

Serie *¿Y el medio ambiente?*

# CAMBIO CLIMÁTICO

Ciencia, evidencia  
y acciones



**GOBIERNO  
FEDERAL**

**SEMARNAT**

[www.gobiernofederal.gob.mx](http://www.gobiernofederal.gob.mx)  
[www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)



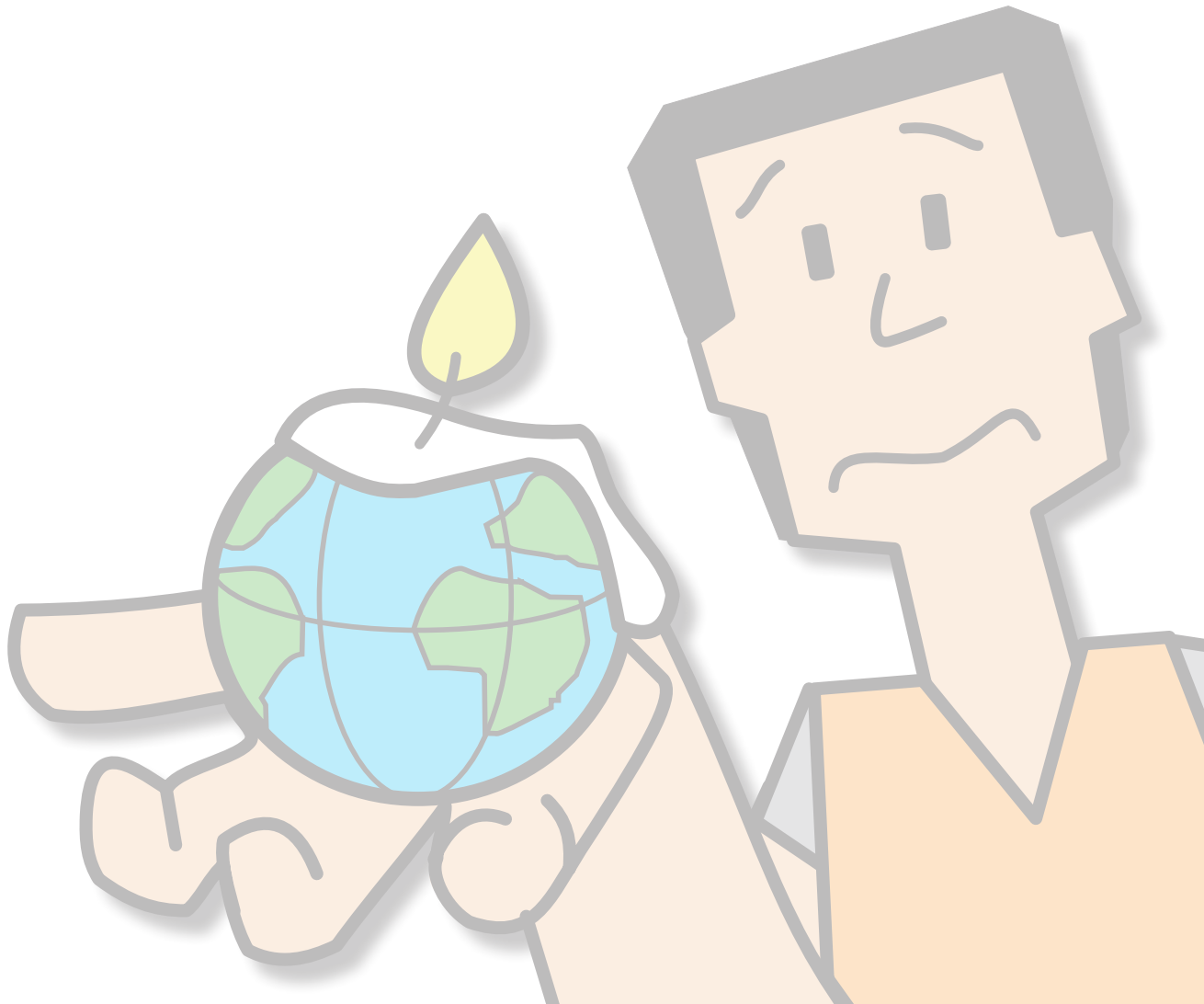
**Vivir Mejor**



Serie *¿Y el medio ambiente?*

# **CAMBIO CLIMÁTICO**

Ciencia, evidencia y acciones



**DR © 2009, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

Edificio sede

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209

Jardines en la Montaña, CP 14210

Tlalpan, México D. F.

<http://www.semarnat.gob.mx>

**Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones**

*Serie ¿Y el medio ambiente?*

Impreso en México

ISBN 978-968-817-925-3

Cómo citar esta obra:

Semarnat. *Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones*. México. 2009.

Para mayor información sobre esta obra, favor de comunicarse a:

Dirección General de Estadística e Información Ambiental

Dirección de Análisis e Indicadores Ambientales

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209

Jardines en la Montaña, CP 14210

Tlalpan, México D. F.

Teléfono 56 28 08 54, Fax 56 28 08 53



El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través del Proyecto PNUD-SEMARNAT “Construcción de ciudadanía y espacios de participación para el desarrollo sustentable, 2008-2013” apoyó parcialmente la elaboración de esta obra, con objeto de mejorar la cantidad, calidad y accesibilidad de la información ambiental.



Esta publicación es parte del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Su contenido y edición estuvieron a cargo de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental. **COORDINACIÓN GENERAL E INTEGRACIÓN:** Arturo Flores Martínez, César E. Rodríguez Ortega, Verónica E. Solares Rojas y Teresa González Ruíz. **COLABORACIÓN:** Yonatan Aguilar Cruz, Miguel Chipole Ibáñez y Sergio Barrios Monterde. **DISEÑO GRÁFICO:** Ariadna Jaimes Chacón y Esperanza Martínez Vargas.



# ÍNDICE

<b>¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?</b>	<b>2</b>
<b>LA TIERRA: UN GRAN INVERNADERO</b>	<b>2</b>
<b>¿DE DÓNDE VIENEN LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO?</b>	<b>6</b>
<b>¿QUIÉNES SON LOS RESPONSABLES DEL CAMBIO CLIMÁTICO?</b>	<b>8</b>
EMISIONES MUNDIALES	8
EMISIONES EN MÉXICO	15
<b>¿CUÁLES SON LAS EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO?</b>	<b>17</b>
TEMPERATURA	19
HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN	20
<b>¿QUÉ CONSECUENCIAS ENFRENTAMOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO?</b>	<b>22</b>
DESHIELOS	22
CAMBIOS EN EL NIVEL DEL MAR	26
EVENTOS EXTREMOS	26
EFECTOS EN AGRICULTURA Y PESQUERÍAS	32
<b>¿CÓMO AFECTA EL CAMBIO CLIMÁTICO A LA BIODIVERSIDAD?</b>	<b>34</b>
¿DEBE PREOCUPARNOS LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD PROVOCADA POR EL CAMBIO CLIMÁTICO?	41
<b>¿CÓMO SERÍA EL FUTURO CON CAMBIO CLIMÁTICO?</b>	<b>44</b>
EN EL MUNDO	44
EN MÉXICO	50
<b>¿QUÉ ESTAMOS HACIENDO PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO?</b>	<b>55</b>
ACCIÓN INTERNACIONAL	55
¿Y MÉXICO?	61

<b>¿QUÉ PUEDO HACER PARA AYUDAR A ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO?</b>	<b>64</b>
<b>¿CUÁNTO CO<sub>2</sub> EMITE UNA CASA COMO LA NUESTRA POR EL CONSUMO DE ENERGÍA?</b>	<b>66</b>
<b>¿CÓMO PUEDES AHORRAR ENERGÍA Y DISMINUIR TUS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN EL HOGAR SIN INVERTIR DINERO?</b>	<b>68</b>
<b>¡CUÍDATE DE LOS VAMPIROS!</b>	<b>70</b>
<b>¿QUÉ OTRAS OPCIONES EXISTEN PARA AHORRAR ENERGÍA Y PARA REDUCIR TUS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO?</b>	<b>71</b>
<b>USO DE LA ENERGÍA SOLAR</b>	<b>72</b>
<b>¿CÓMO CONTRIBUYEN NUESTROS AUTOMÓVILES A LA EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>?</b>	<b>74</b>
<b>VIAJAMOS MÁS, PERO EMITIMOS MENOS: EL TRANSPORTE PÚBLICO</b>	<b>75</b>
<b>¿CÓMO LE SACO MÁS JUGO Y MENOS GASES DE EFECTO INVERNADERO A MI AUTO?</b>	<b>76</b>
<b>LECTURAS Y PÁGINAS DE INTERNET RECOMENDADAS</b>	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>79</b>



# ÍNDICE DE RECUADROS

<b>VARIABILIDAD CLIMÁTICA NATURAL</b>	<b>3</b>
<b>CICLO DEL CARBONO</b>	<b>9</b>
<b>DEL METANO AL PETRÓLEO: LOS COMBUSTIBLES FÓSILES</b>	<b>12</b>
<b>IPCC: LOS CIENTÍFICOS DETRÁS DEL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>18</b>
<b>UN CINTURÓN QUE RECORRE LOS MARES: LA CORRIENTE TERMOHALINA</b>	<b>27</b>
<b>TUVALU: UN PAÍS QUE DESAPARECE</b>	<b>30</b>
<b>NANUK, EL OSO POLAR</b>	<b>38</b>
<b>¿DÓNDE ESTÁ MI ORUGA?</b>	<b>40</b>
<b>EL AMAZONAS: UNA FUENTE AGOTABLE DE BUEN CLIMA</b>	<b>42</b>
<b>CLIMA VS ESTADO DEL TIEMPO</b>	<b>45</b>
<b>GROENLANDIA: ¿LA GOTA QUE DERRAMARÁ EL VASO?</b>	<b>50</b>
<b>EL CAMBIO CLIMÁTICO EN FECHAS</b>	<b>54</b>



# PRESENTACIÓN

Durante muchos años, los temas ambientales fueron ignorados o considerados secundarios y supeditados al crecimiento económico y al desarrollo social del país, muy posiblemente debido a que no se valoraba en su justa dimensión la importancia de un medio ambiente sano o bien, a que se tenía la esperanza de que, una vez que se solucionaran los problemas sociales y económicos los ecosistemas naturales tendrían tiempo y capacidad para recuperarse. La realidad nos enfrenta al hecho de que el deterioro ambiental amenaza seriamente el desarrollo actual y futuro de las naciones. La pérdida de ecosistemas y su biodiversidad, la degradación de los suelos, la contaminación del aire y la cada vez más acentuada disminución en la disponibilidad de agua, son sólo algunos de los problemas ambientales más conocidos que enfrentamos. A éstos, ahora debemos sumarle uno más: el cambio climático global que, por la magnitud de su extensión y por todas las implicaciones, sociales, económicas y ambientales que involucra, puede comprometer seriamente el futuro de casi todos los países, incluido México.

Como para la mayoría de los problemas ambientales, la solución requiere la actuación decidida de los gobiernos, pero en el caso del cambio climático, también de una sociedad bien informada y comprometida que contribuya con su actitud y acciones a disminuir las presiones a las que está sometido el ambiente. En ese contexto, la Semarnat ofrece, a través del Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales (SNIARN), una serie de productos con información confiable, accesible y oportuna sobre la situación del ambiente y de los recursos naturales nacionales.

**Cambio Climático. Ciencia, evidencia y acciones** forma parte del proyecto que se inició con el libro *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el Mundo*, y que tiene como objetivo ofrecer información actualizada, confiable y oportuna a un público que no es especialista pero está interesado en la problemática ambiental, en este caso el cambio climático. Entre los procesos globales, éste es quizás uno de los más invocados y menos conocidos por el público en general, que ha recibido al respecto información compleja, confusa, imprecisa, contradictoria e, incluso, falsa.

En este libro se define y contextualiza el fenómeno del cambio climático y el calentamiento global. Se describen las causas y los responsables de que ahora enfrentemos este problema; se presentan las evidencias de la veracidad de ocurrencia de este fenómeno, las consecuencias que ya se están presentando y los escenarios futuros. Se describe qué es lo que se ha hecho en la escena internacional y nacional para enfrentar el cambio climático y, finalmente, se muestra cómo cada uno de nosotros somos parte tanto del problema como de la solución.

Esperamos que la información contenida en esta obra contribuya a la construcción de una sociedad más informada sobre los temas ambientales y, de esta forma, pueda participar de forma más activa y responsable en la resolución de los problemas que aquejan a México y el mundo. Al final de cuentas, tener un ambiente sano y conseguir la protección y uso racional de nuestros valiosos recursos naturales son elementos indispensables para alcanzar el desarrollo sustentable.

Ing. Juan Rafael Elvira Quesada  
*Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales*





## **¿ES VERDAD QUE EXISTE EL CAMBIO CLIMÁTICO? ¿ES EL VERDADERO RESPONSABLE DE LAS ALTAS TEMPERATURAS, LOS FUERTES HURACANES Y LAS SEQUÍAS QUE HEMOS VIVIDO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS? ¿NOS DEBE PREOCUPAR? ¿SE HA ESTADO HACIENDO ALGO AL RESPECTO?**

Si ya tenías dudas sobre el cambio climático o despertamos tu curiosidad con estas preguntas, este libro es para ti. El cambio climático, que hasta hace unas décadas tan sólo llamaba la atención de los científicos, se ha convertido en un tema cotidiano de la televisión, la radio, los periódicos y las pláticas de café. Casi nadie podría negar que al sufrir los estragos de un día caluroso, una fuerte lluvia, ventarrones o inundaciones ha mencionado al cambio climático como su posible causa. Parecería que se ha convertido en el villano favorito a quien podemos culpar de cuanto desastre natural ocurre en nuestro planeta.

En este libro encontrarás las respuestas a muchas de tus dudas con respecto al cambio climático y a otras que surgirán en el camino. Al final, podrás tener elementos que te permitan ubicar en su justa dimensión este problema y, si quieres mantenerlo como el villano favorito, échale la culpa pero sólo de lo que sí es responsable.

Como este es un libro sobre cambio climático, lo primero es unificar criterios y ponernos de acuerdo sobre lo que entendemos por él y su diferencia con el calentamiento global, dos términos que frecuentemente se confunden.

## **¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?**

Los científicos definen al cambio climático como "...todo cambio que ocurre en el clima a través del tiempo resultado de la variabilidad natural o de las actividades humanas." El calentamiento global, por su parte, es la manifestación más evidente del cambio climático y se refiere al incremento

promedio de las temperaturas terrestres y marinas globales.

Es importante decirte que a pesar de que el clima cambia naturalmente, los expertos señalan que existen claras evidencias de que el calentamiento del planeta registrado en los últimos 50 años puede ser atribuido a los efectos de las actividades humanas. Para que conozcas más detalles sobre las causas de los cambios naturales en el clima, te sugerimos leer el *Recuadro Variabilidad climática natural*.

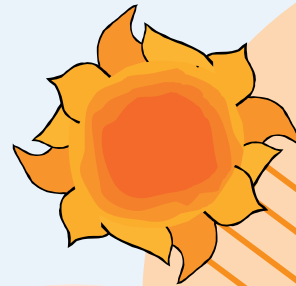
## **LA TIERRA: UN GRAN INVERNADERO**

La vida actual en la Tierra depende, entre otros factores, de una delgada capa gaseosa: la atmósfera. Esta capa es una mezcla de gases en la que dominan el nitrógeno (78.1%) y el oxígeno (20.9%), así como pequeñas cantidades de argón (0.93%). El pequeñísimo porcentaje restante lo constituyen el vapor de agua, ozono, bióxido de carbono, hidrógeno, neón, helio y kriptón. Estos gases se encuentran dispersos, en distintas cantidades, en las cinco capas en las que los científicos han dividido la atmósfera para estudiarla (Figura 1). Entre sus funciones más importantes están: su control como filtro de la radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre, su acción protectora al destruir los meteoritos que, de otra manera llegarían a la superficie de la Tierra y regular la temperatura, esto último por medio del llamado "efecto invernadero".

Si has entrado a un invernadero, habrás notado que la temperatura dentro es mayor que en el exterior. Esto se debe principalmente a que los vidrios de su estructura dejan pasar la energía que proviene de la radiación del Sol, pero no la dejan escapar fácilmente, lo que produce un efecto de calentamiento. La Tierra funciona de manera muy parecida a un gran invernadero. El efecto de los vidrios lo realizan los gases de la atmósfera. De éstos, los que tienen impacto en la temperatura

**FACTORES QUE AFECTAN EL CLIMA REGIONALMENTE**

*El clima, que se define como el conjunto de los valores promedio de las condiciones atmosféricas (temperatura, precipitación, presión y humedad) que caracterizan a una zona, varía entre regiones y a través del tiempo. En los siguientes esquemas te mostraremos los factores que determinan estas diferencias.*



**ORIENTACIÓN**  
Si una zona particular mira directamente al Sol, recibirá mayor radiación y con ello su temperatura será más alta que otra zona que esté menos expuesta a los rayos solares.

**ALTITUD**  
A mayor altitud con respecto al nivel del mar, menor temperatura. Por cada 100 metros de altitud, la temperatura baja entre 0.5 y 1° C.



**- Radiación +**

**CONTINENTALIDAD**  
La proximidad de un sitio al mar influye en la cantidad de humedad y en la temperatura. Los vientos que soplan del mar hacia el continente proporcionan más humedad.



**LATITUD**  
La latitud es una medida de qué tan lejos se encuentra un sitio del ecuador. Esta variable determina la inclinación con la que llegan los rayos solares: entre más cerca estés del ecuador, los rayos caerán con mayor intensidad todo el año –lo que se traduce en mayores temperaturas–; mientras que en las zonas cercanas a los polos, caerán con mayor inclinación, reduciendo su intensidad, por lo que tendremos temperaturas menores.

**MAR**



**CORRIENTES MARINAS**

Son enormes masas de agua con diferentes temperaturas que fluyen por los mares de todo el mundo. Pueden influir de manera muy importante en el clima, de tal forma que contribuyen, por ejemplo, a que el clima sea seco en la Península de Baja California y húmedo en las costas del Golfo de México.



FACTORES QUE AFECTAN EL CLIMA TEMPORALMENTE

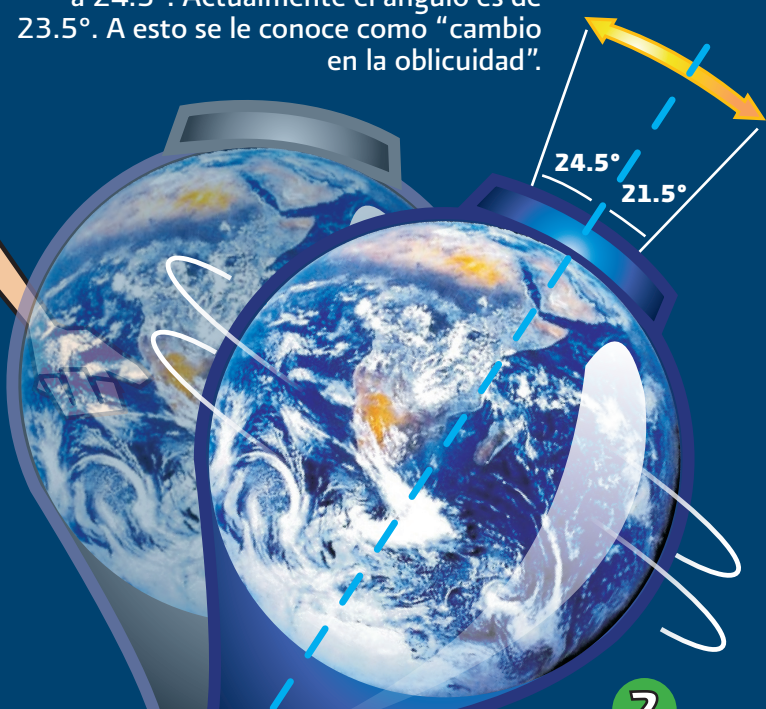
MOVIMIENTOS DE LA TIERRA

El viaje de la Tierra alrededor del Sol no siempre es el mismo. Existen tres cambios importantes en su movimiento:



Cada 41 mil años cambia la inclinación del eje de la Tierra sobre su órbita, de 21.5° a 24.5°. Actualmente el ángulo es de 23.5°. A esto se le conoce como "cambio en la oblicuidad".

1

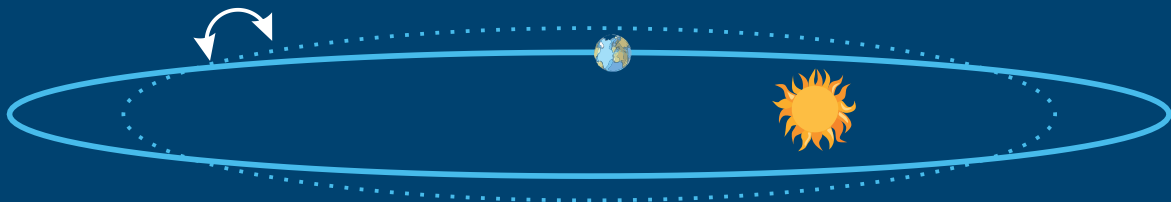


2

Cada 25 mil 800 años realiza un movimiento de trompo, conocido como "precesión".

3

Cada 100 mil años cambia la forma de la órbita terrestre de más a menos elíptica. A este movimiento se le conoce como "cambio en la excentricidad".



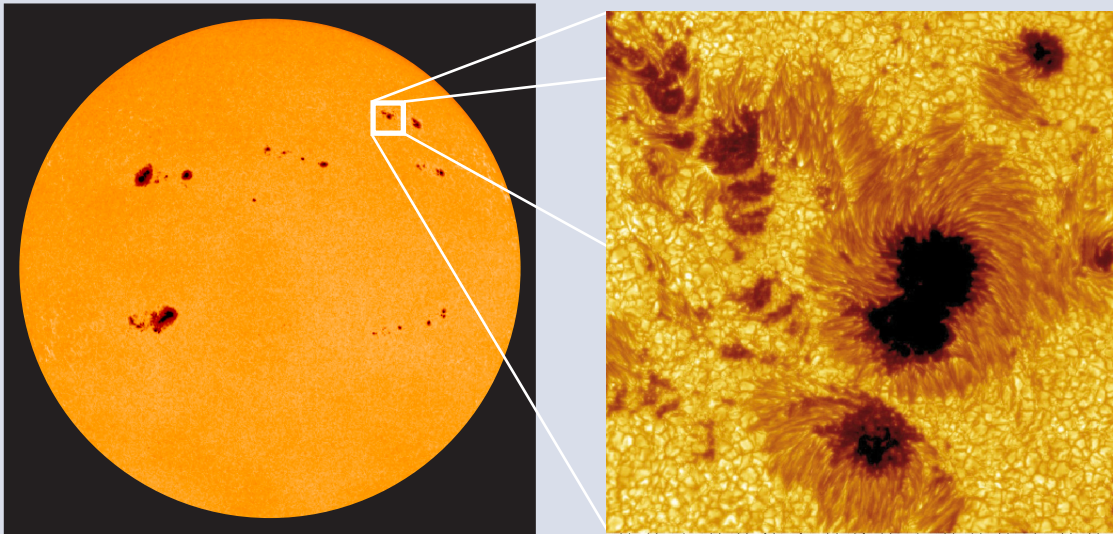
Estos cambios generan una reducción de la insolación que recibe la Tierra, por lo que los hielos que se forman en el invierno no se derriten y se van acumulando, dando como resultado las llamadas glaciaciones.



### ACTIVIDAD SOLAR

Las manchas solares son puntos oscuros en la superficie del Sol, que sólo se pueden observar con filtros especiales. Cuando el Sol tiene una mayor cantidad de manchas (aproximadamente cada 11 años), emite más energía y en consecuencia, llega una mayor cantidad a la Tierra. Aunque la actividad solar tiene influencia sobre el clima del planeta, sus efectos son transitorios y no de largo plazo.

No intentes ver las manchas solares directamente o a través de filtros y películas veladas: ¡podrías dañar seriamente tus ojos!



son los llamados gases de efecto invernadero (GEI); que son principalmente el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ) y el vapor de agua. Estos gases dejan pasar la luz solar, la cual alcanza la superficie terrestre y marina y se transforma en calor, es decir, en radiación infrarroja. Una parte de esa radiación se queda en los mares y los continentes y otra es reemitida nuevamente hacia la atmósfera. Es entonces cuando los gases de efecto invernadero detienen parte de esa radiación infrarroja (Figura 2). Sin este fenómeno la temperatura de la Tierra sería en promedio  $33^\circ\text{C}$  más fría, el agua del planeta estaría congelada y muy probablemente la vida no se hubiese desarrollado o sería muy distinta de como la conocemos hoy día.

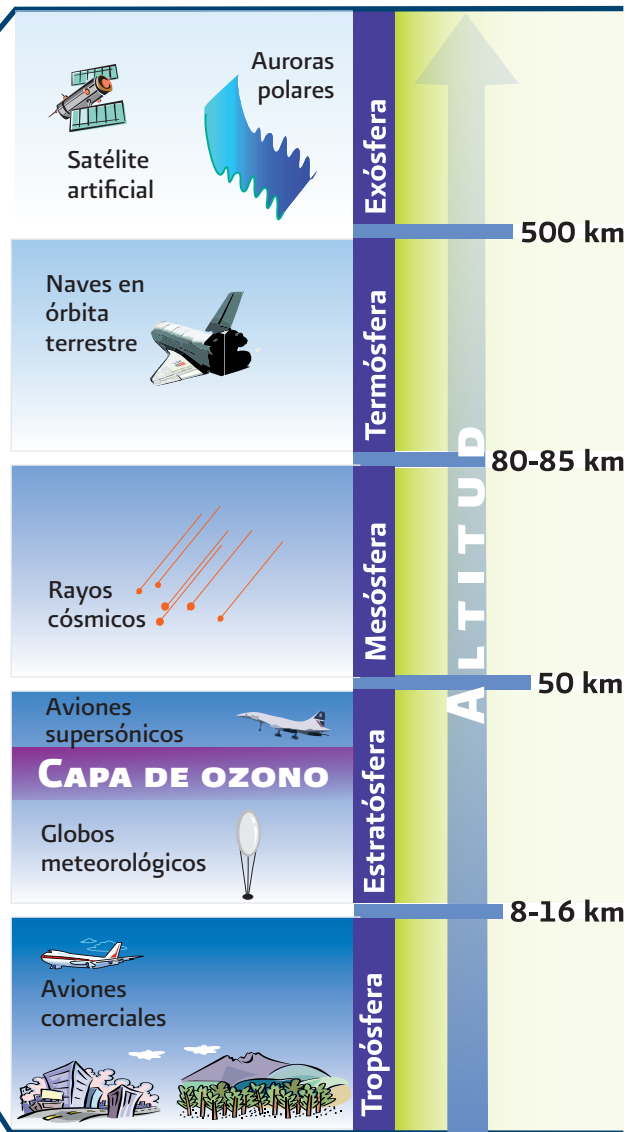
Dado que los gases de efecto invernadero son uno de los factores más importantes para controlar la temperatura de la atmósfera, es fácil entender por qué un incremento de su concentración puede alterar el flujo natural de energía. La teoría nos dice que a mayor cantidad de GEI, mayor será la cantidad de calor que se absorba y la superficie del planeta alcanzará una temperatura más alta. Es decir, se reduce la eficiencia con la cual la Tierra reemite la energía recibida al espacio. Cualquier proceso que altere tal balance, ya sea por cambios en la radiación recibida o reemitida, o en su distribución en la Tierra, se reflejará, tarde o temprano, como cambios en el clima.

FIGURA

1

**CAPAS DE LA ATMÓSFERA**

*La atmósfera es tan delgada que si la Tierra fuera del tamaño de una cebolla, sería como su última capa.*



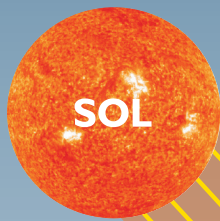
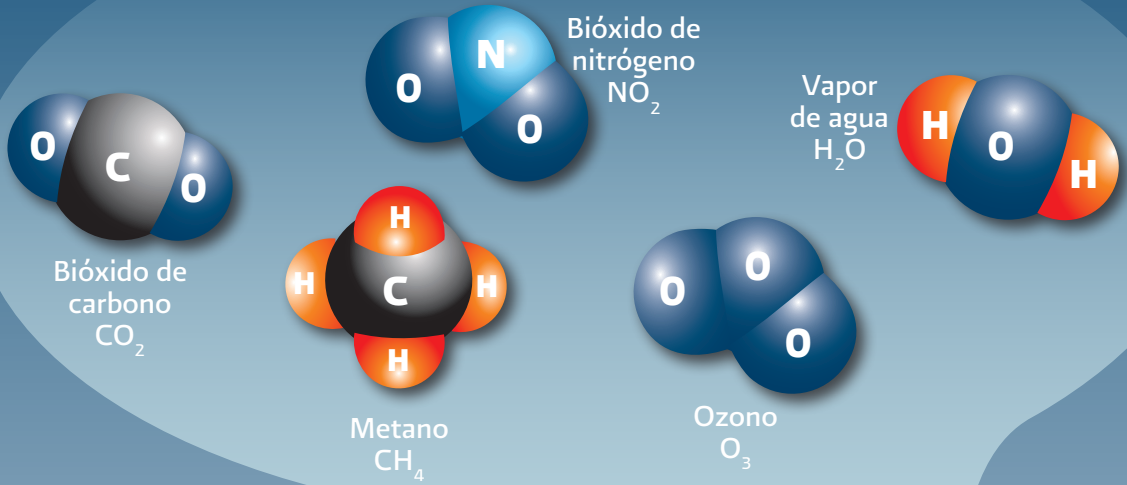
**¿DE DÓNDE VIENEN LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO?**

Los gases de efecto invernadero (GEI) no son un invento del hombre, se han generado desde hace miles de millones de años de fuentes naturales como el vulcanismo, la vegetación y los océanos. Por ejemplo, durante las erupciones volcánicas e hidrotermales se generan grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y vapor de agua. La actividad biológica como la respiración de las plantas y animales y la descomposición microbiana de la materia orgánica también contribuyen a la producción natural de GEI.

Sin embargo, los humanos también hemos contribuido a su generación. Desde el advenimiento de la industria y el uso de los combustibles fósiles, como el petróleo, gas natural o carbón (si te interesa saber más acerca de éstos, puedes ver el **Recuadro Del metano al petróleo: los combustibles fósiles**), hemos arrojado a la atmósfera grandes cantidades de GEI y, con ello, contribuido a incrementar la concentración de estos gases en la atmósfera. Para diferenciar las fuentes naturales de las de origen humano a estas

EFFECTO INVERNADERO

Los gases de efecto invernadero más importantes son:



**1** La radiación solar pasa a través de la atmósfera.  
343 watts por  $\text{m}^2$

**3** Parte de la radiación solar es reflejada por la atmósfera y la superficie de la Tierra.  
Salida de radiación solar:  
103 watts por  $\text{m}^2$

GASES DE EFFECTO INVERNADERO

**2** Entrada neta de radiación solar:  
240 watts por  $\text{m}^2$

**4** Otra parte de la energía solar es absorbida por la superficie de la Tierra y se convierte en calor, es decir, radiación infrarroja.  
168 watts por  $\text{m}^2$

**5** Los gases de efecto invernadero absorben parte del calor emitido y lo reemiten a la superficie de la Tierra incrementando su temperatura.



últimas se les ha llamado “fuentes antropogénicas”. A través de ellas hemos alterado el flujo natural de gases de efecto invernadero que existe entre las fuentes naturales y la atmósfera (ver **Recuadro del Ciclo del carbono**). Precisamente a estos GEI que hemos generado los humanos es a los que se les atribuye el reciente calentamiento del planeta.

## ¿QUIÉNES SON LOS RESPONSABLES DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

Cuando escuchamos hablar de problemas ambientales, frecuentemente pensamos que son otros los que los generan y, por lo tanto, que no está en nuestras manos la solución. Al parecer esto también ocurre con la emisión de los gases de efecto invernadero responsables del cambio climático. Es común que no asociemos las emisiones de estos gases con nuestras actividades diarias y menos aún que esto pueda contribuir al cambio climático. La generación de electricidad, el consumo de combustibles fósiles -como la gasolina y el diesel-, la producción del cemento para la construcción, la eliminación de la vegetación -que es conocida como cambio de uso del suelo-, así como la producción de los alimentos y de otros tantos bienes y servicios que consumimos a diario, generan una gran cantidad de gases de efecto invernadero. Esto quiere decir que también somos parte del problema.

Si pudieras sumar tus emisiones con las de tu familia, vecinos, y el resto de los mexicanos, así como las que se producen en las empresas, escuelas, industrias, casas y oficinas del país, obtendrías el total de GEI de fuentes antropogénicas generado en México. Si tuvieras estos mismos datos para todos los países y los sumaras, obtendrías entonces las emisiones de todo el mundo. Esta información ya existe, pero antes de mostrártela, debemos mencionar que debido a su disponibilidad, en las siguientes

secciones manejaremos algunas veces a todos los GEI y en otras sólo al CO<sub>2</sub>, que es el principal gas de efecto invernadero. Veamos primero cómo son las emisiones a nivel mundial y regional y después cómo contribuye México.

