



CAJA DEL CLIMA

Herramienta de aprendizaje interactivo sobre el cambio climático





CAJA DEL CLIMA

**Herramienta de aprendizaje interactivo sobre
el cambio climático**

Texto de estudio

Autores:

Vladimir Berdín (autor principal, secciones 1.1.-1.4, 2.6, 2.8 y 3.5)
Ekaterina Gracheva (secciones 3.1, 3.2 y 3.4)
Yulia Dobrolyubova (edición general, secciones 2.7, 2.9 y 2.10)
Dr.Sc. Dmitry Zamolodchikov (sección 2.3)
Dr.Sc. Pavel Konstantinov (secciones 1.1, 2.1, 2.4, 2.5 y 2.9)
Dra.Sc. Natalia Ryzhova (sección 2.2)
Dra.Sc. Elena Smirnova (edición general, secciones 3.2, 3.3 y 3.4)

Revisores técnicos:

Dra.Sc. Elena Smirnova, Lyubov Kolotilina, Terence John Carrington

Coordinadora del proyecto:

Yulia Dobrolyubova

Editores de redacción:

Elena Ermakova, Ben William Hooson

Diseño y montaje:

Anna Alekperova (RA ILF LLC)

Traducción al español:

Carmen Salazar, Irene Alvear (LTS Mundo Language Translation Services)

Directores del proyecto:

Natalia Olofinskaya, Dr.Sc. Sergey Tambiev, Antonina Khovanskaya, Elena Surovikina

Agradecimientos:

El equipo del proyecto desea agradecer a todos los asesores y consultores científicos que ayudaron a crear las herramientas de aprendizaje interactivo Caja del cambio climático, en especial a:

Alexey Kokorin (WWF), por su valiosa asesoría en la preparación de las secciones 'Cambio climático' y 'De qué manera afecta el cambio climático a la región del Ártico';

Yulia Kalinicheva (WWF), por su asistencia en la elaboración del mapa y el póster;

Alexey Soldatov (BSH Home Appliances LLC) y Olga Pegova (WWF), por su asistencia en la elaboración de los materiales sobre el tema 'Eficiencia energética y ahorro de energía';

Los siguientes maestros de la Escuela N9 de Pereslavl-Zalessky (región de Yaroslavl, Rusia) colaboraron en la elaboración de las herramientas de La caja del clima: Vera Zabavina, Svetlana Rudneva, Tatiana Gordeyeva, Svetlana Tokar, Galina Vorozhtsova, Olga Volodina, Tatiana Kukushkin, Galina Vasikova y Lyudmila Bubnova.

Caja del clima: una herramienta de aprendizaje interactivo sobre el cambio climático. / V. Berdín, E. Gracheva, Y. Dobrolyubova et al. – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019. – 254, [2].

El texto de estudio La Caja del clima es parte de una herramienta de aprendizaje interactivo sobre el cambio climático orientado a estudiantes de nivel primario y secundario, y a maestros especializados en ciencias naturales y estudios medioambientales. La herramienta fue elaborada por el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) con apoyo financiero del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, el Gobierno de la Federación Rusa y Coca-Cola Company. La Caja del clima es parte de una serie de herramientas medioambientales para estudiantes que también incluye La Caja sobre el mar Negro y El pequeño baúl del tesoro del lago Baikal.

UDC 373.3 (5): 551,583

BBK: 74.26:26.237

K49

ISBN978-5-9902971-2-8

© Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Todos los derechos reservados. Esta publicación puede ser reproducida con fines educativos y no comerciales sin el consentimiento escrito del titular de la propiedad intelectual siempre y cuando se cite debidamente la fuente.

| Acerca del proyecto Caja del clima

El cambio climático ha sido reconocido por las Naciones Unidas como uno de los temas más importantes a nivel mundial en este momento. Se trata de un problema mundial porque sus efectos se están haciendo sentir en todos los países y regiones, y porque cada uno de nosotros es responsable –en diversos grados– de los cambios que se están produciendo en nuestro planeta. Somos los consumidores finales de bienes y servicios cuya producción demanda recursos y energía, es decir, combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural). Tanto la producción como el consumo de combustibles fósiles envía emisiones de los así llamados gases de efecto invernadero hacia la atmósfera, lo cual aumenta el efecto invernadero y la temperatura del aire a nivel global. Esa es la huella de carbono que dejamos en la Tierra.

Para reducir la carga sobre el medioambiente y disminuir nuestra huella de carbono, necesitamos conocimientos adecuados. Es importante que tales conocimientos y hábitos se inculquen desde la infancia, de manera que, al momento de terminar la escuela, todos comprendamos la importancia de cuidar el medioambiente y los recursos naturales.

Con este objetivo en mente, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), el Gobierno de la Federación Rusa y The Coca-Cola Company, ha elaborado la Caja del clima: herramienta de aprendizaje interactivo sobre el cambio climático para estudiantes.

La Caja del clima consiste de:

- un texto de estudio ilustrado para estudiantes con materiales educativos y una variedad de preguntas y actividades individuales y grupales, así como pautas para que los maestros usen la herramienta en sus lecciones con estudiantes de distintos grupos etarios;
- preguntas y respuestas sobre el clima – un juego de cartas;
- un mapa mural que ilustra los posibles efectos del cambio climático en la naturaleza y la humanidad en distintas partes del mundo a fines del siglo XXI;
- un póster con consejos sobre cómo reducir la huella de carbono.

El principal objetivo de la Caja del clima es entregar información importante a los estudiantes sobre temas relacionados con el cambio climático global de una manera interesante, atractiva y entretenida, además de hacer recomendaciones a los maestros sobre cómo usar la herramienta en el marco del programa de estudios.

La Caja del clima fue elaborada por un equipo numeroso de autores, entre ellos expertos destacados en climatología, geografía, biología y economía, así como también escritores profesionales de libros infantiles. Maestros de escuela con experiencia hicieron aportes valiosísimos al proyecto ayudando a elaborar las pautas para el uso de la herramienta en las aulas por parte de los maestros.

Un aspecto importante es que la Caja del clima fue diseñada específicamente para escolares. El texto de estudio es como una enciclopedia ilustrada sobre el clima y describe temas importantes, y a veces complejos, de manera entretenida. Los lectores aprenderán sobre cómo cambió el clima de la Tierra desde las primeras épocas geológicas, qué cambios climáticos están ocurriendo ahora, de qué manera dichos cambios afectan a la naturaleza y a la humanidad, si es posible adaptarnos a los impactos inevitables, cómo prevenir las consecuencias más peligrosas del cambio climático y qué se está haciendo en otras regiones del mundo. Una sección aparte del libro explica al lector de qué manera reducir la huella de carbono personal.

El texto de estudio y los demás materiales de la Caja del clima han sido diseñados con el fin de permitir que los lectores más jóvenes los usen por separado. Algunos temas se concentran en los niños más pequeños, mientras que otros en estudiantes de secundaria. Algunos lectores encontrarán interesante el libro completo, mientras que otros preferirán los datos curiosos, las ilustraciones o las propuestas de experimentos específicos. Todos podrán encontrar algo nuevo e interesante en la Caja del clima.

El éxito de la fase experimental de la Caja del clima y la valoración positiva planteada por expertos en el clima, maestros y escolares despertaron el anhelo por hacer de este proyecto una herramienta educativa verdaderamente internacional que conectara a niños, niñas y maestros a través de las fronteras.

En 2017, el PNUD amplió la implementación del proyecto la Caja del clima a ocho países de Europa oriental, el Cáucaso y Asia Central, aspirando a su posterior replicación. Las versiones digitales de la herramienta están disponibles para niños y niñas en inglés y en ruso en el sitio web www.climate-box.com, y en aplicaciones para teléfonos móviles.

Esta versión en español actualizada en 2019 de las herramientas de la Caja del clima contiene la información más reciente e incluye retroalimentación y recomendaciones por parte de maestros y expertos de los países participantes.

Nuestra expectativa es que la Caja del clima se convierta en una fuente de información útil e interesante sobre el cambio climático para los escolares y los ayude a aprender a proteger el mundo natural.





Prefacio para la Caja del clima

2030, 2050, 2100 – estos años se mencionan con mayor frecuencia cuando hablamos del cambio climático provocado por el hombre, sus impactos y la necesidad de adaptarnos a las transformaciones que ocurrirán en el futuro. Para muchos aparecen como fechas distantes, pero no para ustedes, puesto que esos puntos de referencia en la línea del tiempo serán importantes para las nuevas generaciones. ¿En qué estaré trabajando en 2030? ¿Dónde viviré en el año 2050? ¿Podrán mis hijos ser felices en 2100? Estas son preguntas fundamentales para los estudiantes del presente, desde la escuela hasta la universidad.

Nuestra generación está acostumbrada a buscar las respuestas a las preguntas que apuntan hacia el futuro mediante la introspección, consiguiendo la mejor educación o trabajando duro, y siendo creativos e ingeniosos. Sin embargo, el cambio climático provocado por el hombre no solo cambiará las condiciones de la vida en la Tierra –nuestro único hogar– sino que influirá cada vez más en las alternativas disponibles para nuestra propia vida, el bienestar de nuestra familia y la de nuestros vecinos, tanto los cercanos como aquellos que están lejos. El cambio climático se transformará en el factor más determinante de nuestras condiciones de vida.

Por esa razón la Caja del clima es tan oportuna. Tenemos que saber qué es lo que determina nuestro futuro; debemos comprender de qué manera las decisiones que tomamos hoy afectan no solo nuestro horizonte vital, sino que también a nuestros hijos y nietos, de formas variadas y complejas. El conocimiento científico sobre la influencia humana en la Tierra, su clima y todos los recursos debe enseñarse en las etapas más tempranas de la vida. Es necesario cultivar la sensibilidad por estos temas lo antes posible. La instrucción toma distintas formas y la Caja del clima ofrece una vía de ingreso natural y dinámica a esta cuestión tan compleja. Con un resumen de los resultados científicos más actualizados y su disposición en gráficos simples, caricaturas y cuentos, los estudiantes pueden digerir fácilmente el contenido a través de vías diversas. Por último, las actividades planteadas en la Caja del clima ayudan a recordar, evaluar y fijar la comprensión.

La globalización nos ha aportado muchos beneficios, pero no estamos lo suficientemente preparados para vivir, trabajar y funcionar en un mundo globalizado. Nuestro cerebro se ha entrenado durante milenios para reaccionar y adaptarse a los cambios que ocurren en nuestro entorno inmediato, característica que ha sido fundamental para nuestra supervivencia. Evidentemente, nuestros sensores personales no van más allá de lo que podemos ver y oír. Sin embargo, lo que hacemos hoy –principalmente el consumo de energía de fuentes fósiles, el uso de las reservas de suelo mediante la deforestación y muchas otras actividades– tienen consecuencias globales que amenazan nuestra propia supervivencia.



Por lo tanto, nuestro equipo de supervivencia necesita modernizarse urgentemente. Esta modernización proviene de la ciencia que nos permite comprender los cambios en el clima y estimar los posibles futuros dependiendo de las decisiones que tomemos hoy. En este momento está en nuestras manos decidir si viviremos en un mundo distinto al de hoy; un mundo más cálido con un clima diferente, pero aun así un hogar donde la mayoría de los habitantes de la Tierra se pueda adaptar y vivir cómodamente. O bien, como consecuencia de un cambio climático sin control, experimentaremos un mundo totalmente distinto, más caluroso que lo que cualquier humano y ecosistema puedan soportar, con un nivel del mar más alto en por lo menos 1 metro, vastas extensiones de litoral sumergidas e inhabitables, glaciares consumidos y el entorno del Ártico modificado de manera irreversible, fenómenos climáticos extremos que perjudican a los más vulnerables y muchos ecosistemas que ya han dejado de proporcionar sus servicios. Se prevé que ese otro mundo será el resultado de seguir haciendo las cosas ‘como si no pasara nada’, una actitud peligrosa pues sugiere de manera aparentemente inocente que, para el año 2050 o 2100, seguiremos haciendo negocios como lo hemos hecho siempre. El ciudadano informado ya sabe que eso no será así dado este escenario.

Estando en conocimiento de estas consecuencias fatales a través de la ciencia y la educación, con mayor sensibilidad y conciencia gracias al material educativo como la Caja del clima –disponible en todos los niveles de enseñanza– espero que seamos capaces de preparar a la próxima generación para que no pierda tanto tiempo como lo hicimos nosotros y tome las decisiones correctas.

