia de las emisiones pasadas, y con efectos más pronunciados que los observados durante el siglo XX. Si las emisiones de gases de efecto invernadero continúan aumentando los expertos prevén un cambio climático preocupante.

En octubre de 2007 un estudio publicado en la Academia Nacional de Ciencias alertó de que los modelos de clima usados para predecir el calentamiento futuro pueden ser demasiado optimistas. Este estudio detectó que la concentración atmosférica de dióxido de carbono ha subido un 35% entre 1990 y 2006, un ritmo de subida mucho mayor del supuesto en la mayoría de los modelos climáticos. Los expertos señalaron que el ritmo de crecimiento medio de esta concentración era del 1,3% en el periodo entre 1990 y 1999, pero del 3,3% entre 2000 y 2006. Se calcula que en el año 2000 se emitieron 7.000 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono a la atmósfera por el uso de combustibles fósiles y que esta cifra subió a 8.600 millones de toneladas métricas en 2006. Los expertos también llamaron la atención sobre el inesperado deshielo en el océano Glacial Ártico, durante el verano de 2007, como prueba de que los modelos climáticos habituales son inadecuados para predecir la rapidez del cambio climático.

## 6 EFECTOS DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

Los científicos emplean modelos informáticos sofisticados de temperatura, patrones de precipitación y circulación atmosférica para estudiar el calentamiento global. Basándose en estos modelos, los investigadores han realizado numerosas predicciones sobre cómo afectará el calentamiento global al clima, hielo glaciar, nivel del mar, agricultura, especies animales y vegetales y salud humana. Ya se están observando muchos de estos cambios relacionados con la subida de las temperaturas.

### 6.1 CLIMA

Los científicos prevén que las regiones polares del hemisferio norte se calentarán más que otras zonas del planeta, y que los glaciares y el hielo del mar perderán extensión. La nieve desaparecerá en las regiones que ahora presentan nevadas suaves durante el invierno. En las montañas de zonas templadas las nieves perpetuas se localizarán a mayor altitud y los mantos de nieve se fundirán antes. Las temperaturas invernales y nocturnas tenderán a subir más que las diurnas y estivales. Muchas de estas tendencias están comenzando a aparecer. Las temperaturas árticas, por ejemplo, han subido casi el doble de la media global en los 100 últimos años.

Un mundo más caliente será, en general, también más húmedo, como consecuencia de una mayor evaporación del agua de los océanos. Una atmósfera más húmeda puede contribuir a provocar mayor calentamiento. Por una parte, el vapor de agua es un gas de efecto invernadero y su mayor presencia aumentará aún más el calentamiento. Por otra, más vapor de agua en la atmósfera forma más nubes que reflejan la luz solar de vuelta al espacio y reducen el proceso de calentamiento (ciclo del agua). No sabemos cuál de estos efectos predominará en el futuro y los científicos tienen en cuenta ambas opciones al predecir los aumentos de la temperatura.

Se prevé que las tormentas serán más frecuentes e intensas en las zonas más calientes. También el agua del suelo se evaporará más rápidamente y provocará que este se seque más rápido entre los periodos de lluvias. Algunas regiones podrían estar más secas que ahora. En general, se supone que las mayores latitudes recibirán más agua de lluvia y que las zonas subtropicales recibirán menos.

## 6.2 Placas de hielo y glaciares

Las temperaturas más altas ya están provocando cambios sustanciales en los glaciares de las montañas de todo el mundo, en las placas de hielo de Groenlandia y de la Antártida, y en el hielo del océano Glacial Ártico. En Europa, África, Asia y Norteamérica los glaciares de las montañas han disminuido durante el siglo XX y el deshielo es más rápido. Este deshielo a gran escala puede acelerar el ritmo del calentamiento global. El hielo tiene un efecto de enfriamiento porque refleja la luz solar de vuelta al espacio. El agua y la tierra, más oscuras que el hielo, absorben y retienen más calor.

Los glaciares del Kilimanjaro, la montaña más alta de África, han perdido el 82% de su hielo desde 1912 y se prevé su desaparición total hacia 2020. Los glaciares en la cordillera del Himalaya, en Asia, están sufriendo un deshielo a un ritmo de 9-15 m al año. Este deshielo alimenta a los principales ríos, como el Ganges, Yangtzé y Mekong. Se prevé la desaparición de los glaciares del Parque nacional de los Glaciares, en Estados Unidos, hacia el año 2030 y su número ya ha descendido desde 150 glaciares en 1850 a 26 en 2007.