## EMISIONES MUNDIALES

En el mundo, la emisión de CO<sub>2</sub> se ha incrementado a la par del consumo de combustibles fósiles. Este incremento no ha sido pequeño: entre 1971 y el año 2005, la emisión mundial derivada del consumo de estos combustibles aumentó alrededor de 90%; en este último año se emitieron en el mundo 27 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (Figura 3). Para que te des una idea de lo que esto significa, te diremos que la emisión mundial de CO<sub>2</sub> en 2005 equivale a unas 4 mil 500 veces el peso de la Pirámide de Keops, la más grande de las pirámides de Egipto.

Aunque todos los países son responsables de la emisión de GEI, algunos han contribuido mucho más que otros. Si observas el mapa 1 notarás que se ve muy diferente de cómo lo hemos estudiado en nuestras clases de geografía. África y Europa perdieron su forma original, Estados Unidos se ve casi como un globo, Canadá prácticamente desapareció y Japón dejó de ser esa pequeña isla para convertirse en un país muy grande. Y no nos hemos equivocado al dibujar el mapa, lo que ocurre es que el área de las regiones es proporcional a su contribución a la emisión mundial de GEI. Esto quiere decir que son más grandes las regiones o países que emiten más GEI, mientras que se ven más pequeñas las que emiten menos. Notarás que México no se ve muy deformado y esto se debe a que su emisión es cercana al promedio mundial. Puesto en números, las regiones que en el 2002 sobresalieron por su emisión de GEI fueron además de Norteamérica (que contribuyó con 26% del total de ese año), el este de Asia (15%), Europa occidental (14%) y Medio Oriente (13%)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Estas cifras se calcularon con base en tres gases de efecto invernadero: bióxido de carbono, metano y óxido nitroso.

Durante mucho tiempo, los científicos se han dedicado a estudiar cuáles son los caminos que siguen ciertos elementos químicos y sus moléculas en la naturaleza. Como resultado, describieron los llamados ciclos biogeoquímicos, en donde se muestra el movimiento y transformación de los elementos por medio de la actividad biológica y las reacciones químicas que se producen en la atmósfera, ríos, lagos, mares, suelos y rocas, e incluso, en los seres vivos. Entre los más importantes se encuentran el del carbono, nitrógeno, fósforo y azufre.

El ciclo del carbono es uno de los más importantes, porque la vida en la Tierra está construida con base en sus compuestos. Este ciclo se desarrolla en la atmósfera, la corteza terrestre, los suelos, los cuerpos de agua (océanos, lagos, ríos, etcétera) y en los seres vivos. Antes de describirlo con detalle, debemos decir que este ciclo se lleva a cabo en dos fases, la geológica, que tarda millones de años en completarse; y la biológica, que se desarrolla en tiempos mucho más reducidos, que pueden ser desde días hasta miles de años.

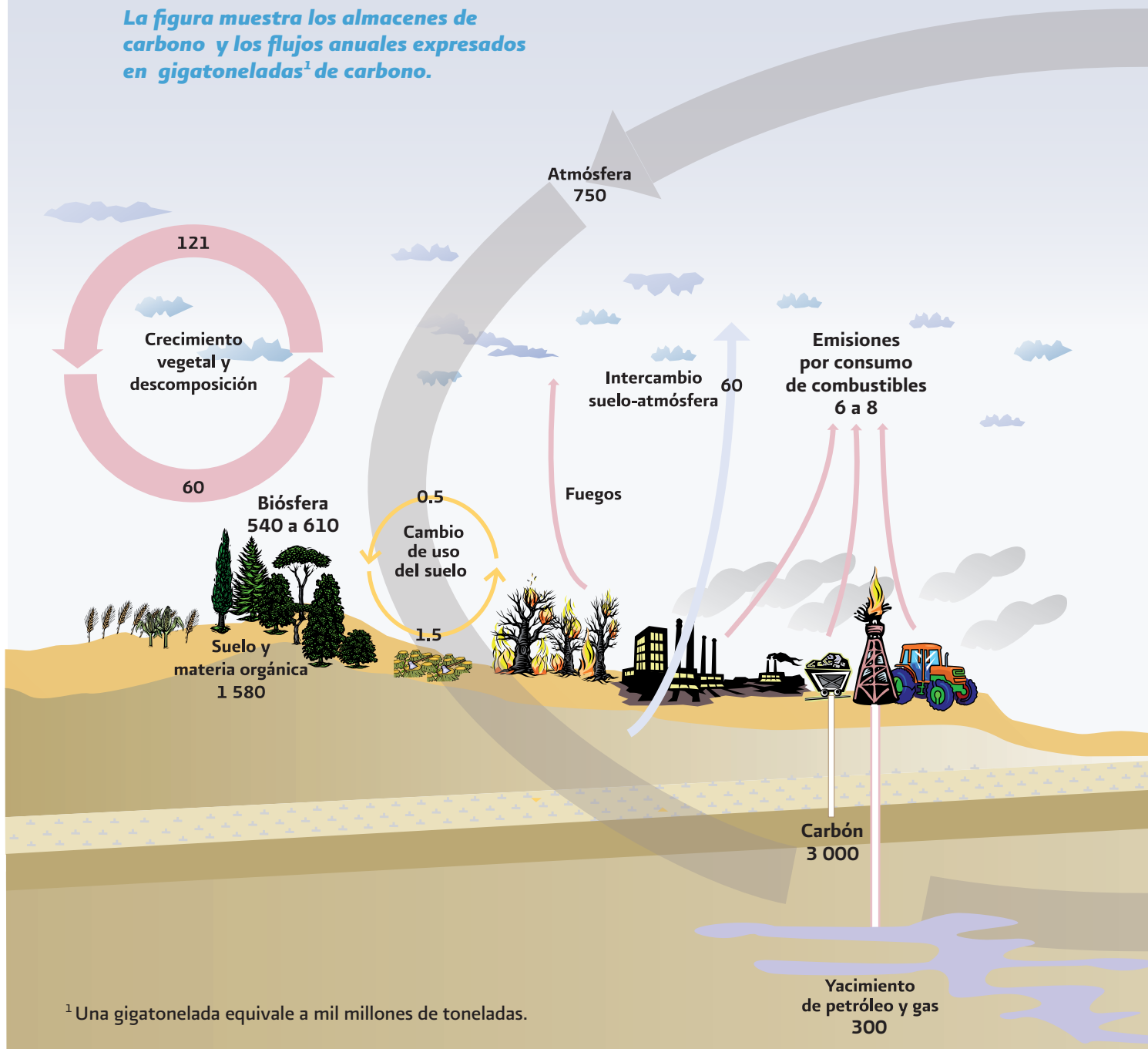
Comencemos con la fase biológica. El carbono se encuentra de manera natural en la atmósfera -en forma de bióxido de carbono o metano- como resultado de la descomposición de la materia orgánica, por los incendios forestales, por la erupción de los volcanes o por la emisión de los organismos vivos. Las plantas absorben el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera y, mediante la fotosíntesis, lo utilizan para la construcción de todas sus estructuras (tallos, hojas, raíces, flores, frutos y semillas). Tanto en las plantas como en los ecosistemas puede permanecer durante mucho tiempo, ya sea en la madera que sostiene a los árboles o en la hojarasca que cubre y nutre el suelo. No obstante, también puede pasar como alimento a los herbívoros. El carbono regresa a la atmósfera por la respiración y digestión de los animales o por la descomposición de sus desechos y de los restos vegetales. Y así, regresamos al punto de partida. Hemos cerrado este ciclo.

La segunda fase del ciclo del carbono es la llamada geológica y es mucho más lenta. El bióxido de carbono que está libre en la atmósfera puede disolverse en el océano. Ahí se transforma en bicarbonato y se puede combinar con el calcio para formar grandes acumulaciones de roca caliza. De esta forma, el carbono se integra a la corteza terrestre y constituye la mayor reserva de carbono en todo el ciclo. Te preguntarás: ¿y cómo sale entonces el carbono de las rocas? Este es justamente uno de los procesos por los que este ciclo es tan lento: después de mucho tiempo, la actividad de los volcanes o la disolución de las rocas calizas (por ejemplo, por el agua de lluvia) regresan el carbono a la atmósfera en forma de gas, es decir, como bióxido de carbono. Y así, se cierra el ciclo geológico. Como podrás ver en la figura, el punto de unión más importante de ambas fases del ciclo es justamente la atmósfera, de donde la vegetación y los océanos absorben el carbono, ambos en forma de  $\text{CO}_2$ .

## CICLO DEL CARBONO (CONCLUSIÓN)

¿Y qué tiene que ver todo esto con el cambio climático? La respuesta es muy sencilla. Los seres humanos hemos introducido más carbono en el ciclo a través de actividades como la destrucción de los bosques, las selvas o los pastizales, la quema de carbón, petróleo o gas natural y la cría de ganado. Quizá pensarás que los océanos y la vegetación tienen la capacidad de captar todo el bióxido de

*La figura muestra los almacenes de carbono y los flujos anuales expresados en gigatoneladas<sup>1</sup> de carbono.*



carbono y que por ello no debemos preocuparnos. Sin embargo, aunque en efecto atrapan una gran cantidad, no han podido absorber todo el excedente, lo que ha hecho que la concentración de éste y otros GEI siga creciendo en la atmósfera.

**Velocidad de intercambio**

- muy rápido (menos de un año)
- rápido (1 a 10 años)
- lento (10 a 100 años)
- muy lento (más de 100 años)

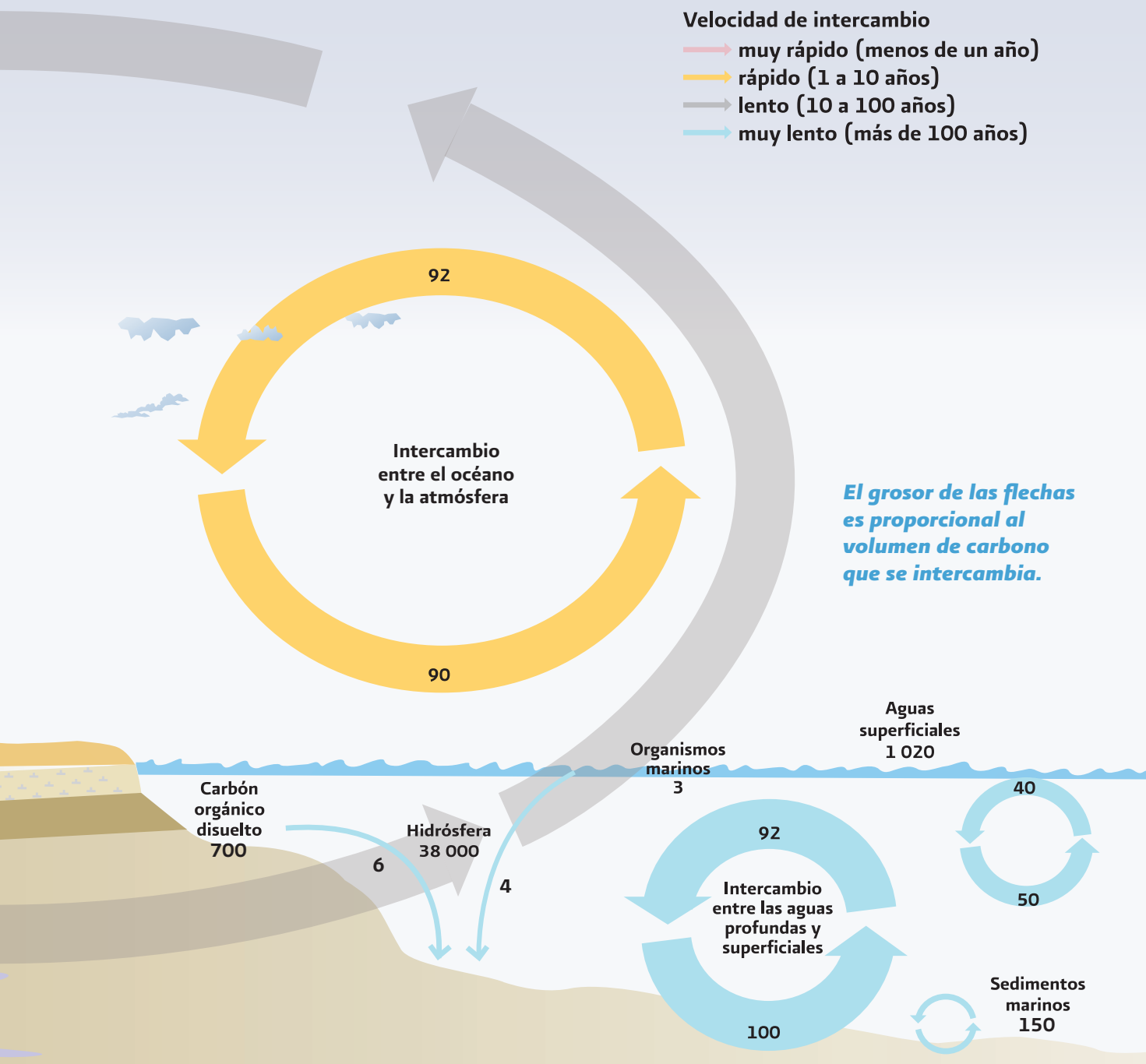
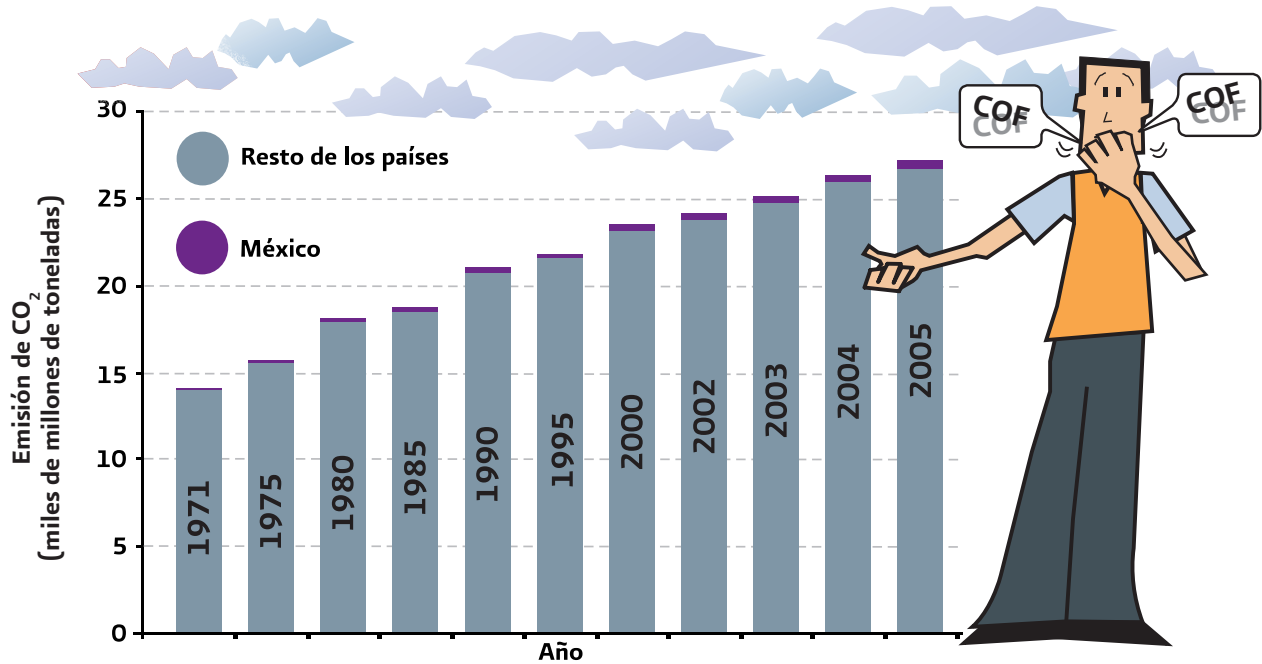


FIGURA  
**3**

## EMISIÓN MUNDIAL DE CO<sub>2</sub> POR CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES ENTRE 1971 Y 2005



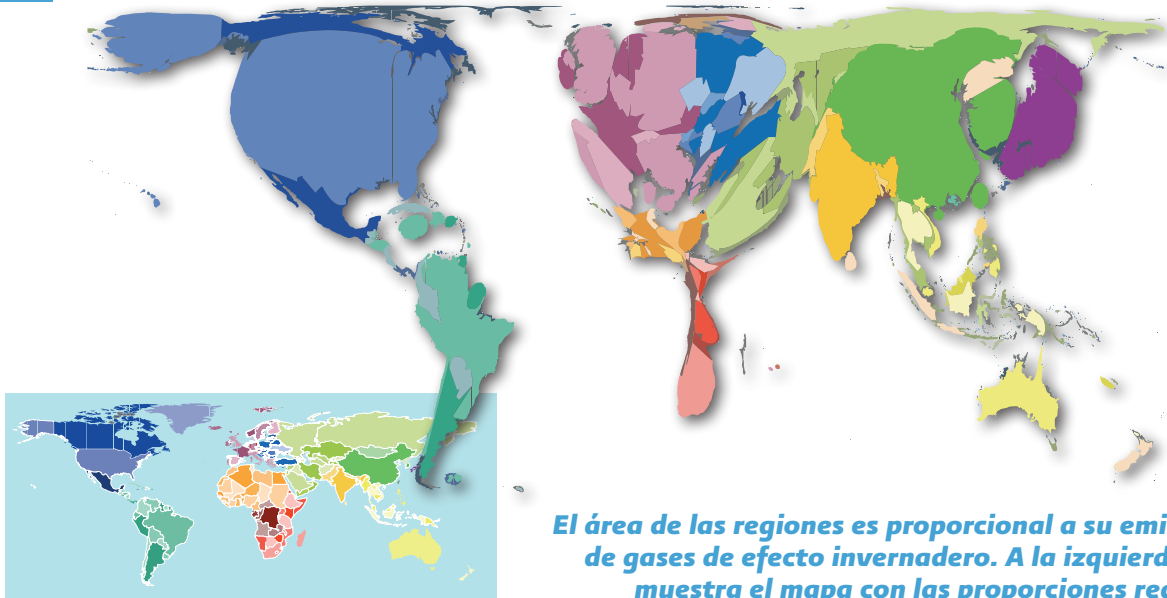
## DEL METANO AL PETRÓLEO: LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

Los combustibles fósiles son un conjunto de sustancias químicas compuestas principalmente por carbono e hidrógeno que van desde el volátil metano (CH<sub>4</sub>) hasta el espeso petróleo. Destacan también por su importancia el carbón y el gas natural. Su formación ha sido el resultado de un lento proceso de millones de años en el que la inmensa presión y el calor del interior de la Tierra han transformado los restos orgánicos (por ejemplo, de plantas y animales





## CONTRIBUCIÓN REGIONAL A LA EMISIÓN GLOBAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN 2002



*El área de las regiones es proporcional a su emisión de gases de efecto invernadero. A la izquierda se muestra el mapa con las proporciones reales.*

**Nota:**

El mapa incluye la emisión de bióxido de carbono, metano y óxido nítrico ponderada por su potencial de calentamiento.

RECUADRO

microscópicos) en estos compuestos. La importancia de los combustibles fósiles radica en que son la principal fuente de energía, que mueve tanto a nuestros autos y autobuses, como a muchas de las plantas que generan la electricidad que consumimos. Son la fuente de energía más importante para la humanidad, por arriba de la energía que se obtiene del Sol, viento, agua, y de la energía nuclear. Sin embargo, los combustibles fósiles tienen su lado amargo: su combustión genera una gran cantidad de gases de efecto invernadero, responsables del cambio climático global que vive el planeta.

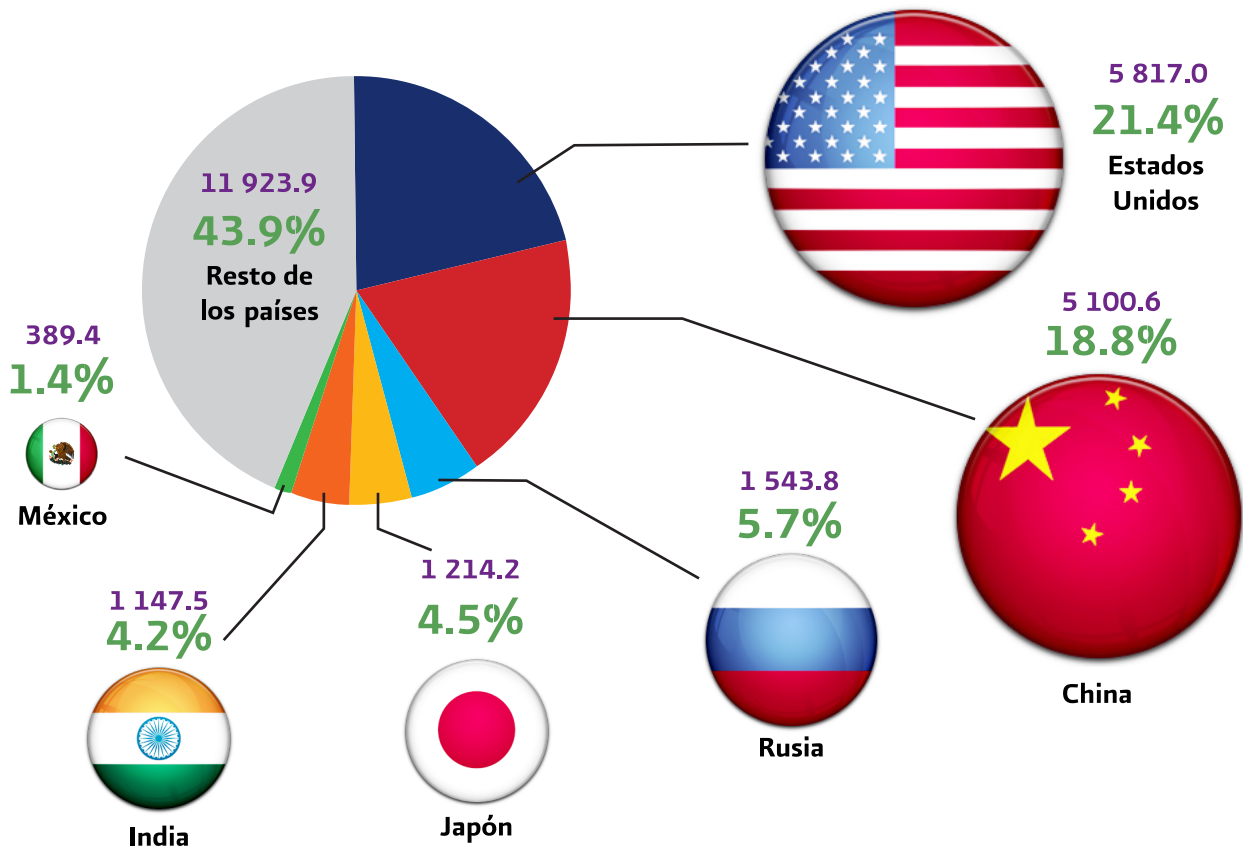
Dejemos de lado las regiones y veamos qué pasa a nivel de país para una fecha más reciente, el año 2005. Los países que más CO<sub>2</sub> emitieron por quema de combustibles fósiles fueron Estados Unidos, China, Rusia, Japón e India (Figura 4). En ese año, estos países emitieron poco más del 54% del total mundial. Por su parte, México contribuyó con el 1.4%, ubicándose entre los primeros quince países por su volumen de emisión.

Debido a que la emisión de GEI está muy asociada al consumo de energía, esperaríamos que aquellos países que tienen las poblaciones más grandes emitieran los mayores volúmenes. Sin embargo, esto no siempre es así. Por eso es importante examinar también la emisión por cada persona, ya que nos da una idea de nuestra responsabilidad individual. La forma de calcular esto es a través de la emisión por cápita de los países<sup>2</sup>. Los Emiratos

<sup>2</sup>Esto lo podrías calcular sencillamente dividiendo el total de emisiones de un país por el número de habitantes que tenía en una fecha dada. Es importante que ambas medidas sean del mismo año, ya que si no estarías mezclando “peras con manzanas”.

FIGURA  
**4**

**CONTRIBUCIÓN DE LOS PRINCIPALES PAÍSES EMISORES Y DE MÉXICO A LA EMISIÓN MUNDIAL DE CO<sub>2</sub> POR CONSUMO Y QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN 2005. MILLONES DE TONELADAS DE CO<sub>2</sub> Y PORCENTAJE**



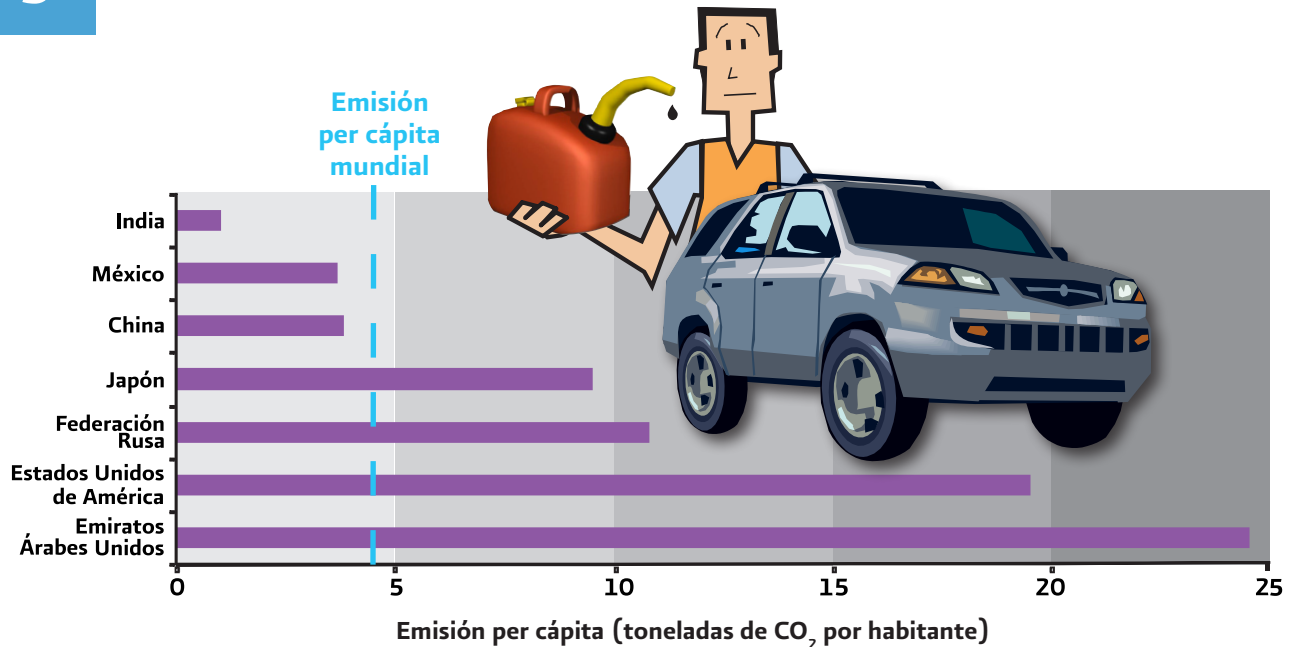
Árabes Unidos, por ejemplo, con apenas una población de 4.5 millones de personas tiene una emisión de 24.5 toneladas de CO<sub>2</sub> por habitante, mientras que en China e India este volumen alcanzó tan sólo 3.85 y 1.04 toneladas de CO<sub>2</sub>, respectivamente (Figura 5). Esto quiere decir que un árabe emite casi seis veces más que un chino y alrededor de 23 veces más que un habitante promedio de la India. ¿Cómo pueden explicarse estas aparentes inconsistencias? La respuesta radica en los “estilos de vida” de los habitantes de un país. Las emisiones se relacionan con las actividades diarias de las personas, es decir, con la manera en cómo y cuánto compran, cómo usan los productos, viven en sus casas y usan el transporte, entre otras actividades. Por ejemplo, entre más dependamos de nuestros coches, del consumo

Si te interesa calcular tus emisiones de bióxido de carbono en función de tu estilo de vida, puedes emplear la “Calculadora Mexicana de CO<sub>2</sub>”, disponible en la página [www.calculatusemisiones.com](http://www.calculatusemisiones.com)

de productos procesados, y del uso de equipos eléctricos y electrónicos, estaremos propiciando que las industrias usen, directa o indirectamente, mayores volúmenes de combustibles fósiles para sus procesos de fabricación o mantenimiento. Todo ello resultará, a fin de cuentas, en mayores emisiones de GEI a la atmósfera.

FIGURA  
5

## EMISIÓN PER CÁPITA DE CO<sub>2</sub> EN ALGUNOS PAÍSES EN 2005



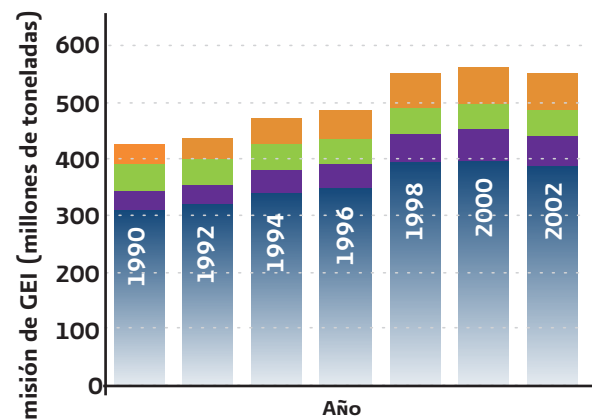
### EMISIONES EN MÉXICO

Ahora veamos qué cantidad de GEI emitimos en México. De acuerdo con el último Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, en 2002 se produjeron poco más de 553 millones de toneladas de GEI (Figura 6). Parece poco si lo comparas con la emisión mundial, pero en realidad no lo es tanto si consideras que el peso de los GEI que se emiten en México equivale a unas 5 mil 500 veces el concreto empleado en la construcción del Estadio Azteca. El panorama resulta más preocupante si consideramos que nuestras emisiones se han incrementado en los últimos años: la emisión del 2002 fue 30% mayor que la estimada doce años antes, en 1990.

En el 2002, la principal fuente de gases de efecto invernadero en México fue el sector energía, responsable de cerca de 70% de las emisiones. En este sector se incluye el consumo de los combustibles fósiles, indispensable para mover los autos y otros transportes y para la generación de electricidad.

FIGURA  
6

## EMISIÓN NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO



Otros procesos industriales, como la producción del cemento, vidrio, acero, papel, alimentos y bebidas, entre otros, contribuyeron con alrededor de 9% de las emisiones totales de GEI del país. Por su parte, las actividades agropecuarias, de las que se obtienen los granos, frutas y carnes, generan también dos gases de efecto invernadero: el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), que contabilizaron el 8% de las emisiones nacionales de GEI. Estos gases se derivan de la fermentación de los alimentos en el sistema digestivo del ganado, del estiércol y su manejo, así como de cultivos como el arroz y de procesos naturales que ocurren en el suelo.

Por último, los desechos que generamos en nuestras casas e industrias también emiten GEI. Las aguas residuales municipales e industriales emiten metano y óxido nitroso por la descomposición de la materia orgánica, mientras que cuando se queman residuos también se liberan  $\text{CO}_2$  y óxido nitroso a la atmósfera. El manejo de los residuos y el tratamiento de las aguas residuales, a pesar de sus indudables beneficios, también generan GEI: las emisiones por estos conceptos contabilizaron cerca del 12% del total de las emisiones en el país en 2002.

Hay otra fuente de emisión que no te habíamos mencionado hasta ahora, pero que también es importante: se conoce como “uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura”. Esta fuente incluye básicamente las emisiones generadas por la vegetación natural, las actividades que promueven el cambio de los ecosistemas naturales terrestres a cubiertas agrícolas, ganaderas o urbanas, y las relacionadas con la explotación forestal. A continuación te explicaremos con más detalle cada una de las fuentes.

Por más extraño que te resulte, los ecosistemas terrestres –como los bosques y selvas– también liberan grandes cantidades de gases de efecto

invernadero a la atmósfera. De hecho, de manera natural los bosques maduros pueden liberar bióxido de carbono en magnitud comparable al oxígeno que producen por la fotosíntesis.

Por otro lado, cuando la vegetación natural es removida y quemada para convertir el terreno en potreros, campos de cultivo e incluso, zonas urbanas -lo que se conoce técnicamente como “cambio de uso del suelo”-, también se liberan GEI. Para muchos campesinos o propietarios de terrenos con árboles o arbustos, frecuentemente la manera más sencilla de limpiarlos es usar el fuego, con lo que una gran parte del carbono almacenado en la madera y las hojas, así como en la hojarasca del suelo, es convertido rápidamente en  $\text{CO}_2$  y liberado a la atmósfera. En otras ocasiones se corta la vegetación existente y simplemente se deja descomponer, con lo que también se generan GEI. Debido a que en México la deforestación ha mantenido valores altos en las últimas décadas, los ecosistemas terrestres representan una fuente significativa de las emisiones de este tipo de gases.

Aunque las cifras aún se encuentran en revisión, el último inventario en México indica que el uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura aportan alrededor de 14% de las emisiones nacionales de GEI. Esto querría decir que el total de las emisiones nacionales de GEI alcanza aproximadamente 643 millones de toneladas, es decir, cerca de 90 millones de toneladas más que nuestro primer estimado (553 millones de toneladas).

Los datos más recientes publicados para México son del año 2002, sin embargo, actualmente se encuentra en elaboración el nuevo inventario de emisiones con datos del año 2006. Las cifras preliminares indican que en ese año la emisión de GEI fue de aproximadamente 626 millones de toneladas, sin considerar el uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura. Esto significa un incremento del 11% respecto al año 2002.

Ahora que contamos con la información para el mundo y México, comparemos en ambos casos las fuentes y su contribución a la generación de los GEI (Figura 7). Podrás notar que el patrón de emisiones en México es muy similar al mundial: la principal fuente es el sector energía, seguida por el uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura.