Thomas Stocker

Vicepresidente del Grupo de Trabajo I del IPCC 2008–2015

Profesor de física

Universidad de Berna, Suiza

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PARTE 1. El problema del cambio climático	11
1.1. El clima y el tiempo atmosférico	12
1.2. Tipos de climas y zonas climáticas	14
1.3. ¿Cómo cambió el clima en el pasado y por qué?	24
1.3.1. Causas del cambio climático: millones de años	26
1.3.2. Causas del cambio climático: decenas y cientos de miles de años	28
1.3.3. Causas del cambio climático: siglos	30
1.4. El cambio climático en la actualidad	35
PARTE 2. 2. Cómo afecta el cambio climático al mundo natural y a los seres humanos. ¿Podemos adaptarnos a las inevitables consecuencias de este fenómeno?	47
2.1. ¿Cómo afecta el cambio climático ...al tiempo atmosférico?	49
2.2. ¿Cómo afecta el cambio climático ...a plantas y animales?	58
2.3. ¿Cómo afecta el cambio climático ...a los bosques?	76
2.4. ¿Cómo afecta el cambio climático ...a los recursos hídricos?	94
2.5. ¿Cómo afecta el cambio climático ...a la agricultura?	103
2.6. ¿Cómo afecta el cambio climático ...a las regiones costeras?	109
2.7. ¿Cómo afecta el cambio climático ...a las regiones montañosas?	119
2.8. ¿Cómo afecta el cambio climático ...a la región del Ártico?	133
2.9. ¿Cómo afecta el cambio climático ...a las ciudades y la salud humana?	148
2.10. ¿Cómo afecta el cambio climático ...a los problemas sociales?	158
PARTE 3. ¿Cómo mitigar el cambio climático peligroso?	169
3.1. Fuentes de energía “verde”	170
3.1.1. ¿Qué es la energía?	170
3.1.2. Principales fuentes de energía	171
3.1.3. Combustibles fósiles	172
3.1.4. Energía nuclear	176
3.1.5. Fuentes de energía renovable	178
3.1.6. Ventajas y desventajas de las distintas fuentes de energía	190
3.2. Eficiencia energética y ahorro de energía	196
3.2.1. Transporte amigable con el medioambiente	200
3.2.2. Electrodomésticos y aparatos eléctricos	205
3.2.3. Construcción verde: edificios activos y pasivos	208
3.2.4. Ciudades verdes	212
3.3. Huella de carbono	217
3.4. ¿Cómo puedo ayudar al planeta? Reducir tu huella de carbono	221
3.5. Cooperación mundial frente al cambio climático y desarrollo sostenible	231
PARTE 4. Orientaciones pedagógicas para el uso de la herramienta Caja del clima en las escuelas	238
Listado de ilustraciones	252



El problema del cambio climático



parte **1**

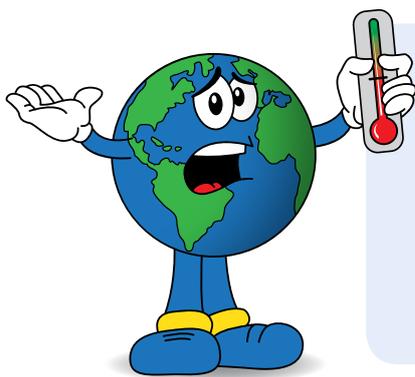
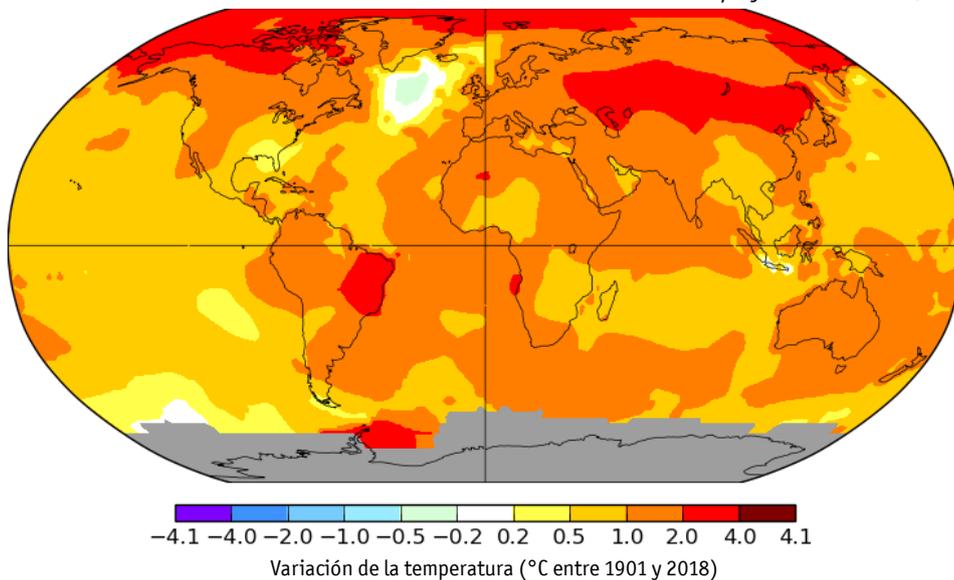
1. El problema del cambio climático	11
1.1. El clima y el tiempo atmosférico	12
1.2. Tipos de climas y zonas climáticas	14
1.3. ¿Cómo cambió el clima en el pasado y por qué?	24
1.3.1. Causas del cambio climático: millones de años	26
1.3.2. Causas del cambio climático: decenas y cientos de miles de años	28
1.3.3. Causas del cambio climático: siglos	30
1.4. El cambio climático en la actualidad	35

1. | El problema del cambio climático

El cambio climático es uno de los problemas más importantes de nuestra época. Hace 30 años, solo los científicos hablaban sobre él, pero hoy día se ha tornado evidente para la mayoría de nosotros. Aparte de sentir más calor, resulta cada vez más difícil predecir cómo estará el tiempo atmosférico en un mes determinado del año.

Ya no queda duda de que el clima de nuestro planeta está cambiando y que lo está haciendo muy rápido. Juzga por ti mismo: en los últimos 130 años, la temperatura promedio de la Tierra ha aumentado en 1 °C. Puede que no parezca tanto, pero a nivel global, el fenómeno plantea una amenaza grave para toda la vida del planeta, desde las plantas hasta los animales, y para nosotros mismos. También debes recordar lo siguiente: casi un grado es el promedio mundial, pero algunas regiones, particularmente el Ártico, se están calentando mucho más rápido.

Fig. 1.1. Mapa de cambios observados en la temperatura de la superficie de la Tierra, entre 1901 y 2018.



¡La Tierra se está calentando!

La temperatura promedio en la Tierra aumentó en 1 °C desde el inicio del siglo XX. Durante los últimos 18 años, hemos tenido los 17 años más calurosos desde que se guardan registros, y 2016 alcanzó el récord absoluto. En el hemisferio norte, el período entre 1982 y 2018 ha sido el más caluroso en los últimos 1.400 años.

‘Cambio climático’ es un término más preciso que ‘calentamiento global’ puesto que el aumento en las temperaturas es solo una parte de lo que significa el cambio climático para la Tierra. Los cambios en el clima llevan a una pérdida del equilibrio en el mundo natural: los glaciares y el permafrost se derriten, el mar sube de nivel, aumenta la frecuencia de inundaciones, sequías y huracanes, y se hace más difícil predecir el tiempo atmosférico. El cambio climático provoca la extinción de muchos animales y plantas que no pueden adaptarse a las nuevas condiciones, perjudica la economía de los países y amenaza la salud e incluso la vida de las personas.

Existen diversas teorías que explican por qué se producen estos cambios. Algunos investigadores indican que se debe al impacto de procesos astronómicos sobre nuestro planeta (mayor actividad solar y cambios en la inclinación del eje de la Tierra). Otros sugieren que los problemas que afectan al clima son el resultado del consumo excesivo de recursos naturales por parte de los humanos. Lo que es indudable es que la actividad solar y los cambios en la inclinación del eje de la Tierra escapan a nuestro control, mientras que sí podemos hacer algo con el consumo excesivo y los gases de efecto invernadero perjudiciales que este provoca.

¿Entonces qué es lo que en realidad sucede con el tiempo atmosférico y el clima? ¿Cómo cambió el clima de la Tierra en el pasado y cómo está cambiando ahora? ¿A qué se deben los cambios que están sucediendo? ¿Qué son los gases de efecto invernadero y qué podemos hacer al respecto? Vamos a intentar encontrar algunas respuestas a estas preguntas.

1.1. | El clima y el tiempo atmosférico

Es común que las personas se quejen sobre el tiempo atmosférico, pero muy rara vez reclaman sobre el clima. He aquí un ejemplo: “Octubre se extinguió en una ráfaga de aire y lluvias torrenciales, y noviembre llegó, frío como acero congelado, con fuertes fríos cada mañana y corrientes de aire helado que calaban en las manos y la cara.” (J.K. Rowling, Harry Potter y la orden del Fénix). Los escritores y poetas no escriben sobre el clima, y es fácil comprender por qué. El tiempo atmosférico se puede ver simplemente por la ventana y tenemos que enfrentarlo todos los días. Pero el clima es algo mucho más complicado de captar. Todo el mundo, desde los científicos pasando por los políticos y los empresarios, está hablando de los cambios que experimenta el clima.

Cuando regresas de las vacaciones que tomaste con tus padres en algún lugar alejado, lo primero que la gente quiere saber es cómo estaba el tiempo. Pero cuando recomiendas a tus amigos que visiten ese mismo lugar, probablemente dirás “El clima ahí es muy bueno”.

Entonces, ¿cuál es la diferencia entre tiempo atmosférico y clima?



Tiempo atmosférico: estado de la atmósfera en un lugar y momento determinado y durante un período limitado (por ejemplo, un día o un mes).

El tiempo atmosférico es el estado momentáneo de lo que llamamos ‘elementos meteorológicos’, cosas que oímos todas las noches en el pronóstico del tiempo en la TV: temperatura, humedad, presión atmosférica, presión, nubosidad, etc. Cuando durante el verano hace frío y llueve tanto que ni siquiera quieres sacar un dedo de la puerta de tu casa ¡eso es mal tiempo!



Clima: conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región durante un período largo (varias décadas).

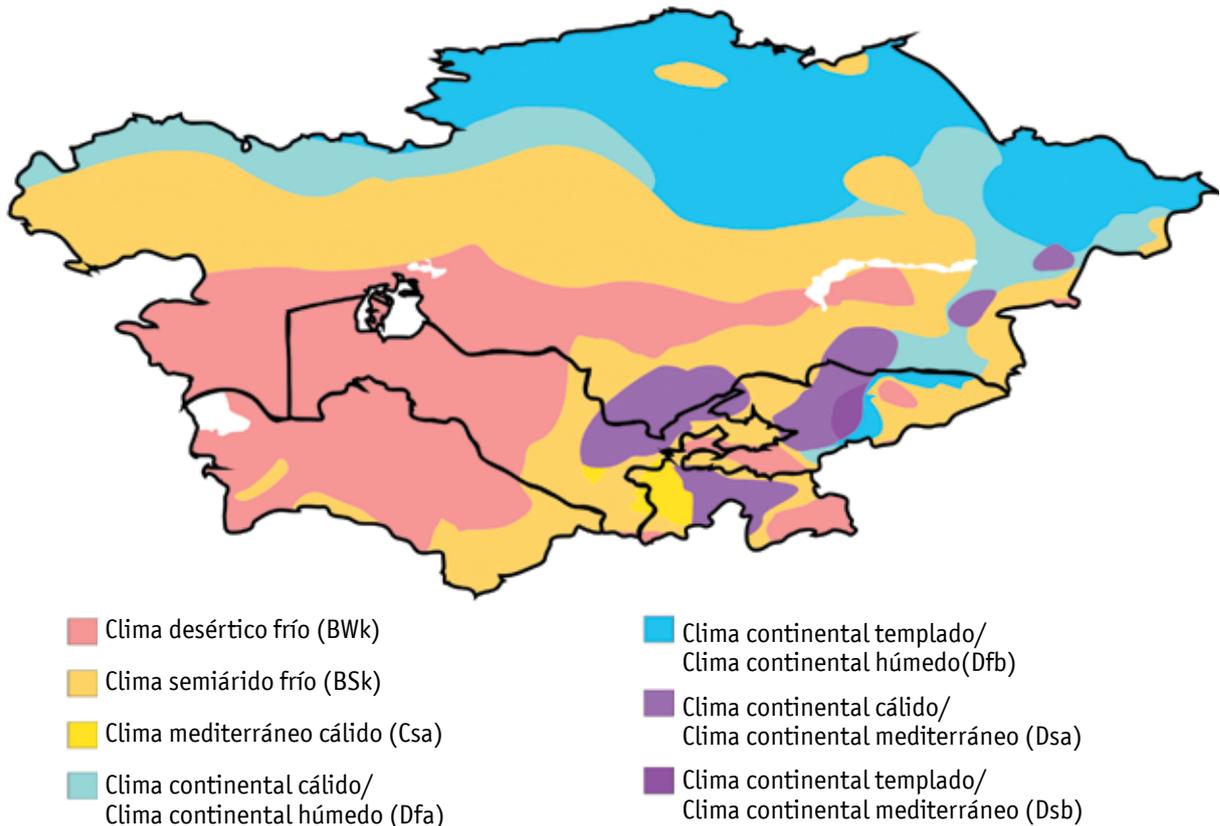
Por ejemplo, el verano es cálido y seco mientras que el invierno es frío y húmedo, con escasa nieve. Esa es una breve descripción del clima mediterráneo. Como bien lo indicó el escritor norteamericano Mark Twain, ‘el clima es lo esperamos y el tiempo es lo que tenemos’. ¡No es posible ver cómo está el clima simplemente mirando por la ventana!



Las principales características del clima son:

- la temperatura del aire y sus cambios dependiendo de la estación del año;
- la cantidad y la época de las precipitaciones (lluvia y nieve) durante el año;
- el movimiento de las masas de aire;
- los vientos predominantes y otros.

Fig. 1.1.1. Ejemplo de un mapa climático de Asia Central (W. Köppen).



Una **masa de aire** es una gran sección de la atmósfera con más o menos la misma temperatura, presión y vapor de agua en toda la masa.

La observación, el estudio y el pronóstico del tiempo atmosférico es materia de una ciencia especial llamada **meteorología**. La ciencia que estudia el clima se llama **climatología**.



Los habitantes de Irlanda dicen en broma: "Irlanda tiene un clima maravilloso, pero lo arruina el tiempo".

Irlanda es un país ubicado en una gran isla en las costas de Europa occidental. El tiempo atmosférico ahí es muy variable, pero los inviernos son templados y el pasto se mantiene verde todo el año. Debido a esto, el país tiene el apodo de 'Isla Esmeralda'.

¿Cuáles son los elementos que determinan el tiempo atmosférico?



La **temperatura del aire** puede ser positiva o negativa. El punto de división entre la temperatura del aire positiva y negativa es $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, punto en el que el agua se congela y se convierte en hielo.



La **humedad del aire** depende de la cantidad de vapor de agua en el aire. Cuando la humedad es más alta durante el invierno sentimos más frío. Pero cuando la humedad es alta y también lo es la temperatura, se siente sofocante.



Las **nubes** son racimos de pequeñas gotitas de agua o cristales de hielo en la atmósfera.



La **precipitación** varía dependiendo de si viene de las nubes (lluvia, nieve, agua-nieve, granizo) o si se forma en la superficie de la tierra y sobre objetos (rocío, helada, escarcha, hielo).



La **visibilidad** es la distancia máxima más allá de la cual los objetos se pierden y resulta imposible distinguirlos.