La temperatura media anual en el Ártico ha aumentado casi al doble de la que había en las últimas décadas. La superficie cubierta por el hielo en los mares durante el verano ha descendido entre un 15% y un 20% en los 30 últimos años y se prevé que desaparecerá casi por completo a finales del siglo XXI. Numerosas especies como los osos polares, focas y morsas dependen del hielo para su supervivencia. La rápida pérdida de los glaciares en Alaska supone casi la mitad de la pérdida total de hielo en los glaciares de todo el mundo y contribuye de forma considerable a la elevación del nivel del mar observada. El deshielo de la placa de hielo de Groenlandia, que podría elevar el nivel del mar unos 7 metros si se deshelara por completo, también está acelerándose. La superficie que está sufriendo al menos cierto grado de deshielo aumentó un 16% entre 1979 y 2002 y los científicos calculan que un calentamiento de solo unos pocos grados centígrados podría causar un deshielo generalizado, provocando una elevación considerable del nivel del mar.

El agua dulce que fluye en el océano Atlántico norte al derretirse el hielo Ártico, podría alterar los patrones de circulación oceánicos que tienen gran influencia en el clima global. Según las predicciones científicas es improbable un colapso de estos patrones de circulación hacia 2100. En la Antártida la situación es algo distinta a la del Ártico. La península Antártica, el extremo más septentrional de la Antártida que se extiende hacia Sudamérica, ha sufrido un calentamiento drástico, a una velocidad varias veces superior a la media global en los últimos cincuenta años. Sin embargo, otras zonas de la Antártida no han presentado una tendencia similar, ya que algunas han sufrido calentamiento y otras enfriamiento. En general, se piensa que la Antártida está calentándose igual que la media de todo el planeta. A diferencia de lo que ocurre en el Ártico, no existe una tendencia general en el hielo del mar. No obstante, en la península Antártica diez placas de hielo flotante han perdido más de 14.000 km<sup>2</sup> de hielo y probablemente no han estado en un nivel tan bajo en los últimos 10.000 años. Los científicos calculan que un calentamiento superior a unos pocos grados centígrados podría provocar un deshielo generalizado de la placa de hielo de la Antártida occidental, igual que sucedería en Groenlandia. Solo este deshielo podría provocar una subida del nivel del mar de hasta 5 metros.

## 6.3 Nivel del mar

Conforme se calienta la atmósfera también lo hace la capa superficial del océano, aumentando su volumen y subiendo el nivel del mar. El deshielo de los glaciares y de las placas de hielo, sobre todo alrededor de Groenlandia, aumenta todavía más el nivel del mar, que subió entre 10 y 25 cm durante el siglo XX (esta diferencia se debe a la incertidumbre de las mediciones y a la variabilidad regional). Se prevé que hacia finales del siglo XXI el nivel del mar habrá subido otros 28-58 cm si continúa el aumento considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero. La predicción es algo menor (19-37 cm) si estas emisiones comienzan a descender alrededor del año 2050. Estas predicciones no tienen en cuenta el posible deshielo a gran escala de las placas de hielo de Groenlandia o de la Antártida, que podría comenzar en el siglo XXI si las temperaturas suben algunos grados centígrados.

La subida del nivel del mar podría dificultar la vida en muchas islas y regiones costeras. Las tormentas fuertes en las que el viento levanta el agua y sube el nivel del mar, serán más frecuentes y dañinas. Aumentará la erosión de los acantilados, playas y dunas. Conforme el mar invada la desembocadura de los ríos, aumentarán las inundaciones por escorrentía en la cuenca alta.

Pequeños países isleños como Tuvalu y Kiribati, en los que la tierra más alta está solo a unos pocos metros por encima del nivel del mar, están sufriendo ya la invasión del agua salada, que convierte el agua dulce en imbebible, así como un mayor impacto de los tifones y del fuerte oleaje. Estos países podrían desaparecer si continúa la subida del nivel del mar. Incluso una subida moderada de este nivel tendría consecuencias graves en los ecosistemas costeros.

Es posible limitar las consecuencias si se toman algunas medidas. Las costas pueden protegerse con diques, muros y otras barreras para impedir la invasión del mar. Otra opción es que los gobiernos ayuden a la población costera a trasladarse a otras zonas más elevadas, aunque puede resultar muy complicado en aquellas regiones muy pobladas. Países industrializados como los Países Bajos pueden precisar un gasto económico enorme para proteger su costa, mientras que otros países más pobres como Bangladesh pueden verse forzados a abandonar las regiones costeras bajas.

#### 6.4 Agricultura

Un calentamiento global de algunos grados puede aumentar la producción agrícola, aunque no necesariamente, en algunas zonas donde ahora crecen cosechas. Por ejemplo, el sur de Canadá podría beneficiarse de lluvias más abundantes y de una estación de crecimiento más prolongada. Al mismo tiempo, las tierras de cultivo tropicales semiáridas, de algunas regiones de África, se empobrecerían todavía más. Las tierras de cultivo que reciben el agua de montañas alejadas podrían verse perjudicadas porque el manto de nieve invernal se fundiría antes de lo habitual y no coincidiría con los meses de mayor crecimiento de las plantas cultivadas. Las cosechas y los bosques también podrían verse afectados por la presencia de mayor número de insectos y de enfermedades. Las zonas agrícolas necesitarían adaptarse a las condiciones cambiantes, por ejemplo modificando el tipo de cosechas o invirtiendo en variedades que soporten mejor la sequía o el calor. Los científicos calculan que un calentamiento de hasta 3 °C podría aumentar la capacidad agrícola global, pero es probable que un calentamiento más pronunciado redujera esta capacidad.