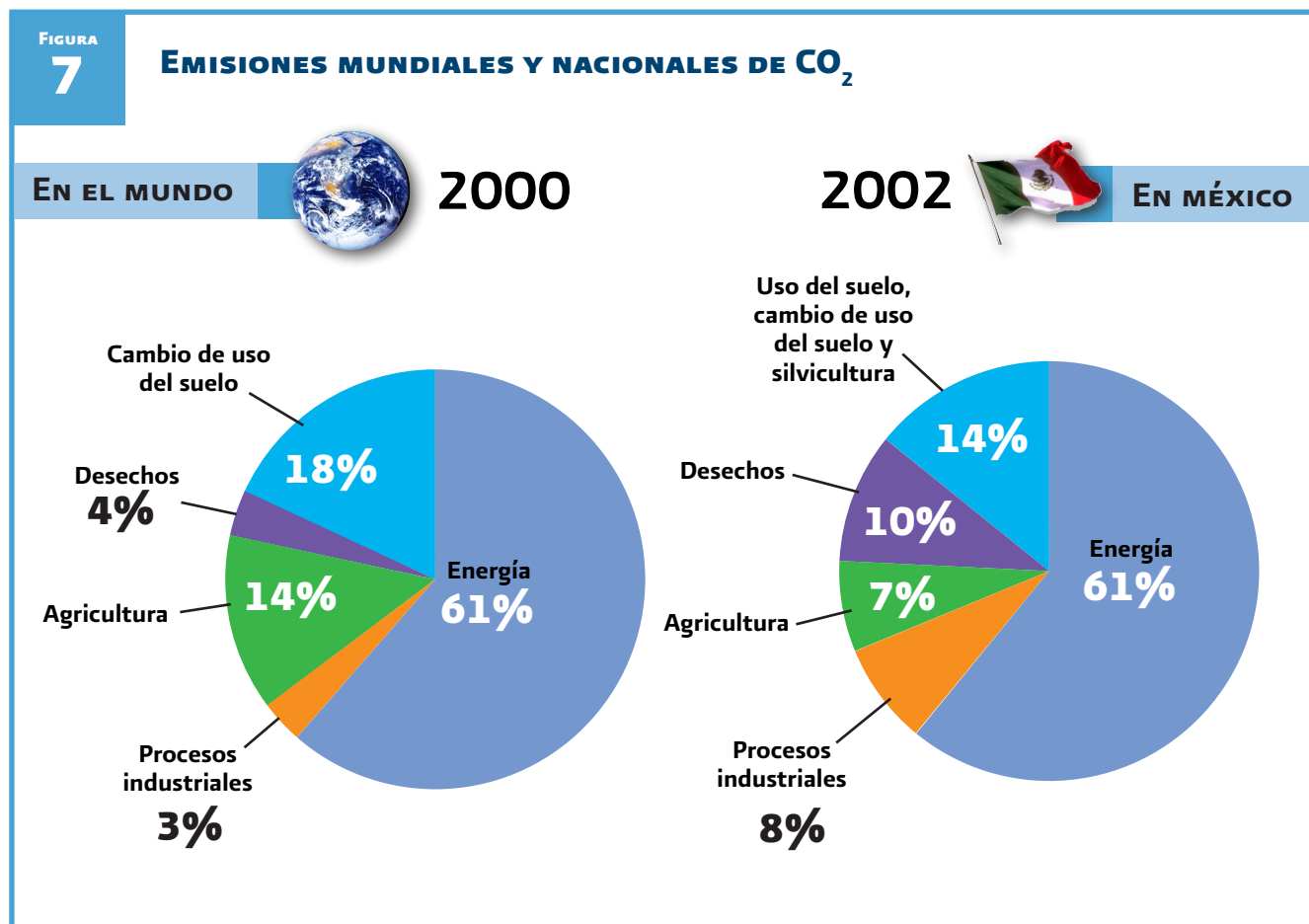
Es innegable que hemos emitido una gran cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y ésta ha sido más intensa a partir de la Revolución Industrial iniciada en el siglo XVIII. Tan sólo en los últimos 50 años las emisiones acumuladas de CO<sub>2</sub> fueron del orden de 898 mil millones de toneladas<sup>3</sup>.

Sin duda, las emisiones de GEI a la atmósfera son muy importantes, pero ¿hay evidencias de que el

incremento en su concentración esté generando cambios en el clima? La respuesta a esto es, desafortunadamente, un contundente Sí.

## ¿CUÁLES SON LAS EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO?

A pesar de que el cambio climático global es aún tema de acaloradas discusiones, las principales academias de ciencias del mundo, así como el grupo de especialistas denominado Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés; ver el **Recuadro IPCC: los científicos detrás del cambio climático**) han llegado a la conclusión de que existen claras evidencias de que el calentamiento que se ha registrado en los últimos 50 años puede ser atribuido a los efectos de las actividades humanas.



<sup>3</sup>Esta cifra incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles y producción de cemento.



Miembros del IPCC comisionados para recibir el diploma del Premio Nobel de la Paz.

¿Quién dice que la temperatura está aumentando? ¿Quién ha hecho las predicciones sobre el clima del futuro? Todo esto es el resultado de la investigación de cientos de científicos alrededor del mundo que se han dedicado por décadas a estudiar meticulosamente el cambio en el clima mundial, entre ellos los que forman el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

La creación del IPCC en 1988, fue impulsada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Su función principal consiste en analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender el cambio climático. Sin embargo, este grupo no se olvida de incluir en sus investigaciones las posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y reducción de emisiones. Una de las principales actividades del IPCC ha sido la evaluación periódica de los conocimientos científicos sobre el cambio climático, con la cual elabora Informes Especiales y Documentos Técnicos, además de respaldar a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Todo lo anterior es para decirte que todas las evaluaciones sobre el cambio climático que hace y publica el IPCC no se han sacado de una bola de cristal, sino que se basan en la literatura científica y técnica más actualizada. Centenares de expertos de todo el mundo, incluyendo algunos mexicanos, participan en la integración de esa información y en la preparación de los informes y otros documentos técnicos. Cabe mencionar que para evitar malas interpretaciones, los principales informes se discuten, palabra por palabra, antes de ser aprobados.

El IPCC consta de tres grupos de trabajo: el que se encarga de los aspectos científicos del cambio climático (y que se nombra con el número romano I); el encargado de los impactos, las medidas de adaptación y la vulnerabilidad (II); y el dedicado a la reducción de emisiones, a la que los científicos denominan “mitigación” (III). A ellos se agrega un equipo especial que apoya a los países en la elaboración de sus inventarios de emisiones. La composición de los equipos refleja una extensa gama de opiniones, áreas de especialidad y representación geográfica. Esto quiere decir que en el IPCC hay expertos en geografía, biología, matemáticas, climatología y economía, sólo por mencionarte algunas especialidades, y que provienen de todas las regiones del planeta. Como reconocimiento a su labor, en el año 2007, el IPCC recibió el Premio Nobel de la Paz por sus aportaciones a la difusión del cambio climático generado por el hombre y por su contribución en la definición de las medidas que se deberían adoptar para contrarrestarlo.

Pero ¿por qué si las actividades humanas datan de varios miles de años atrás no se había generado antes el calentamiento de nuestro planeta? Esto se debe a que no fue sino hasta el inicio de la era industrial –cuando se intensificó el consumo de combustibles fósiles– que la emisión de GEI se incrementó de manera significativa. En la época preindustrial (antes del año 1750), cuando las actividades productivas se basaban en el trabajo humano y no en máquinas que consumían grandes cantidades de combustibles fósiles, la concentración de CO<sub>2</sub> era 38% menor a la actual (280 partes por millón en contraste con las 385 ppm que alcanzó en 2008; Figura 8). De hecho, las concentraciones de CO<sub>2</sub> registradas en muestras de 650 mil años de antigüedad son menores a las actuales, ya que no alcanzan las 300 partes por millón.

La evidencia más contundente de que el cambio climático está ocurriendo es el incremento de la temperatura, aunque también se han observado importantes alteraciones en otros elementos del clima, como la precipitación y la humedad. Sin embargo, antes de que te preguntes por qué

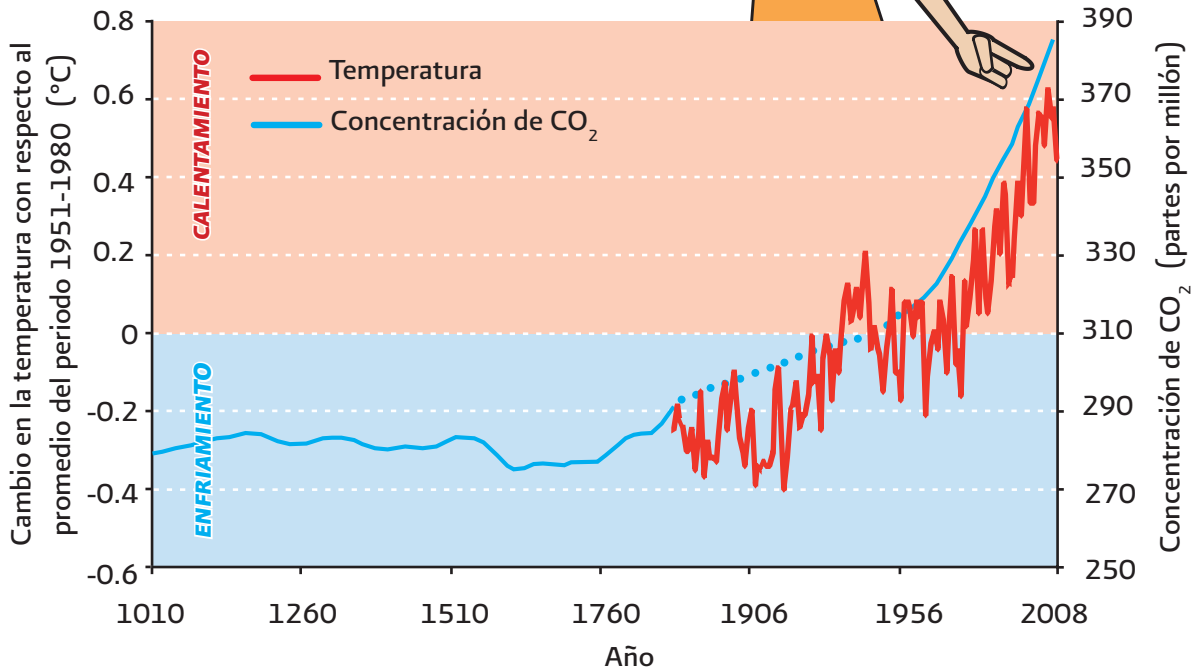
no incluimos otras evidencias como el aumento del nivel del mar, del que se habla tanto, o los deshielos y los huracanes, te diremos que éstas fueron incluidas por conveniencia en otra sección del libro, que hablará sobre las consecuencias del cambio climático. Basta señalar que los científicos también las han empleado como evidencias, ya que su ocurrencia confirma sus predicciones.

### TEMPERATURA

En la figura 8 notarás que la elevación de la temperatura en los últimos cincuenta años coincide con el aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. El incremento de la temperatura terrestre y marina promedio fue de 0.74°C entre el año 1906 y 2005.

Definitivamente el planeta se está calentando: la NASA informó que los cinco años más calurosos desde 1890, en magnitud descendente, han sido 2005, 1998, 2002, 2003 y 2004. Este calentamiento también se ha notado en la ocurrencia de años en los que se alcanzan temperaturas “récord” y ¡vaya que los hemos sentido!

La concentración de CO<sub>2</sub> y la temperatura del planeta han aumentado.



Retrocedamos aún más en el tiempo. En la figura 9 podrás notar que en los últimos 10 mil años la humanidad se ha desarrollado en una franja estrecha de variación de temperatura. Si la Tierra alcanzara valores por fuera de ese rango es posible que las consecuencias para el ambiente y nuestra sociedad sean graves. Desafortunadamente las predicciones sobre el aumento de la temperatura en los siguientes cien años parecen ir en ese sentido.

Es oportuno señalar que el incremento actual de la temperatura no ha sido igual en las diferentes regiones del planeta. El Ártico, por ejemplo, se ha calentado más que el resto del planeta en los últimos 100 años. Por su parte, las regiones terrestres han incrementado sus temperaturas más rápido que los océanos, siendo más acelerado en Norteamérica, Europa y Asia (Mapa 2).

### HUMEDAD Y PRECIPITACIÓN

Cualquiera podría pensar que un clima cálido es más agradable que uno templado y que no habría ningún problema si la temperatura aumentara. Pero no es así, es importante que sepas que el cambio en la temperatura frecuentemente viene acompañado por cambios en la humedad atmosférica y, en consecuencia, en el régimen de lluvias. Ambos cambios, como veremos más adelante, tienen efectos en eventos tan importantes como la formación de huracanes y la ocurrencia de inundaciones.

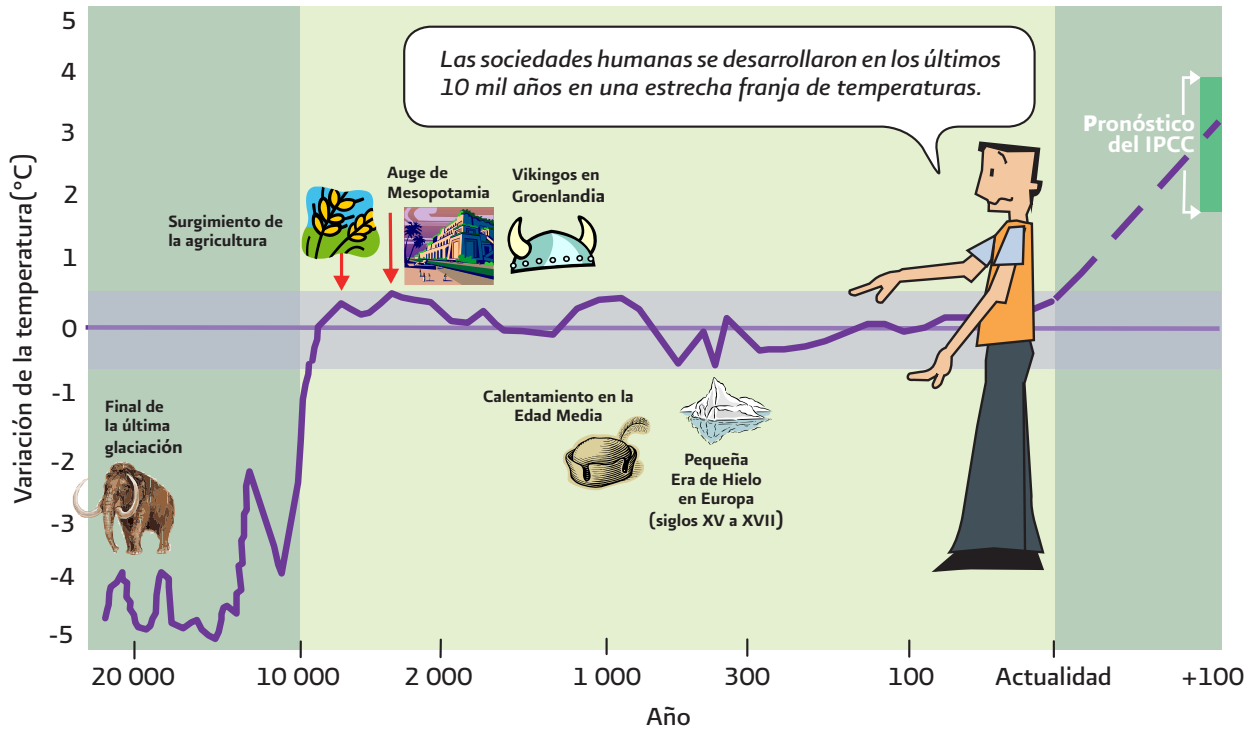
El vapor de agua total en el aire sobre los océanos aumentó 1.2% por década, lo que ya podría estarse reflejando en cambios en las precipitaciones, tanto en forma de lluvia como de nieve. En el último siglo se han incrementado significativamente las



FIGURA

9

### VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA PROMEDIO DE LOS ÚLTIMOS 20 MIL AÑOS

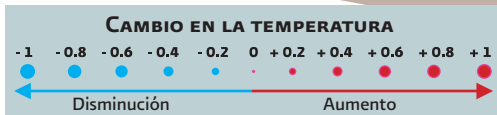
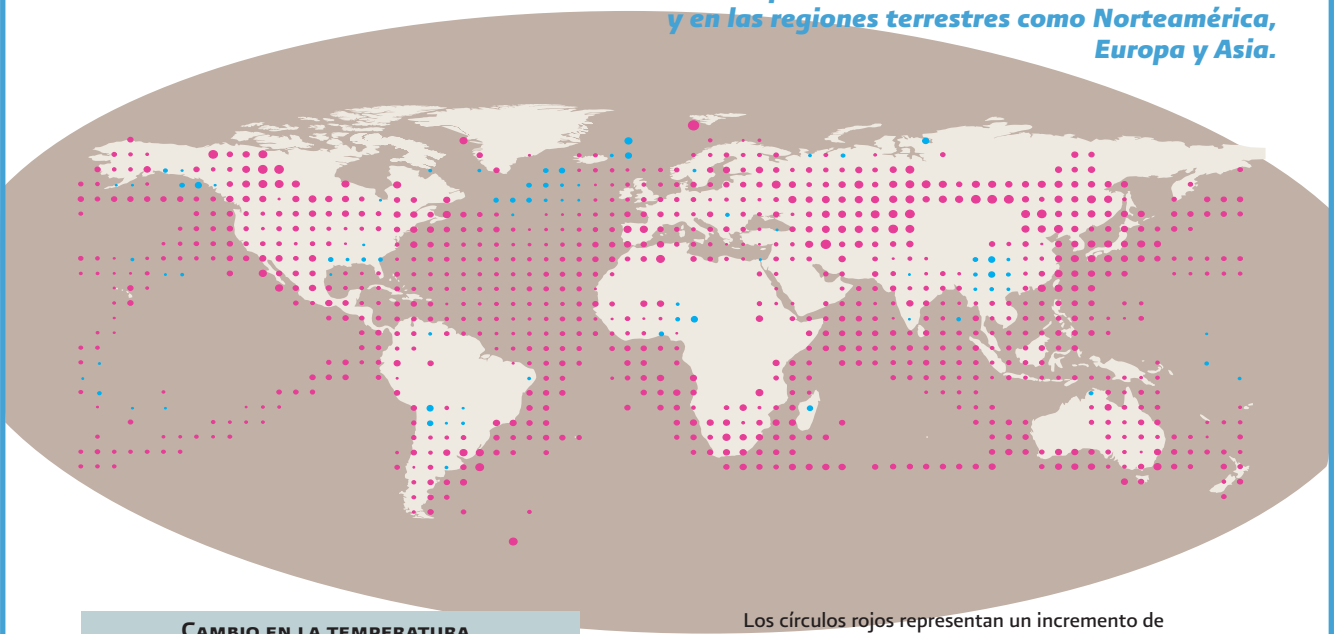


MAPA

2

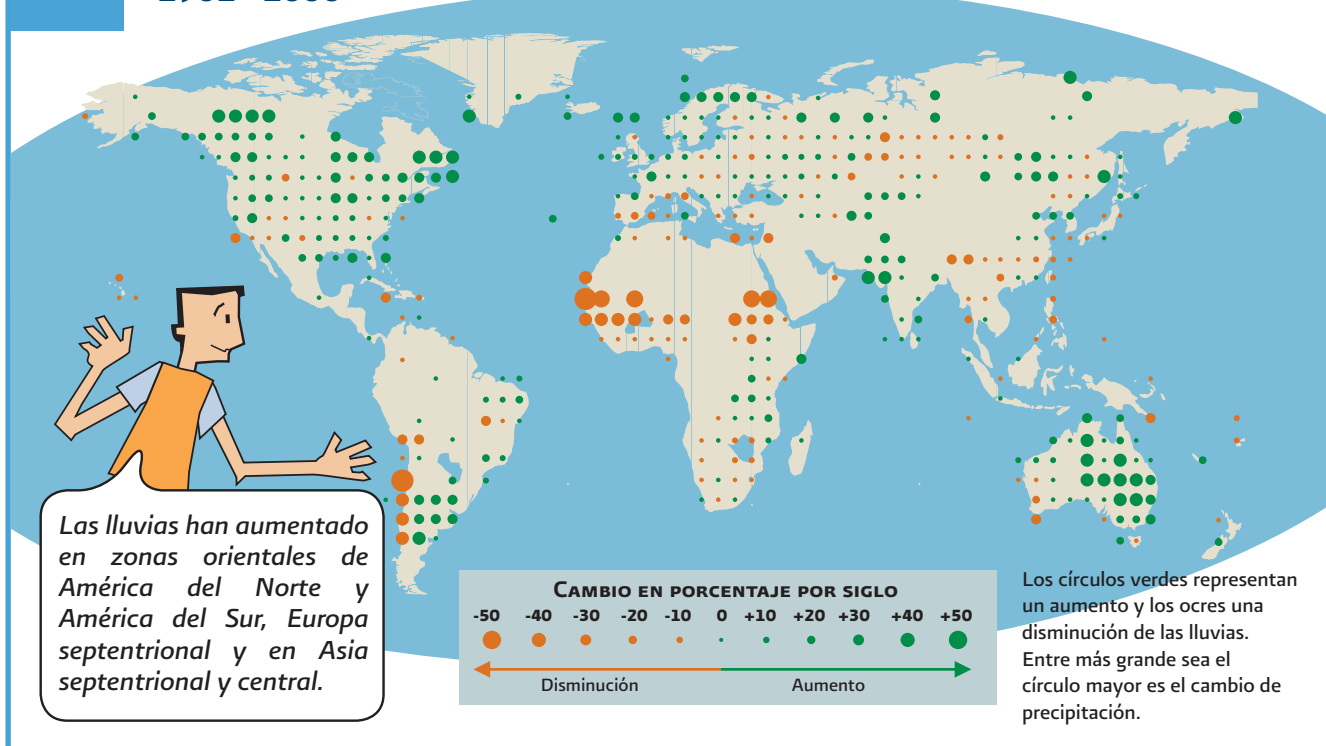
### TENDENCIA DE LAS TEMPERATURAS ANUALES DURANTE EL PERIODO 1901 - 2000

La temperatura ha aumentado más en el norte y en las regiones terrestres como Norteamérica, Europa y Asia.



Los círculos rojos representan un incremento de temperatura y los azules una disminución. Entre más grande sea el círculo, mayor es el cambio de temperatura.

**TENDENCIA DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES DURANTE EL PERIODO  
1901 - 2000**



precipitaciones en las zonas orientales de América del Norte y América del Sur, Europa septentrional, Asia septentrional y el este de Australia (Mapa 3). Con respecto a la intensidad de las lluvias, el IPCC indica que es probable que se hayan incrementado en muchas regiones de la Tierra a partir del año 1950, incluso en las regiones donde se redujo la cantidad total de precipitación. En contraste, se han registrado sequías más intensas y prolongadas a partir de 1970, principalmente en los trópicos y subtropicos, destacando las regiones desérticas de África y América del Sur.

**¿QUÉ CONSECUENCIAS ENFRENTAMOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO?**

Debido a que todos los elementos del ambiente están relacionados entre sí, alterar uno de ellos origina cambios en los restantes, algunas veces imperceptibles y otras muy evidentes. A lo largo

de la historia de la Tierra se han registrado cambios en el clima, pero tomaron cientos o miles de años en presentarse. De acuerdo con los registros disponibles, ningún cambio había sido tan rápido como el que estamos viviendo. A continuación te describimos las consecuencias más importantes del cambio climático sobre algunos de los elementos del ambiente.

**DESHIELOS**

Como consecuencia del calentamiento global, uno de los impactos más impresionantes que hemos observado ha sido el derretimiento de los glaciares. Los glaciares son enormes masas de hielo que cubren las cimas de algunas montañas y volcanes o inmensas extensiones sin montañas, -como por ejemplo, en Groenlandia y Antártica-, que se han formado por la acumulación gradual de nieve a través de cientos o miles de años. Es tal la magnitud de su extensión y profundidad, que son el mayor reservorio de agua dulce en el planeta.

Veamos ahora algunos ejemplos de lo que está pasando con los glaciares por efecto del calentamiento global. En poco menos de 30 años, la capa de hielo del Ártico se redujo unos 950 mil kilómetros cuadrados, esto es, cerca del 20% de su superficie; sólo para tener una referencia de la magnitud de la pérdida, esta superficie equivaldría aproximadamente a la mitad del territorio mexicano. Al otro lado del planeta, en el continente Antártico, en el año 2002 se fracturó la llamada plataforma Larsen B, con lo que se desprendió y posteriormente se fundió en el mar una masa de hielo de 3 mil 240 kilómetros cuadrados, esto es, una superficie poco mayor a dos veces la del Distrito Federal. Desafortunadamente estos ejemplos no son casos aislados, los reportes de grandes fracturas en los glaciares continúan publicándose: a principios de 2009, el puente de hielo que unía la plataforma Wilkins con la península Antártica se fracturó, desprendiéndose cerca del 25% del total de la plataforma (Figura 10).

Los deshielos no sólo han afectado al Ártico y la Antártica, sino también a las zonas frías y con hielos perpetuos que se hallan en las zonas altas de montañas y volcanes. La cobertura de los glaciares montañosos y la nieve ha disminuido en ambos hemisferios: sólo en el norte, el área máxima cubierta por hielos estacionales se ha reducido cerca de 7% desde 1900. Por ejemplo, los glaciares de los Alpes suizos perdieron un tercio de su superficie y al menos la mitad de su masa en el periodo entre 1850 y 1980. Tan intensa ha sido esta pérdida que durante el verano del año 2003 se perdió 10% de la masa de sus glaciares permanentes. Si esto ya es preocupante, lo es más el hecho de que según los pronósticos su situación no mejorará: los científicos han calculado que, para el año 2050, el 75% de estos glaciares podrían haber desaparecido.

Casi siempre que leemos o escuchamos de glaciares pensamos en los que están cerca de los polos e ignoramos que en las regiones tropicales también existen, pero localizados sobre las cordilleras o los volcanes más altos. Y obviamente, éstos también están siendo afectados por el cambio climático. Se calcula, por ejemplo, que desde comienzos de 1970 el área superficial de los glaciares de Perú se ha reducido entre 20 y 30% (Figura 11). El Glaciar Chacaltaya de Bolivia ha perdido el 82% de su superficie, mientras que otros más pequeños ya han desaparecido por completo. Si las cosas siguen como hasta ahora, muchos de los glaciares menores de los Andes sólo podrán encontrarse en los libros de historia dentro de un decenio.

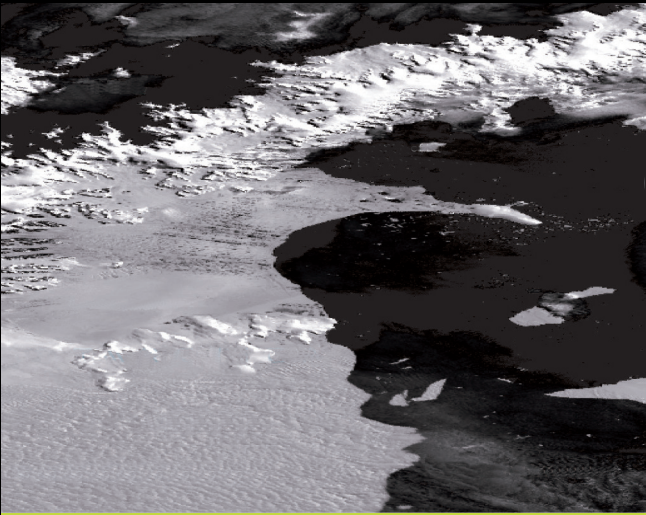
También en México hay glaciares. Se encuentran en las zonas altas del Iztaccíhuatl, Popocatepetl y Pico de Orizaba y han sido afectados por el cambio climático. Con base en los datos disponibles, los glaciares del Iztaccíhuatl ya han sufrido reducciones tanto en su superficie (de hasta 40% en un periodo de 20 años) como en su profundidad (en 1999 era de 70 metros y para el 2004 se había reducido a 40 metros). En el Pico de Orizaba y el Popocatepetl, los volcanes más altos del país, la tendencia es similar, pero en este último la reducción posiblemente se ha acelerado por la actividad volcánica de los últimos años. Los expertos estiman que si se mantiene la velocidad a la cual se han reducido los glaciares del Iztaccíhuatl y Pico de Orizaba, es posible que desaparezcan por completo en los próximos 10 y 35 años, respectivamente.

Con el derretimiento de los glaciares ocurren dos efectos. Por un lado, se pierden depósitos vitales de agua dulce para la población, ya que funcionan como reservorios gratuitos, reteniendo el agua durante el invierno y liberándola poco a poco durante la primavera y el verano. En segundo lugar, y por extraño que parezca, los

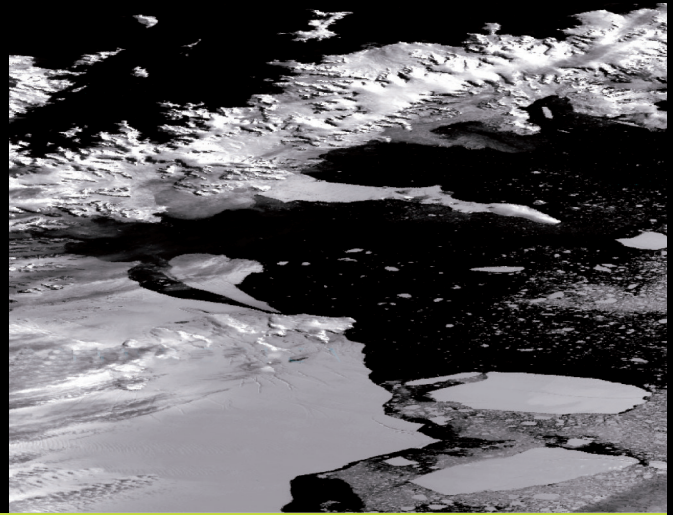
FIGURA  
**10**

## DESPRENDIMIENTO DE LAS PLATAFORMAS WILKINS Y LARSEN B EN ANTÁRTICA

**ENERO 2002**



**MARZO 2002**



**Colapso de 3 mil 240 km<sup>2</sup> de la Plataforma Larsen B en la Península Antártica.**



**ABRIL 2009**

**Vista de la fractura del puente de hielo que unía a la Plataforma Wilkins con la Península Antártica**

FIGURA

11

## PÉRDIDA DE GLACIARES EN AMÉRICA LATINA

*El tamaño de los círculos es proporcional a la superficie cubierta por glaciares en cada uno de los países.*

Superficie actual

Superficie al inicio del periodo de registro

Periodo  
Porcentaje de reducción



Perú

1970 - 2006

30 %



Bolivia

1975 - 2006

29.5 %



Ecuador

1976 - 2006

30.1%



Colombia

1950 - 2006

30.2%



Venezuela

1950 - 2006

33.3%

Glaciar Perito Moreno, Argentina.

glaciares nos ayudan a evitar que el planeta se caliente más, y no por ser de hielo, sino por su color blanco que refleja hacia el espacio una gran cantidad de luz. Al derretirse los glaciares, las superficies de colores más oscuros, como las del agua de mar y de los suelos que estaban por debajo del hielo quedan expuestas, por lo que absorben más radiación, se calientan y emiten radiación infrarroja que contribuye a calentar más la Tierra. El calentamiento adicional ocasionará, en consecuencia que se derrita aún más hielo.

Estarás de acuerdo que el agua que se derrite de los glaciares tiene que irse a algún lado. En el caso de los glaciares de montaña, puede seguir sus cursos naturales a través de los cauces de los ríos que corren por los continentes y finalmente desembocan al mar, o como en el caso de los de Groenlandia, escurrir directamente al mar. Esto tiene muy preocupados a los científicos por dos razones. En primer lugar, porque el inmenso volumen de hielo que podría derretirse y llegar al mar diluiría el agua salada a niveles peligrosos para el clima global por su afectación a las principales corrientes marinas (en el **Recuadro Un cinturón que recorre los mares: la corriente termohalina** te explicamos los detalles); y en segundo lugar, porque los océanos tenderían a elevar sus niveles.

## **CAMBIOS EN EL NIVEL DEL MAR**

El derretimiento de los hielos terrestres en las zonas polares y en las montañas ha ocasionado que el nivel del mar se eleve. A este efecto, debe agregarse también el calentamiento del agua de las últimas décadas que ha ocasionado que los mares y océanos, como todos los cuerpos que adquieren calor, se expandan, y puesto que tienen un espacio limitado, incrementen su nivel. Los registros que se tienen sobre el cambio en el nivel del mar en algunos sitios del planeta, como los de Ámsterdam (Holanda), Brest (Francia) y Swinoujscie (Polonia), confirman la elevación

acelerada del nivel del mar durante el siglo XX (Figura 12). Aunque este incremento es consecuencia del cambio climático, también se le ha empleado como evidencia de este fenómeno global.

Los científicos han calculado que en el periodo 1961-2003 se registró un incremento promedio de 1.8 milímetros por año, y que el aumento total en el siglo XX fue de 17 centímetros. Tal vez este último incremento podría parecerse mínimo, pero no es así. De hecho, resulta preocupante para muchos países en el mundo que tienen ciudades ubicadas en las zonas costeras e incluso por debajo del nivel del mar, como es el caso de Ámsterdam, en Holanda, que está cuatro metros por debajo del nivel del mar. Ello implica que muchos millones de personas estarían susceptibles en el futuro próximo de sufrir las consecuencias de inundaciones por la invasión del mar. Un ejemplo extremo de los efectos actuales de la elevación del nivel del mar lo puedes ver en el **Recuadro Tuvalu: un país que desaparece**.