La **niebla** son agrupaciones de gotas formadas por la condensación del vapor de agua cerca de la tierra.



La **presión atmosférica** es presión generada por el peso del aire.



El **viento** es el movimiento horizontal del aire provocado por diferencias en la presión atmosférica.

1.2. | Tipos de climas y zonas climáticas

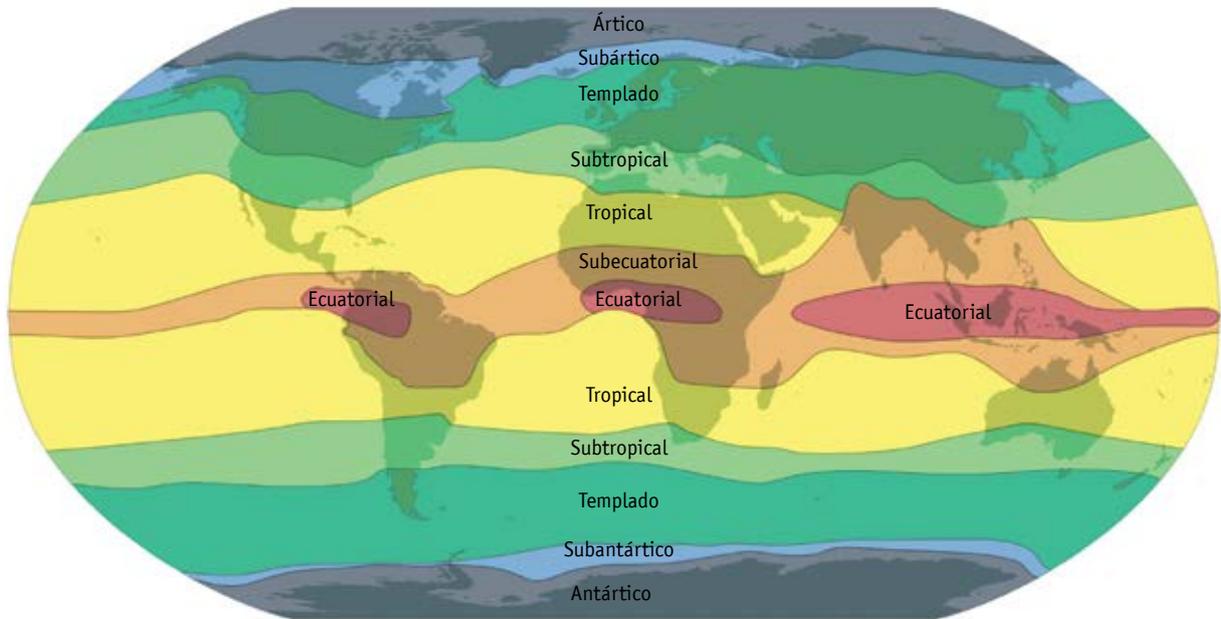
Las distintas partes del planeta tienen climas diferentes. En los países del Norte, cuando la gente mira por la ventana y ve nieve en todas partes desea irse de vacaciones a un país tropical donde disfrutar del calor y nadar en un mar cálido durante todo el año.

Desde la antigüedad, los científicos han dividido la Tierra en zonas climáticas dependiendo de la altura del sol sobre el horizonte y de la duración del día. La palabra 'clima' viene del término griego que se refiere al ángulo de inclinación del sol. Las diferencias en el clima de nuestro planeta se deben principalmente al hecho de que el calor que emana desde el sol se distribuye de manera desigual sobre la superficie de la Tierra. Otros factores, como la cercanía del mar, la circulación atmosférica, los patrones de precipitación y los así llamados 'factores de formación del clima', también desempeñan una función importante a la hora de determinar el clima y, a su vez, dependen en gran medida de la latitud geográfica y de la altura sobre el nivel del mar.



Las zonas con climas similares son como franjas anchas que rodean el globo. Son lo que los científicos llaman 'zonas climáticas' y dan paso a las demás a medida que se alejan de la línea ecuatorial hacia los polos (Fig. 1.2.1).

Fig. 1.2.1. Los climas de la Tierra (B. Alisov).



La clasificación más conocida de las zonas climáticas fue introducida por un climatólogo ruso-germano llamado Wladimir Köppen en 1884 (Fig. 1.1.1), quien dividió los climas en cinco tipos principales: **A** – Tropical, **B** – Árido, **C** – Templado, **D** – Continental, **E** – Polar y Alpino. Otro sistema de clasificación climática, que se usa normalmente en el este de Europa fue creado en los años cincuenta por el científico ruso Boris Alisov (Fig. 1.2.1). Esta clasificación distingue cuatro zonas climáticas principales en cada hemisferio de la Tierra, así como tres zonas transicionales.



*Las **zonas climáticas** son áreas con un clima relativamente uniforme.*

Las principales zonas climáticas son: **ecuatorial, tropical, templada y polar (ártica en el hemisferio norte y antártica en el hemisferio sur)**. Se consideran las principales zonas climáticas puesto que cada una de ellas está dominada durante todo el año por la misma masa de aire, que es típica de esa zona climática.

Entre las principales zonas climáticas están las zonas transicionales: **subecuatorial, subtropical y subpolar (subártica en el hemisferio norte y subantártica en el hemisferio sur)**. Todos los nombres de las zonas climáticas transicionales tienen el prefijo "sub", que en latín significa "bajo".

Las masas de aire en las zonas climáticas transicionales cambian con las estaciones del año e ingresan desde zonas aledañas en distintas épocas del año. Por ejemplo, en un clima subtropical el verano es caluroso como en el trópico, pero el invierno es fresco puesto que la masa de aire tropical es desplazada por una masa de aire de la zona templada.

Algunas zonas climáticas contienen regiones climáticas específicas con un **clima continental, marítimo o monzónico** (vea la Tabla 1.2.1).



Las estaciones en los hemisferios sur y norte son totalmente opuestas: entre diciembre y febrero, cuando el hemisferio norte se encuentra en su temporada fría, el hemisferio sur está en pleno verano; y cuando el hemisferio norte está más frío, en el hemisferio sur reina el calor.

Tabla 1.2.1. Climas de la Tierra (B. Alisov).

Zona climática	Tipo de clima	Temperatura		Época y cantidad de precipitaciones atmosféricas	Circulación de la atmósfera y vientos predominantes	Territorio
		Invierno	Verano			
Ecuatorial	Ecuatorial	+26°C	+26°C	Todo el año, 2.000 mm	Masas de aire ecuatorial húmedo y cálido se forman en una región de baja presión atmosférica	Regiones ecuatoriales de África, Sudamérica y Oceanía
Subecuatorial	Monzón tropical	+20°C	+30°C	Principalmente durante el monzón, 2.000 mm	Monzón	Asia meridional y sudoriental. África central y occidental, Norte de Australia
Tropical	Tropical árido	+12°C	+35°C	Todo el año, 200 mm	Vientos alisios	Norte de África, Australia central
Subtropical	Mediterráneo	+7°C	+22°C	Principalmente durante la época fría del año, 500 mm	En verano, anticiclones con alta presión atmosférica; ciclones en invierno	Mediterráneo, Sudáfrica, Australia suroccidental, oeste de California
	Subtropical árido	+0°C	+40°C	Todo el año, 120 mm	Masas de aire continental seco	Interior de los continentes entre 30° y 45° al norte y al sur de la línea ecuatorial
Templado	Templado marítimo	+2°C	+17°C	Todo el año, 1.000 mm	Vientos del oeste	Zonas occidentales de Eurasia y América del Norte
	Templado continental	-15°C	+20°C	Todo el año, 400 mm	Vientos del oeste	Interior de los continentes entre 40° y 45° de latitud desde los círculos polares
Subpolar (subártico y subantártico)	Subártico	-25°C	+8°C	Todo el año, 200 mm	Predominan los ciclones	Franjas septentrionales de Eurasia y América del Norte
	Subantártico	-20°C y menos	Alrededor de 0°C	Todo el año, hasta 500 mm	Predominan los ciclones	Mares del hemisferio sur desde 60° latitud sur
Polar (subártico y subantártico)	Polar (Ártico o Antártico)	-40°C	0°C	Todo el año, 100 mm	Predominan los anticiclones	Mares del Océano Ártico y Antártica continental

Breve descripción de los distintos climas

Clima ecuatorial

El clima ecuatorial se caracteriza por masas de aire ecuatoriales cálidas y húmedas. La temperatura del aire es constante (+24–28 °C) y llueve bastante durante todo el año (de 1.500 a 5.000 mm). Las precipitaciones son más rápidas que la velocidad de evaporación del agua desde el suelo, de modo que la tierra en un clima ecuatorial está anegada y cubierta por una selva tropical densa y de gran altura. El clima ecuatorial se encuentra en la parte norte de Sudamérica; en las costas del golfo de Guinea, en la cuenca del río Congo y en el nacimiento del río Nilo, en África; y en gran parte del archipiélago de Indonesia y en las zonas adyacentes de los océanos Índico y Pacífico, en Asia.



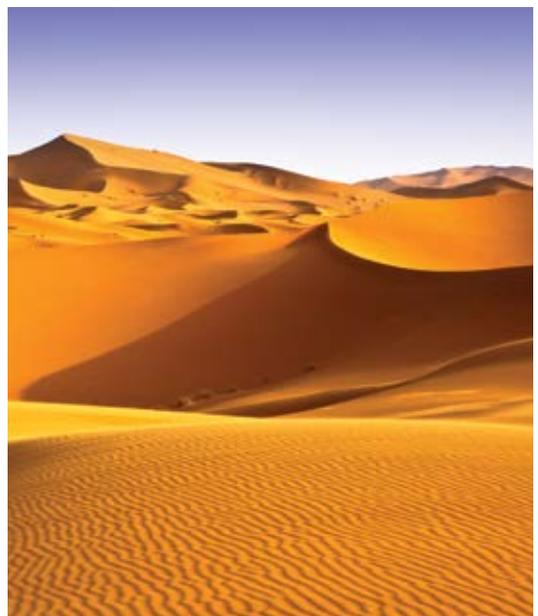
Clima subecuatorial

Un clima subecuatorial se caracteriza por veranos lluviosos seguidos por inviernos secos y frescos. Las precipitaciones son muy irregulares durante todo el año. Por ejemplo, en la ciudad de Conakry (la capital de Guinea), solo caen 15 mm de lluvia entre diciembre y marzo, pero 3.920 mm entre junio y septiembre. Este tipo de clima se encuentra en algunas partes del Océano Índico, el Océano Pacífico occidental y en Asia Meridional, y en las regiones tropicales de África y Sudamérica.



Clima tropical

Un clima tropical se caracteriza por anticiclones de alta presión, con cielos despejados todo el año. Hay dos estaciones: fría y cálida. Las temperaturas fluctúan entre +20 °C en la costa y +50 °C en el interior. Las temperaturas también pueden variar considerablemente dentro de un mismo día: en una tarde de verano, el aire se calienta hasta los +40–45 °C, pero se enfría por la noche hasta los +10–15 °C. Es común encontrar desiertos en las zonas con clima tropical, siendo el más grande de ellos el desierto de Sahara en África. Los bosques caducifolios (los que pierden sus hojas en el invierno) y las sabanas son más comunes en las regiones más húmedas. México, el norte y el sur de África, Australia central y la península arábiga tienen clima tropical.



Clima subtropical

El clima subtropical se encuentra en las regiones ubicadas entre las latitudes tropicales y templadas, desde más o menos 30° a 45° al norte y al sur de la línea del ecuador. Estas regiones se caracterizan por veranos cálidos y tropicales e inviernos relativamente frescos. La temperatura mensual promedio en el verano supera los +22 °C y en el invierno, sobre -3 °C, pero la llegada de masas de aire desde las regiones polares durante el invierno puede provocar que la temperatura caiga hasta los -10 °C y -15 °C, y ocasionalmente incluso hasta los -25 °C. Este tipo de clima es típico del Mediterráneo, Sudáfrica, Australia suroccidental y California noroccidental.



Clima templado

El clima templado se encuentra en las así llamadas latitudes templadas (entre 40 ° y 45 ° al norte y al sur de la línea ecuatorial hasta los círculos polares). En el hemisferio norte, más de la mitad de la zona templada está ocupada por tierra en lugar de mar. Por el contrario, en el hemisferio sur el 98% de la zona templada consiste en océano. Un clima templado está marcado por cambios climáticos frecuentes y severos debido a los ciclones. La principal característica de un clima templado es la división del año en cuatro estaciones, de las cuales una es fría (invierno), una es calurosa (verano) y las otras dos (primavera y otoño) son de transición. La temperatura promedio en el mes más frío normalmente baja de los 0 °C, y en el mes más cálido supera los +15 °C. El suelo queda cubierto de nieve durante el invierno. Los vientos del oeste predominantes provocan precipitaciones y nevazones todo el año, con una variación que oscila entre los 1.000 mm en las zonas costeras y los 100 mm en las zonas interiores.



Subpolar (subártico y subantártico)

El clima subártico se encuentra entre las zonas climáticas del Ártico y templadas en el hemisferio norte. Este clima se caracteriza por masas de aire con temperaturas moderadas en el verano y masas de aire frío del Ártico en el invierno. Los veranos son cortos y fríos, con temperaturas atmosféricas durante julio que rara vez superan los +15 °C en el día y que caen entre 0 °C y + 3 °C durante la noche, incluso con la posibilidad de heladas nocturnas durante el verano. En el invierno, la temperatura tanto del día como de la noche llega a -35 °C — -45 °C. El paisaje del clima subártico es de tundra y bosque-tundra; el suelo está cubierto por permafrost y hay escasas plantas y animales. El norte de Rusia y Canadá, Alaska (EE.UU.), el sur de Groenlandia y el extremo norte de Europa tienen clima subártico.



El clima subantártico se encuentra en el hemisferio sur entre las zonas templadas y antárticas. La mayor parte de la zona subantártica consiste en océano. Las precipitaciones y nevazones anuales en estas regiones pueden llegar hasta los 500 mm.