#### 6.5 Plantas y animales

Las plantas y los animales tendrán problemas para escapar o adaptarse a los efectos del calentamiento global. Los científicos ya han observado cambios en los ciclos vitales

de muchas plantas y animales, como el florecimiento más temprano o la incubación precoz de los pájaros en primavera. Numerosas especies han comenzado a desplazarse de sus territorios habituales o a cambiar su modelo migratorio anual debido a la elevación de la temperatura.

Con un calentamiento mayor, los animales tenderán a migrar hacia los polos y hacia territorios más elevados. Las plantas intentarán también cambiar sus habitats, buscando nuevas zonas conforme las regiones en las que viven se calienten demasiado. No obstante, en muchas zonas el desarrollo humano impedirá estos cambios. Las especies que encuentren bloqueado su camino hacia el norte o hacia el sur por ciudades o terrenos cultivados podrán extinguirse. Las especies que viven en ecosistemas extremos, como los polos y las cumbres de las montañas, tienen mayor riesgo, porque no podrán migrar hacia habitats nuevos. Por ejemplo, los osos polares y los mamíferos marinos del Ártico ya están amenazados por el deshielo del hielo del mar.

Es difícil predecir las especies en riesgo de extinción por el calentamiento global. Algunos científicos han estimado que entre el 20% y el 50% de las especies podrían estar abocadas a la extinción con una subida de 2-3 °C de temperatura. Para las plantas y los animales es muy importante, además, el ritmo de incremento de la temperatura, no solo la magnitud. Si el incremento es muy rápido, algunas especies animales e incluso ecosistemas enteros, como ciertos tipos de bosques, podrían ser incapaces de adaptarse con la suficiente rapidez y podrían desaparecer.

Los ecosistemas oceánicos, especialmente aquellos más frágiles como los arrecifes coralinos, también se verán afectados por el calentamiento global. Una mayor temperatura oceánica puede producir un “blanqueo” del coral, un estado que si se prolonga produce la muerte del mismo. Los científicos calculan que un calentamiento global de 1 °C podría provocar un blanqueo generalizado con la consiguiente muerte de los arrecifes coralinos en todo el mundo. Además, el aumento del dióxido de carbono en la atmósfera afecta a los océanos y aumenta la acidez del agua oceánica. Esta acidificación perjudica todavía más a los ecosistemas oceánicos.

## 6.6 Salud

En un mundo más caliente los científicos prevén un aumento de las enfermedades y de las muertes relacionadas con el calor, debidas no solo a los días más calurosos sino sobre todo a las noches más calurosas. Las olas de calor más frecuentes e intensas contribuirán todavía más a esta tendencia. Por otro lado, habrá descensos en el número de muertes relacionadas con el frío. Enfermedades como la malaria, localizadas en la actualidad en los trópicos y transmitidas por mosquitos u otros insectos, ampliarán su zona de influencia conforme estos insectos se desplacen a regiones que antes eran demasiado frías para ellos. Otras enfermedades tropicales podrán propagarse de forma similar, como el dengue, la fiebre amarilla y la encefalitis. Los expertos prevén también un aumento de la incidencia de alergias y enfermedades respiratorias conforme el aire más caliente contenga más contaminantes, esporas de hongos y pólenes.

## 7 MEDIDAS PARA CONTROLAR EL CALENTAMIENTO GLOBAL

La respuesta al desafío de controlar el calentamiento global precisa cambios fundamentales en la producción de energía, el transporte, la industria, las políticas gubernamentales y los planes de desarrollo en todo el mundo. Estos cambios requieren tiempo. El desafío actual es controlar las consecuencias inevitables con medidas que permitan evitar consecuencias más graves en el futuro.

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, también denominada atenuación de los gases de efecto invernadero, es una medida necesaria para controlar el calentamiento global. Existen dos estrategias principales para ralentizar la acumulación de gases de efecto invernadero. Una es reducir el uso de combustibles fósiles, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero. La otra es mantener el dióxido de carbono fuera de la atmósfera almacenando el gas o su componente de carbono en otro lugar, lo que se conoce como secuestro o captura del carbono.