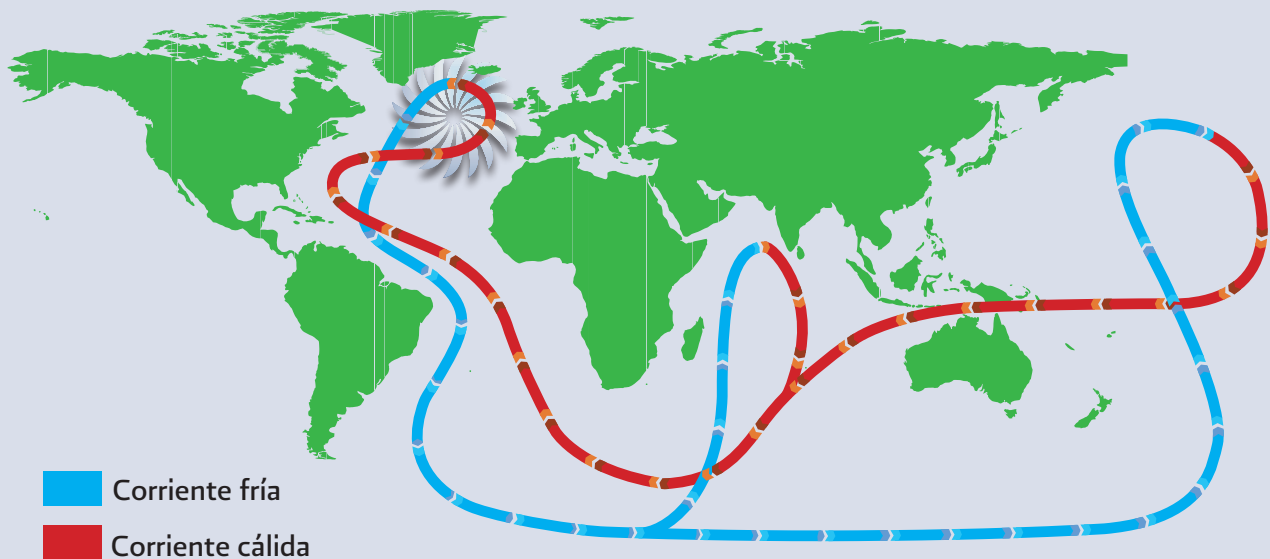
## **EVENTOS EXTREMOS**

Aunque no hay una definición precisa, nos vamos a referir aquí a los “eventos extremos” como aquellos fenómenos climáticos, de gran intensidad y poca frecuencia, que tienen efectos ambientales y sociales adversos, ya sea regional o localmente. Ejemplos de ellos son los huracanes, tornados, sequías, heladas o granizadas, a través de los cuales sentimos más cercanos los efectos del cambio climático (Figura 13).

Empecemos con las tormentas intensas que provocan inundaciones, así como pérdidas materiales y de vidas humanas. Un ejemplo reciente ocurrió en julio de 2005, en Bombay, India, donde cayeron 94 centímetros de lluvia en tan sólo 24 horas. Para que te des una idea y puedas dimensionar este volumen, te diremos que

Si alguna vez has nadado en el mar es probable que mientras disfrutabas del agua cálida de pronto te haya llegado una corriente de agua fría por los pies. Seguramente después del brinco te habrás preguntado de dónde vino el agua fría en esa inmensidad de agua aparentemente homogénea y tibia. Pues bien, esa débil corriente de agua fría es un ejemplo de lo que ocurre en el mar, pero en gran escala.

Los océanos de nuestro planeta no están para nada quietos. Al contrario, están en constante movimiento por las corrientes oceánicas, las cuales mueven grandes cantidades de agua de un lugar a otro por efecto de la rotación de la Tierra, la temperatura, la salinidad, e incluso, se ha sugerido recientemente que por la influencia de la Luna. Una de las corrientes más importantes es la conocida como el Cinturón de Transporte Oceánico Global. En la siguiente figura podrás observar cómo se mueven las aguas cálidas (flechas rojas) y frías (flechas azules) de esta corriente a lo largo de los océanos del planeta.

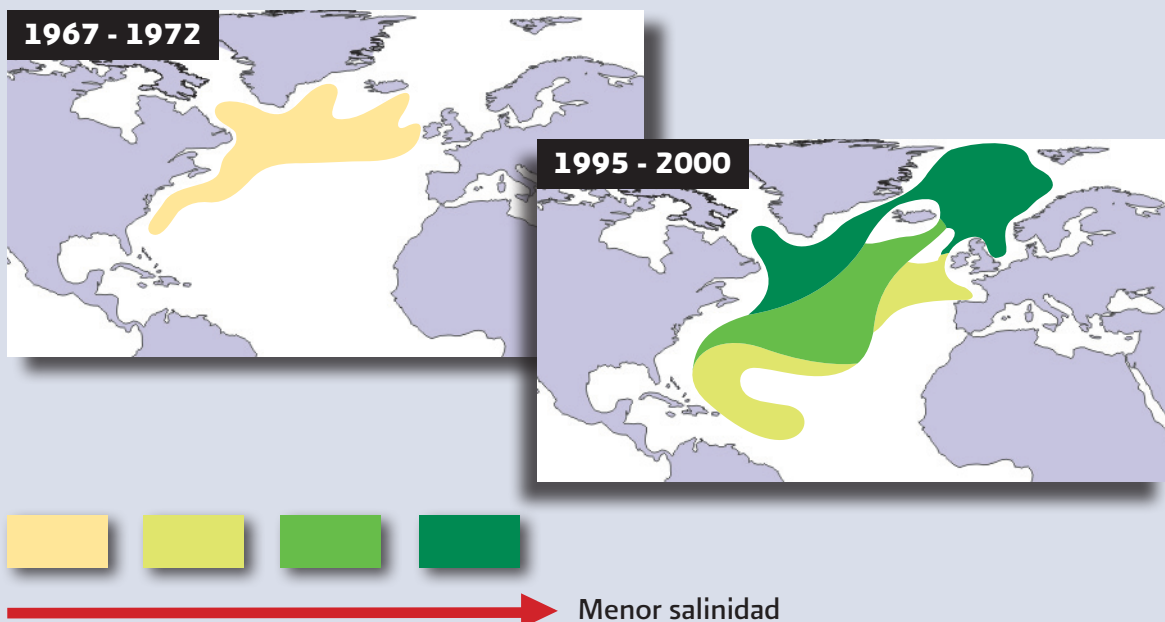


Veamos cómo funciona esta corriente en uno de sus puntos más importantes: el Atlántico Norte. Para ello, haremos un ejercicio. Imagina que tienes un vaso con agua con sal, si la pruebas obviamente te sabrá salada, pero ¿qué pasaría si la vuelves a probar después de haberla dejado todo el día en el sol y una parte de ella se evaporó? Además de que sabrá horrible, estará más salada que al principio y será más densa. Precisamente esto es lo que pasa en el mar del Atlántico Norte; las aguas superficiales de la corriente del Golfo de México, además de enfriarse, pierden una gran cantidad de agua por evaporación y por lo tanto concentran la sal en el agua, la que al ser más densa y fría se hunde profundamente en el lecho marino y fluye hacia el sur. A este proceso se le conoce como “bomba termohalina”, debido a que es

impulsada tanto por la temperatura (termo) como por la salinidad (halina). Este movimiento de agua caliente y fría por casi todos los océanos del mundo tiene una fuerte influencia sobre el clima del planeta entero. Gracias a él, las masas de agua caliente de las regiones tropicales fluyen hacia los polos, lo cual hace, por ejemplo, que el clima de la costa occidental europea sea templado en comparación con zonas de la misma latitud en Canadá, mucho más frías.

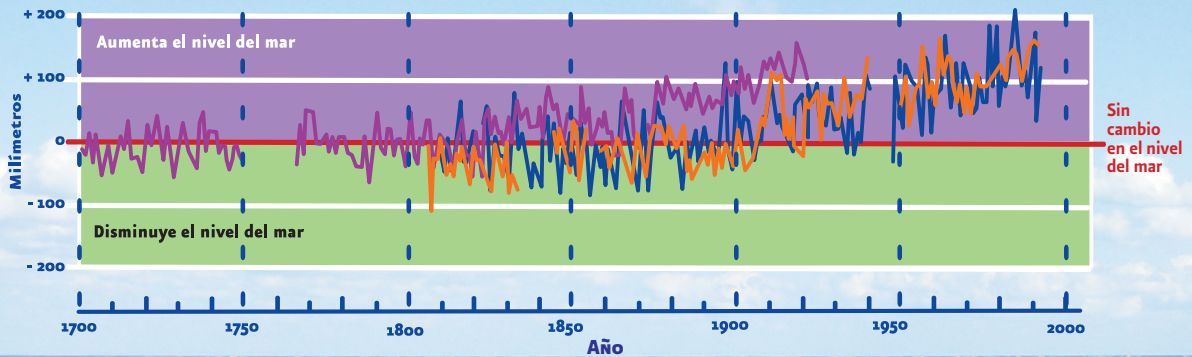
Como verás, la bomba termohalina juega un papel crucial en el flujo de las corrientes oceánicas. Sin embargo, es un proceso frágil, ya que un cambio en la salinidad puede originar que el agua impulsada por la bomba fluya más lentamente o que en un caso extremo, se detenga. Esto no es imposible, de hecho hace diez mil años, cuando se derritió la capa glacial de América del Norte, una parte del agua dulce que estaba atrapada en forma de hielo se precipitó hacia el Atlántico Norte y la bomba termohalina casi dejó de funcionar. ¿Y qué pasó entonces? Pues nada más ni nada menos que Europa se enfrentó a una nueva era glacial por casi mil años, ya que las aguas cálidas ya no llegaban y no se generaba el vapor de agua que produce la elevación de las temperaturas ambientales en la parte occidental del continente.

Actualmente los científicos están preocupados porque temen que el acelerado deshielo de Groenlandia libere una gran cantidad del agua dulce que tiene en forma congelada y perturbe el flujo global de las corrientes marinas del planeta. Obviamente esto tendría consecuencias importantes sobre la vida, ya que al detenerse la bomba, se afectarían las corrientes en todo el mundo y todos sus habitantes resentiríamos sus efectos. La mala noticia es que los científicos ya han registrado cambios en la salinidad del Atlántico Norte.





**ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR EN ALGUNAS CIUDADES EUROPEAS**



**Ámsterdam, Holanda**



**Brest, Francia**



**Swinoujscie, Polonia**

esto equivale a 940 litros de agua por cada metro cuadrado de su territorio en un día: ¡prácticamente un tinaco lleno! Una cantidad como esa podría ser muy útil para abastecer el consumo de las personas, pero al no tener la infraestructura para su captación, causa enormes daños.

En México ya hemos vivido situaciones similares: en los estados de Tabasco y Chiapas ocurrieron graves inundaciones en 2007 a causa de las fuertes lluvias, las más graves registradas en los últimos 50 años, y que dejaron tan sólo en Tabasco, un total de 500 mil damnificados y 100% de pérdidas en los cultivos. Así como se han observado lluvias muy intensas, en otras regiones del mundo ha llovido menos de lo habitual. Paradójicamente, en uno de los sitios que la mayoría de la gente asocia con humedad permanente, la selva del Amazonas en Sudamérica, que en el año 2005 vivió una sequía que dejó sin agua los lechos de varios de sus afluentes, una situación poco común.

Por otro lado, en los últimos años hemos visto o conocido de huracanes que han ocasionado no sólo pérdidas humanas y materiales considerables, sino también daños importantes a los ecosistemas naturales; podemos citar por ejemplo, Emily en Yucatán, Katrina en el sureste de Estados Unidos y Stan y Wilma en el sureste de México. Se estima que en Hidalgo, Puebla, Oaxaca y Veracruz el huracán Stan generó en 2005, pérdidas por mil 934 millones de dólares, mientras que el huracán Wilma, en el mismo año, produjo daños por mil 724 millones de dólares y dañó el 98% de la infraestructura en la costa sur de la península de Yucatán. El huracán Katrina, que golpeó Nueva Orleans en 2005, causó pérdidas de al menos 60 mil millones de dólares.

Un estudio publicado en la revista *Science* en 2005, documentó que en los últimos años se han registrado cada vez un mayor número de huracanes intensos, es decir, de las categorías 4 y 5 de la escala Saffir-Simpson, los cuales



¿Te imaginas un país preparándose para desaparecer? Esto ya ocurre en Tuvalu y en otros países insulares. Tuvalu, una nación localizada en el océano Pacífico entre Australia y Hawaii está formada por pequeñas islas, cuya mayor altitud alcanza los cinco metros. Debido al aumento del nivel del mar, sus habitantes han sufrido la inundación de las áreas bajas. Hace algunos años, las olas barrieron la superficie de Tepuka Savilivili,

una de sus islas, lo que provocó la destrucción de toda su vegetación. Este no es su único problema, la intrusión del agua salada en su territorio ha afectado los mantos acuíferos y con ello su reservorio de agua potable.

También la producción de alimentos ha sido afectada. Los isleños consumen un tubérculo llamado “pulaka”, pero los suelos y sus plantaciones han padecido las consecuencias por las infiltraciones de agua salada. En los últimos años, tres cuartas partes de las cosechas se han perdido, lo que ha obligado a los isleños a depender para su subsistencia de los alimentos importados.

En los últimos años se ha planteado la necesidad de evacuar a sus habitantes hacia otros países, ya que el aumento del nivel del mar significará un riesgo para su vida y salud en el futuro, pues la mayoría de las casas, infraestructura y actividades comerciales se encuentran a lo largo de la costa. Desde el año 2002, Nueva Zelanda acoge a 75 personas de Tuvalu anualmente. Sin embargo, esta ayuda ha resultado insuficiente, ya que la población es de alrededor de 11 mil personas y para ser aceptados como refugiados deben cumplir con ciertos requisitos, como hablar mínimamente el inglés, tener menos de 45 años y contar con un ofrecimiento de empleo en ese país. Actualmente se gestiona una evacuación, o mejor dicho, una migración hacia otros países, ya que no podrán volver al suyo.

Ante esta situación, los habitantes de Tuvalu se preguntan si serán alguna vez compensados por la pérdida de su país. Este caso nos hace pensar en la “deuda ecológica” que los problemas ambientales generan. De ahí la relevancia de que los países tomen medidas serias para disminuir su emisión de gases de efecto invernadero. No sólo Tuvalu sufre las consecuencias del aumento del nivel del mar: se prevé que las naciones isleñas de baja altitud en el Pacífico se inunden y que sus acuíferos sean invadidos por el agua salada. Otras naciones isleñas amenazadas incluyen a las Islas Cook y Marshall. Durante la última década, la isla Majuro (una de las Islas Marshall) ha perdido hasta 20% de su zona de playa.



FIGURA  
**13**

## EVENTOS EXTREMOS



Huracán Katrina,  
Nueva Orleans, Estados Unidos.  
2005



Huracán Wilma,  
Cancún, México.  
2005



Sequía,  
Zacatecas, México.  
2008



Lluvias intensas,  
Villahermosa, México.  
2007

se caracterizan por vientos superiores a 210 kilómetros por hora que pueden destruir tejados, inundar las plantas bajas de los edificios cercanos a la costa e, incluso, requerir la evacuación de la población (Figura 14). Por otro lado, un grupo de científicos londinenses sugirieron en 2008, que el aumento de 0.5°C en el océano Atlántico podría generar un incremento de 40% en su frecuencia, así como huracanes más intensos.

La ocurrencia de huracanes se suma al resto de desastres naturales que aparecen repetidamente en las noticias. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial, el número de víctimas en el mundo por desastres naturales aumentó de 147 millones a 211 millones entre 1991 y el año 2000. Muchos de los desastres han estado relacionados con el agua: del total, alrededor del 90% estuvo relacionado con este factor, y de éstos 50% involucró inundaciones, 28% epidemias y 11% sequías, estimándose la magnitud de los

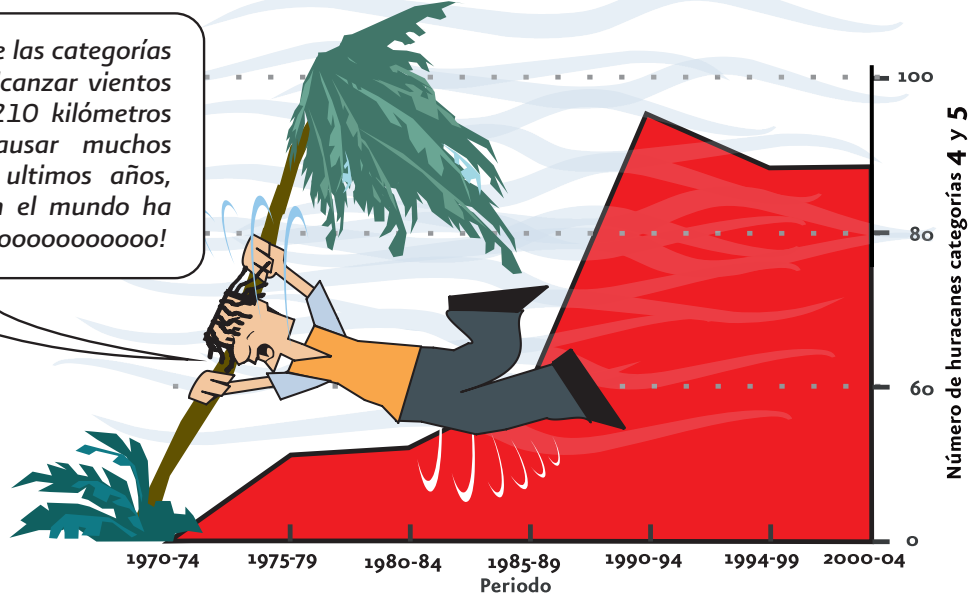
daños en cerca de 200 mil millones de dólares. Los desastres se ubicaron principalmente en Asia y África (35 y 29%, respectivamente), aunque en América y Europa también ocurrió un importante número (Figura 15). Las inundaciones afectaron la vida de alrededor de 68 millones de personas en Asia oriental y de 40 millones en Asia meridional. En África subsahariana, 10 millones de personas se vieron afectadas por sequías y dos millones por inundaciones.

Aunque los desastres climáticos están afectando cada vez a más personas en el mundo, la gran mayoría de las víctimas vive en países en desarrollo (Figura 16). Entre el año 2000 y el 2004, una de cada 19 personas que vivía en países en desarrollo fue afectada anualmente por alguno de estos eventos. En contraste, en los países desarrollados la cifra es muy diferente: las afectaciones sólo dañaron a uno de cada mil 500 habitantes.

FIGURA  
**14**

## OCURRENCIA DE HURACANES DE LAS CATEGORÍAS 4 Y 5 EN EL MUNDO ENTRE 1970 Y 2004.

Los huracanes de las categorías 4 y 5 pueden alcanzar vientos mayores a los 210 kilómetros por hora y causar muchos daños. ¡En los últimos años, su ocurrencia en el mundo ha aumentadooooooooooooooooooooo!



### EFFECTOS EN AGRICULTURA Y PESQUERÍAS

En 1998 padecimos por largos meses un calor abrumador. Ese año fue uno de los más cálidos del siglo por efecto del fenómeno de El Niño<sup>4</sup>, el cual a su vez ha sido afectado por el cambio climático, incrementando su frecuencia e intensidad. Tanto en México como en otras regiones del planeta disminuyeron y se retrasaron las lluvias, lo que provocó una grave sequía que afectó a diferentes actividades productivas, entre ellas la agricultura, la ganadería y la pesca.

En el 2005, que ha sido el más caliente de los últimos cien años, el retraso en las lluvias de verano resultó en una caída de más de 13% en la producción agrícola del país. El área de cultivos dañada fue de 669 mil hectáreas y los costos totales de la sequía ascendieron a cerca de 779 millones de pesos.

El cambio climático no sólo afecta los volúmenes de producción, sino también su calidad. A pesar de que se ha manejado que la agricultura puede ser beneficiada por los efectos del cambio climático, la realidad es que no es del todo cierto. Por ejemplo, se ha encontrado que la elevada concentración de CO<sub>2</sub>, si bien provoca que en el corto plazo algunos cultivos sean más productivos, también genera que su calidad nutritiva se vea afectada negativamente. Un estudio publicado en 2008 en la revista *Global Change Biology*, reportó que el incremento de CO<sub>2</sub> en el aire reduce la concentración de proteínas en diversos tipos de cultivos. Por ejemplo, en la cebada, el arroz, el trigo y la papa se detectaron disminuciones de entre 10 y 15%.

<sup>4</sup>El Niño es un evento más o menos cíclico que ocurre en un periodo que oscila entre tres y siete años, en el cual una masa de agua cálida se desplaza de su posición habitual en el oeste del océano Pacífico hacia las costas del continente americano, ocasionando un incremento en las lluvias en Perú y sequías en los bosques tropicales de Indonesia, entre otros impactos. Es resultado de una interacción entre la atmósfera y el océano (en el Pacífico tropical) y forma parte de un fenómeno más grande conocido como ENOS (El Niño Oscilación del Sur), el cual incluye también a La Niña.

FIGURA  
**15**

**TIPOS Y DISTRIBUCIÓN DE LOS DESASTRES NATURALES RELACIONADOS CON EL AGUA ENTRE 1991 Y 2000**

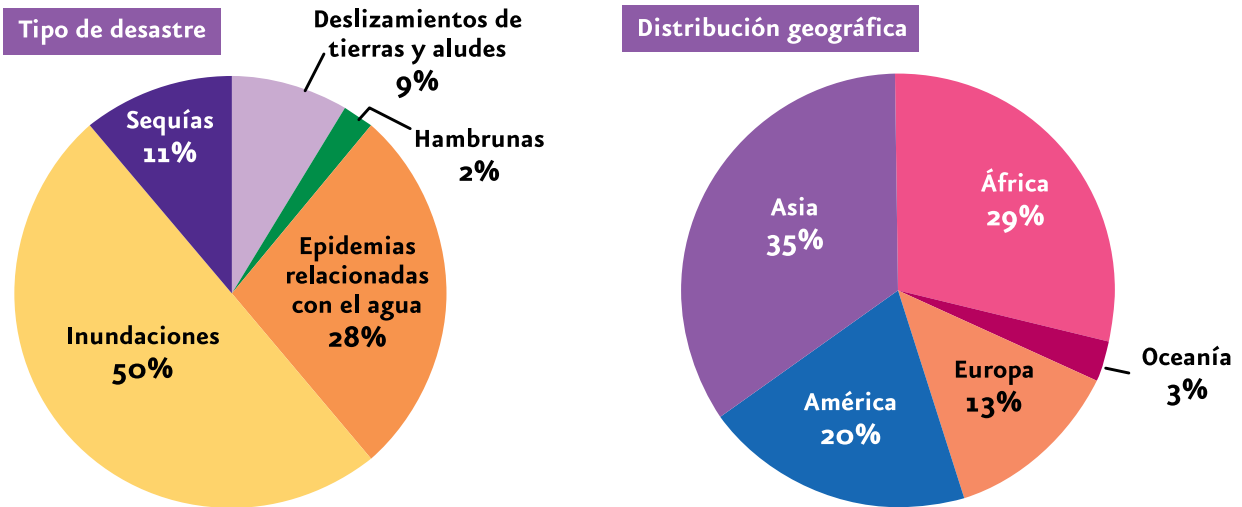
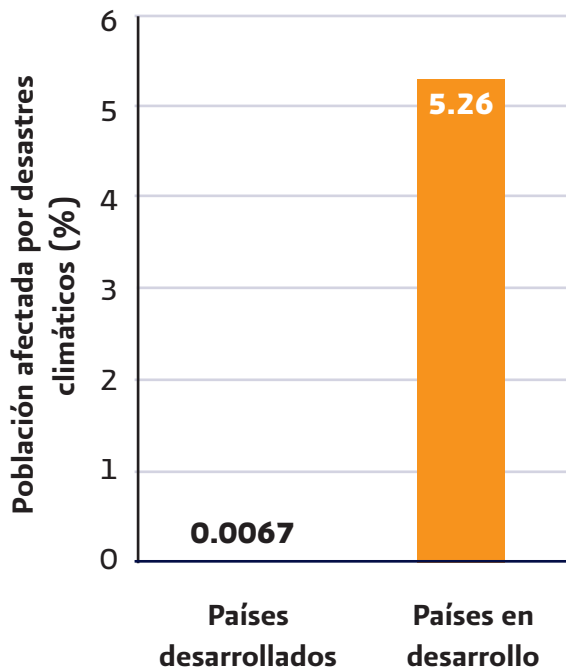


FIGURA  
**16**

**POBLACIÓN AFECTADA POR DESASTRES CLIMÁTICOS EN PAÍSES DESARROLLADOS Y EN DESARROLLO ENTRE 2000 Y 2004**



La pesca nacional también ha reducido sus volúmenes de producción en años particularmente inusuales de condiciones climáticas. En 1998 los volúmenes de producción se redujeron, principalmente en las pesquerías de erizo, langosta, abulón y camarón. Podrás imaginar las consecuencias económicas y sociales que tales pérdidas produjeron en las comunidades que dependían directa e indirectamente de todos esos productos. Para poder tener una idea de la importancia de estos sectores podemos mencionar que tanto la agricultura como el sector pesquero contribuyen de manera importante a la economía nacional: en el año 2004, al menos ocho millones de personas dependían de la agricultura y cerca de 300 mil estaban empleadas en actividades relacionadas con la pesca.

No sólo en México se ha afectado la pesca por el cambio climático. El IPCC reportó que el incremento de la temperatura de los océanos en los últimos diez años ha provocado la disminución de las poblaciones del famoso bacalao del Mar del Norte, aunque es justo decir que también la sobreexplotación de este recurso contribuyó a

En México la sequía de 2005 causó pérdidas en 669 mil hectáreas de cultivos y por 779 millones de pesos. En 2006, en China afectó el 12% de su producción agrícola y a 18 millones de personas.

mermar sus poblaciones. Esta disminución ha ocurrido, en gran parte, porque el plancton del que se alimenta el bacalao se ha desplazado hacia el océano Ártico en busca de aguas más frías. Las poblaciones de plancton se han reducido 70% desde los años sesenta.

## ¿CÓMO AFECTA EL CAMBIO CLIMÁTICO A LA BIODIVERSIDAD?

La biodiversidad, que los científicos definen como la variabilidad que existe entre los organismos de una especie, entre especies y entre ecosistemas, tampoco ha sido ajena a los efectos del cambio climático. Conforme la temperatura, la precipitación y otras variables ambientales cambian, los científicos siguen documentando las consecuencias sobre muchas especies de plantas, animales y ecosistemas. Es así como el cambio climático se suma, junto con la deforestación, la sobreexplotación de los recursos naturales y la contaminación, entre otras actividades humanas, a la lista de factores que impulsan la más grave crisis que vive la biodiversidad desde la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años. La magnitud del problema es tal que el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático señala que de las especies que se han estudiado, alrededor del 50% ya se han visto afectadas por el cambio climático.

Los efectos del cambio climático sobre la vida del planeta son explicables si tenemos en cuenta que los organismos de todas las especies viven en condiciones ambientales particulares que,

de modificarse significativamente, impiden su sobrevivencia y reproducción.

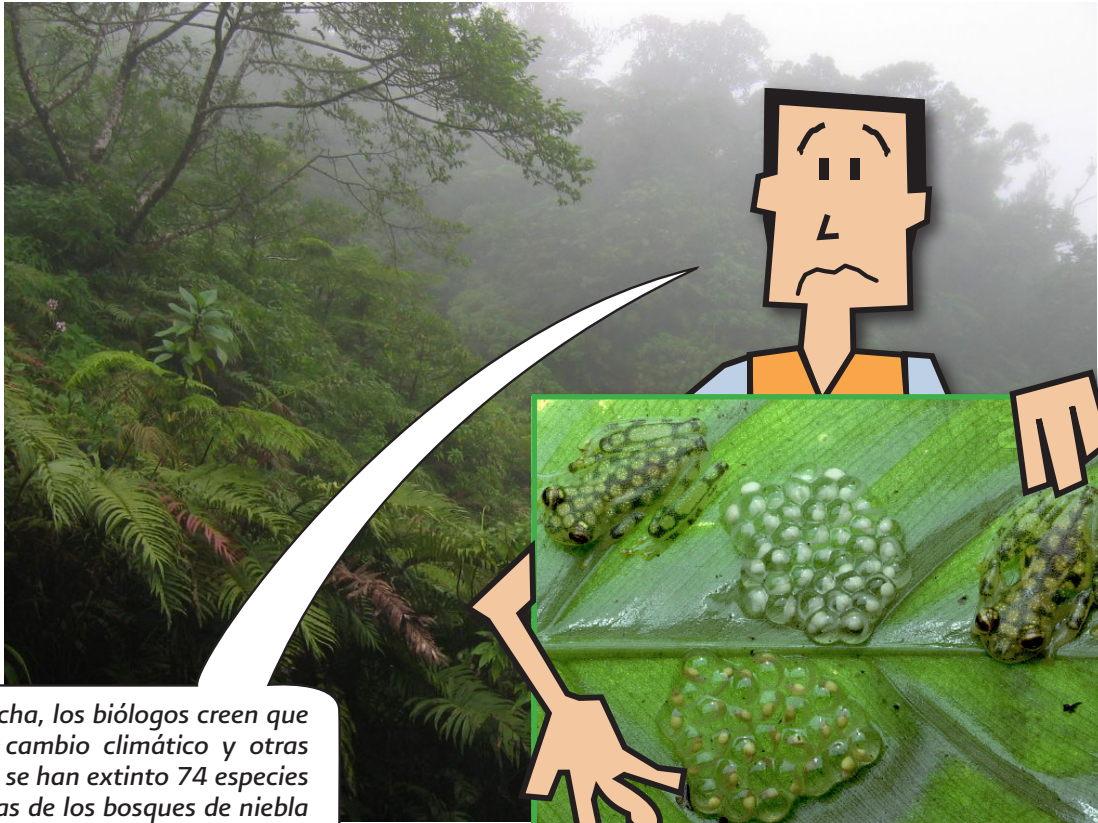
Ilustremos esto con un caso: las ranas de los bosques de niebla. Estos anfibios dependen de la alta humedad ambiental que existe en las áreas donde se encuentran estos ecosistemas para conseguir su reproducción, debido a que sus huevos se desarrollan sólo en sitios muy húmedos (Figura 17). Si esta humedad ambiental se reduce durante largos periodos -como ya ha sucedido en algunas regiones tropicales-, los adultos no tienen descendencia, ya que sus huevos se desecan y mueren rápidamente. A la fecha, los biólogos creen que por ésta y otras causas se han extinto 74 especies de ranas de los bosques de niebla del mundo.

Los efectos del cambio climático sobre la vida pueden observarse a distintos niveles, que incluyen respuestas de los organismos a nivel individual, en las interacciones con otras especies, en la amplitud de su distribución geográfica e, incluso, en la de los propios ecosistemas. Veremos en los siguientes párrafos algunas explicaciones y ejemplos de los efectos en cada uno de estos niveles.

A nivel fisiológico, la mayor concentración de bióxido de carbono en la atmósfera y en los océanos ha tenido consecuencias importantes en los procesos de alimentación y crecimiento de muchas especies. Algunas especies de árboles y de plantas alpinas, por ejemplo, se han beneficiado debido a que han sido capaces de absorber e integrar a sus tejidos una mayor cantidad de bióxido de carbono, lo que las ha hecho crecer más rápido. Este efecto también se ha observado en algunas de las especies de importancia agrícola, como la caña, las cuales han aumentado su productividad (Figura 18). Sin embargo los científicos aún no saben si este efecto será duradero debido a otras limitaciones que podrían restringir el crecimiento de estas especies.

FIGURA  
17

## LAS RANAS, LOS BOSQUES DE NIEBLA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO



*A la fecha, los biólogos creen que por el cambio climático y otras causas se han extinto 74 especies de ranas de los bosques de niebla del mundo.*

FIGURA  
18



Algunos cultivos, como la caña de azúcar, pueden aumentar su productividad en ambientes con mayor cantidad de CO<sub>2</sub>.

En el caso de algunas especies marinas, el efecto ha sido contrario. El bióxido de carbono de la atmósfera, al disolverse en el agua, hace que se vuelva más ácida, lo que disminuye el crecimiento de animales como los corales y los moluscos, a quienes les resulta más difícil tomar el calcio del agua para construir sus esqueletos y conchas, respectivamente. A pesar de que esta acidificación ha sido mínima a la fecha, los corales ya la han resentido y puede ser significativa sobre todo si se combina con otros factores de disturbio.