Clima polar

El clima polar se encuentra al norte de los 70° de latitud en el hemisferio norte (clima ártico) y al sur de los 65° de latitud en el hemisferio sur (clima antártico). Las masas de aire polar predominan durante todo el año. El sol no aparece por sobre el horizonte durante varios meses (período que se denomina 'noche polar') y durante otra cantidad de meses tampoco se pone bajo la línea del horizonte ('sol de medianoche' o 'día polar'). La nieve y el hielo reflejan más calor del que absorben, de modo que el aire es muy frío y la nieve nunca se derrite. La presión atmosférica es alta todo el año (anticiclón), de modo que los vientos son débiles y casi no hay nubes. Cae muy poca nieve, el aire está plagado de pequeños cristales de hielo y una niebla húmeda es frecuente durante el verano. La temperatura promedio en el verano es inferior a los 0 °C, mientras que en el invierno es entre -20 °C y -40 °C.



¿Dónde están los lugares más fríos y cálidos de la Tierra?

El lugar más frío de la Tierra se encuentra en las planicies orientales de la Antártica. En agosto de 2010, el satélite Aqua de la NASA de Estados Unidos registró ahí un nuevo récord de baja temperatura, de $-93,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figs. 1.2.4 y 1.2.5). Sin embargo, es poco probable que este récord sea reconocido oficialmente porque, según los actuales estándares científicos, para que una medición se considere válida, la temperatura atmosférica debe medirse en la superficie de la Tierra y no desde el espacio exterior. De modo que el récord de baja temperatura reconocido a nivel internacional sigue siendo $-89,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, nivel registrado en la estación de investigación soviética (hoy rusa) Vostok en la Antártica el 21 de julio de 1983 (Fig.1.2.2).

El lugar más cálido de nuestro planeta es el Valle de la Muerte en Estados Unidos, donde se registró un récord absoluto de temperatura del aire a la sombra de $+56,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ el 13 de julio de 1913 (Fig.1.2.3).

Fig. 1.2.2. Estación de investigación rusa Vostok en la Antártica.



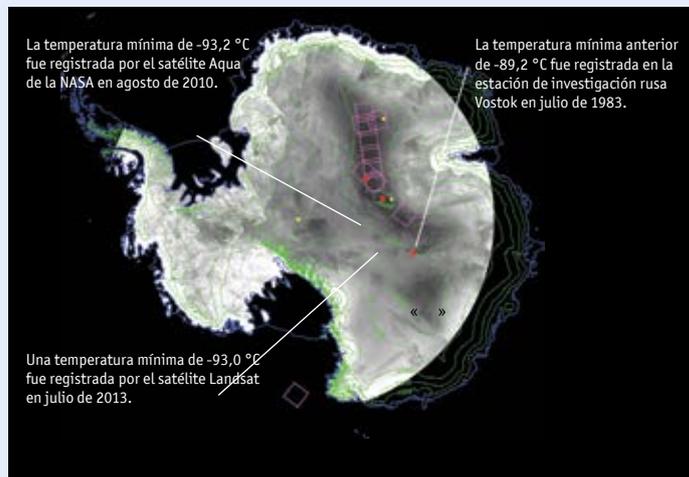
Fig. 1.2.3. Valle de la Muerte, EE.UU.



Fig. 1.2.4. El satélite norteamericano de la NASA, Aqua, fue lanzado en 2002 para estudiar procesos físicos de la Tierra.



Fig. 1.2.5. Datos sobre temperatura del aire de la superficie de la Antártica obtenidos del satélite norteamericano de la NASA, Aqua, en 2003–2013 y Landsat 8 en 2013.



Preguntas

1. Cuándo en el hemisferio sur es verano, ¿qué época del año es en el hemisferio norte?
2. ¿Qué es el viento? ¿Qué tipos de vientos conoces? ¿Cuál es la diferencia entre ellos? ¿En qué climas predominan y por qué?
3. ¿En cuál zona climática vives? ¿Qué sabes sobre el tiempo atmosférico en las distintas épocas del año en tu zona climática?
4. ¿En cuál de las zonas climáticas les es más difícil sobrevivir a plantas y animales?
5. ¿Dónde hace más frío, en el Polo Norte o en el Polo Sur?



Actividades

Actividad 1. Juego

Materiales: Tarjetas que muestran distintas características de tipos de climas diferentes: ecuatorial, tropical, templado, polar.

En este juego pueden participar entre 12 y 24 personas. Cada jugador recibe una tarjeta con una característica climática.

El desafío es hablar con los demás jugadores y juntar todas las características del mismo clima para armar un equipo que lo represente. Cada equipo luego usa mímica para mostrar a los demás grupos el tipo de clima que representa.

Actividad 2. El famoso escritor norteamericano Mark Twain bromeó una vez: “Si no te gusta el clima de Nueva Inglaterra, espera unos pocos minutos”.

¿De qué aspecto del clima de Nueva Inglaterra se estaba riendo el escritor?

Encuentra Nueva Inglaterra en un mapa de Estados Unidos.
¿En cuál zona climática está?

Actividad 3. ¿Qué se entiende por condiciones climáticas “favorables” y “desfavorables”?

Divídanse en grupos y elijan un tipo de clima.

Actúen y hagan chistes sobre el tipo de clima que eligieron.

Actividad 4. Juego

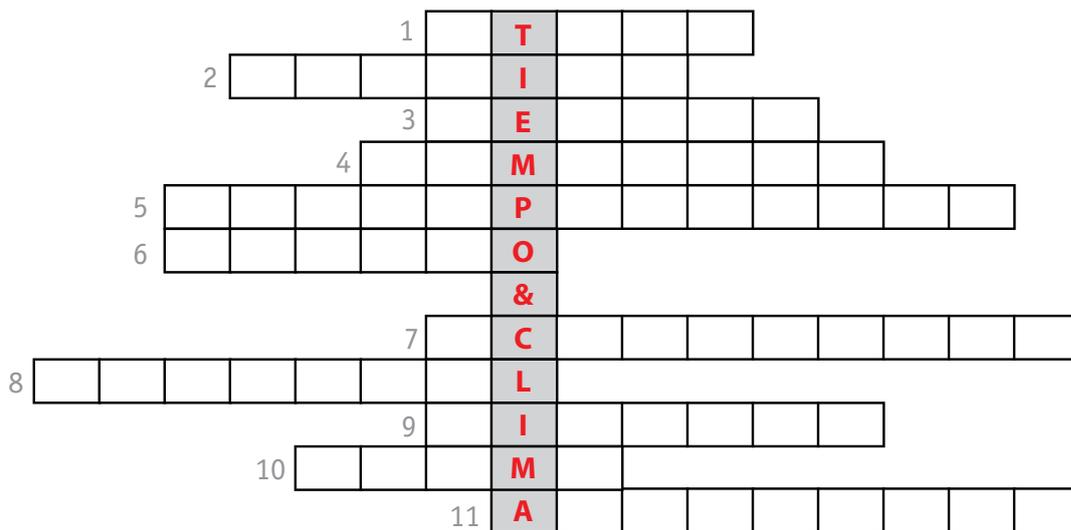
Objetivo del juego: Sentirse como si estuvieran en un clima ecuatorial y experimentar una lluvia tropical cotidiana.

Cómo jugar. Los jugadores se paran formando un círculo. El líder se para en el centro del círculo y se mueve de manera que todos lo vean, girando levemente sobre su eje. Una vez que todos los jugadores del círculo han imitado la primera secuencia de movimientos, el líder puede iniciar un nuevo movimiento. Cada jugador solo cambia su movimiento cuando el líder está frente a él o ella. Mientras tanto, los demás jugadores siguen con el movimiento anterior.

Secuencia de los movimientos. El líder con el primer jugador (luego toman su turno el segundo jugador, el tercer jugador y así sucesivamente), juntan las palmas de las manos y hacen movimientos circulares lentos con ellas. Luego chasquean los dedos, aplauden, se dan palmadas en los muslos y golpean el suelo con los pies. Cuando termina la secuencia, los movimientos se repiten en orden inverso. El efecto es imitar el sonido de un aguacero desde el inicio hasta el final.

Actividad 5. Palabras cruzadas

1. La estación del año cuando se caen las hojas de los árboles.
2. Lluvia congelada que cae en forma de pequeñas bolas de hielo.
3. La estación que más les gusta a los escolares.
4. Clima en el cual el año se divide en cuatro estaciones.
5. Sinónimo de lluvia.
6. Movimiento horizontal del aire por diferencias en la presión atmosférica.
7. Zona climática que cubre la franja del ecuador.
8. Un hombre viejo cuya llegada a fin de año es esperada por todos los niños.
9. Famoso compositor italiano que escribió una obra llamada Las cuatro estaciones.
10. Conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región durante un período largo.
11. El continente más frío.



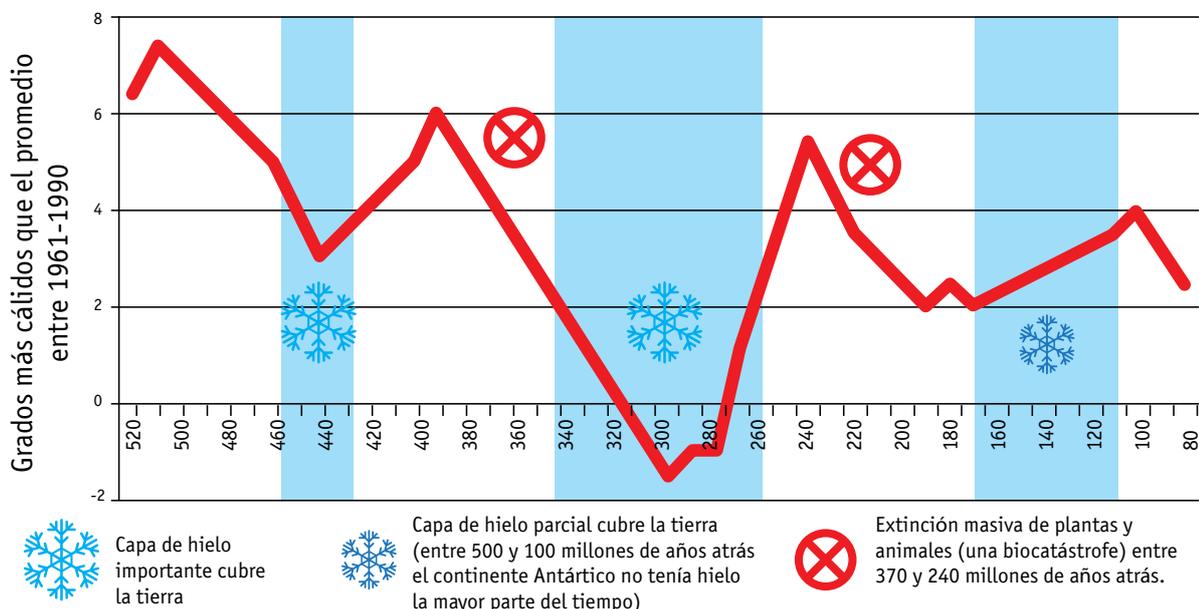
1.3. | ¿Cómo cambió el clima en el pasado y por qué?

No es difícil demostrar que el clima de la Tierra siempre ha estado cambiando. Pese a que es cierto que los héroes de las películas y de los juegos de computación sobre dinosaurios y la edad del hielo son un invento, los dinosaurios sí existieron y lo sabemos por los restos de huesos y huevos que se han encontrado. Cuando estos animales estaban vivos, el clima de nuestro planeta era mucho más cálido de lo que es hoy. Pero también hubo períodos mucho más fríos que en la actualidad, cuando los glaciares del Polo Norte llegaban hasta Berlín o Chicago y ¡eran tan altos como un edificio de varios pisos!



Durante los cientos de millones de años de la historia de la Tierra, esta ha variado su temperatura considerablemente, en alrededor de 10 °C (Fig. 1.3.1). ¡Eso es mucho! Si las temperaturas actuales fueran 10 °C más altas, el clima de Estocolmo sería muy diferente: la temperatura promedio durante el año en la capital sueca sería como aquella de la costa mediterránea en la actualidad, por ejemplo, en Barcelona o Marsella. ¿Eso te parece agradable? Pero entonces el sur de Europa sería tan cálido como Dubái. ¡Y probablemente nadie podría vivir en la península árabe debido al exceso de calor!

Fig. 1.3.1. La temperatura de la Tierra durante los últimos 500 millones de años.



¿Cómo saben los científicos cómo era el clima en el pasado?

Los científicos estiman las temperaturas de la Tierra en el pasado estudiando rocas y sedimentos en el fondo de lagos, mares y océanos. El hielo deja huellas en las rocas, mientras que los sedimentos de los que solían ser mares antiguos contienen vestigios de plantas que solo podían sobrevivir bajo ciertas temperaturas.

Los científicos cuentan con una fuente de información aún mejor para estimar las temperaturas en los últimos millones de años: usan el hielo de la Antártica. Este hielo contiene burbujas de aire que aportan pruebas de la composición de gases de la atmósfera y la temperatura de la Tierra en el pasado (Fig. 1.3.2). Las series de datos más prolongadas (alrededor de 800.000 años) se han obtenido en Vostok, la estación rusa en la Antártica.

Los anillos de los árboles son una buena fuente de información sobre el cambio climático en los últimos siglos. Los anillos de los años más cálidos son más amplios, mientras que aquellos de los años fríos son más angostos. Otro buen indicador del clima en el pasado son las conchas de moluscos marinos y de agua dulce.

La ciencia que aborda el estudio del clima en el pasado se llama paleo-climatología.

Fig. 1.3.2. Científicos extraen una columna de hielo antártico para determinar la temperatura del aire y el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera durante cientos de miles de años.



1.3.1. | Causas del cambio climático: millones de años

Para tratar de explicar los principales cambios en el clima de la Tierra que se han producido en los últimos 500 millones de años, los científicos han analizado diversos factores geológicos, astronómicos, biológicos, geomagnéticos y cósmicos. Incluso consideraron la posibilidad de que visitantes de otros planetas hubieran usado algún tipo de arma climática. Sin embargo, no encontraron rastro alguno de actividad alienígena. Lo que sí descubrieron es que la temperatura de nuestro planeta en los últimos cientos de millones de años estuvo determinada ;por la ubicación de los continentes en el globo terráqueo!