### 7.1 Captura del carbono

Una manera de evitar que las emisiones de dióxido de carbono alcancen la atmósfera es conservar y plantar más árboles. Los árboles, especialmente los más jóvenes y los de crecimiento rápido, eliminan una gran cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera y almacenan átomos de carbono en la madera nueva. En todo el mundo están desapareciendo bosques a un ritmo alarmante, sobre todo en los trópicos. En muchas zonas, la reforestación es escasa y la tierra pierde fertilidad o se destina a otros usos como terrenos cultivados o desarrollos urbanísticos. Además, cuando se talan o queman árboles liberan el carbono almacenado de nuevo a la atmósfera en forma de dióxido de carbono. Ralentizar la velocidad de la deforestación y plantar nuevos árboles ayuda a contrarrestar la acumulación de gases de efecto invernadero.

También es posible una captura directa del dióxido de carbono en forma gaseosa. Antes se inyectaba en pozos de petróleo vacíos para forzar la salida de petróleo desde la tierra o el fondo del mar. Es posible utilizar ese mismo proceso para almacenar el dióxido de carbono liberado por una planta de producción de energía o una fábrica. Por ejemplo, desde 1996 se ha empleado este proceso en una plataforma de perforación de gas natural cerca de la costa noruega. El dióxido de carbono que sale a la superficie con el gas natural es capturado, comprimido y después inyectado en un acuífero profundo por debajo del lecho marino, del que no puede escapar. En la mayoría de los casos el proceso de captura de dióxido de carbono implica también el transporte del gas en forma comprimida a sitios adecuados para su almacenamiento, bajo la superficie. Las aguas oceánicas profundas podrían absorber también una gran cantidad de dióxido de carbono aunque sus efectos sobre la vida oceánica pueden resultar perjudiciales. La viabilidad y los efectos medioambientales de estas medidas están siendo estudiados por equipos internacionales.

### 7.2 Fuentes de energía

El consumo mundial de combustibles fósiles aumenta cada año. No obstante, el uso de energía en todo el mundo está cambiando lentamente: el uso de combustibles que emiten gran cantidad de dióxido de carbono está siendo sustituido por el de combustibles que emiten menos cantidad de este gas.

La madera fue la primera fuente de energía utilizada por el ser humano. Con la Revolución Industrial (a mediados del siglo XVIII), el carbón se convirtió en la fuente principal de energía. Hacia mediados del siglo XIX la utilización del petróleo superó a la del carbón para alimentar los motores de combustión interna, que después se emplearon en los coches. En el siglo XIX comenzó el uso generalizado del gas natural para calentar y alumbrar. La combustión de gas natural emite menos dióxido de carbono que el petróleo que, a su vez, emite menos que el carbón o la madera. Sin embargo, es posible que se produzca un cambio en esta tendencia conforme se agoten las reservas de petróleo. En la actualidad, están comenzando a utilizarse otros combustibles, como

las arenas asfálticas. La obtención de petróleo a partir de las arenas asfálticas implica un proceso de extracción y refinado que emite dióxido de carbono. Además, la abundancia relativa de reservas de carbón en países como China y Estados Unidos podría provocar un nuevo ascenso del uso de carbón para generar electricidad. Tecnologías innovadoras para las plantas de energía alimentadas con carbón podrían ayudar a paliar los efectos nocivos.

Solo es posible conseguir una reducción sustancial de las emisiones de dióxido de carbono cambiando la procedencia de la energía, que ahora se obtiene a partir de los combustibles fósiles. Las centrales nucleares no emiten dióxido de carbono pero la energía nuclear genera polémica por motivos de precaución, seguridad, así como por el elevado coste de eliminación de los residuos nucleares. Las energías solar, eólica y la obtenida del hidrógeno tampoco emiten gases de efecto invernadero. Estas fuentes de energía pueden ser alternativas prácticas poco contaminantes frente al uso de los combustibles fósiles. Otras opciones son los combustibles obtenidos de las plantas como el biodiesel (obtenido del aceite vegetal nuevo y usado) y el bioetanol (un aditivo de la gasolina obtenido de las plantas). El uso de estos combustibles ayudaría a reducir las emisiones totales de dióxido de carbono por los coches. El coche eléctrico híbrido, que emplea un motor eléctrico combinado con uno de gasolina o diesel, emite menos dióxido de carbono que los coches convencionales.

### 7.3 Acuerdos internacionales

Es necesaria la cooperación internacional para conseguir una reducción de los gases de efecto invernadero. La primera conferencia internacional sobre este problema se celebró en 1992 en Río de Janeiro, Brasil. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida de manera informal como Cumbre de Río o Cumbre de la Tierra, los países asistentes se comprometieron a afrontar el problema de los gases de efecto invernadero firmando la Convención Marco sobre el Cambio Climático. Hasta ahora, más de 180 países han ratificado la Convención, que compromete a los países a estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que podría evitar una interferencia humana peligrosa con el clima derechos.