El aumento de la temperatura de los océanos también produce el llamado “blanqueamiento del coral” (Figura 19). Para entender qué es este fenómeno, debemos saber que los corales albergan en sus tejidos a ciertas algas microscópicas

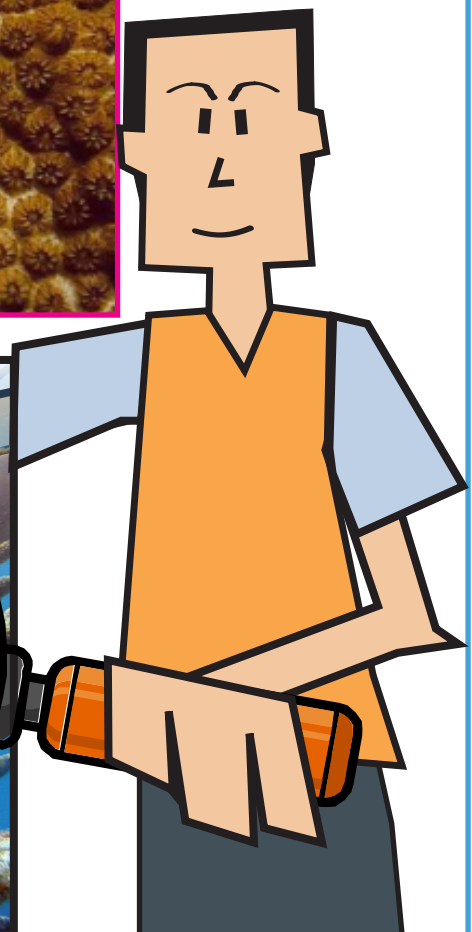
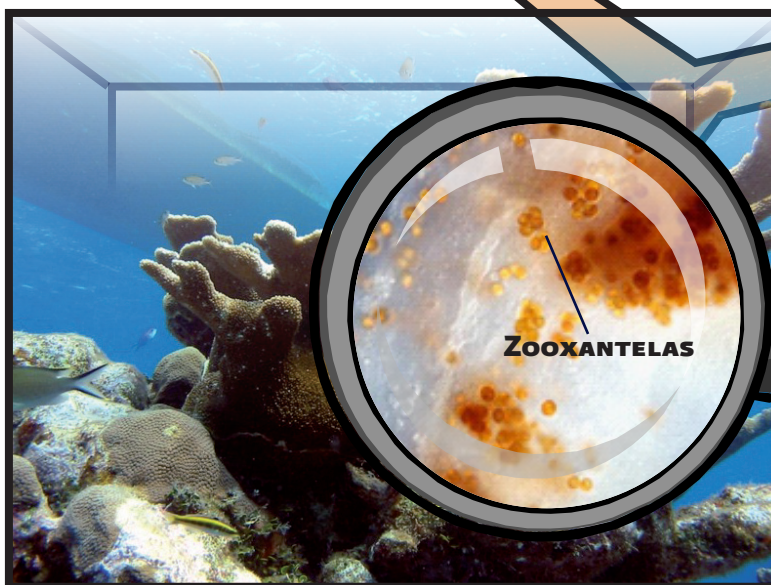
unicelulares, de las que obtienen nutrientes y a las cuales ofrecen protección y desechos, que a su vez ellas utilizan como alimento.

Cuando la temperatura del mar aumenta, las algas abandonan los corales, lo que los deja sin color y permite observar por debajo del tejido su blanco esqueleto de carbonato de calcio, el cual da nombre al fenómeno. El blanqueamiento puede ser revertido y los corales pueden recuperar su estado de salud si el incremento de la temperatura marina no ha sido muy alto y si otras algas entran en asociación con el coral, pero si transcurren periodos largos de altas temperaturas –con incrementos iguales o mayores a 3°C–, los corales mueren.

FIGURA  
19

## EL BLANQUEAMIENTO DE LOS ARRECIFES DE CORAL

*Las zooxantelas son algas microscópicas que viven en los tejidos de los corales. Cuando la temperatura del agua de mar sube, las algas abandonan el coral y lo dejan sin color, produciendo el llamado “blanqueamiento del coral”.*

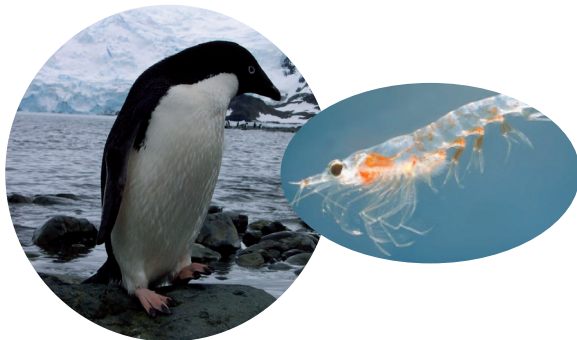




Los cambios en la temperatura del océano también hacen que otros animales no encuentren su alimento en cantidad suficiente. Por ejemplo, una población de pingüinos Adelia en Antártica (Figura 20) se redujo en tan sólo 15 años (entre 1990 y 2004) de 320 parejas con crías a sólo 54, en un sitio donde la temperatura promedio se había incrementado 5.5°C en cincuenta años. La reducción tan drástica en el número de parejas parece estar asociada con la migración del “krill”<sup>5</sup>, su alimento principal, hacia zonas sureñas más frías y alejadas a las cuales los pingüinos llegan con mucha dificultad. Sin embargo, uno de los ejemplos más sobresalientes de las consecuencias de la disminución de alimento es el de los osos polares, cuyo caso te describimos en el **Recuadro Nanuk, el oso polar**.

FIGURA  
**20**

### LA CADENA ALIMENTICIA DE LOS PINGÜINOS ADELIA



*La población de los pingüinos Adelia se redujo por la migración de su principal alimento, el krill.*

El cambio climático afecta a muchas especies en sus procesos estacionales como son la floración de las plantas, las migraciones de las aves y la aparición de las primeras hojas de los árboles en la primavera. Se ha encontrado que ciertas especies de aves migratorias en el Reino Unido han tendido a adelantar las fechas de su reproducción y han cambiado su distribución geográfica como resultado de los inviernos más cálidos que se viven en la isla. Al otro lado del Atlántico, en

Norteamérica, otro estudio encontró que seis especies de aves también han adelantado la fecha en la que ponen sus huevos como respuesta al incremento de temperatura en la primavera. Un ejemplo detallado de este tipo de alteraciones en las aves y sus consecuencias se encuentra en el **Recuadro ¿Dónde está mi oruga?**

Como respuesta a los cambios en algunas variables ambientales, los organismos de ciertas especies se han desplazado hacia nuevos sitios con características ambientales similares a las que poseían sus hábitats naturales. En consecuencia, sus distribuciones geográficas no son las mismas que los científicos conocieron hace 50 años. Por ejemplo, la Pika americana (Figura 21), un pariente del conejo, redujo su área de distribución en las zonas montañosas de Norteamérica, mientras que otras, por el contrario, la han ampliado, como en el caso de muchas plagas forestales (Figura 22). Estos cambios han sido observados en todos los continentes, en las regiones polares y en casi todos los grupos taxonómicos, incluyendo plantas, insectos, anfibios, aves y mamíferos. No obstante, debe mencionarse que no todas las especies tienen la capacidad de desplazarse hacia nuevos sitios para evitar los efectos del cambio climático. Esto quiere decir que, en caso de no poder adaptarse localmente a las nuevas condiciones, podrían extinguirse en el mediano o largo plazo.

FIGURA  
**21**

### PIKA AMERICANA



*La Pika americana, pariente de los conejos, ha reducido su área de distribución en las zonas montañosas de Norteamérica por el cambio climático.*

<sup>5</sup>Este es el nombre que reciben un conjunto de crustáceos marinos parecidos a los camarones que son muy importantes como alimento de muchas especies marinas y que están en la base de la cadena alimenticia.



Para los Inuit –a quienes la mayoría de nosotros conocemos como esquimales-, el oso polar, “Nanuk”, es su pieza de caza más preciada, lo consideran “sabio, poderoso, casi hombre”. Ahora, este carismático animal es una de las víctimas más famosas del cambio climático global.

Los osos polares son los mamíferos más grandes del círculo polar ártico. Aunque se desconoce con precisión cuántos de ellos existen en la actualidad, diversos estudios calculan que entre 20 mil y 25 mil habitan las tierras más boreales de Canadá, Alaska, Groenlandia, Noruega y Rusia. Tan sólo en Canadá se calcula que vive el 60% del total de los osos polares.

Durante los años sesenta y principios de los setenta, la mayor amenaza para estos osos fue la cacería, hasta que en 1973 se frenó como resultado de la firma, en Oslo, Noruega, del Acuerdo Internacional para la Conservación del Oso Polar. Actualmente, aunque los osos se han quitado de encima a los cazadores, tienen al calentamiento global como la mayor amenaza para su supervivencia.

Para los osos polares las plataformas de hielo son indispensables para obtener su alimento, reproducirse y establecer sus madrigueras. En ellas cazan a las focas anilladas y barbadas que constituyen los principales elementos de su dieta, aunque también pueden alimentarse de ballenas blancas y morsas. Sin embargo, conforme las temperaturas del Ártico han aumentado en las últimas décadas, las plataformas de hielo se han adelgazado y disminuido su extensión: tan sólo en el verano de 2008 se calcula que la pérdida de hielo fue casi equivalente al 90% de la superficie de México. Con la pérdida del hielo a los osos se les dificulta cazar su alimento, por lo que no acumulan suficientes reservas de grasa para el invierno, sufren de desnutrición y, más grave aún, no pueden alimentar adecuadamente a sus crías, todo lo cual se traduce en



1962



2007



2010 - 2030



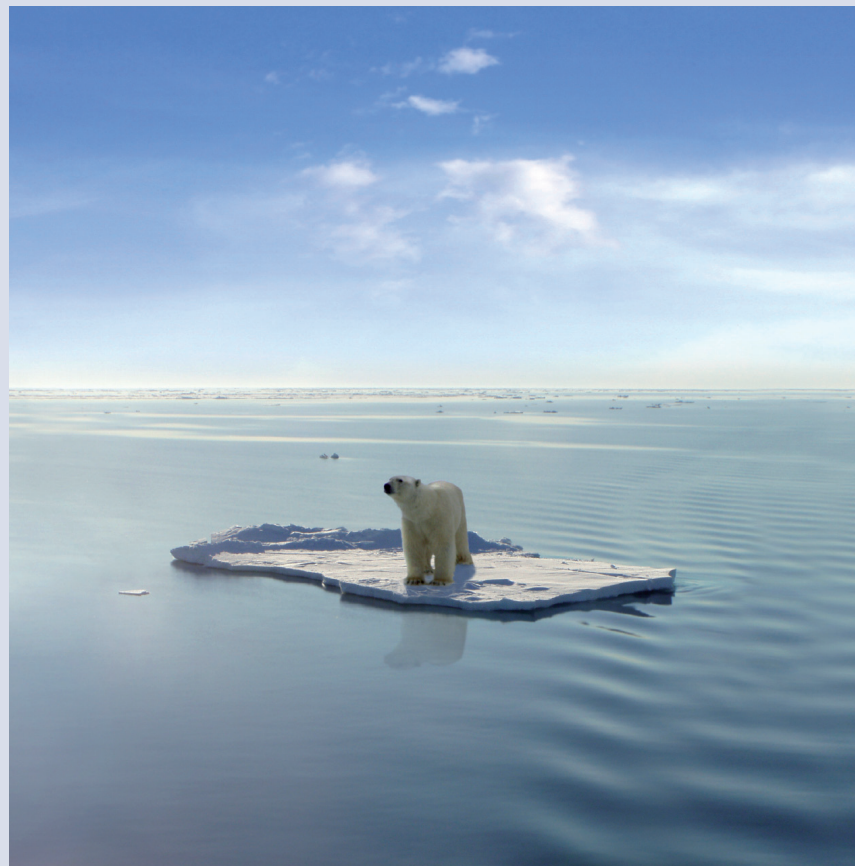
2040 - 2060



2070 - 2090

una mayor mortalidad. Los científicos calculan que por este motivo, la población de osos del oeste de la Bahía de Hudson, en Canadá, ha disminuido 22% desde el inicio de los años ochenta. En otros casos, la desaparición del hielo ha obligado a estos buenos nadadores a hacerse a la mar en la búsqueda de plataformas de hielo donde cazar. Sin embargo, las distancias pueden ser tan grandes que los animales se ahogan antes de encontrar una nueva plataforma.

Actualmente, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) considera que de las 19 poblaciones de osos polares existentes, cinco de ellas se están reduciendo, cinco se encuentran estables, dos crecen y de las restantes siete no se tienen datos suficientes para establecer su estado. Sin embargo, de seguir aumentando el calentamiento del Ártico, tal vez el oso polar no pueda sobrevivir. Los pronósticos sugieren que en los próximos cincuenta años el hielo en el verano se reducirá en 60% (ver mapas de la figura). Aunque los animales han migrado hacia las zonas firmes del continente, quedan dudas acerca de si serán capaces de cambiar sus hábitos alimenticios en función de sus posibles nuevos hábitats.



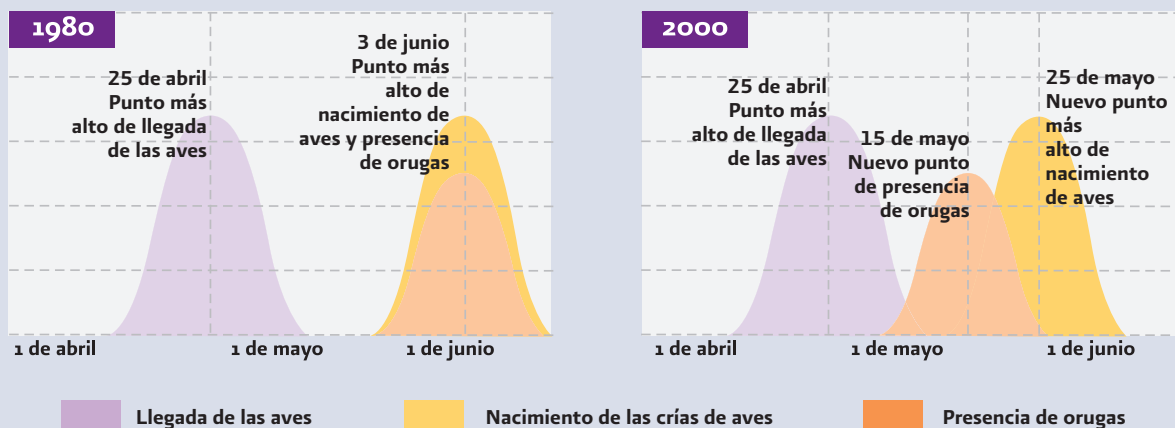


En los ecosistemas naturales es ley que unas especies sean el alimento de otras. Prueba de ello son los salmones y los osos en los ríos de Alaska, las cebras y los leones en las sabanas africanas y las orugas de las mariposas y las aves en muchos lugares del mundo. Después de muchas generaciones, algunas especies han sincronizado sus relojes biológicos para explotar a sus presas en momentos importantes de sus ciclos de vida. Para los osos pardos, por ejemplo, la migración de los salmones a sus sitios de desove sirve para surtir sus reservas de grasa justo antes del invierno; y para muchas aves, las orugas salen de sus huevos precisamente en el tiempo en que más alimento

requieren para sus crías. Y es justamente en este último caso que el cambio climático se ha encargado de jugarle una mala pasada, en Holanda, a un ave conocida como “mosquero”.

En la década de los ochenta, entre mediados de abril y mayo, arribaban los mosqueros (*Ficedula hypoleuca*) para reproducirse. Para inicios de junio, el número de polluelos recién nacidos en los nidos estaba en su pico máximo (ver Figura), y su alimentación era relativamente sencilla para sus padres puesto que por esas mismas fechas se presentaba también la mayor salida de orugas de sus huevos. Con ello, los polluelos tenían a su disposición una constante provisión de alimento. Sin embargo, veinte años después, el aumento de la temperatura ya había ocasionado que las orugas salieran de sus huevos alrededor de quince días antes de lo habitual, con lo cual la provisión de orugas para el gran número de polluelos nacidos a inicios de junio era menor. Debido a este desfase un gran número de pollos no pudieron ser alimentados por sus padres y murieron, con graves consecuencias para la población. Como resultado del cambio en el clima, el balance para el mosquero fue que en tan sólo dos décadas sus poblaciones disminuyeron alrededor de 90%.

**EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MOSQUERO**



## PLAGAS FORESTALES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO



*Ips typographus*



*Pityogenes chalcographus*



Ejemplo de daños que causan a los árboles los barrenillos del abeto.

Los barrenillos del abeto son dos especies de plagas forestales que se han extendido en los bosques de Europa por efecto del cambio climático.

Finalmente, a nivel de los ecosistemas las respuestas al cambio de las variables ambientales empiezan a ser notables. El reemplazo de ecosistemas enteros por otros diferentes ha ocurrido en algunos lugares del globo. Por ejemplo, un estudio reciente mostró que los pastizales de alta montaña de una localidad en el centro de España habían sido sustituidos, entre 1957 y 1991, por matorrales de juníferos -árboles parientes de los pinos- de zonas más calientes, a la par que los registros climáticos indicaban temperaturas en la zona cada vez más altas. Al otro lado del Atlántico, en Alaska, algunos bosques boreales se transformaron en humedales por el efecto del descongelamiento del agua que, antes de la elevación de las temperaturas, se mantenía congelada y formaba parte de un tipo de suelo al que se denomina técnicamente permafrost.

En otros casos, como el de los arrecifes de coral, el incremento de la temperatura y la acidificación del océano han traído consigo su degradación. Las altas temperaturas del año 1998, que será recordado como uno de los más calientes en el mundo, ocasionaron que alrededor del 16% de los arrecifes del mundo sufrieran del fenómeno de

blanqueamiento o murieran. En algunas regiones el efecto fue más severo: en el Océano Índico, por ejemplo, se decoloró 46% de los arrecifes coralinos, mientras que en el Pacífico mexicano se registró una mortalidad de corales que fluctuó entre el 18 y 70%. Las altas temperaturas del mar dejan como consecuencia arrecifes degradados, empobrecidos en especies de coral y de todas aquéllas que dependen de ellos, es decir, peces, crustáceos y moluscos, entre otros animales. Por lo sensibles que son al incremento de la temperatura y la acidificación de los mares, se considera a los arrecifes de coral como uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático.

### ¿DEBE PREOCUPARNOS LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD PROVOCADA POR EL CAMBIO CLIMÁTICO?

Piensa un instante de dónde vienen los alimentos que consumen tú y tu familia diariamente, o de dónde se extrajeron los materiales de los que está hecha tu ropa, y tus muebles. Rápidamente podrás darte cuenta que la gran mayoría proviene de especies de plantas y animales que constituyen la biodiversidad.

Hay muchos otros servicios que la biodiversidad nos otorga y que quizá no conozcas. Por ejemplo, la vegetación natural captura parte del bióxido de carbono emitido por los vehículos e industrias, lo que ayuda a la reducción de la concentración de GEI en la atmósfera y, por tanto, al efecto de calentamiento global del planeta. Otros ejemplos de servicios ambientales son la regulación del clima local, la captación y el mantenimiento de la calidad del agua, el control de las plagas y enfermedades, la descomposición de los residuos que producimos, la formación y la fertilidad de los suelos y la polinización de los cultivos que realizan las abejas, mariposas, murciélagos y otros animales.

La pérdida de la biodiversidad, ya sea debida al cambio climático, o a su efecto combinado con el de la deforestación, la sobreexplotación de los recursos o la contaminación, entre otros, puede tener efectos negativos muy importantes para nuestra sociedad, debido básicamente a la pérdida de los servicios ambientales que nos brindan los ecosistemas de manera gratuita. Incluso, es probable que se pierda también la capacidad propia que tienen los ecosistemas para regular el clima, como en el caso de los bosques y las selvas (te sugerimos leer el **Recuadro El Amazonas: una fuente agotable de buen clima**, para más detalles respecto a este tema).

## EL AMAZONAS: UNA FUENTE AGOTABLE DE BUEN CLIMA

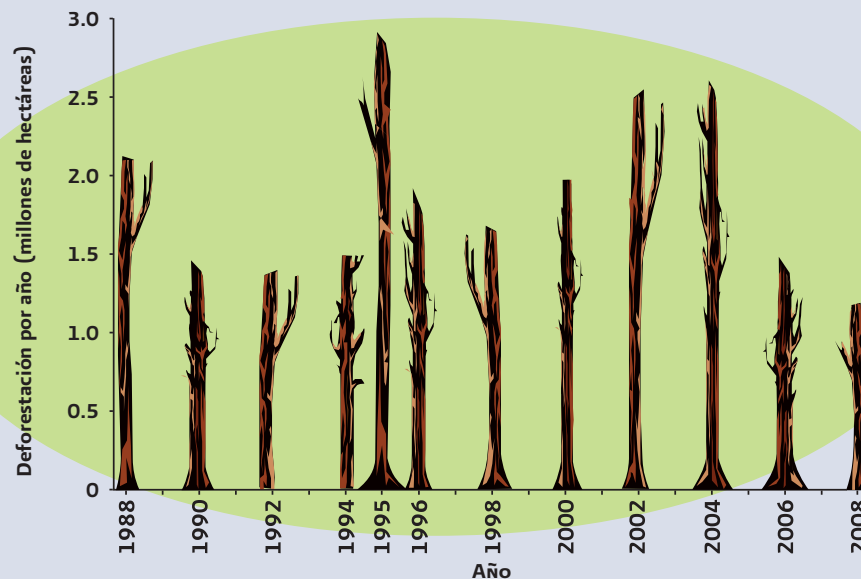
RECUADRO

El Amazonas es el sitio que muchas personas imaginan cuando se les habla de selvas tropicales. Este inmenso ecosistema sudamericano es el remanente de selva más importante del mundo, con una riqueza de especies de plantas y animales sin igual.



Sin embargo, como la mayoría de las selvas del planeta, está seriamente amenazada. La deforestación ha provocado que se hayan perdido tan sólo en Brasil, entre 1988 y 2008, poco más de 37 millones de hectáreas, es decir, una superficie equivalente al 20% de nuestro país. Además de la pérdida de la vegetación, la deforestación produce

gases de efecto invernadero, principalmente por el uso del fuego. En el caso del Amazonas, la emisión de CO<sub>2</sub> asociada a la deforestación se calcula entre el 5 y 10% de las emisiones globales según un reporte publicado por la *Royal Society* de la Gran Bretaña. Sin embargo, con la reducción de la vegetación también se pierde la capacidad que tiene la selva para regular el clima.



¿Y cómo participa el Amazonas en la regulación del clima? La explicación la podremos encontrar si examinamos el movimiento del agua en estos ecosistemas. Pues bien, del agua que absorben las plantas, una parte sale a través de las hojas por unos diminutos poros conocidos como estomas. El agua que escapa de las miles y miles de hojas, y de las miles y miles de plantas que viven en esta selva es la que produce esa agobiante sensación de humedad ambiental que la caracteriza. Tan sólo en el Amazonas se calcula que los árboles aportan a la atmósfera más de 8 trillones de metros cúbicos de agua a través este fenómeno, lo cual forma las nubes que se transforman en los aguaceros que, además de regar la selva, llegan a lugares tan lejanos como la región andina. Los científicos calculan que entre el 50 y 80% de la humedad ambiental en esta selva se mantiene circulando ininterrumpidamente entre el suelo, la vegetación y la atmósfera, sin demasiada influencia de la humedad proveniente del mar. Este mecanismo hace que, tanto en las selvas como en otros ecosistemas, la humedad del ambiente –y con ello otras variables ambientales- se regulen parcialmente por la vegetación. Por todo ello, las plantas y los ecosistemas son elementos importantes para regular el clima local y regional.

Obviamente, cuando se eliminan árboles y plantas por la deforestación, todo ese vapor de agua que solía estar en el aire se pierde, y con ello también se reduce la lluvia que se formaba a partir de la humedad ambiental. ¿Y qué tenemos entonces como resultado? En efecto, un ambiente más seco. Y es justamente eso lo que predicen los climatólogos para el Amazonas. De acuerdo con ellos, amplias zonas de Sudamérica podrían sufrir de temperaturas cada vez mayores y menores lluvias con el cambio climático, los que al sumarse a la deforestación incrementarán el efecto de la sequía. Incluso algunos científicos han pronosticado que con estos dos factores actuando simultáneamente, amplias zonas cambiarán de selvas a sabanas, es decir, ecosistemas más secos y pobres en biodiversidad. De ser así, Sudamérica y el planeta entero no sólo habrán perdido una significativa superficie de uno de los ecosistemas más ricos y fascinantes del planeta, junto a una riqueza de recursos naturales y servicios ambientales imposibles de sustituir, sino también uno de los reguladores del clima regional y mundial más importantes.

¿Te imaginas cuánto dinero tendríamos que invertir, con la tecnología que poseemos, para reproducir –en caso de poder hacerlo- los servicios y bienes ambientales que nos ofrece la naturaleza? Los valores calculados para ello te dejarán, sin duda, con la boca abierta: el valor de los servicios ambientales de los ecosistemas globales podría rondar entre los 16 y los 54 trillones de dólares anuales –un 16 o 54 seguido por 18 ceros– una cantidad de dinero tan grande que equivaldría a cerca de 25 y 83% respectivamente del total de productos que se venden en el mundo en un año. Lo peor del caso es que algunos servicios, una vez que se han perdido, ni con dinero podrían reponerse. Con ello, podrás darte cuenta de que, por sus efectos adversos en los ecosistemas y en la provisión de sus servicios ambientales, el cambio climático puede afectar nuestras vidas.

## ¿CÓMO SERÍA EL FUTURO CON CAMBIO CLIMÁTICO?

Si eres de esas personas que cuando anuncian que va a llover sale con paraguas, esta sección es para ti. Y si tú eres de los escépticos, no te la saltes, intentaremos convencerte de que los pronósticos sobre el cambio climático son confiables, ya que hay suficiente evidencia científica que los respalda. En cualquier caso, si tienes curiosidad acerca del clima del mundo del futuro, ese en el que te tocará vivir el resto de tus días o en el que vivirán tus hijos y nietos, entonces una mirada a las predicciones que han hecho los científicos te servirá.

El clima es un fenómeno tan complejo y en el cual intervienen tantos factores, que es difícil esperar una certeza absoluta en su pronóstico. Lo anterior no quiere decir que no debas creer en los pronósticos que hacen los científicos encargados de estudiar el clima y sus cambios, sino que sepas que sus resultados son confiables con cierto grado de incertidumbre. No obstante, predecir las características generales del clima futuro es factible, útil y necesario.

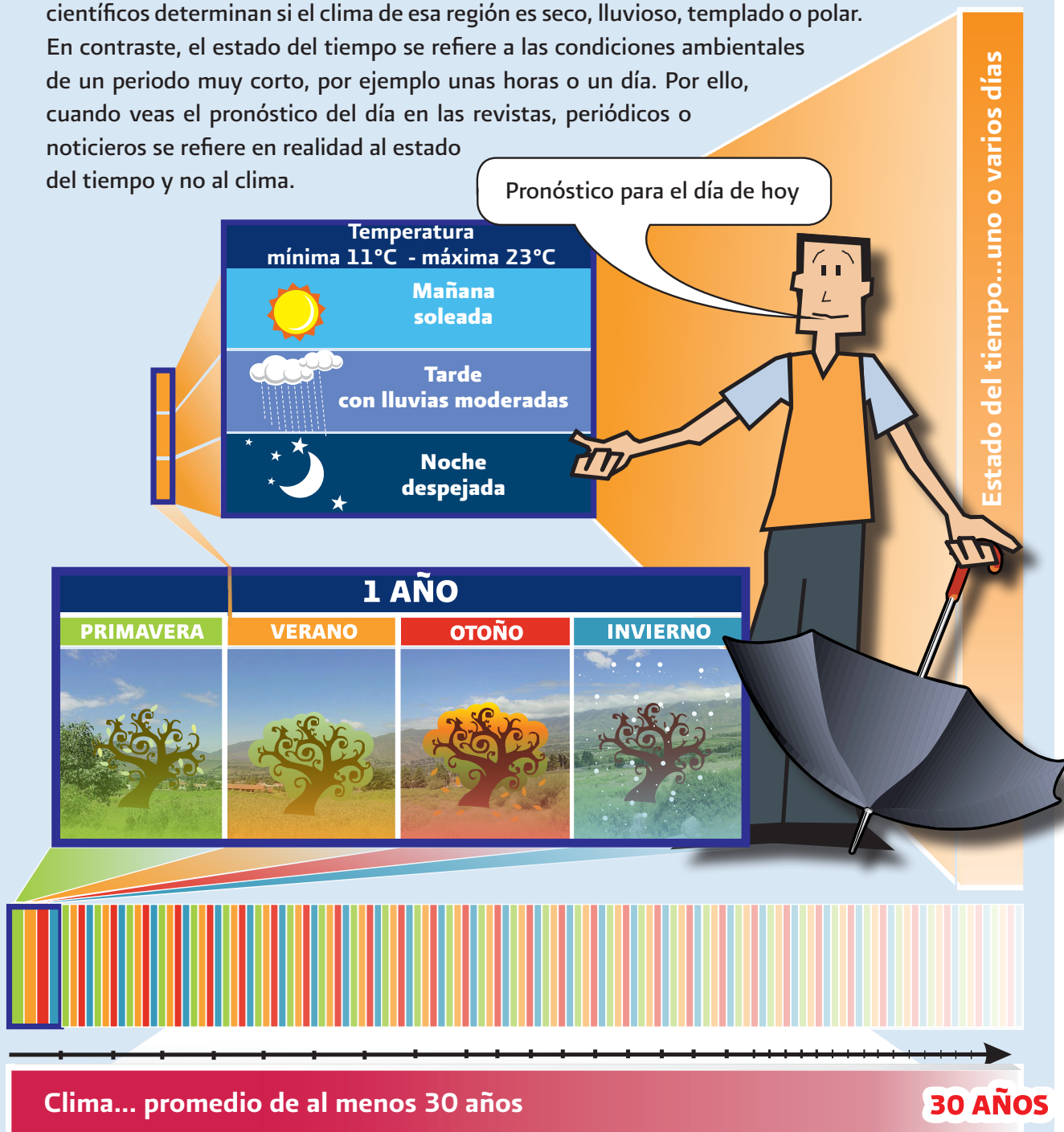
Desde que los científicos se dieron cuenta de que la temperatura promedio de la superficie del planeta podría alterarse por el cambio en la concentración atmosférica de los GEI, comenzaron a hacer cálculos. Les interesaba saber, básicamente, qué temperaturas podrían alcanzarse en la Tierra con ciertas concentraciones de bióxido de carbono en la atmósfera. Las ecuaciones matemáticas que ocupaban eran relativamente sencillas al principio –esto fue hace casi 110 años-, tanto por el poco conocimiento que tenían de cómo funcionaba el clima, como por la dificultad de hacer muchas operaciones en una época en la que no existían las computadoras. Conforme pasó el tiempo, las ecuaciones fueron complicándose más e incluyeron nuevas variables que también se consideraron importantes, y que permitieron “simular” de mejor manera y en super computadoras, el comportamiento del sistema climático global. Sus resultados han ayudado a entender qué consecuencias podrían derivarse del aumento de los gases de efecto invernadero en nuestra atmósfera, y con ello desarrollar distintos escenarios, entre los que destacan los realizados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). En México también se han hecho esfuerzos para generar posibles escenarios y, aunque aún están en fase de desarrollo y mejoramiento, las predicciones nacionales van muchas veces de la mano con las mundiales.

## EN EL MUNDO

En 2007 el IPCC presentó su Cuarto Informe de Evaluación, cuyas conclusiones son muy preocupantes. Se plantea que de seguir la tendencia actual en la emisión de los gases de efecto invernadero, en el año 2100 la concentración global de CO<sub>2</sub> podría ser de entre 540 y 970 partes por millón. Para poner este dato en perspectiva, recuerda que la concentración actual es de 385 y en la época preindustrial era de tan sólo 280 partes por millón.



Aunque muchas personas utilizan los términos clima y estado del tiempo indistintamente, no son lo mismo. El concepto tradicional de clima se refiere a un conjunto de valores ambientales que caracterizan a una región. Estos valores son los promedios obtenidos a partir de las mediciones de variables particulares como la precipitación, la presión, la temperatura, los vientos y la humedad ambiental, durante al menos treinta años. Con esto, los científicos determinan si el clima de esa región es seco, lluvioso, templado o polar. En contraste, el estado del tiempo se refiere a las condiciones ambientales de un periodo muy corto, por ejemplo unas horas o un día. Por ello, cuando veas el pronóstico del día en las revistas, periódicos o noticieros se refiere en realidad al estado del tiempo y no al clima.