Continentes en movimiento

La corteza de la Tierra solo es una delgada capa superior de nuestro planeta (Fig. 1.3.3). Por debajo está el manto, que constituye la parte principal del planeta y que a mayor profundidad se transforma en un líquido muy caliente y viscoso. La corteza y las capas superiores del manto constan de placas relativamente duras (litosféricas) que pueden agrietarse, separarse o juntarse, desplazándose solo algunos centímetros cada año, ;pero cubren miles de kilómetros durante millones de años! Esto se denomina "deriva continental". El antiguo continente único llamado Pangea se fragmentó gradualmente en continentes separados que se apartaron y colisionaron entre sí (Fig. 1.3.4). Si miras la parte occidental de África y la parte oriental de Sudamérica verás que encajan como las piezas de un rompecabezas; esto se debe a que alguna vez fueron parte de un solo continente que se dividió.

Los continentes que están cerca de la línea ecuatorial no acumulan hielo, pero si se aproximan a los polos prontamente quedan cubiertos por los glaciares (masas de hielo) que hoy vemos en la Antártica y Groenlandia. La superficie blanca de hielo y nieve refleja la radiación solar hacia el espacio asegurando que se mantenga fría, mientras que las superficies oscuras de la tierra o del agua absorben casi por completo la radiación solar y por lo tanto, se calientan.

Fig. 1.3.3. ¿Qué hay en el interior de la Tierra?

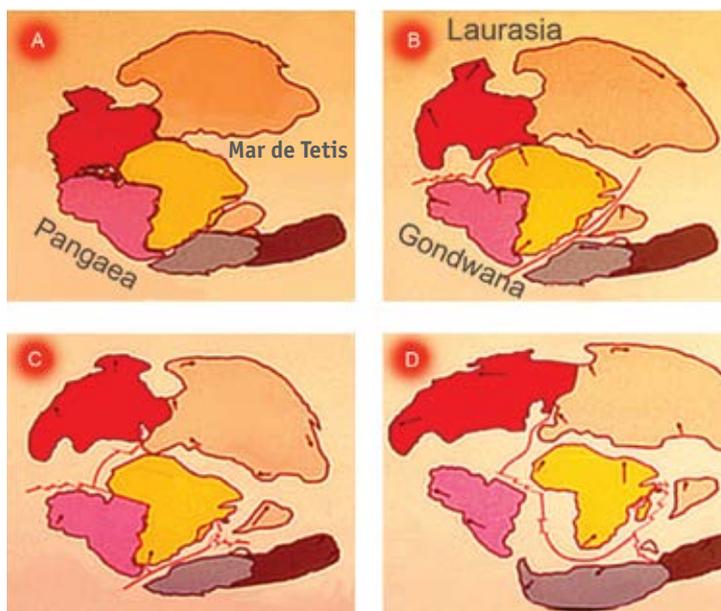
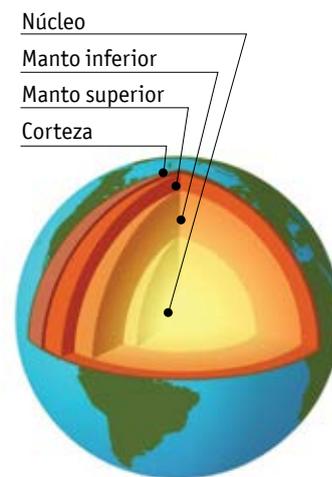


Fig. 1.3.4. Deriva continental durante los últimos 500 millones de años.

- A** - La formación de Pangea;
- B** - La división de Pangea, la formación de Laurasia y Gondwana;
- C** - La división de Gondwana, la formación de Indostán, Australia y Antártica;
- D** - La formación de Sudamérica, el inicio de la división de Laurasia.

Cuando esto se produce en una superficie extensa se transforma en el principal factor que influye sobre el clima de todo el planeta. Durante la mayor parte del tiempo en los últimos 500 mil años, la cubierta de hielo de los continentes era inferior a la que existe hoy, de modo que el clima de la Tierra era más cálido.



La superficie blanca del hielo y la nieve refleja la radiación solar hacia el espacio asegurando que estos se mantengan fríos, mientras que las superficies oscuras de la tierra o del agua absorben casi por completo la radiación solar y por lo tanto se calientan.

Cuando sucedían cambios importantes en el clima, particularmente un enfriamiento, ocurrían las llamadas “bio-catástrofes”: especies completas de organismos vivos se extinguían y solo sobrevivían aquellas que estaban mejor dotadas para enfrentar las nuevas condiciones.

Una de estas olas de frío ocurrida hace alrededor de 60 millones de años llevó a la desaparición de los últimos dinosaurios. Este debe haber sido un proceso gradual que duró más de mil años. Sin embargo, la causa exacta de la extinción de los dinosaurios se desconoce; es posible que se deba a diversos motivos y no solo a uno.

¿Por qué se extinguieron los dinosaurios?



Los dinosaurios se extinguieron totalmente de la Tierra hace alrededor de 60 millones de años. Los científicos aún no están seguros de la causa exacta de dicha extinción.

Una teoría es que estos animales no pudieron competir con organismos vivos más “sofisticados”. Por ejemplo, con mamíferos de sangre caliente de un tamaño inferior al de una ardilla, pero que podían comerse los huevos de los dinosaurios o atacarlos durante la noche, cuando estos animales de sangre fría eran incapaces de moverse.

Según otra teoría, un enorme meteorito impactó la Tierra en la zona del actual mar Caribe, provocando el esparcimiento de cantidades gigantescas de polvo a través de la atmósfera de la Tierra que ocultaron los rayos del sol durante un período considerable. Las aves, los mamíferos y muchos otros organismos se adaptaron a las nuevas temperaturas, pero los dinosaurios no.

Existe incluso otra teoría. Se sabe que en el caso de algunos reptiles (cocodrilos, tortugas), es la temperatura del suelo la que determina el sexo (macho o hembra) de las crías que nacen de los huevos depositados en las arenas del litoral o en las riberas de los ríos. Los biólogos plantean que esto también podría haberse aplicado a los dinosaurios, que eran reptiles solo que muy grandes. Si la temperatura era tal como para permitir el nacimiento solo de hembras (o machos), la especie habría desaparecido rápidamente ¡sin que fuera necesario un desastre o la caída de un meteorito!

El cambio de un clima húmedo inmutable a uno con variaciones estacionales (aunque fueran leves) daría lugar a breves períodos con noches frías, cuando los enormes cuerpos de los reptiles-dinosaurios eran incapaces de retener suficiente calor. Muchos de estos animales se debilitarían y finalmente, morirían.

Pero el fenómeno climático más importante ocurrió hace 50 millones de años, cuando los continentes se alejaron de los polos. La cubierta de nieve y hielo se contrajo y las temperaturas aumentaron aproximadamente en 12 °C por sobre su nivel actual. Luego, “repentinamente”, India, que antes era una pequeña placa litosférica separada del resto, colisionó con Eurasia. En el lugar del choque emergieron los Himalayas. Las demás placas también se desplazaron de manera tal que la Antártica quedó ubicada en el Polo Sur y cubierta por una capa de hielo (hace 30–40 millones de años). La temperatura de la Tierra se redujo de manera abrupta a medida que el blanco hielo de la Antártica comenzó a reflejar la radiación solar hacia el espacio.

Hace más o menos 10 millones de años, Groenlandia alcanzó su ubicación actual y se cubrió de una capa de hielo que redujo todavía más la temperatura, hasta llegar a los niveles cercanos a los que tenemos hoy.

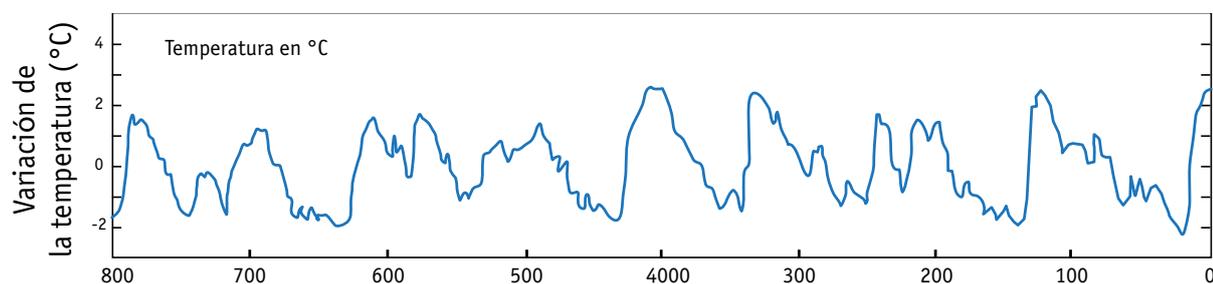


Hace 100 millones de años, la Tierra era mucho más cálida de lo que es hoy. Unos 30–40 millones de años atrás, la Antártica se cubrió de hielo y lo mismo le sucedió a Groenlandia hace 10 millones de años, provocando el descenso de las temperaturas hasta su nivel actual.

1.3.2. | Causas del cambio climático: decenas y cientos de miles de años

Sabemos que la temperatura de la Tierra varía dentro de cada período de un millón de años. Se ha descubierto que, más o menos cada 100.000 años, experimentamos un período cálido relativamente breve, mientras que el resto del tiempo el clima es bastante más frío (las llamadas “períodos glaciales” o “edades del hielo”). En el presente, estamos viviendo un período cálido.

Fig. 1.3.5. Variación de la temperatura de la Tierra durante los últimos 800.000 años en relación con la temperatura promedio.

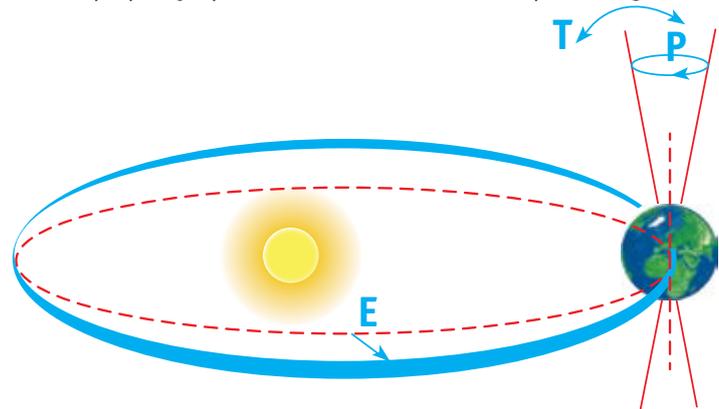


¿Por qué sucede esto? Los científicos creen que la alternancia entre las glaciaciones y períodos cálidos tiene causas astronómicas (Fig. 1.3.6).

Cada 41.000 años, la Tierra inclina su eje en un rango aproximado de entre 22 ° y 24,5 ° (actualmente está en 23,5 °). Esta variación prolonga la duración de las noches polares en las regiones polares durante ciertos períodos y las acorta en otros. Si bien esto no afecta la cantidad total de calor que llega a la Tierra desde el Sol, sí influye en la intensidad y la duración de la temporada invernal.

Fig. 1.3.6. Cambios en la órbita de la Tierra y su rotación en su propio eje que determinan el inicio de los períodos glaciales.

- T** – inclinación del eje de la Tierra;
- E** – variación de la órbita de la Tierra (desvío de la órbita respecto del círculo);
- P** – cambio en la dirección del eje de rotación de la Tierra.



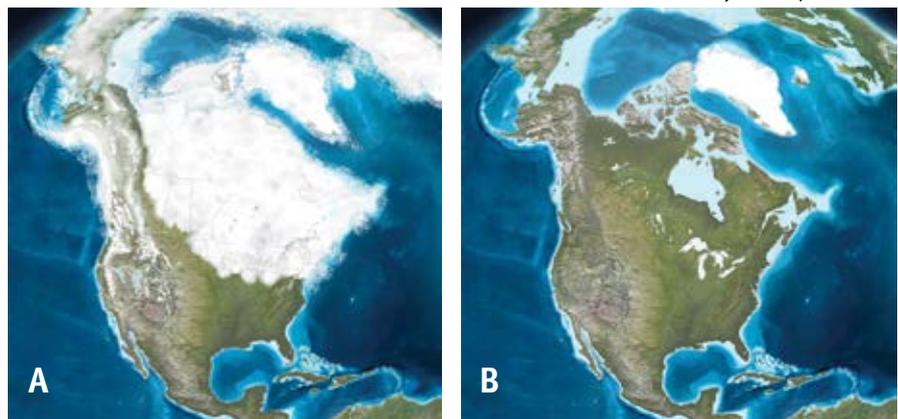
El eje de la Tierra completa un trayecto circular cada 19.000–23.000 años. Cuando haces girar un trompo, la punta está directamente hacia arriba en un primer momento, pero luego comienza a dibujar círculos hasta que el trompo deja de girar y cae. La Tierra es como un trompo que gira. Por cierto, no hay ninguna posibilidad de que deje de girar en los próximos millones de años, pero sí ha disminuido en algo su velocidad y el eje de la Tierra no se encuentra fijo en el mismo lugar en el cielo. Los círculos descritos por el eje de la rotación de la Tierra no influyen sobre la cantidad de calor que recibe del Sol (no más que la inclinación del eje como tal), pero sí afectan la intensidad y la duración de la temporada invernal en las latitudes polares.

La órbita de la Tierra alrededor del Sol cambia más o menos cada 400.000 y 100.000 años. Cuando la órbita de la Tierra es más circular, los cambios estacionales en el flujo de calor desde el Sol son menos que cuando la órbita tiene una forma elíptica.

Cuando los inviernos en las regiones polares son más prolongados e intensos, y cae más nieve, se derrite menos nieve durante el verano y dicha acumulación forma glaciares. Estos glaciares blancos, a diferencia de la oscura superficie de la tierra o del agua, reflejan casi toda la radiación solar que reciben. Como resultado, el frío se intensifica y los glaciares siguen creciendo, desplazándose desde los polos hacia latitudes más templadas. Así es como comienza un período de glaciación (Fig. 1.3.7).