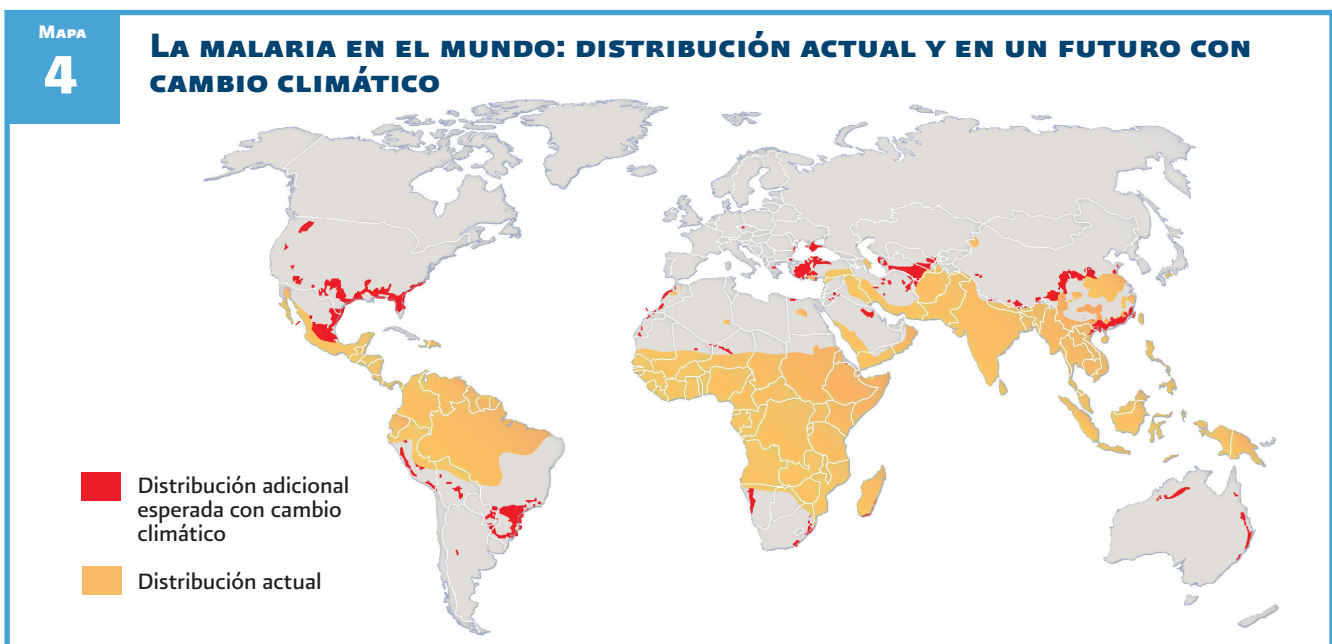


Este incremento en la concentración de los gases de efecto invernadero, como ahora sabemos, no irá sólo, afectará también la temperatura. El IPCC prevé que para la última década del siglo XXI, la temperatura promedio mundial podría aumentar entre 1.8 y 4°C. Es posible que este incremento de temperatura parezca pequeño o poco significativo, ya que seguramente habrás vivido días consecutivos con cambios abruptos de temperatura -como los que ocurren, por ejemplo, cuando entra un “frente frío” o una “ola de calor”-, pero lo que debes tener en cuenta es que las proyecciones consideran cambios “promedio”, es decir, cambios en la temperatura general de los años, por así decirlo, y no de días aislados (**Recuadro Clima vs estado del tiempo**). Pero si esto aún no te convence, debemos decirte que 5°C por debajo de la temperatura promedio actual fueron suficientes para mantener a una gran parte de Europa, Asia y Norteamérica bajo una inmensa masa de hielo hace más de 11 mil 500 años, durante la última de las glaciaciones.

La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, así como las temperaturas del aire y del mar están conectadas de manera muy íntima con otros elementos del ambiente, por lo que resultaría ingenuo imaginar que las consecuencias

del cambio climático en el futuro se limitarán al cambio de la temperatura promedio. Los científicos ahora saben con relativa confianza que se afectarán los regímenes de precipitación (es decir, la manera en cómo y cuánto llueve en un sitio particular), los hielos presentes en los polos y en las cimas de volcanes y cordilleras, el nivel del mar y las especies y sus ecosistemas, y finalmente, a nosotros, los seres humanos. De hecho, mucha de la preocupación alrededor del cambio climático está en cómo se verán afectados los elementos de nuestra vida diaria tales como la alimentación (debido a la caída de la producción agrícola y pesquera), la salud (por el aumento en los casos de enfermedades transmitidas por vectores<sup>6</sup>, como la malaria, Mapa 4) y la seguridad (con el aumento, por ejemplo, de las víctimas mortales por huracanes y tormentas).

En la figura 23 te mostramos algunos de los impactos que el IPCC pronostica que ocurran en el mundo considerando distintos escenarios de aumento de la temperatura. Por ejemplo, se pronostica que cualquier incremento de la temperatura (sin importar si sube uno o cinco grados centígrados) provocará que aumente el número de personas en el mundo que sufran escasez de agua. En el caso de los alimentos,



<sup>6</sup>Se les llama vectores a los organismos, como los mosquitos, garrapatas y ratas entre otros, que transmiten agentes patógenos.

en las latitudes bajas del planeta, la producción de cereales podría reducirse si el aumento de la temperatura promedio alcanza los 2 o 3 grados centígrados. En esta última condición térmica, se espera que se presente una mortalidad generalizada de los corales en los océanos de todo el planeta. También las enfermedades infecciosas transmitidas por vectores podrían ampliar su área de distribución con el aumento de la temperatura global: en el 2050, en áreas anteriormente libres de malaria, como el sur de Estados Unidos y el norte y este de Australia, podrían registrarse casos de esta enfermedad.

Es importante que consideres que los impactos en los elementos del ambiente no serán los mismos ni

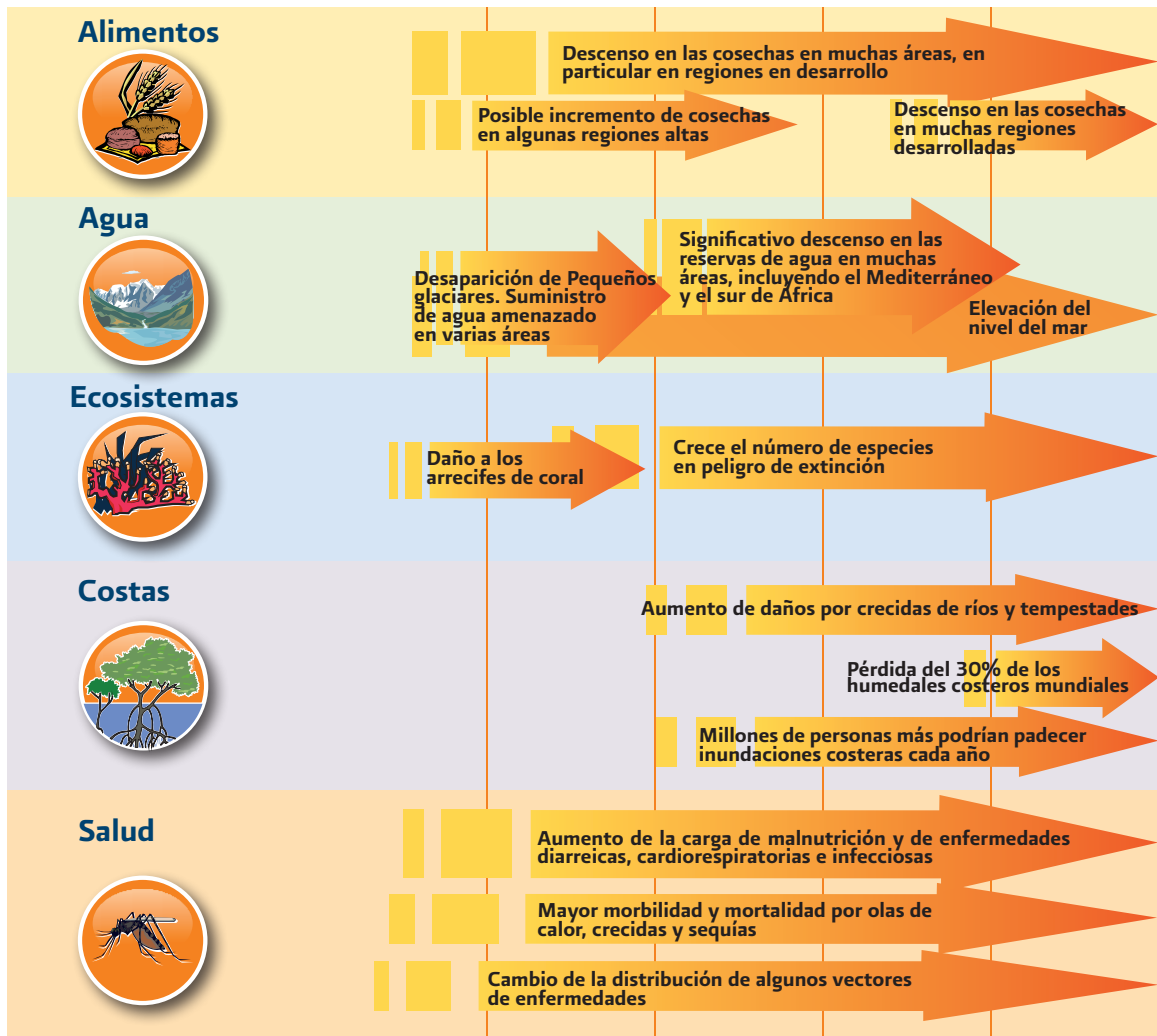
tendrán la misma intensidad en todas las regiones del mundo. Es probable que cada una de ellas, por sus características y condiciones particulares, sufra el cambio climático y sus consecuencias de manera distinta. En la Figura 24 te mostramos algunos de los pronósticos que se han elaborado bajo condiciones de cambio climático para distintas regiones. En Latinoamérica, Europa y Oceanía, por ejemplo, se pronostica una reducción importante de la biodiversidad; la disponibilidad de agua podría decrecer en casi todas las regiones, con excepción de las zonas polares y las inundaciones en las zonas costeras afectarían especialmente a Europa, Asia y Oceanía.

FIGURA  
**23**

### IMPACTOS PREVISIBLES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Cambio de la temperatura global respecto a la preindustrial

0°C      1°C      2°C      3°C      4°C      5°C



## IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL FUTURO POR REGIÓN

### NORTEAMÉRICA

- Las olas de calor podrían ser más frecuentes.
- Se reducirían los bancos de nieve en las zonas montañosas, intensificándose la competencia por agua.

### POLOS

- Reducción de superficie y profundidad de los glaciares polares.
- Impactos en los ecosistemas naturales, con la posible invasión de especies desde otros ecosistemas.
- Afectaciones al modo de vida tradicional de las comunidades indígenas.
- Olas de calor más frecuentes en ciudades.

### ÁFRICA

- Para 2020, entre 75 y 250 millones de personas vivirían en condiciones de estrés hídrico.
- Para 2020, la producción agrícola y el acceso a alimentos estarían seriamente amenazados.
- Para 2080, las tierras áridas y semiáridas podrían aumentar entre 5 y 8%.

### LATINOAMÉRICA

- Un número importante de especies podría extinguirse en las regiones tropicales.
  - El abasto de agua para uso humano, agrícola y para la generación de electricidad podrían afectarse notablemente.
- Bajan los rendimientos de cultivos y de la producción pecuaria.

## EUROPA

- Mayor riesgo de crecidas de ríos en el interior y riesgo de inundaciones en las costas.
- Pérdida de glaciares en montañas y reducción de la disponibilidad de agua.
- Pérdida significativa de biodiversidad.
- Olas de calor más frecuentes en las ciudades.

## ASIA

- Las áreas altamente pobladas de las costas y los deltas de ríos podrían sufrir de inundaciones por el incremento del nivel del mar.
- La mortalidad por enfermedades infecciosas asociadas a la calidad del agua podrían incrementarse en el este, sur y sureste de la región.
- La disponibilidad de agua podría reducirse en las grandes cuencas fluviales para 2050.

*Los impactos del cambio climático sobre los elementos del ambiente en el futuro no serán los mismos ni tendrán la misma intensidad en todas las regiones del mundo.*



## OCEANÍA

- Pérdida significativa de biodiversidad, principalmente en la Gran Barrera de Coral.
- Para 2030, agravamiento de los problemas de escasez de agua, sequías e incendios.
- Para 2050, mayores riesgos en zonas costeras por el aumento del nivel del mar e intensidad y frecuencia de tormentas.

El agua derretida de los glaciares de Groenlandia, producto del calentamiento global, ha excavado profundos canales en el hielo, algunos superficiales y otros subterráneos, en su viaje hacia el Atlántico. Según el último reporte del IPCC, el derretimiento de los glaciares de Groenlandia podría seguir contribuyendo al aumento del nivel del mar más allá del año 2100. En un caso extremo, si se funde completamente el hielo de Groenlandia el nivel del mar podría elevarse unos 7 metros.



### EN MÉXICO

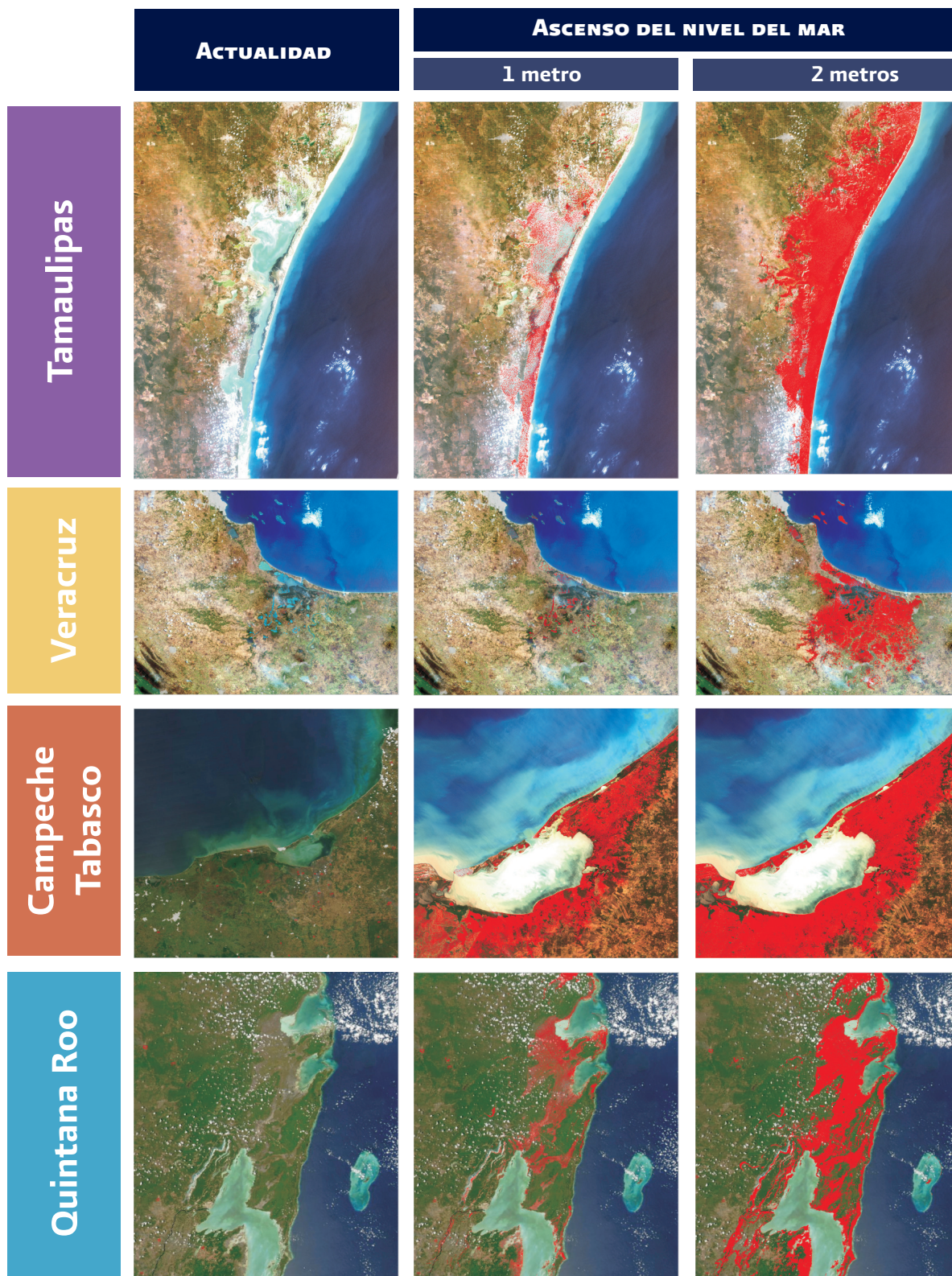
A la fecha se han realizado algunos estudios con la intención de conocer nuestra vulnerabilidad ante el cambio climático global. Los expertos han previsto que la temperatura promedio de México en el año 2020 podría ser entre 1.5 y 2.5°C mayor que la actual y llegaría hasta los 2 y 4°C para el año 2080, con variaciones regionales: la región norte sería la que registre los mayores incrementos en la temperatura.

Junto con la temperatura del aire, la de los mares nacionales también será mayor en el futuro: en el Caribe, Golfo de México y Pacífico podría aumentar entre 1 y 2°C a partir del año 2020. Como consecuencia, es muy probable que los huracanes aumenten en intensidad y, con ello, sus efectos sobre las poblaciones humanas y los ecosistemas cercanos a las costas. Recordemos que los huracanes obtienen su fuerza de la condensación del aire húmedo que existe sobre las aguas oceánicas, por lo que, al ser más calientes,

evaporarán más agua y fortalecerán a este tipo de ciclones tropicales. Los científicos esperan que los huracanes de las categorías 4 y 5 en la escala Saffir-Simpson, es decir, los más fuertes, aumenten en frecuencia sobre las costas del país.

Los huracanes no serán la única consecuencia del calentamiento del agua de los océanos, también se prevén inundaciones por el incremento del nivel del mar. El Instituto Nacional de Ecología (INE) realizó recientemente un ejercicio para detectar las zonas que pueden ser vulnerables. En la figura 25 te mostramos algunas zonas del país que se verían afectadas si ocurriera un incremento de uno y cinco metros del nivel del mar. Estas inundaciones tendrían efectos importantes tanto en ecosistemas como en localidades. Según algunos cálculos, en el país existen alrededor de 20 millones de habitantes viviendo en zonas susceptibles de sufrir eventos extremos como inundaciones y huracanes.

**ZONAS COSTERAS DEL GOLFO Y CARIBE MEXICANOS QUE PODRÍAN SER AFECTADAS POR EL INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR**



*Las áreas marcadas en rojo podrían inundarse si ocurriera un incremento del nivel del mar.*

En lo que se refiere a las lluvias, los estudios sugieren que podrían reducirse en el invierno hasta 15% en las zonas del centro de México y 5% en el Golfo, e incluso, es probable que se retrase su inicio en gran parte del país. Además, el número de tormentas severas podría aumentar, es decir, que esos eventos en los que llueve de manera torrencial y que causan inundaciones y deslaves, sean más frecuentes.

En contraste, se espera que también se presenten periodos de sequía más extremos y prolongados. Lo anterior significa que la escasez de agua que ya sufrimos en la mayor parte del país se agravará seguramente con el cambio climático. Si observas el mapa superior de la Figura 26, notarás que

actualmente ya ejercemos una presión muy fuerte sobre el agua, principalmente en la región noroeste y en la cuenca del Valle de México. Según algunos estudios, si consideramos el desarrollo social y económico del país, así como los escenarios previstos de cambio climático, obtendremos que la cantidad de agua de la que podremos disponer entre los años 2020 y 2030 podría disminuir hasta 10% respecto a la que teníamos en el 2000. Bajo este escenario, tanto Baja California como Sonora pasarán a una situación crítica de agua (mapa inferior de la Figura 26). Otras zonas del país también incrementarán sensiblemente su presión sobre los recursos hídricos, aunque no a niveles críticos.





Los ecosistemas mexicanos también podrían sufrir por el cambio climático. Las principales causas serán los aumentos de la temperatura (que podrían provocar mayores y más intensos incendios forestales), las alteraciones del ciclo hidrológico (observadas como cambios en la cantidad, frecuencia y temporada de lluvias) y los eventos meteorológicos extremos (como los huracanes e inundaciones, que debido a su mayor frecuencia podrían retardar la regeneración natural de los ecosistemas).

Es importante mencionar que los efectos del cambio climático serán diferentes dependiendo del tipo de ecosistema. Según un estudio incluido en la Tercera Comunicación Nacional de Gases de Efecto Invernadero de 2006, los tipos de vegetación que podrían registrar los mayores cambios en sus superficies son los pastizales, matorrales de las zonas áridas y bosques de encino, tres ecosistemas importantes y ricos en biodiversidad. Los escenarios futuros son preocupantes, pues los estudios sugieren que entre el 53 y 62% de la vegetación podría estar

sujeta a condiciones ambientales distintas a las que vive hoy día, por lo que las selvas, bosques templados y muchos otros de los ecosistemas mexicanos también sufrirán los efectos del cambio climático.

De la mano con la reducción de la superficie de algunos ecosistemas estarán los cambios en la distribución de las especies. Un estudio realizado por el Instituto de Biología de la UNAM y el Instituto Nacional de Ecología de la Semarnat evaluó el posible impacto que el cambio climático podría tener sobre 40 especies de vertebrados endémicos<sup>7</sup> al país. Los resultados obtenidos mostraron que las especies que viven en el altiplano central podrían sufrir una reducción importante de sus hábitats por efecto del cambio climático, como es el caso del perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus*), un roedor de los pastizales abiertos (Figura 27). El mismo estudio incluyó el posible impacto de la deforestación, encontrando que en algunos casos sería menor que el ocasionado por el cambio climático.



<sup>7</sup>Las especies endémicas a México son aquellas que sólo se encuentran en su territorio.

Los impactos del cambio climático sobre los ecosistemas no sólo serán resentidos por las especies de plantas y animales que los habitan, sino también por nosotros, debido a que podríamos perder los bienes y servicios ambientales que nos brindan.

Como consecuencia de la disminución en la disponibilidad del agua en el país, la producción de alimentos también podría afectarse. Los expertos indican que para el año 2020 la superficie con condiciones adecuadas para el cultivo de maíz de temporal podría contraerse, y, en particular, el estado de Sonora sería el más afectado. A pesar de que existen diferencias en las estimaciones, varios estudios concuerdan en que, para el año 2050, habrá cambios en la aptitud para cultivar maíz en aproximadamente el 40% de la superficie del país. Un estudio sobre los costos económicos del cambio climático en México prevé que para el año 2100, los del sector agropecuario serán de entre el 15 y 22% del PIB<sup>8</sup>.

Un efecto directo del cambio climático en la salud humana es el llamado “golpe de calor”, una situación en la que el cuerpo es incapaz de deshacerse del calor excedente y que puede causar la muerte, principalmente en los niños y las personas mayores. Las entidades en las que se ha registrado una mayor mortalidad por esta causa están en el norte del país, siendo los más importantes Sonora y Baja California: donde tan sólo en 2007, causó la muerte de 6 personas. De aumentar las temperaturas, episodios como

estos podrían ocasionar muchas más víctimas, quizá como ocurrió en Europa, en donde 35 mil personas, sobre todo adultos mayores, murieron en el verano de 2003.

Además de los golpes de calor, ciertas enfermedades infecciosas también podrían favorecerse por el calentamiento global. Se sabe que existe una relación directa entre el incremento en la temperatura ambiental y el número de casos de dengue, una enfermedad característica de las zonas tropicales, causada por virus transmitidos por una especie de mosquito<sup>9</sup>. En México, de acuerdo con la Secretaría de Salud, esta relación se ha documentado en Veracruz, Nuevo León, Guerrero y Colima. En estos dos últimos estados se ha calculado que por cada grado centígrado que la temperatura aumenta, los casos se incrementan entre 1.5 y 2%. Además del dengue, debe mencionarse que el paludismo –transmitido también por mosquitos, pero causado por un protozooario- y la enfermedad diarreica aguda –producida por una infección bacteriana- pueden aumentar su incidencia en la población con el incremento de la temperatura.

Con la información que te hemos presentado quizá pienses en lo devastador que podría ser el futuro en México y en el mundo con el cambio climático. Sin embargo, no hemos pretendido mostrarte un futuro desolador en el que no quede nada por hacer. Por el contrario, queremos que estés bien informado para que tomes conciencia de la magnitud del problema que nos afecta y que sepas que también estamos a tiempo de prevenir los peores escenarios del cambio climático. Por ello,

<sup>8</sup>El Producto Interno Bruto (PIB) se refiere al valor monetario de los bienes y servicios que produce un país en un periodo definido.

<sup>9</sup>Esta enfermedad se manifiesta por fiebre y dolor intenso en las articulaciones y músculos, así como la inflamación de los ganglios y la aparición de erupciones en la piel. La reinfección puede dar origen al llamado “dengue hemorrágico”, con consecuencias muchas veces mortales.

## EL CAMBIO CLIMÁTICO EN FECHAS RECUADRO

Para muchas personas, la historia del cambio climático se remonta, por mucho, a un par de décadas atrás. Sin embargo, el primer científico que calculó los cambios en las temperaturas promedio como consecuencia del

incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera lo hizo 113 años atrás, en 1896. A través de esta línea de tiempo encontrarás a algunos de los científicos que realizaron descubrimientos o propuestas importantes que les otorgaron un lugar relevante en la historia del cambio climático, así como hechos o eventos que han formado

es importante que conozcas qué se está haciendo a nivel internacional y nacional para enfrentar el calentamiento global, pero más importante aún es que sepas que cada uno de nosotros también puede contribuir a enfrentar este problema.

## ¿QUÉ ESTAMOS HACIENDO PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO?

Después de haber revisado las posibles consecuencias del cambio climático, es muy razonable preguntarnos: ¿Por qué no se actuó antes para evitar este problema? ¿Por qué los países no tomaron medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a tiempo? ¿Qué podemos hacer en nuestra vida diaria para contribuir a enfrentar este problema?

Al ser un problema global con responsables y afectados repartidos en todo el mundo, la solución requiere una acción integral. Ésta deberá incluir compromisos internacionales -sobre todo de los países que tienen las mayores emisiones de GEI y los recursos económicos para apoyar las medidas de mitigación-, acciones al interior de los gobiernos en cada país e, indudablemente, una participación activa de la sociedad adoptando acciones que se traduzcan en una reducción neta de emisiones, sin que ello signifique alterar su calidad de vida, ya que nadie está proponiendo que la solución sea regresar a vivir como en los tiempos anteriores a la era industrial.

En esta sección primero te describiremos lo que se ha hecho con respecto al cambio climático a nivel internacional y, posteriormente, las acciones que ha tomado el gobierno mexicano para enfrentar este problema.

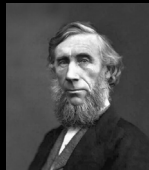
## ACCIÓN INTERNACIONAL

Para muchos de nosotros, sobre todo con la información que ahora tenemos, no va a haber explicación que nos convenza de la falta de acción oportuna de los gobiernos. Sin embargo, para tener más elementos de juicio, es importante que conozcas con detalle la evolución de este tema en el contexto internacional, sus avances, complicaciones y logros, aunque el resultado final siga siendo el reproche por no actuar a tiempo.

La aceptación de actuar contra el calentamiento global ha estado en función de que tan “seguros” estaban los gobiernos de que el cambio climático estaba ocurriendo, cuáles serían sus consecuencias, cuánto les costaría tomar acciones y cuáles serían los beneficios (Figura 28). En este contexto, tenemos que considerar que a pesar de que desde hace más de un siglo se empezaron a dar señales de alerta sobre los efectos del cambio climático, las evidencias científicas sólidas de su ocurrencia y la información confiable sobre la magnitud y trascendencia de sus impactos se tuvo sólo hasta finales del siglo pasado (ver el **Recuadro El cambio climático en fechas**).

También es importante considerar lo complejo que resulta para los países hacer cambios para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. No se necesita ser un gran tecnólogo para intuir que se pueden disminuir las emisiones de GEI reduciendo el consumo de combustibles. Sin embargo, esto implicaría afectar actividades tan importantes como la generación de electricidad, el transporte y la producción industrial que son hoy en día grandes consumidoras de energéticos. Frenar estas actividades no es una solución aceptable. ¡Imagínate que para reducir

parte de la respuesta internacional para luchar contra este problema global. También en este viaje por el tiempo encontrarás algunos sucesos naturales que anunciaron o ratificaron la llegada del cambio climático al mundo contemporáneo.



**JOHN TYNDALL**

descubre que algunos gases bloquean la radiación infrarroja. Sugiere que los cambios en la concentración de gases en la atmósfera podrían alterar el clima.

**1859**

FIGURA 28



el consumo de combustibles se decretara un día sin transporte o sin industria! Una alternativa es mejorar la eficiencia energética de estos procesos para que, sin prescindir de ellos, se consuman menos y mejores combustibles. Esto se podría lograr, por ejemplo, promoviendo la generación de electricidad con fuentes renovables como el sol, viento o mareas (Figura 29); fomentando la fabricación de vehículos con menores emisiones por litro de combustible consumido (como los autos híbridos); o mejorando muchos de nuestros aparatos electrodomésticos para que sin afectar su desempeño consuman menos electricidad. Esta opción requiere inversión en ciencia y tecnología, lo cual implica mucho dinero, y desafortunadamente no todos los países cuentan con él, sobre todo considerando que un número importante –incluido México– tienen aún el gran reto de abatir la pobreza e impulsar un desarrollo sostenible.

FIGURA 29

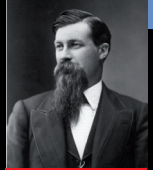
### FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES



**SVANTE A. ARRHENIUS**

calculó por primera vez el calentamiento global que se produciría por cambios en las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>.

1896



**THOMAS CHAMBERLAIN**

agregó a los cálculos del calentamiento el efecto de los volcanes, océanos y la degradación de los minerales.

1897



**GUY S. CALLENDAR**

fue el primero en vincular empíricamente el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico con el incremento de la temperatura en las primeras cuatro décadas del siglo XX.

1938

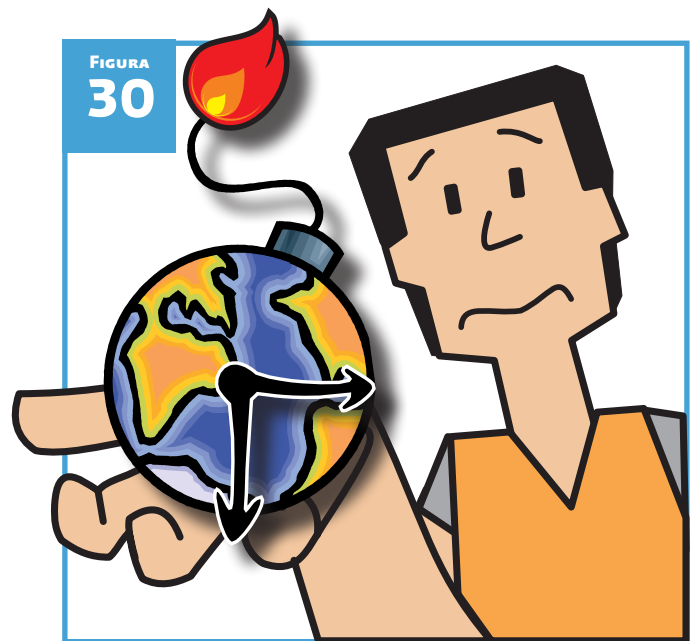
Otro aspecto que debemos considerar es que, no obstante que el cambio climático es un problema global, existe una fuerte discusión sobre quiénes deben aportar los recursos necesarios para hacerle frente. Se argumenta, con justa razón, que no todos los países han contribuido de igual manera a causarlo y, por lo tanto, aquéllos que en el transcurso del tiempo han contribuido más en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, deberían tener mayor responsabilidad en solventar el costo de las acciones contra el cambio climático. En este mismo sentido, también es lógico plantear que los países que tienen mayor capacidad económica podrían contribuir con más recursos.

Sin intentar hacer una larga y tediosa descripción de las acciones internacionales en materia de cambio climático, a continuación te presentamos algunos de los sucesos más significativos de esta interesante trama. Como notarás, esta historia tiene semejanzas con una película de suspenso, ya que como todo buen guión hay personajes que alertaron del problema y no fueron atendidos, presuntos responsables que tratan de no enfrentar su culpa, algunos héroes que tratan de evitar los daños y muchas posibles víctimas, la mayor parte personas pobres en países en desarrollo. Por si fuera poco, podríamos imaginar que en la historia hay una bomba cuyo reloj avanza inexorablemente y al que le queda poco tiempo; por lo que aumenta el nerviosismo entre los participantes (Figura 30).

El cambio climático no es un fenómeno recién descubierto. Desde la segunda mitad del siglo XIX, con los trabajos de John Tyndall y Svante Arrhenius se iniciaron las investigaciones que sentaron las bases para entender y predecir el cambio climático. Curiosamente, no sólo los científicos que se dedicaban a cuestiones de química y clima

se dieron cuenta de la trascendencia del tema, sino que otros científicos más cercanos al área biológica, como Alfred Lotka y el ecólogo George E. Hutchinson hacen más de 50 años ya habían alertado del problema que se venía encima, sus causas y consecuencias. Sin embargo, estas llamadas de alerta quedaron en el aire y el tema se restringió principalmente al ámbito académico, retomándose como un asunto de seguridad mundial hasta varias decenas de años después.

En 1979, poco más de 80 años después de que Arrhenius sugirió la idea de que las emisiones de contaminantes podrían ocasionar modificaciones al clima, se realizó en la ciudad de Ginebra, Suiza la primera Conferencia Mundial sobre el Clima, bajo los auspicios de la Organización Meteorológica Mundial, donde se discutió formalmente el tema del cambio climático. La conclusión de la reunión prendió quizá el primer foco de alerta: el cambio climático debería ser considerado como una amenaza real a nivel planetario; por lo cual se exhortó a los gobiernos a prever y evitar los posibles cambios en el clima provocados por



**GILBERT N. PLASS**  
calculó que la temperatura superficial podría aumentar en 3.6°C si se duplicara la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>.

1956



**ROGER R. REVELLE**  
fue pionero en los estudios sobre el balance de CO<sub>2</sub> en los océanos y su efecto en el cambio climático.

1957



**CHARLES D. KEELING**  
inició en el Observatorio del Mauna Loa, en Hawai el registro continuo de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

1958

El calentamiento global ocasionado por la quema de combustibles fósiles fue predicho hace más de cien años, confirmado hace menos de cincuenta, pero hasta escasos 10 o 20 años se han empezado a tomar medidas concretas para atender el problema.

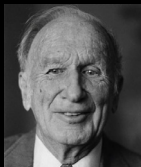
el hombre. Casi diez años después, en 1988, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la propuesta de Malta, un pequeño país insular localizado al sur de Italia, en el mar Mediterráneo que pedía la protección del clima para las generaciones actuales y futuras de la humanidad. El tema parecía empezar a tomarse en cuenta en las agendas de los países.

Para esas fechas, el tema del cambio climático ya provocaba encendidas polémicas. Los datos cada vez más precisos sobre el incremento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera registrados desde 1958 en el observatorio de Mauna Loa en Hawai, las mediciones de la temperatura que parecían ir acordes con el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub>, la información paleoclimática y los modelos generales del clima convencían a cada vez más personas de la realidad de este fenómeno y sus implicaciones. Pero, como siempre ocurre, había personas que no estaban convencidas y consideraban que estos cambios se debían a causas naturales y, por lo tanto, que las acciones que se pusieran en práctica para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero resultarían no sólo inútiles sino incluso perjudiciales, ya que podrían frenar el desarrollo de las naciones, y con ello, el bienestar de sus habitantes.

En ese contexto, con el impulso de la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente se creó el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) con el objetivo de evaluar la información científica sobre el cambio climático. Este Panel, compuesto por destacados científicos de todo el mundo (ver el **Recuadro IPCC: los científicos detrás del cambio climático**), tiene la encomienda de analizar la información disponible y dar opiniones confiables y científicamente sustentadas sobre la ocurrencia del cambio climático en el mundo y la responsabilidad de las actividades humanas en este fenómeno. En 1990, el IPCC publicó su primer informe confirmando lo que muchos ya esperaban y temían: la amenaza del cambio climático era real.

Un par de años más tarde, en 1992, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro, Brasil (conocida también como la “Cumbre de la Tierra”) se terminó de negociar y se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, con el objetivo de **“lograr la estabilización de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático...”**

Teniendo plena conciencia de lo complicado de la meta y de la falta de información que permitiera fijar la concentración aceptable de GEI en la atmósfera, se especificó que el “nivel de concentración” debería alcanzarse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adaptaran naturalmente al cambio climático; se asegurara que la producción de alimentos no fuese afectada y que el desarrollo económico pudiera proseguir de manera sostenible.



**EDWARD LORENZ**

introdujo la noción del caos en la meteorología y sugirió la posibilidad de cambios abruptos o no graduales en el clima.

**1968**



**1968**

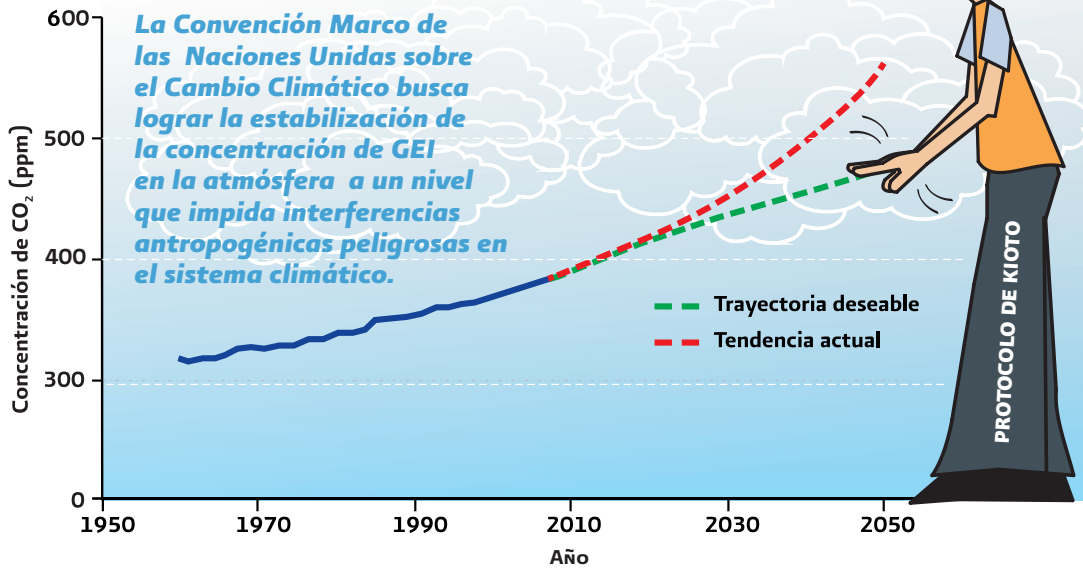
Diversos estudios sugieren el colapso de las plataformas de hielo de la Antártica.



**1972**

Se presenta un periodo de sequía y cambios inusuales en el clima que atraen la atención de la sociedad y los científicos hacia el cambio climático.

FIGURA  
**31**



Podrás imaginarte lo complicado que resultó lograr que los países aceptaran dicho acuerdo. México, por su parte, lo firmó y ratificó en 1992 y 1993, respectivamente. Finalmente, después de complicadas negociaciones internacionales, la Convención Marco entró en vigor en marzo de 1994.

Un año después, en 1995, se presentó el segundo informe del IPCC con una conclusión demoledora: “la evidencia sugiere una influencia humana decisiva en el clima global”. En otras palabras, no sólo confirmaron el sustento de las evidencias de la existencia de un cambio climático sino que identificaron como la causa más probable a las actividades humanas. Siguiendo con la analogía de la película, ya se sabía de la existencia de la bomba y se tenían identificados a los presuntos responsables.

En 1997 se adoptó un instrumento legal complementario: el Protocolo de Kioto, dirigido

a limitar las emisiones netas de gases de efecto invernadero en los países industrializados. Puesto en números, busca reducir las emisiones de GEI de estos países en 5%, tomando como base las que tenían en el año 1990 (Figura 31). Para los países en desarrollo no se fijaron metas cuantificables de reducción de emisiones de GEI, pero sí compromisos particulares, entre ellos la elaboración de inventarios nacionales de emisiones. México ratificó el Protocolo en el año 2000 dentro de la categoría de “país No Anexo I”, es decir, como país en desarrollo.

Considerando los beneficios que tendría para el planeta reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, y con ello los efectos del cambio climático, uno podría esperar que rápidamente los países involucrados firmaran y ratificaran el Protocolo, pero la realidad fue muy diferente. Las negociaciones no fueron fáciles, como siempre ocurre cuando se trata de recursos económicos y, ciertamente, poder cumplir la meta involucra mucho dinero.



**1975 y 1976**

Estudios muestran que los clorofluorocarbonos (CFC), el metano y el ozono pueden contribuir seriamente al efecto invernadero.



**1979**

Se establece el Programa de Investigación del Clima Mundial.



**1985**

La Conferencia de Villach declara que el aumento de la temperatura parece inevitable; llama a los gobiernos a considerar acuerdos internacionales que restrinjan el volumen de las emisiones.

En 2001, el IPCC presentó su tercer informe que, además de apoyar las conclusiones de los dos anteriores, contribuyó a que el tema del cambio climático saliera de los círculos académicos y gubernamentales hacia la sociedad, en gran parte debido a que se estructuró de una forma que iba respondiendo de manera simple, pero bien documentada, preguntas relacionadas con las evidencias del calentamiento global y las consecuencias que éste traería para la humanidad.

A pesar de la acumulación de evidencias, se mantenía la reticencia de algunos países para ratificar el Protocolo. Hubo que esperar hasta el 2004 -siete años después de su formulación-, para alcanzar el número mínimo de países necesario para que el Protocolo entrara en vigor, lo cual ocurrió el 16 de febrero de 2005. Aunque esto podría considerarse un avance muy importante, lo cierto es que el Protocolo estaba a un paso de ser casi "letra muerta", pues algunos de los países que más GEI emiten a la atmósfera seguían negándose a ratificarlo, entre ellos Estados Unidos, responsable de poco más de 20% de las emisiones mundiales. El gobierno de Estados Unidos, en particular, sostenía que no lo aceptaría pues consideraba que este tratado era contrario a sus intereses económicos.



Un año después, en el año 2006, se presentó el llamado "Informe Stern sobre el impacto del cambio climático y el calentamiento global en la economía mundial" (*Stern Review on the Economics of Climate Change*). Este informe fue encargado por el Ministro de Hacienda del Reino Unido a Sir Nicholas Stern, un destacado economista y académico británico.

En este trabajo se cuantificó lo que significaría para la economía del mundo que se tomaran, o dejaran de tomar, medidas para reducir las emisiones de GEI y frenar el calentamiento global. El análisis consideró los cambios esperados por efecto del calentamiento global en aspectos tan importantes para los países como la disponibilidad de agua, producción de alimentos, incidencia de enfermedades (y la salud en general de la población), desastres naturales (por ejemplo, inundaciones y huracanes), daño a los ecosistemas (como los arrecifes de coral) y afectaciones a la infraestructura, entre otros aspectos.

La principal conclusión del estudio fue que la mejor alternativa económica para enfrentar el cambio climático consiste en mitigar, es decir, reducir las emisiones de GEI a la atmósfera. Según sus cálculos se necesitaría una inversión equivalente al 1% del PIB mundial<sup>10</sup> para mitigar los efectos del cambio climático, pero de no hacerlo, los costos podrían alcanzar hasta el 20%.

Quizá porque el informe fue escrito por un economista en lugar de un climatólogo, o porque les tocó un punto muy sensible a los gobiernos -el de sus balances económicos- o porque deshacía con buenos argumentos la principal reticencia de los gobiernos para destinar recursos económicos para enfrentar este problema, pero después de su presentación se intensificó el interés mundial por el tema del calentamiento global y el cambio climático.

<sup>10</sup>El PIB mundial se refiere al valor monetario de los bienes y servicios que todos los países del mundo producen en un periodo definido.



**WALLACE S. BROECKER** sugiere que la reorganización de la circulación oceánica del Atlántico Norte podría cambiar radicalmente el clima.

1985



1988

Establecimiento del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), impulsado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).



1990

El primer reporte del IPCC anuncia que el mundo se ha calentado y que lo podría seguir haciendo en el futuro.



En el año 2007, se presentó el cuarto informe del IPCC. Sus conclusiones no dejaban lugar a dudas: el calentamiento del sistema climático es inequívoco, la influencia de las actividades humanas no sólo está afectando la temperatura sino otros aspectos del clima, y el calentamiento observado de las últimas décadas causado por factores humanos ya tiene efectos en muchos sistemas físicos y biológicos.

Otra conclusión del mismo Informe, que contribuyó a prender no uno sino muchos focos rojos fue que, si se seguía sólo con las medidas de mitigación que se estaban aplicando hasta ese momento, las emisiones a la atmósfera de GEI, y por ende el calentamiento global y sus efectos, seguirían incrementándose en las siguientes décadas. En pocas palabras, el mensaje fue claro: ya tenemos un problema muy serio encima y no estamos haciendo lo necesario para solucionarlo.

Así pues, ya fuese por compromiso ambiental, por conveniencia o, incluso por sobrevivencia, el tema del cambio climático se incluyó entre las prioridades de muchos países. El reto al futuro (y dados los pronósticos esperemos que sea pronto) es transformar esta prioridad en acciones concretas.



Afortunadamente ya se empiezan a ver señales positivas. Por ejemplo, Europa ya ha tomado, unilateralmente, decisiones importantes y presentó el paquete energético 20/20/20/10, que prevé para el año 2020: 20% de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a 1990; 20% de ahorro y eficiencia energética, 20% de energías renovables y 10% de uso de biocombustibles. También otra buena noticia es que Estados Unidos, con la administración del presidente Obama, ya muestra disponibilidad para llegar a acuerdos tendientes a reducir las emisiones de GEI.

Terminando con la analogía de la película, ésta parece estar en su momento más emocionante; el tiempo se agota, pero los chicos buenos parecen acercarse para desactivar la bomba. ¿Llegarán a tiempo para evitar que estalle o al menos para controlar sus efectos y que los daños sean menores? El final de la historia lo conoceremos en los próximos años, con la esperanza de que la película se quede en el género de suspenso y no de tragedia.

## ¿Y MÉXICO?

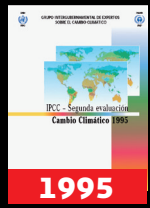
En el marco de los acuerdos internacionales, México ha cumplido sus compromisos e impulsado distintas medidas de adaptación al cambio climático, así como otras enfocadas a la reducción de emisiones de GEI. Entre estas medidas se encuentran la elaboración de sus Inventarios Nacionales de Emisiones, que son la base de las Comunicaciones Nacionales sobre el Cambio Climático. A la fecha, nuestro país ha presentado tres Comunicaciones Nacionales, esperando publicar la Cuarta hacia finales de 2009. México sería así el primer país en desarrollo en presentar una Cuarta Comunicación Nacional (Figura 32).



En la conferencia de la Tierra en Río de Janeiro se adopta la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés).



La revisión de los núcleos de hielo de Groenlandia sugiere que grandes cambios climáticos pueden ocurrir en periodos de tan sólo una década.



El Segundo Informe del IPCC señala que "el balance de evidencias indica una influencia humana..."

FIGURA  
32



Otra de las acciones emprendidas por México fue la elaboración de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC), que se publicó en el año 2007, y definió las bases para impulsar la reducción de nuestras emisiones y el desarrollo de proyectos para prevenir, evitar, minimizar y crear capacidades nacionales y locales de adaptación a los efectos del cambio climático. La estrategia incluye líneas de acción y políticas que sirvieron para la elaboración del Programa Especial de Cambio Climático (PECC).

En el PECC, que se publicó en 2009, se plantean medidas para controlar y reducir las emisiones de GEI. Entre ellas están el impulso a la generación de electricidad con fuentes renovables (por ejemplo, energía solar o eólica), proyectos para mejorar la eficiencia energética que reduzcan la cantidad

Las Comunicaciones Nacionales son los informes que rinden los países ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (acompañados de sus respectivos Inventarios Nacionales de Emisiones), en las que se hace una revisión detallada de las actividades que han realizado los países para cumplir con la Convención.

de combustibles fósiles que se consumen, y proyectos para reducir o mitigar las emisiones de GEI en rellenos sanitarios, por citar sólo unos ejemplos. La meta aspiracional del PECC es lograr una reducción de 50% de las emisiones nacionales de GEI tomando como referencia las del año 2000 (Figura 33). La meta es realmente muy ambiciosa y para lograrlo será indispensable contar con apoyo financiero y tecnológico por parte de los países desarrollados.

Dado que es inevitable que el país sufra los efectos del cambio climático, el PECC también incluye medidas de adaptación, encaminadas a reducir la vulnerabilidad y limitar los impactos negativos del cambio climático. Para este punto se tiene contemplada, por ejemplo, la reforestación y protección de la cubierta vegetal en sitios prioritarios como las partes altas de las cuencas, esto con el fin de reducir los riesgos de deslaves y avenidas descontroladas de agua. En el caso de las zonas de costa, se busca aminorar los efectos de fenómenos como los huracanes y la elevación progresiva del nivel del mar.



1997

Se adopta el Protocolo de Kioto, el cual establece la reducción cuantificada de las emisiones de GEI en los países desarrollados.



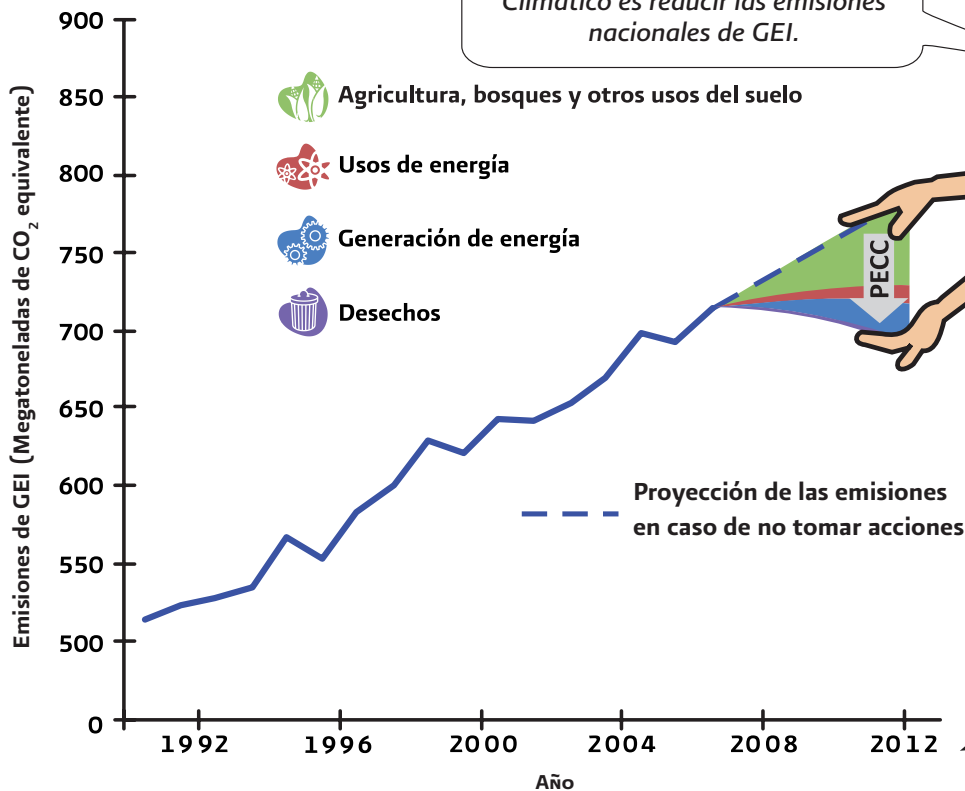
1998

Es el año más caliente del que se tenga registro hasta ese momento. Sequías, inundaciones e incendios dominan la escena ambiental.



2001

El Tercer Informe del IPCC establece que el calentamiento global, es *muy probablemente* resultado de las emisiones antropogénicas de GEI.



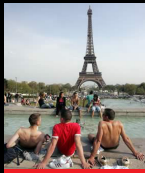
De forma paralela, y para apoyar la formulación del PECC, se realizó el estudio de las *Implicaciones Económicas del Cambio Climático en México*, publicado en 2009, e inspirado en el ya citado Informe Stern. Dos de las conclusiones más importantes de este estudio son que los costos del cambio climático resultan muy superiores a los costos de reducción de emisiones, además de otros costos que el mercado no registra pero que son inadmisibles, como la pérdida de biodiversidad. Según este estudio, los costos del cambio climático para México en el 2050 (esto es, cuánto deberíamos pagar en el futuro por no tomar

medidas ahora para enfrentar este problema) irían de 4.2 a 15.3% del PIB nacional; mientras que los costos de mitigación serían de entre 0.56 y 5.6% del PIB. Evidentemente es más económico tomar medidas desde ahora. La estimación de estos costos supone un escenario en que la reducción de emisiones en México se hace al mismo tiempo que la de los demás países. Si sólo México redujera sus emisiones, el incremento en la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera, y con ello el calentamiento global, seguiría prácticamente como hasta ahora.



Se desprendió la plataforma Larsen B de la Antártica. El fragmento medía 3 mil 250 km<sup>2</sup> y 220 m de grosor.

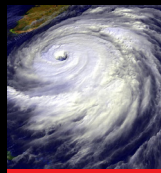
2002



Una ola de calor mató a 35 mil personas en Europa.

Diversos estudios alertaron que la fusión de Antártica y Groenlandia podría elevar el nivel de los mares.

2003



El Protocolo de Kioto entró en vigor. Los huracanes Katrina, Wilma y Stan golpearon Estados Unidos y México. Los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera alcanzan las 380 ppm.

2005

En este contexto, México también ha impulsado en diversos foros la creación de un Fondo Multinacional de Cambio Climático, conocido como “Fondo Verde”. Su propósito fundamental sería apoyar a los distintos países para que apliquen acciones de adaptación y de reducción de emisiones de GEI. El Fondo, tendría la participación de todos los países, pero bajo el principio de responsabilidades compartidas pero diferenciadas. Esto significa que la aportación de cada nación se determinaría considerando, por supuesto, la magnitud de sus emisiones, pero también su capacidad de aportación en función del tamaño de su economía.

Como podrás darte cuenta, dentro de sus capacidades, México está actuando muy activamente para salir lo mejor librado posible del calentamiento global, y además está tratando de que a nivel mundial se actúe decididamente para atender este problema.

Hasta ahora te hemos platicado las acciones que se han dado a nivel “institucional” en México y el resto del mundo. Sin embargo, nosotros a nivel individual, en nuestra familia y en nuestra comunidad también podemos formar parte de la solución. Afortunadamente, hay muchas acciones que no involucran gastos adicionales en tu economía o la de tu familia y que te permitirán reducir de manera importante las emisiones de gases de efecto invernadero, algunas de las cuales incluso harán posible que ahorres dinero. En la siguiente sección te decimos cuáles son estas acciones y cómo llevarlas a cabo de manera sencilla.

## ¿QUÉ PUEDO HACER PARA AYUDAR A ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO?

Quizá lo primero que se te ocurrió al leer está pregunta fue: ¿vale la pena lo que yo pueda hacer para resolver un problema de esta magnitud? La respuesta es un rotundo sí. Ahora permítenos explicarte por qué. En el mundo somos más de 6 mil 500 millones de habitantes. Aunque la acción aislada de uno de nosotros no serviría de nada, si a nuestras acciones sumamos las de nuestros familiares y amigos, y a su vez conseguimos que ellos convenzan a los suyos, al cabo de poco tiempo podríamos ser quizá diez o mil millones de personas actuando frente al cambio climático. Con esta enorme red en funcionamiento, podemos asegurarte que los efectos van a notarse y serán muy significativos en el futuro.

Si no actuamos pronto, estaremos en graves problemas en el futuro. Hasta donde sabemos, no hay otro planeta con una atmósfera y condiciones similares al nuestro, al cual pudiéramos mudarnos en caso de que la Tierra se ponga “más grave”. Por ello, debemos tomar conciencia de que la responsabilidad de la salud de nuestro planeta es de todos, sin importar la edad, la nacionalidad o la posición económica.

¿Cuáles son las acciones que podríamos tomar para enfrentar el cambio climático? Básicamente, se trata de pequeños cambios en nuestra conducta que no afectan significativamente nuestra calidad de vida. No se trata de vivir a oscuras o sin consolas de videojuegos, o dejar de utilizar completamente



Publicación del Informe Stern, que hace explícitos los costos globales del cambio climático en la economía de los países.



El Cuarto Informe del IPCC establece que el calentamiento del sistema climático global es inequívoco.



el automóvil, sino de hacer uso de los recursos, aparatos y vehículos que ya tenemos pero de una manera más inteligente y amigable con el ambiente. Tampoco se trata de invertir grandes sumas de dinero.

Imagina el siguiente escenario: Llegas a tu casa al mediodía muy acalorado, prendes la luz de tu cuarto, así como el radio y la televisión, después vas a la cocina para asomarte al refrigerador por un par de minutos y darte cuenta de que no tienes lo que se te antojó. Entonces sales, enciendes el coche y vas a la tienda que está a dos cuadras para comprarlo. Seguramente después de meditarlo un poco caerás en la cuenta de que al actuar así ya estás contribuyendo con la emisión de gases de efecto invernadero y, con ello, al cambio climático global. Pero, ¿qué estuvo mal en el escenario anterior? Veámoslo con un poco de detalle. Al ser medio día, si tu casa está bien iluminada, no es necesario encender las luces; si prendes el radio y la tele no podrás poner atención a ambos al mismo tiempo; dejar abierto el refrigerador por tanto tiempo sólo producirá que trabaje más, y el coche ya fue el colmo: la tiendita estaba a dos cuadras. Con esto, nos interesa que tengas en mente que cada acción que realizas en tu vida cotidiana está relacionada con la generación de gases de efecto invernadero.

En esta parte del libro te mostraremos cómo el modo de vida de una familia típica, quizá como la tuya, contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. Agregamos también muchas acciones individuales y familiares que puedes realizar directamente en tu casa sin que requieras de ninguna inversión económica extra. Casi todas se centran en el mejor uso de los aparatos electrodomésticos, por lo que se dirigen principalmente al uso adecuado de la electricidad.

Comúnmente cuando pensamos en la electricidad imaginamos que es un tipo de “energía limpia”. Sin embargo, los procesos para su producción no son siempre amigables con el ambiente. Mientras que las fuentes renovables, como el agua, el viento o la radiación solar no generan residuos en su conversión a energía eléctrica, la quema de combustibles fósiles en las centrales termoeléctricas produce residuos sólidos y gases de efecto invernadero.

Más adelante encontrarás unas páginas dedicadas al transporte. En ellas te mostramos, entre otras cosas, la comparación de las emisiones de gases de efecto invernadero para distintos tipos de autos particulares. Estamos seguros que algunos datos te sorprenderán y ayudarán a valorar la importancia de otros transportes, como el público o la bicicleta, y te harán consciente del beneficio de usarlos.

Finalmente, te presentamos una serie de propuestas que, si tu economía lo permite, también podrían ayudar a reducir tus emisiones de gases de efecto invernadero, y que van desde cambiar los focos incandescentes por lámparas ahorradoras, hasta invertir en sistemas de aprovechamiento de la energía solar para calentar agua, hacer funcionar aparatos eléctricos e incluso cocinar. Esperamos que después de leer esta sección hayamos logrado convencerte de que es posible enfrentar el cambio climático desde nuestra trinchera y desde ahora. Sin más que decir, te invitamos a formar parte de la solución.

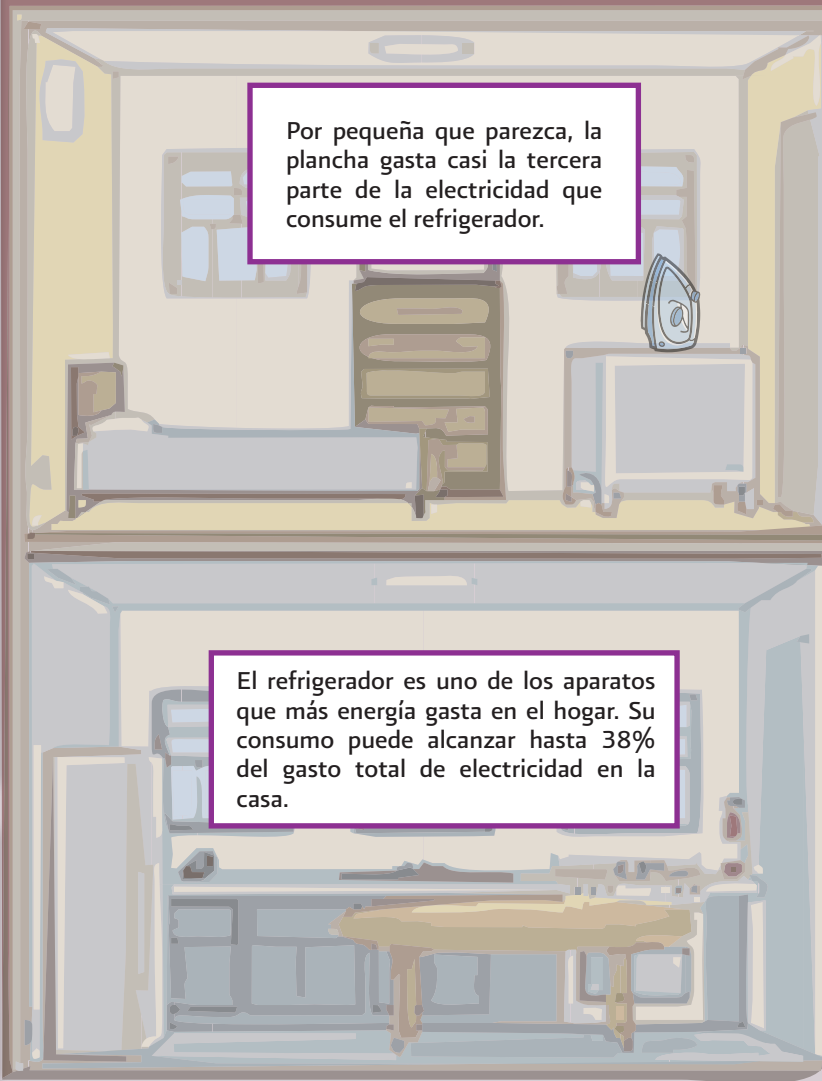
# ¿CUÁNTO CO<sub>2</sub> EMITE UNA CASA COMO LA NUESTRA POR EL CONSUMO DE ENERGÍA<sup>1</sup>?

Tu hogar, como todos los del planeta, contribuye al calentamiento global. En general, las viviendas emiten GEI por dos fuentes: por el consumo de electricidad y por la quema de gas natural y otros combustibles. No obstante, es importante que sepas que aunque la emisión de GEI por esta última fuente se realiza directamente en tu hogar, en el caso de la electricidad no es así. La emisión de GEI por el uso de energía eléctrica puede ocurrir muy lejos de tu casa, directamente en las plantas de generación que utilizan combustibles fósiles. Por eso, cuando prendas un foco o la televisión, acuérdate que indirectamente emites GEI a la atmósfera. Ahora veamos la cantidad aproximada de CO<sub>2</sub> que emiten diferentes aparatos eléctricos y cuánta electricidad consumen.

Una vivienda como ésta emitiría anualmente 1.75 toneladas de CO<sub>2</sub> tan sólo por consumo de energía eléctrica. Si esto te parece pequeño, multiplícalo por las miles y miles de viviendas que tienen las ciudades y verás que en conjunto sí cuenta.

COCINA				
APARATO	CONSUMO ENERGÉTICO EN FOCOS DE 100 WATTS	TIEMPO DE USO PROMEDIO DIARIO	EMISIONES (kg DE CO <sub>2</sub> EQUIVALENTE)	
			DIARIAS	ANUALES
		X 8 HORAS	1.46	533.2
		X 1 HORA	0.48	175.2
		X 15 MINUTOS	0.27	99.0
		X 15 MINUTOS	0.25	91.4
		X 10 MINUTOS	0.04	15.2
<b>TOTAL</b>			<b>2.5</b>	<b>914</b>

ILUMINACIÓN DE LA CASA				
FOCOS INCANDESCENTES DE 60 WATTS		TIEMPO DE USO PROMEDIO DIARIO	EMISIONES (kg DE CO <sub>2</sub> EQUIVALENTE)	
			DIARIAS	ANUALES
	X	6 HORAS	1.09	399.9



Por pequeña que parezca, la plancha gasta casi la tercera parte de la electricidad que consume el refrigerador.




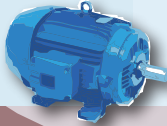

El refrigerador es uno de los aparatos que más energía gasta en el hogar. Su consumo puede alcanzar hasta 38% del gasto total de electricidad en la casa.

## CONSUMO DE GAS

• En 2006, en los hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por consumo de gas fue de 4 millones 237 mil 443 toneladas. De esta cifra, 54% correspondió a la preparación de alimentos y el resto al calentamiento de agua para el aseo personal.

• Una persona que se baña todos los días del año y utiliza en promedio 65 litros de agua caliente, emite cerca de 233 kilogramos de CO<sub>2</sub>.

## PLANCHADO Y LAVADO DE ROPA

APARATO	CONSUMO ENERGÉTICO EN FOCOS DE 100 WATTS	TIEMPO DE USO PROMEDIO DIARIO	EMISIONES (kg DE CO <sub>2</sub> EQUIVALENTE <sup>1</sup> )	
			DIARIAS	ANUALES
	 X	<b>3 HORAS</b>	<b>0.27</b>	<b>99.0</b>
	 X	<b>2 HORAS</b>	<b>0.5</b>	<b>182.8</b>
	 X	<b>20 MINUTOS</b>	<b>0.1</b>	<b>38.1</b>
<b>TOTAL</b>			<b>0.87</b>	<b>319.9</b>

Una secadora de ropa puede emitir anualmente hasta 685.5 kilogramos de CO<sub>2</sub>.

En hogares sin sistema de aire acondicionado, la iluminación puede representar una tercera parte del consumo de electricidad.

## SALA Y RECÁMARA

APARATO	CONSUMO ENERGÉTICO EN FOCOS DE 100 WATTS	TIEMPO DE USO PROMEDIO DIARIO	EMISIONES (kg DE CO <sub>2</sub> EQUIVALENTE <sup>1</sup> )	
			DIARIAS	ANUALES
	 X	<b>4 HORAS</b>	<b>0.75</b>	<b>274.2</b>
	 X	<b>6 HORAS</b>	<b>0.27</b>	<b>99.0</b>
	 X	<b>4 HORAS</b>	<b>0.19</b>	<b>68.6</b>
	 X	<b>4 HORAS</b>	<b>0.17</b>	<b>60.9</b>
	 X	<b>2 HORAS</b>	<b>0.03</b>	<b>9.1</b>
<b>TOTAL</b>			<b>1.41</b>	<b>511.8</b>

<sup>1</sup>Todas las cifras de las tablas corresponden a CO<sub>2</sub> equivalente, el cual se refiere a las emisiones de todos los gases de efecto invernadero, utilizando como medida de referencia el CO<sub>2</sub>. Para los cálculos que te mostramos en estas tablas, se consideró que cada kilowatt hora (kWh) producido genera 0.635 kilogramos de CO<sub>2</sub>.

# ¿CÓMO PUEDES AHORRAR ENERGÍA Y DISMINUIR TUS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN EL HOGAR SIN INVERTIR DINERO?