Luego de algunas decenas de miles de años, las condiciones cambian haciendo que los inviernos en las regiones polares y templadas se vuelvan más cortos y cálidos. Los glaciares comienzan a replegarse y el clima retorna a su antiguo estado. Esto es lo que sucedió hace 13.000 años, cuando terminó el último período glacial.

Fig. 1.3.7. A) América del Norte durante el período glacial de hace 125.000 años; B) En el presente.



Hace unos 5.000–7.000 años, el clima era más cálido y húmedo en comparación con la actualidad y eso generó condiciones favorables para el desarrollo de la civilización humana; pero sería un error pensar que el aumento de un par de grados en la temperatura sería positivo para la civilización moderna. Los humanos de hoy tienen distintas necesidades y su vida se desarrolla en condiciones diferentes; para el funcionamiento adecuado de nuestras sociedades ya no basta con tener pasto abundante para los animales domésticos y caza en los bosques.

El nivel de los océanos de la Tierra ha ido cambiando junto con el ir y venir de los períodos glaciales. Durante los períodos fríos, el nivel del mar estaba entre 50 y 100 m por debajo de su nivel actual. Esa fue la época en que los pueblos antiguos se desplazaron desde Eurasia hasta América, principalmente por vía terrestre y en parte del camino a través de un angosto pasadizo cubierto de hielo. En los períodos más cálidos durante los últimos cientos de miles de años, el océano se mantuvo en el nivel actual o entre 5–10 metros más alto.

¿Cuántas decenas de miles de años faltan hasta el próximo período de glaciación en la Tierra? La complejidad de los períodos de cambio en la órbita y la rotación de la Tierra en torno a su eje impide que los científicos predigan si esto sucederá en 15.000, 20.000 o 30.000 años.

Sin embargo, hay dos cosas que están claras. En primer lugar, que esto sucederá. Probablemente nuestros descendientes en un lejano futuro podrán adaptarse, puesto que el clima en las latitudes centrales y tropicales no será mucho más frío de lo que es hoy. En segundo lugar, el próximo período glacial no llegará pronto y ciertamente no en el plazo de un año o incluso un siglo, sino que se tardará cientos y hasta miles de años. La perspectiva de la llegada de un período glacial no ha tenido mayor significancia para el clima en el último milenio ni la tendrá en los próximos siglos.



La historia del clima en la Tierra en el último millón de años se caracteriza por el ir y venir de períodos glaciales. En general, el clima se calienta cada 100.000 años. El período cálido dura unos 20.000–40.000 años y luego se produce otro enfriamiento. Un nuevo período glacial es inevitable, pero no sucederá dentro de los próximos 15.000 o 30.000 años. La perspectiva de una nueva “edad del hielo” no tiene mayor importancia para el cambio climático que está ocurriendo en este momento y no sucederá en los próximos siglos.

1.3.3. | Causas del cambio climático: siglos

Diferentes lugares de la Tierra han sido más cálidos o más fríos en distintos momentos durante los últimos 1.000 años. Hubo varias décadas en las que la temperatura del aire varió notablemente entre 3–4 °C. Por cierto, hace 1.000 años no había termómetros (solo se ha podido medir la temperatura en los últimos 300 años), pero los registros que sobreviven de períodos fértiles (cálidos) y menos fértiles (fríos) son la prueba de fluctuaciones considerables en el clima. Los científicos también podemos sacar conclusiones acerca de la temperatura en el pasado a partir de los sedimentos que se encuentran en el fondo de mares y ríos, y usando otras señales. El crecimiento anual de los anillos de los árboles son una fuente de información particularmente buena.

Los científicos explican las variaciones periódicas en la temperatura durante décadas a partir de los cambios en la actividad solar, las erupciones volcánicas y los procesos que se producen en los océanos del mundo.

Variaciones en la actividad solar

La intensidad de la radiación solar varía periódicamente y cumple ciclos de 11 años. Pero las observaciones que comenzaron a partir del siglo XVII también muestran ciclos de cambios en la actividad solar que duran entre 40–45, 60–70, 100 y 200 años.

Las variaciones en la radiación solar suelen ser leves, pero cuando hay varios períodos de actividad solar baja uno detrás del otro, la temperatura de la Tierra disminuye considerablemente. Esto ocurrió, por ejemplo, entre 1640 y 1715, un período que se denomina la “Pequeña Edad del Hielo”.

En esa época, la gente de los Países Bajos solía patinar sobre los canales congelados de Ámsterdam durante el invierno. Muy poco después, la ola de frío llegó a su fin y los patines se volvieron bastante más infrecuentes. (Fig. 1.3.8).

Fig. 1.3.8. Holandeses patinando en un canal congelado. Grabados de la serie “Personajes de moda” de R. de Hooghe (Países Bajos, 1645–1708).



Erupciones volcánicas

¿Qué fenómeno natural nos parece más asombroso por su poder y energía? Sin lugar a dudas, la respuesta es una erupción volcánica. ¿Crees que los volcanes calientan o enfrían la atmósfera de la Tierra? A primera vista, parece que la deben calentar. Es cierto que la lava caliente y los gases ardientes elevan la temperatura del aire, pero solo en las cercanías del volcán. Lo que tiene mayor impacto sobre el clima no es la lava ni el gas, sino la ceniza volcánica. La erupción lanza la ceniza hacia la estratósfera, hasta alturas de 10–15 km, donde se queda durante mucho tiempo. La ceniza tapa parte de los rayos del sol provocando el enfriamiento del planeta en su totalidad.



Toda erupción volcánica poderosa en la cual una columna de ceniza llega a la estratósfera provoca un breve enfriamiento un año después. Por ejemplo, después de las Guerras Napoleónicas en Europa, la gente se preguntaba por qué el clima se había enfriado durante algunos años. El motivo era la erupción del volcán Tambora en lo que hoy es Indonesia. Lo mismo sucedió en 1983 después de la erupción de El Chichón en México, y en 1992, con el Monte Pinatubo en Filipinas.

Después de unos dos a tres años, las cenizas decantan y los volcanes dejan de tener un impacto sobre el clima de la Tierra hasta que la siguiente gran erupción vuelve a lanzar ceniza a la estratósfera.

Las erupciones de esa envergadura no son comunes y la mayor parte de las que salen en las noticias no afectan el clima de la Tierra. Por ejemplo, la erupción en 2010 del volcán cuyo nombre es tan difícil de pronunciar, el Eyyafyad-layëkyudl de Islandia, lanzó muchísima ceniza, pero solo hacia la atmósfera inferior. Si bien se suspendieron los vuelos en toda Europa, la ceniza decantó rápidamente y no se dispersó a través del globo.

Corrientes oceánicas

Se ha demostrado que el descubrimiento hace mil años de Groenlandia por parte de los vikingos noruegos coincidió con un período cálido. Eso explica el nombre dado por los descubridores (“gron-land” significa “tierra verde” en danés). Por cierto, incluso entonces Groenlandia no era completamente verde. Los glaciares cubrían gran parte de la isla, tal como ahora, pero el extremo sur no tenía hielo y era relativamente cálido. Esto se explica por los cambios en las corrientes oceánicas: mientras más intensas, el clima local se torna un poco más templado, mientras que cuando se debilitan, la temperatura se enfría. Esta influencia de las corrientes oceánicas ha sido suficiente para provocar períodos más cálidos y fríos en distintas partes del mundo.

El clima de la Tierra ha cambiado muchas veces en el pasado. Pero nunca antes la temperatura promedio del planeta había variado tan rápido como lo está haciendo ahora: casi 1 °C en 100 años. Esta velocidad sin precedentes no es usual en los procesos naturales. Las variaciones naturales más rápidas siempre se han tardado entre cientos o miles de años, un ritmo de cambio muy lento en relación con la vida humana. Las catástrofes que cambian el clima drásticamente en el transcurso de uno o dos años pueden ser parte de la trama de una película sobre desastres, pero están muy lejos de la realidad y de lo que cualquier científico podría pronosticar.

Fig. 1.3.9. Volcán Tambora en la isla de Sumbawa, Indonesia. La enorme erupción de 1815 provocó el colapso de la parte superior del volcán, formando un cráter de 6 km de ancho y 1 km de profundidad.



Preguntas

1. ¿Cuál ha sido el principal factor del cambio climático en el transcurso de miles de millones de años?
2. ¿Cuál sabor de helado se derrite más lento al sol: vainilla o chocolate negro? ¿Por qué? ¿De qué manera ilustra esto los procesos que ocurren en la Tierra?
3. ¿Cuál gran desplazamiento de placas litosféricas ocurrió hace 50 millones de años? ¿Qué impacto tuvo en la Tierra así como la conocemos?
4. ¿Qué usan los científicos para descubrir la temperatura y la composición química de la atmósfera durante los últimos 800.000 años?
5. ¿Por qué se producen los períodos glaciales?
6. ¿Cuándo terminó el último período de glaciación? ¿Habrá otro? ¿Podría suceder el próximo año?
7. ¿Cómo lograron cruzar los pueblos antiguos desde Eurasia a América? No tenían embarcaciones y el ancho actual del estrecho de Bering es de 86 kilómetros (no se puede ver de un lado al otro).
8. ¿Los volcanes calientan o enfrían la atmósfera de la Tierra?



Actividades

Actividad 1. Ubica una hoja de papel de calcar sobre un mapa del mundo, traza el contorno de África y Sudamérica y córtalos. Junta los continentes cortados.

¿Da la impresión de que alguna vez fueron un trozo de tierra único? ¿Cómo se llamaba ese territorio? ¿Qué sucedió con él?

¿De qué manera afectó el clima de la Tierra? ¿Por qué?

Actividad 2. Experimento

Materiales: Dos hojas pequeñas de papel (blanco y negro); dos trozos de plastilina de 4 cm de largo y 0,5 cm de ancho.

Procedimiento. Une ambas hojas de papel de manera que la mitad izquierda sea blanca y la mitad derecha sea negra. Pega los trozos de plastilina de forma perpendicular a la hoja por su parte posterior, un trozo en la parte blanca y el otro en la parte negra. Ubica la hoja en su borde y acércala a una lámpara (preferiblemente de luz intensa). La lámpara iluminará el papel.

¿Cuál trozo de plastilina se cae primero a medida que la lámpara calienta la hoja de papel? ¿Por qué?

Da un ejemplo de un proceso similar que ocurre en la Tierra.

Actividad 3. Ya sabes que el clima de la Tierra en la época de los dinosaurios era más cálido de lo que es hoy. Para que el mundo vuelva a ser tan cálido como lo era en ese entonces, la Antártica tendría que alejarse lo suficiente del Polo Sur como para que todo su hielo se derritiera.

Observa un mapa físico del mundo y, basándote en su escala, calcula cuán lejos en kilómetros tendría que moverse la Antártica para que su centro quedara a una latitud sur de 40°.

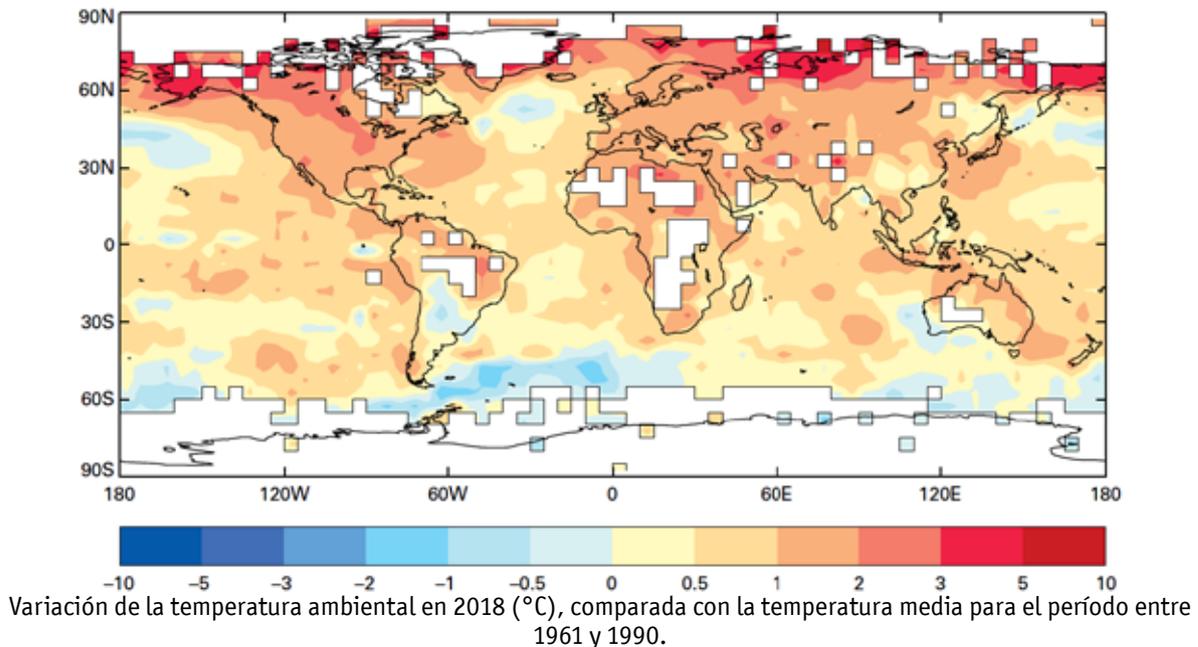
Supón que la Antártica se mueve a una velocidad de 2 cm por año. ¿Cuántos años tardaría la Tierra en calentarse lo suficiente –solo producto del movimiento de la Antártica– como para que los dinosaurios volvieran a vivir aquí?



1.4. | El cambio climático en la actualidad

Durante el último siglo, la temperatura de la Tierra comenzó a elevarse de una manera extraña. En 100 años, el planeta llegó a estar ¡casi un grado más caliente! El período comprendido entre 1983 y 2018 ha sido el más caluroso en el hemisferio norte en los últimos 1.400 años (Fig.1.4.1).

Fig. 1.4.1. Variación de la temperatura en °C en las distintas regiones del mundo en el año 2018, en comparación con su valor promedio del período 1961-1990.