En realidad, ahorrar energía eléctrica y gas, y con ello reducir tus emisiones de gases de efecto invernadero, es un asunto más simple de lo parece. Tan sólo es cuestión de realizar algunas tareas muy sencillas, para las cuales no requieres gastar más dinero de tu presupuesto. A continuación te ofrecemos algunos consejos prácticos que te ayudarán en esta noble tarea de proteger el ambiente. Si requieres mayor información sobre el ahorro de energía en el hogar, te recomendamos visitar las páginas del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE; [www.fide.org.mx](http://www.fide.org.mx)), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conae; [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)) y de la Comisión Federal de Electricidad (CFE; [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)).

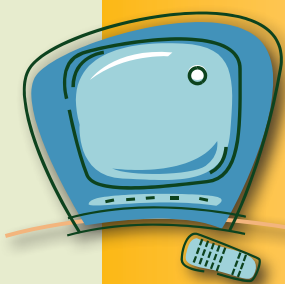
## ELECTRICIDAD

### REFRIGERADOR

- Colócalo lejos de fuentes de calor como la estufa y el horno y sepáralo al menos 10 centímetros de la pared. Con estas medidas evitarás que se caliente y que el motor trabaje más.
- Cuida que la puerta selle bien y evita mantenerla abierta más tiempo del necesario; de lo contrario el aire frío escapará y el motor trabajará más, incrementando hasta tres veces su consumo energético.
- Descongélalo regularmente, ya que el consumo de energía aumenta cuando el hielo del congelador sobrepasa los 5 milímetros de grosor.
- No metas alimentos calientes que sólo harán que el motor trabaje más.
- No es necesario que el regulador de la temperatura esté a su máximo nivel de enfriamiento para mantener en buen estado tus alimentos.



### TELEVISOR Y EQUIPO DE AUDIO



- Apágalos cuando salgas de la habitación y evita emplearlos como “ruido de fondo”.
- Usa el reloj programador cuando estés cansado, así los aparatos se apagarán en caso de que te quedes dormido.

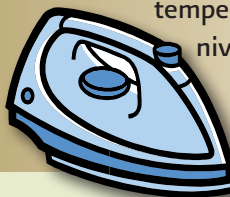
### COMPUTADORA

- Prográmala con algún método de ahorro de energía.
- Si está prendida y no la vas a utilizar por un buen rato, podrías apagar al menos el monitor. Un monitor estándar, tipo televisor CRT consume hasta 100 watts y uno de pantalla plana LCD puede gastar entre 25-40 watts por hora.



### PLANCHA

- Cada vez que planches, junta la mayor cantidad de ropa posible. Así evitarás el desperdicio de electricidad y calor provocado por el encendido y apagado de la plancha en repetidas sesiones.
- En lo que la plancha alcanza su temperatura óptima, trabaja con la ropa que requiere menos calor. Haz lo mismo al apagarla.
- No es necesario que el regulador de la temperatura esté siempre en el nivel máximo, es mejor que esté de acuerdo al tipo de tela a planchar.







## LUZ NATURAL

Aprovecha al máximo la luz natural y evita encender focos en lugares que no estés ocupando.

## GAS NATURAL, ELECTRICIDAD Y, DE PASO... ¡AGUA!

### REGADERA

- Disminuye la cantidad de agua que utilizas para bañarte. Si 3.4 millones de personas (equivalente a 20% de la población de la Zona Metropolitana del Valle de México en 2006) bajáramos de 65 a 45 litros el consumo de agua caliente en cada baño, se podrían dejar de emitir 262 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.
- Si vas a salir de vacaciones o por un periodo más largo, cierra la llave de paso del tanque de gas y la válvula de tu calentador.

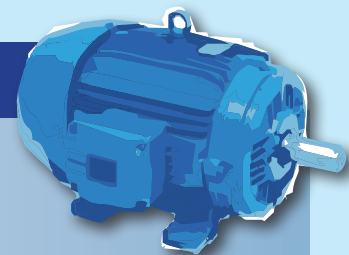


### LAVADORA

- Cuando pongas ropa en la lavadora, procura cargas llenas y usa ciclos cortos de lavado.

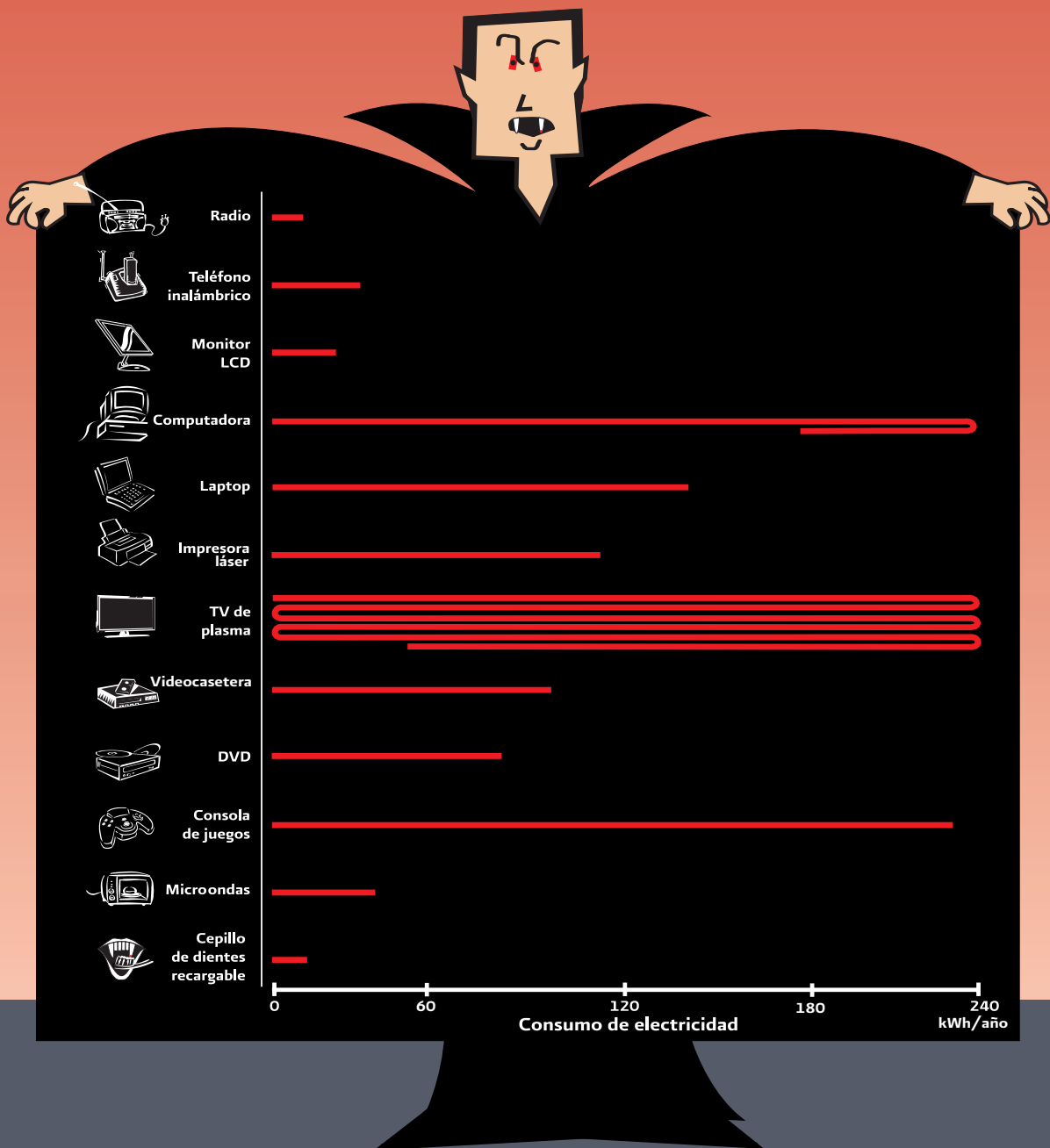
### BOMBA DE AGUA

- Si la bomba de agua de tu casa no es automática, no olvides tomar el tiempo que tarda en llenar el tinaco o la cisterna, de lo contrario se derramará el agua y se desperdiciará energía.



# ¡CUÍDATE DE LOS VAMPIROS!

Aunque lo dudes, ahora mismo puedes tener en casa un vampiro más cerca de lo que imaginas. Puede ser que no tenga afilados colmillos y una larga capa, pero sí un cable que lo conecta al enchufe. Y es que los aparatos eléctricos apagados que permanecen sin desconectarse, literalmente “chupan” pasivamente la electricidad de sus enchufes, por lo que se les llama “aparatos vampiro”. Buenos ejemplos son los hornos de microondas, DVDs, equipos de sonido y computadoras. Si quieres una prueba de su actividad, tan sólo mira los relojes o focos prendidos que tienen muchos de ellos cuando están apagados. En la figura podrás encontrar el consumo energético que tienen algunos aparatos vampiro cuando están “apagados”, lo que te llevará a pensar que, además de desperdiciar electricidad, también “desangran” tu bolsillo.



Los consumos vampiro de electricidad de la TV de plasma, videocasetera, DVD y consola de juegos se refieren a los que se realizan en “modo activo”, es decir, cuando están apagados y conectados y realizan funciones adicionales o de soporte, como por ejemplo, cuando se programan para encenderse o grabar. Los restantes consideran el “modo pasivo”, es decir, cuando están apagados pero conectados a la corriente.

# ¿QUÉ OTRAS OPCIONES EXISTEN PARA AHORRAR ENERGÍA Y PARA REDUCIR TUS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO?

Existen otras alternativas que también pueden ayudarte a reducir de manera significativa tus emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, pero que requieren invertir dinero. Algunas son relativamente económicas, pero otras requerirán de una inversión inicial mayor y otra periódica en mantenimiento. A pesar de ello, con estas sugerencias podrías recuperar, en el mediano o largo plazos, tu inversión a través del ahorro en el pago de electricidad y gas. A continuación te describimos estas alternativas.

## SUSTITUCIÓN DE FOCOS



Los focos incandescentes tienen un hilo metálico muy fino llamado "filamento", que con el paso de la corriente eléctrica emite calor y luz. Se calcula que alrededor del 85% de la electricidad que utilizan se pierde como calor y que tan sólo 15% se transforma en luz. Si cambias tus focos incandescentes por lámparas fluorescentes no habrá todo este desperdicio de energía, ya que la electricidad que pasa a través del gas comprimido no los calienta. Por ello, las lámparas fluorescentes consumen 75% menos electricidad e iluminan igual que los focos incandescentes. Para que te des una idea del ahorro, una lámpara fluorescente de 26 watts ilumina lo mismo que un foco incandescente de 100 watts, y uno de 11 watts ilumina igual que uno incandescente de 40: ¿conviene, no?

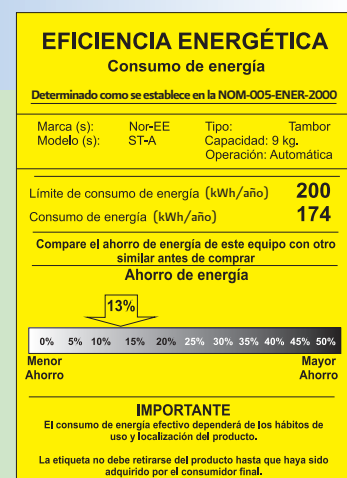
## SUSTITUCIÓN DE APARATOS ELÉCTRICOS

Si en tu casa piensas comprar un aparato eléctrico nuevo escojan, dentro de los que les gusten, el que consuma menos electricidad. ¿Cómo puedes saberlo? Por medio de las etiquetas, como la que aquí te mostramos, que señalan si cumple con la Norma Oficial Mexicana de Eficiencia Energética y cuál es el ahorro de energía del aparato. Ten en cuenta que los modelos nuevos consumen menos energía que modelos viejos con muchos años de uso. Por ejemplo, un refrigerador nuevo gasta 60% menos electricidad que uno viejo del mismo tamaño con 8 o más años de uso.

## EL COLOR DE LOS INTERIORES DE TU CASA



Pinta tu casa con colores claros, ya que éstos reflejan mejor la luz, lo que puede disminuir la necesidad de utilizar más focos y lámparas de mayor intensidad.



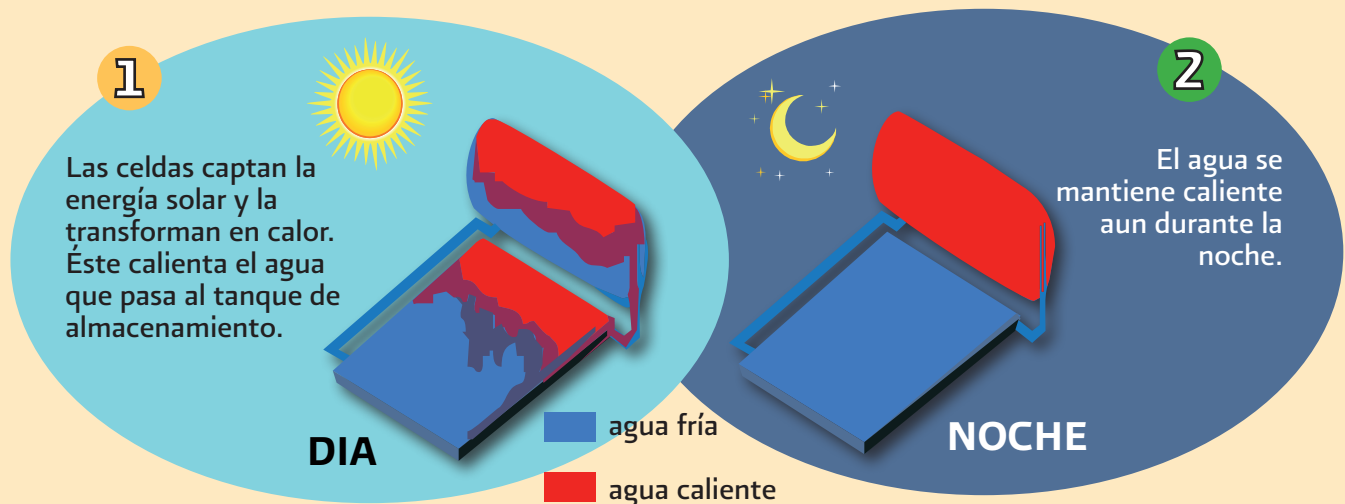
# USO DE LA ENERGÍA SOLAR

La energía solar es una excelente alternativa para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> del hogar. Tiene la gran ventaja de que después de la inversión inicial en la compra e instalación del equipo, el abastecimiento de energía es inagotable, gratuito y no produce emisiones de gases de efecto invernadero. Además, en muchas zonas del territorio nacional tenemos mucho sol durante una gran parte del año: en promedio nos llegan 5 kilowatts por cada metro cuadrado por día. Además, debemos decirte que mucha de la tecnología desarrollada para aprovechar la radiación solar puede funcionar adecuadamente en sitios donde los días nublados son frecuentes. Abajo encontrarás los aparatos más comunes diseñados para cualquier tipo de casa.

## CALENTADORES SOLARES DE AGUA



Estos sistemas absorben los rayos del Sol que pasan al agua y hacen que se mantenga caliente en un tanque de almacenamiento, aun durante la noche y en días nublados. Por la insolación que tenemos en México, un metro cuadrado de celdas solares puede recibir diariamente la energía equivalente a un metro cúbico de gas natural o 1.3 litros de gas licuado de petróleo.



## CELDA SOLARES

Las fotoceldas convierten los rayos del sol en electricidad, la cual se conduce por cables a una batería donde se almacena hasta que se necesita. Esta energía almacenada se puede utilizar para sistemas de iluminación y aparatos eléctricos. Las fotoceldas pueden instalarse en los techos de las casas, por lo que no requieren superficies adicionales.



## ESTUFAS SOLARES

En general, las estufas solares concentran los rayos solares en un punto (por ejemplo, en la hornilla de la estufa) o atraviesan una tapa de vidrio y se transforman en calor dentro de una caja de material aislante. En ellas puedes hornear, guisar y freír los alimentos, ya que pueden alcanzar temperaturas mayores a los 200°C. Puedes fabricar tu estufa utilizando materiales muy sencillos, como barro o cajas de cartón. Si te interesa construir una de estas estufas, las instrucciones las puedes encontrar en: <http://solarcooking.org/plans>



## AHORRO DE GASOLINA

### AUTOS HÍBRIDOS

Estos autos utilizan un motor eléctrico y baterías recargables junto con el motor convencional de gasolina. Con este sistema se reduce el consumo de combustible y se mejora su eficiencia, en algunos casos hasta en 50%.

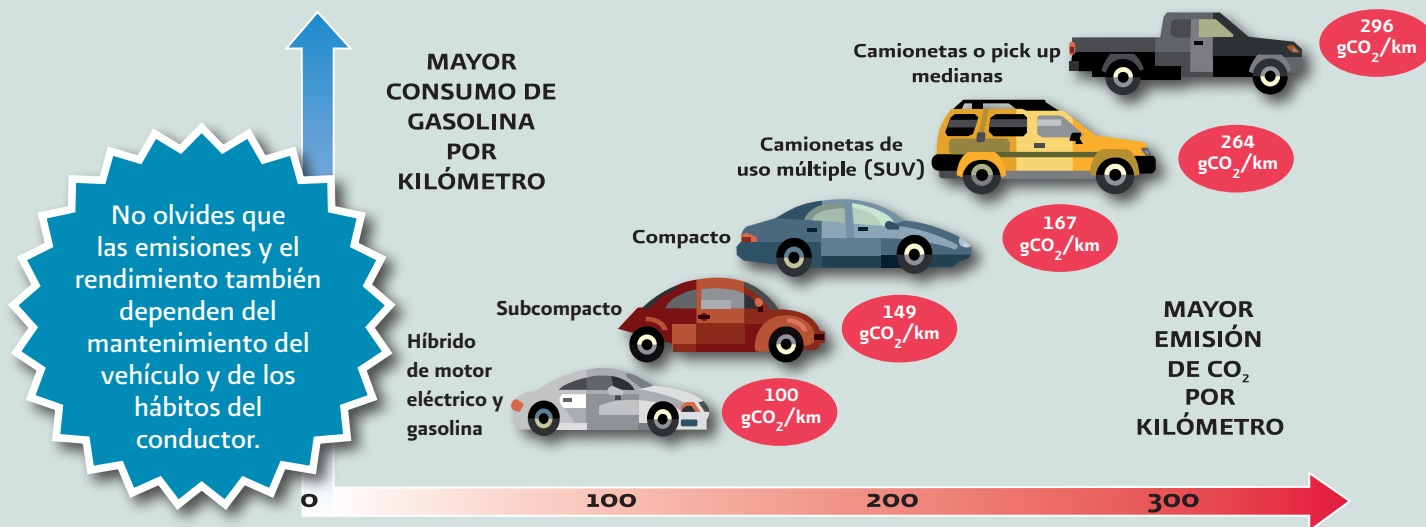


# ¿CÓMO CONTRIBUYEN NUESTROS AUTOMÓVILES A LA EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>?

Los vehículos automotores, sin duda, han revolucionado la vida de la humanidad desde su aparición y comercialización a principios del siglo XX. Con ellos no sólo hemos podido acortar nuestros tiempos de viaje dentro y entre ciudades, sino también mover muchos pasajeros y grandes volúmenes de mercancías entre sitios distantes. Sin embargo, aunque son muy útiles, consumen combustibles fósiles y emiten gases de efecto invernadero y otros contaminantes a la atmósfera, los cuales contribuyen al cambio climático global y al deterioro de la calidad del aire, ambos en perjuicio de nuestra salud y el medio ambiente. En las páginas siguientes encontrarás información sobre los vehículos particulares, el transporte público y sus emisiones de GEI a la atmósfera.

## ¡COMO EN LOS GATOS, TAMBIÉN ENTRE LOS AUTOS HAY CLASES!

Seguramente cuando leíste el título te imaginaste, por un lado, un super auto deportivo y por otro, uno común y corriente. Aunque en efecto existen notables diferencias en la belleza, rapidez y precio de ambos, también las hay en la cantidad de gases de efecto de invernadero que liberan a la atmósfera. Veamos algunas de estas diferencias en las emisiones y el rendimiento de algunas de las categorías de vehículos más comunes. Como podrás apreciar en la figura, los vehículos con las mayores emisiones de bióxido de carbono son las camionetas, que también por lo general tienen los mayores consumos de gasolina por kilómetro recorrido. En contraste, los autos híbridos, que combinan el uso de electricidad y gasolina, tienen las emisiones más bajas y los menores gastos de gasolina por kilómetro.



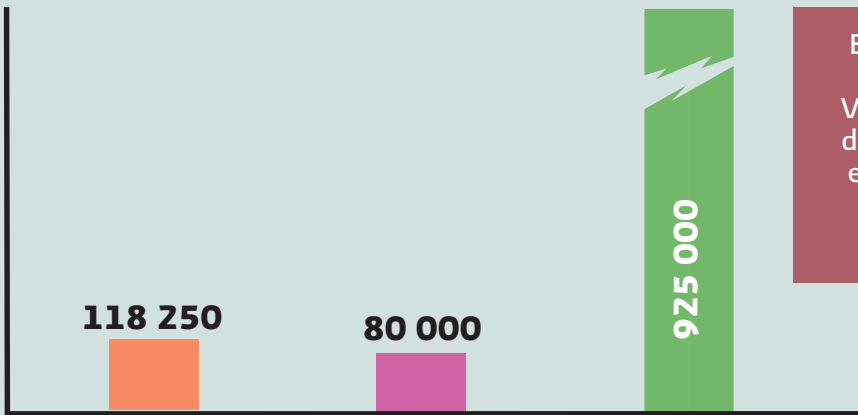
Aunque las emisiones de un solo vehículo pueden parecer bajas, si las multiplicamos por los millones que hay en las grandes ciudades, o en el país o el mundo, el resultado es muy grande. Tan sólo toma en cuenta que en México en 2004, según la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), existían cerca de 22 millones de unidades, entre las cuales no sólo estaban los autos particulares, sino también las unidades del transporte público, de carga y pasajeros, cuyos valores promedio de emisión pueden ser considerablemente mayores a los registrados en los autos particulares.

Si piensas comprar un vehículo nuevo y te interesa tomar en cuenta para tu elección su eficiencia energética y su emisión de contaminantes, te sugerimos visitar el portal [www.ecovehiculos.gov.mx](http://www.ecovehiculos.gov.mx). Esta información te podría ayudar a conocer si el auto de tus sueños es buen amigo de tu medio ambiente.

# VIAJAMOS MÁS, PERO EMITIMOS MENOS: EL TRANSPORTE PÚBLICO

Además de los autos particulares, por las calles y avenidas de las ciudades circulan multitud de unidades que trasladan pasajeros de un lado al otro. Estos transportes, aunque también producen gases de efecto invernadero directamente por el consumo de combustibles fósiles o, indirectamente por el uso de electricidad (como en el caso del metro, los trenes suburbanos o los trolebuses, por ejemplo), en términos comparativos, si consideramos el número de personas que transportan por viaje, son menores emisores de bióxido de carbono que los autos particulares.

Viajes de autos particulares que dejan de hacerse diariamente por el uso del transporte público



Entre 2005 y 2008, en la Zona Metropolitana del Valle de México, con el uso del metrobús se dejaron de emitir 107 257 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente a la atmósfera.



**METROBÚS**  
473 000  
pasajeros por día



**TREN  
SUBURBANO**  
320 000  
pasajeros por día



**METRO**  
3 700 000  
pasajeros por día

Para este comparativo se consideró que cada vehículo particular transporta 4 pasajeros.

## VOLANDO CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

Quizá nunca lo habías pensado, pero siempre que viajas por avión contribuyes con las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. En el año 2002, las aeronaves de todo el mundo recorrieron 32 mil 950 millones de kilómetros, con lo cual emitieron alrededor de 489 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, es decir, cerca del 2% de la emisión total global. Para que te des una idea de la magnitud de las emisiones de la aeronáutica global, en ese año fueron superiores al total de las emisiones de CO<sub>2</sub> que produjo México en ese mismo año considerando todas sus fuentes.



# ¿CÓMO LE SACO MÁS JUGO Y MENOS GASES DE EFECTO INVERNADERO A MI AUTO?

Ya sea que lo ocupes como transporte particular o como medio de trabajo, hay muchas cosas que puedes hacer para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de tu auto. Algunas involucran tan sólo pequeñas modificaciones a la manera en la que quizá conduces, mientras que otras se relacionan con el mantenimiento. Podemos asegurarte que si tomas en cuenta nuestras sugerencias, tanto tus emisiones como los gastos relacionados con el transporte serán menores.

Evita cargar objetos innecesarios en la cajuela. Por cada 50 kg extras, incrementas en 2% el consumo de combustible.

Si viajas a 110 km/h, tu vehículo puede gastar hasta 20% más gasolina que si lo hicieras a 90 km/h.

Usa el aire acondicionado lo menos posible, ya que puede incrementar el consumo de combustible hasta en 10%.

Cuando viajes en carretera, mantén cerradas las ventanas siempre que sea posible. Esto disminuirá la resistencia al aire y por lo tanto el consumo de combustible.

Verifica la presión de las llantas regularmente. Si están infladas por debajo de lo recomendado por el fabricante, se reduce su vida útil y seguridad, se incrementa la resistencia de rodamiento, y crece el consumo de gasolina hasta en 5%.



Afina el motor del vehículo regularmente.  
Un vehículo desafinado puede incrementar el consumo de gasolina hasta en 20%.

Usa aceite multigrado de buena calidad y de la viscosidad adecuada.  
Disminuirás la fricción entre las partes del motor y se desgastarán menos.  
Esto te ayudará a ahorrar entre 1 y 3% de gasolina.

Cuando arranques, no aceleres el motor a fondo, ya que la aceleración rápida consume hasta 50% más combustible que una aceleración gradual.

Cambia el filtro del aire, con ello podrás ahorrar aproximadamente 10% del consumo de gasolina.

Evita calentar el motor antes de iniciar tu viaje.  
Un automóvil consume en promedio 10 ml de combustible por cada minuto que permanece encendido sin avanzar.

## ¿TE ANIMAS...?

Cuando tengas que recorrer distancias cortas, mejor usa bicicleta o camina. Además de que no emitirás GEI y otros contaminantes, harás un rato de ejercicio y beneficiarás tu salud.

Comparte tu automóvil. La emisión de gases de efecto invernadero por persona será menor que viajando cada quien en su coche.

Reduce el número de viajes en tu auto: procura organizarte para hacer el máximo de actividades en cada salida. Aprovecharás más tu tiempo y reducirás el consumo de combustible y la emisión de GEI.

Si existen rutas de transporte público al sitio donde estudias, trabajas o te diviertes, anímate a usarlas un día a la semana y deja descansar tu auto en casa.  
Con esto ahorrarás gasolina y dinero.

Puedes encontrar más recomendaciones sobre el uso de tu auto en el portal de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía ([www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)). También contiene diversos manuales de conducción eficiente que te permitirán aprovechar al máximo la capacidad de tu vehículo, sin incrementar las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes.

## LECTURAS Y PÁGINAS DE INTERNET RECOMENDADAS

Agencia Europea de Medio Ambiente. Biodiversidad. Disponible en: [www.eea.europa.eu/es/themes/biodiversity/intro](http://www.eea.europa.eu/es/themes/biodiversity/intro). Fecha de consulta: 09-10-09.

Comisión Europea. El medio ambiente para los jóvenes europeos. Disponible en: [http://ec.europa.eu/environment/youth/air/air\\_climate\\_es.html](http://ec.europa.eu/environment/youth/air/air_climate_es.html). Fecha de consulta: 09-10-09.

Comisión Federal de Electricidad. Disponible en: [www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx). Fecha de consulta: 09-10-09.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. Disponible en: [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx) y [www.conuee.gob.mx](http://www.conuee.gob.mx). Fecha de consulta: 09-10-09.

Conabio. Diversidad biológica y cambio climático. Disponible en: [www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion\\_internacional/doctos/divbio\\_cambio\\_clim.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/divbio_cambio_clim.html). Fecha de consulta: 09-10-09.

Ferrocarriles suburbanos. Disponible en: [www.fsuburbanos.com](http://www.fsuburbanos.com). Fecha de consulta: 09-10-09.

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Disponible en: [www.fide.org.mx](http://www.fide.org.mx). Fecha de consulta: 09-10-09.

Flannery, T. *La amenaza del cambio climático. Historia y futuro*. Taurus. México. 2005

Gore, Al. *Una verdad incómoda. La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla*. Gedisa. España. 2007.

INE. Cambio climático en México. Disponible en: [http://cambio\\_climatico.ine.gob.mx/](http://cambio_climatico.ine.gob.mx/). Fecha de consulta: 09-10-09

IPCC. Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. Disponible en: [www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_spanish.htm](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.htm). Fecha de consulta: 09-10-09.

Metrobús. Disponible en: [www.metrobus.df.gob.mx](http://www.metrobus.df.gob.mx). Fecha de consulta: 09-10-09.

Polar Bears International. Climate Change. Disponible en: [www.polarbearsinternational.org/bear-facts/climate-change/](http://www.polarbearsinternational.org/bear-facts/climate-change/). Fecha de consulta: 09-10-09.

Portal de Indicadores de Eficiencia Energética y Emisiones Vehiculares. Disponible en: [www.ecovehiculos.gob.mx](http://www.ecovehiculos.gob.mx). Fecha de consulta: 09-10-09.

SEMARNAT. *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo*. México. 2007.

SEMARNAT. Cambio climático. Disponible en: [www.semarnat.gob.mx/queessesemarnat/politica\\_ambiental/cambioclimatico/Pages/cambioclimatico.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/queessesemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/cambioclimatico.aspx). Fecha de consulta: 09-10-09.

SEMARNAT. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). Disponible en: [www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Pages/index-sniarn.aspx). Fecha de consulta: 09-10-09.

Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México. Disponible en: [www.metro.df.gob.mx](http://www.metro.df.gob.mx). Fecha de consulta: 09-10-09.

UNEP. Climate Change and Biodiversity: Ecosystems. Disponible en: [www.unep-wcmc.org/climate/impacts.aspx](http://www.unep-wcmc.org/climate/impacts.aspx). Fecha de consulta: 09-10-09.

United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponible en: <http://unfccc.int/2860.php>. Fecha de consulta: 09-10-09.

## BIBLIOGRAFÍA

Banco Mundial. *Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático*. Estados Unidos. 2009.

CFE. *Informe anual 2007*. México. Disponible en: [www.cfe.gob.mx/informe2007](http://www.cfe.gob.mx/informe2007). Fecha de consulta: 09-10-09.

CONUEE. *Rendimientos de combustibles de automóviles y camiones ligeros. Modelos 2009*. México. 2009.

Emanuel, K. A. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature* 436: 686-688. 2005.

Energy Efficient Strategies. *2005 Intrusive Residential Standby Survey Report*. Report for E3 2006/02. Australian National Framework for Energy Efficiency y New Zealand National Energy Efficiency and Conservation Strategy. Australia. 2006.

FIDE. *Guía de actividades para los seis grados de educación primaria. Jornada del Ahorro de Energía Eléctrica*. México. Disponible en: [www.fide.org.mx/educaree/guias\\_educaree/guia\\_primaria.pdf](http://www.fide.org.mx/educaree/guias_educaree/guia_primaria.pdf). Fecha de consulta: 09-10-09.

FIDE. *Guía de actividades. Secundaria. Jornada del Ahorro de Energía Eléctrica*. México. Disponible en: [www.fide.org.mx/educaree/guias\\_educaree/guia\\_secundaria.pdf](http://www.fide.org.mx/educaree/guias_educaree/guia_secundaria.pdf). Fecha de consulta: 09-10-09.

IPCC. *Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del IPCC*. 2002.

IPCC. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2007.

NASA. *NASA News. 2005 Warmest Year in Over a Century*. USA. 2006. Disponible en: [http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2006/2005\\_warmest.html](http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2006/2005_warmest.html). Fecha de consulta: 09-10-09.

PNUD. *Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido*. EUA. 2007.

PNUMA y OMM. *Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad*. América Latina. 1997.

Rehfishch, M. M., Feare, C. J., Jones, N. V. y Spray, C. Climate change and coastal birds. *Ibis* 146 Supplement 1. 2004.

Rosenzweig C. y M. Parry. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367: 133-138. 1994.

Royal Society. *Biodiversity-climate interactions: adaptation, mitigation and human livelihoods. Report of an international meeting held at the Royal Society, 12-13 June 2007*. England. 2007.

SEMARNAT. *Más de 100 consejos para cuidar el ambiente desde mi hogar*. México. 2008.

SEMARNAT-INE. *Cambio climático: una visión desde México*. México. 2004.

SEMARNAT-INE. *México Tercera Comunicación Nacional Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. México. 2006.

SMAGDF. *Inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la Zona Metropolitana del Valle de México 2006*. México. 2008.

Taub, D. R, Miller, B. y Allen, H. Effects of elevated CO<sub>2</sub> on the protein concentration of food crops: a meta analysis. *Global Change Biology* 14: 565-575. 2008.

*The Royal Society. Biodiversity-climate interactions: adaptation, mitigation and human livelihoods.* United Kingdom. 2007.

WBGU. *The Future Oceans–Warming Up, Rising High, Turning Sour.* German Advisory Council on Global Change. Berlin. 2006.

Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry y H.R. Chang. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science* 309: 1844-1846. 2005.

## NOTAS





Cambio Climático. Ciencia, evidencia y acciones,  
se terminó de imprimir en octubre de 2009  
en los talleres de Impresora y encuadernadora progreso, S.A. de C.V.  
El tiro consta de 5000 ejemplares.  
El contenido y la edición estuvieron a cargo  
de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental  
de la SEMARNAT