Los científicos explican que el calentamiento actual del planeta se debe a un aumento de lo que se denomina el “efecto invernadero”.

Fig. 1.4.2. El balance de la energía de la Tierra y el efecto invernadero.



El efecto invernadero

El efecto invernadero es el proceso mediante el cual los gases, el polvo y el vapor de agua en la atmósfera absorben el calor de la Tierra e impiden que este se refleje de su superficie. Cuando los científicos, hace ya casi 200 años, describieron por primera vez este efecto, se dieron cuenta de que la atmósfera de la Tierra funcionaba como un invernadero para cultivar verduras. Entonces, a los gases que absorben la radiación térmica de la Tierra los llamaron "gases de efecto invernadero". Los gases de efecto invernadero en la atmósfera son el dióxido de carbono, el metano, (para facilitar la lectura, los vamos a llamar por sus fórmulas químicas, CO_2 y CH_4) y otros, al igual que el vapor de agua. Estos crean una barrera para la radiación infrarroja de la superficie de la Tierra. Como resultado, la parte inferior de la atmósfera se calienta. Sin el efecto invernadero, la temperatura ambiental promedio en la superficie de la Tierra no sería de $+14\text{ }^\circ\text{C}$, como lo es ahora, sino de $-19\text{ }^\circ\text{C}$. El calor de la Tierra se dispersaría hacia el espacio sin calentar la atmósfera. Esto haría muy difícil la existencia de vida en nuestro planeta.

Los científicos han predicho, desde hace ya mucho tiempo, que con la producción y quema de carbón, petróleo y gas natural, los seres humanos emitirían grandes cantidades de CO_2 y CH_4 , aumentando así el efecto invernadero. A mediados del siglo XX, se confirmó esta predicción: la concentración de dichos gases comenzó a aumentar rápidamente en todo el mundo (Fig. 1.4.3).

Fig. 1.4.3. Concentración de dióxido de carbono en la atmósfera durante los últimos 400.000 años.

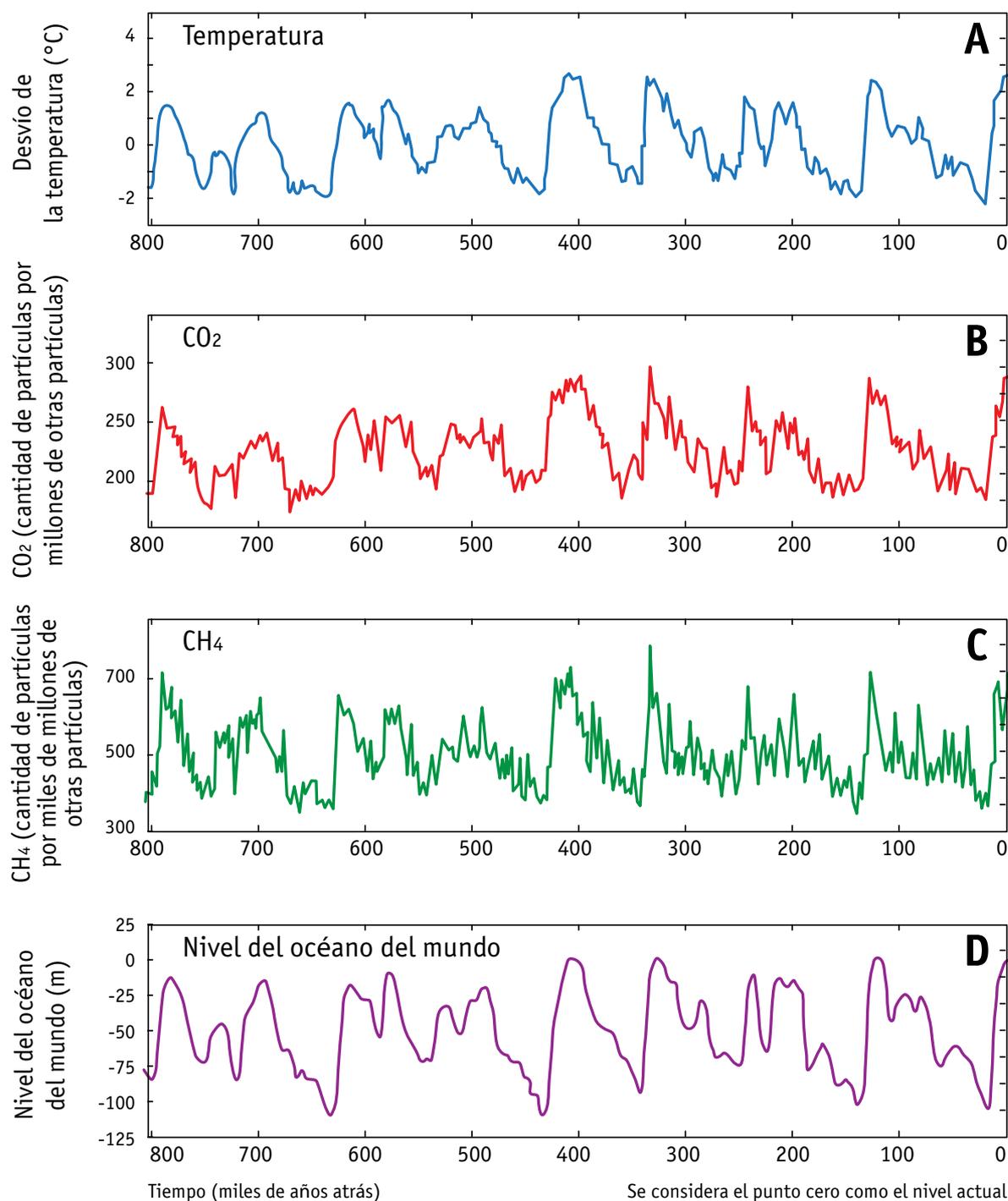


Los gases de efecto invernadero son la principal causa del cambio climático actual. Como resultado de las actividades humanas, principalmente la quema de combustibles fósiles, el desarrollo del transporte y la deforestación, las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero –como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O)– han alcanzado niveles nunca antes vistos; por lo menos los más altos de los últimos 800.000 años.

La concentración natural de dióxido de carbono en la atmósfera ha variado a lo largo de la historia entre 180 y 300 partes por millón. Actualmente, las concentraciones de CO_2 son de ¡400 partes por millón! Desde el inicio de la revolución industrial (a partir de 1750), la concentración del dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado en 40%, el metano en 120%, y el óxido nitroso en 20%. El primero en sugerir que la actividad humana llevaría a aumentar el efecto invernadero fue el científico Suizo Svante Arrhenius, en 1896.

Fig. 1.4.4. Cambio en los últimos 800.000 años en comparación con el promedio:
 A, temperatura ambiental;
 B, concentraciones de dióxido de carbono (CO₂);
 C, concentraciones de metano (CH₄);
 D, nivel del océano.

Calculado según el contenido de isótopos de oxígeno en los hielos de la Antártica.



La parte inferior del gráfico muestra que el nivel de los océanos ha cambiado junto con la temperatura y la concentración de los gases de efecto invernadero. Durante los períodos fríos, el nivel del mar fue de 50–100 metros más alto respecto de su nivel actual. En cambio, durante los últimos 100.000 años, en los períodos más calientes, llegó a estar 5–10 metros más alto.

¿El aumento en las concentraciones de CO₂ es solo por causa de la actividad humana o se debe a un proceso natural?

Cada año, la fotosíntesis y la respiración propia de los seres vivos produce cantidades de dióxido de carbono bastante superiores a las emisiones generadas por la actividad humana (Fig. 1.4.5). También desempeñan un papel las erupciones volcánicas y la “respiración” de los océanos. Sin embargo, usando análisis con isótopos se ha demostrado que la principal causa del efecto invernadero es la actividad humana. Esto se puede establecer porque las moléculas de dióxido de carbono que se forman producto de la combustión del carbón, el petróleo y el gas natural son diferentes a las moléculas de dióxido de carbono que emiten los seres vivos durante la respiración.



Análisis de isótopos. Átomos del mismo elemento pueden contener distintas cantidades de ciertas partículas subatómicas llamadas neutrones. La cantidad de neutrones en un átomo indica si el dióxido de carbono proviene de la respiración de los seres vivos o de la combustión del carbón, el petróleo o el gas natural.

Fig. 1.4.5. El ciclo del CO₂ en la naturaleza.

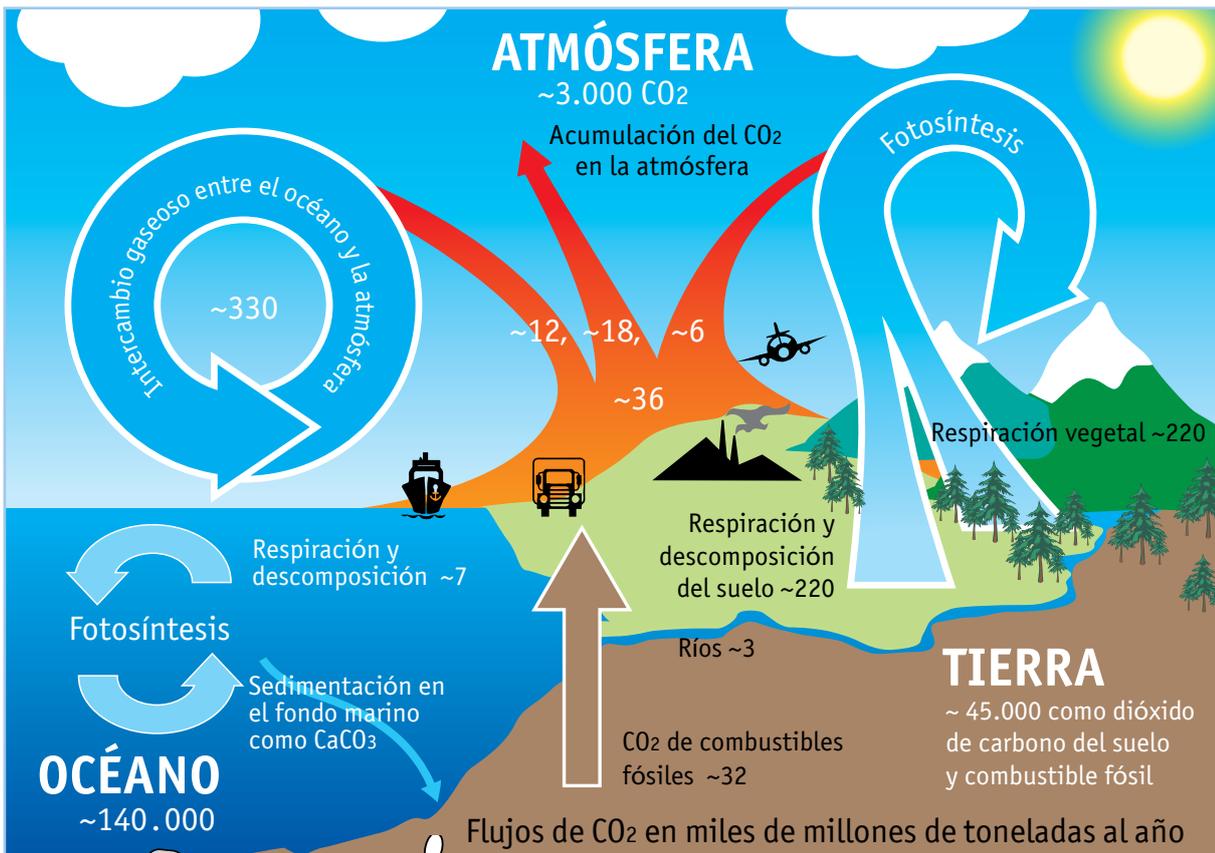
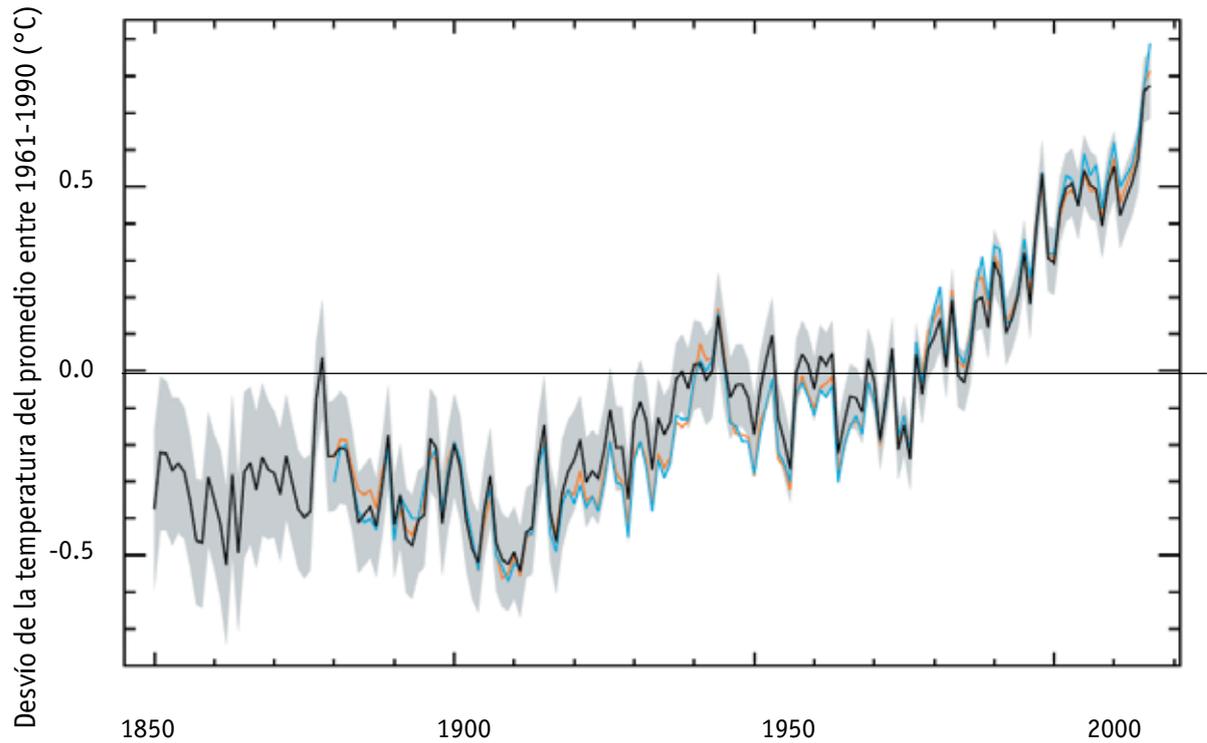


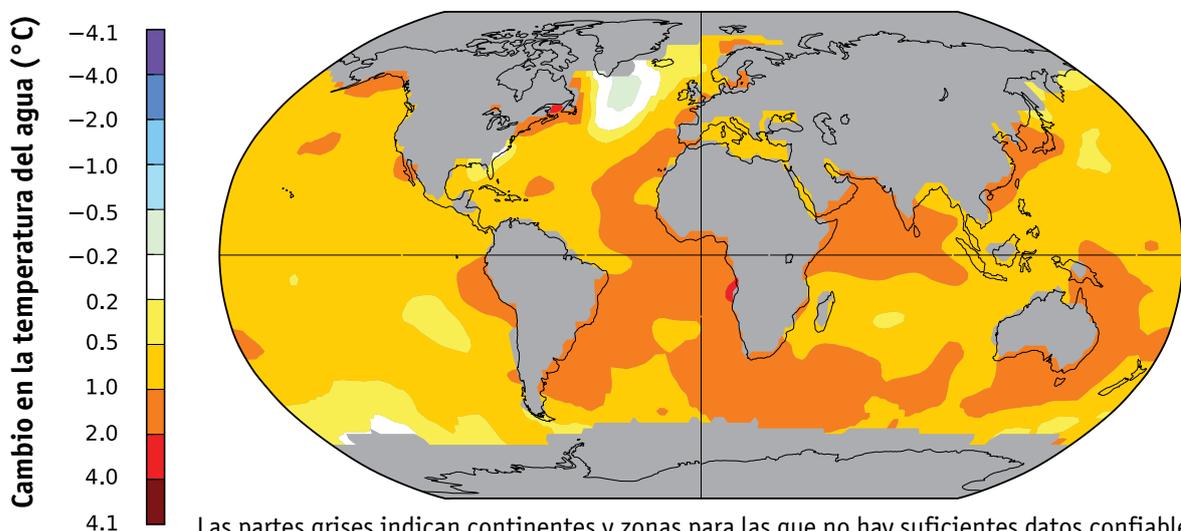
Fig. 1.4.6. Aumento en la temperatura promedio de la Tierra entre 1850 y 2016.



Las líneas azules, negras y rojas corresponden a datos provenientes de centros meteorológicos de Estados Unidos y el Reino Unido. La banda gris representa el rango de posible error estimado por los científicos británicos.

El océano, los bosques y los suelos de nuestro planeta “ayudan” a los seres humanos absorbiendo la mitad de todo el CO₂ que estos producen, pero la otra mitad se acumula en la atmósfera (Fig. 1.4.5) y aumenta el efecto invernadero. El resultado es que tanto la atmósfera como los océanos se calientan (Fig. 1.4.7). Otro punto importante para recordar es que las personas han talado grandes proporciones de bosques del mundo, de manera tal que su actual capacidad de absorber el CO₂ de la atmósfera es menor ahora de lo que era antes.

Fig. 1.4.7. Cambios en la temperatura del agua de los océanos del mundo entre los años 1901 y 2018.



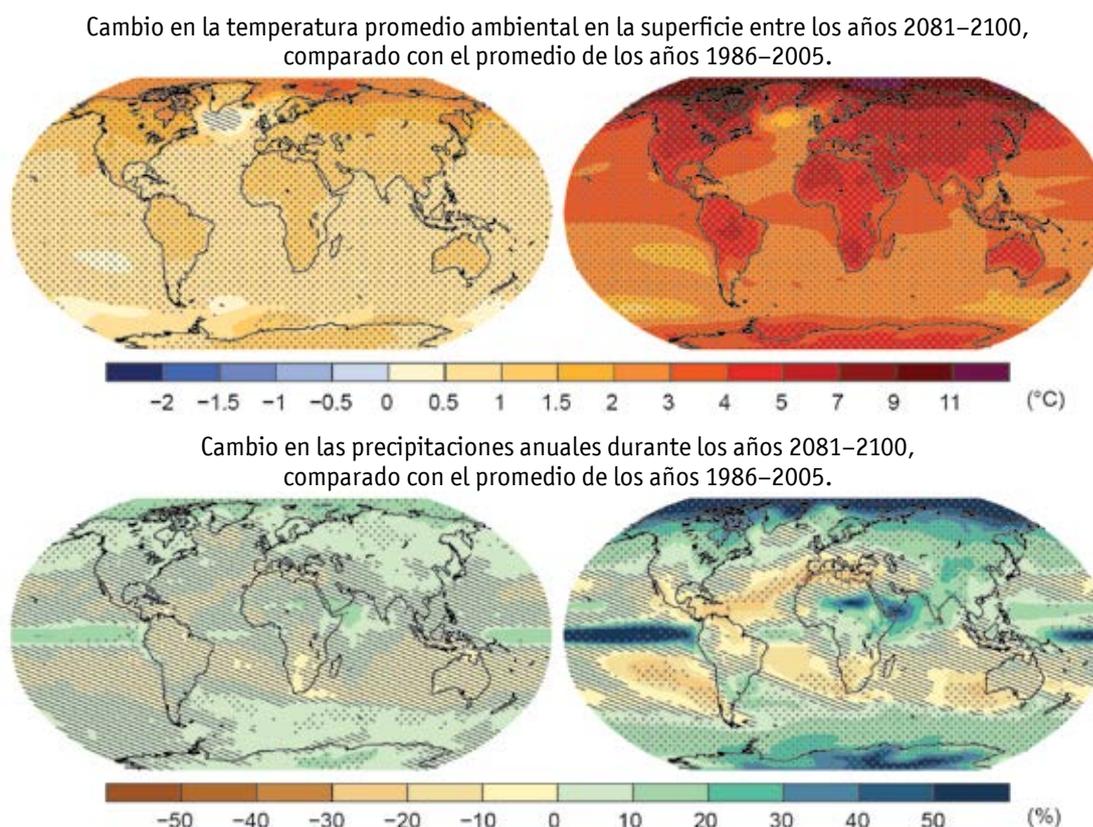
Las partes grises indican continentes y zonas para las que no hay suficientes datos confiables.

El océano desempeña el papel más importante en cuanto a dar forma al clima de la Tierra ya que contiene más del 90% de la energía del sistema climático del planeta. Si la temperatura de la atmósfera estuviera aumentando, pero no la del océano, habría mucho menos razón para preocuparse. Esto implicaría que la principal conexión en el sistema climático no sería afectada. Desafortunadamente, la temperatura de los océanos mundiales también está subiendo año tras año. Por lo tanto, los climatólogos creen que los inviernos fríos o incluso un enfriamiento del aire de todo el planeta no constituyen una señal de que el calentamiento global se esté deteniendo, puesto que la cantidad de calor del sistema climático de la Tierra en su conjunto continúa aumentando año tras año, y el principal aumento tiene lugar en los océanos (Fig. 1.4.7).

Además de cambiar la composición de los gases de la atmósfera, las personas contaminan el aire con aerosoles, los que contienen partículas muy pequeñas. La contaminación de la atmósfera también es provocada por distintas sustancias producidas por las emisiones provenientes de centrales eléctricas, automóviles y aviones, incendios forestales y quema de pastos. Las partículas en el aire obstruyen el paso de la luz del sol, aumentando la temperatura ambiental cerca de la superficie de la Tierra. Cuando las partículas de aerosoles (particularmente las que vienen del hollín) se depositan en la nieve o en el hielo, disminuyen la capacidad de la superficie de absorber los rayos del sol, fenómeno que se suma al efecto de calentamiento. Así vemos que la acción de los seres humanos calienta y enfría el planeta, pero el impacto de sus acciones que impulsan el calentamiento global (al reforzar el efecto invernadero) es cerca de tres veces mayor que el efecto de enfriamiento de sus actividades. Por lo tanto, hay razones fundadas para hablar del "calentamiento global" provocado por los seres humanos.

Desde los años 70, el climatólogo Mikhail Budyko llevó a cabo pronósticos precisos sobre el cambio climático y predijo que los seres humanos enfrentarían problemas alrededor del año 2000, en la forma de cambios climáticos nuevos y "extraños". Estaba en lo correcto.

Fig. 1.4.8. Cambios pronosticados de temperaturas y precipitaciones hacia fines del siglo XXI, según dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel global: el escenario más favorable (izquierda) y el escenario menos favorable (derecha).



Desde la época en que la gente comenzó a quemar carbón, la temperatura ambiental en la superficie de la Tierra aumentó entre 1 °C; 0,75 °C de ese aumento tuvo lugar en los últimos 50 años (Fig. 1.4.6). A primera vista, el cambio parece leve y no se vislumbra como una amenaza. Pero tenemos que recordar que se trata del cambio promedio en todo el planeta y en todas las estaciones del año. El cambio en algunos lugares ha sido mucho mayor. Las temperaturas ambientales en Rusia se han elevado en 1,5 °C, Celsius, mientras que en el extremo norte de Europa y en el Ártico, se han empinado hasta 2-3 °C (Fig. 1.4.1).

En algunas partes de Rusia, los inviernos se han vuelto más fríos, no más cálidos. Al analizar las temperaturas durante semanas y meses, nos damos cuenta que podrían aumentar hasta en 10 °C durante dos a tres semanas, y luego enfriarse en 9 °C respecto del promedio para esa época del año en esa región, en la segunda mitad del siglo XX, con un calentamiento general de entre 1° C y 2 °C. Lo más impresionante no es el cambio general, sino el hecho de que el tiempo atmosférico se está volviendo cada vez más variable, con tormentas de viento, lluvias torrenciales y nevazones intensas.

¿Acaso el tiempo atmosférico no se comportaba de manera extraña también en el pasado? Claro que sí. Alexander Pushkin, el famoso poeta ruso, escribió en una de sus obras maestras, Eugene Onegin:

“Ese año, el otoño se quedó
en los patios y en los campos, reacio a irse.
La naturaleza esperó, con los dedos helados.
El invierno detuvo la nieve,
hasta el 3 de enero por la noche...”

Pushkin usa el antiguo calendario juliano de Rusia, por lo tanto, ese 3 de enero es nuestro 20 de diciembre. Pero, incluso así, es muy tarde para la primera nevazón en la parte central de la Rusia europea, donde generalmente comienza a nevar a finales de octubre.

Fig. 1.4.9. “Tatiana sentada en la cama. Invierno”.
Ilustración de “Eugene Onegin” de D. Belyukin (Rusia, 1999).



Durante el siglo XIX, también hubo días cálidos en el invierno y oleadas de frío en el verano, tormentas e inundaciones, fuertes nevazones y sequías, incluso aguanieve, la que cubre todo con una costra gruesa de hielo.

El punto clave es que, ahora, dichos fenómenos naturales tan peligrosos están ocurriendo con mayor insistencia y serán cada vez más frecuentes en el futuro. Continuaremos experimentando períodos muy fríos, pero a largo plazo, es probable que sean menos comunes. Si bien el calentamiento global traerá algunos efectos positivos, en este momento vemos más consecuencias perjudiciales.

Usando modelos computacionales que consideran todos los efectos (tanto naturales como provocados por el ser humano), los climatólogos son capaces no solo de explicar lo que está sucediendo en este momento, sino que hacer un pronóstico para todo el siglo XXI. Dependiendo del nivel de las emisiones de gases de efecto invernadero, la temperatura de la Tierra podría elevarse dramáticamente durante este siglo. En un escenario favorable, los cambios serán más bien moderados (1,5–2,0 °C), en comparación con el comienzo del siglo XX. Pero en el peor de los casos, el clima de la Tierra podría aumentar su temperatura en 5 °C. El norte de Europa se podría calentar más rápidamente y el alza de la temperatura en el Ártico podría ser de ¡casi 10 °C! Esto tendrá un impacto importante en la cantidad de precipitaciones, el nivel del mar y la frecuencia y la gravedad de los fenómenos meteorológicos extremos. Cómo terminará el siglo XXI dependerá en gran medida de la actividad humana.

Por supuesto que la influencia del sol, los volcanes, las corrientes oceánicas y otros procesos naturales también es importante. Pero los cambios climáticos que estos provocan duran poco y el papel que juegan a largo plazo es menor.

Es así como la mayoría de los científicos está de acuerdo en que el ser humano es quien probablemente ha desempeñado el papel más importante en el cambio climático que está afectando a la Tierra en los últimos 60 años (desde la mitad del siglo XX), y que seguirá haciéndolo en el siglo que viene.

El principal impacto humano en el sistema climático proviene de las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen por la quema de combustibles fósiles: carbón, gas natural y productos del petróleo. La disminución en el consumo de combustibles fósiles por parte de las centrales eléctricas, el transporte, la industria y la vida cotidiana reducirá el impacto humano sobre el clima. Sin embargo, la quema de combustibles fósiles no es el único factor. El ser humano influye sobre el clima mediante la tala de los bosques (los que absorben el CO₂ de la atmósfera), permitiendo grandes fugas de gas metano de las tuberías y usando nuevos gases de efecto invernadero sintéticos y potentes en la actividad industrial. Por esto es que es tan difícil resolver el problema del cambio climático: lo que se requiere es una reorganización de toda la economía mundial para hacerla "ecológica", de manera tal de que pueda funcionar a beneficio tanto de las personas como del clima.



Preguntas

1. ¿Existió un efecto invernadero en el pasado? ¿Cómo se produjo?
2. ¿Por qué ha aumentado tanto la temperatura en la Tierra en los últimos 100 años?
3. ¿El aumento en las concentraciones de CO₂ en la atmósfera se debe a causas naturales o a la actividad humana? ¿Cómo se ha probado esto?
4. ¿Por qué podemos decir que el ser humano calienta y enfría el planeta? ¿Cuál de los dos efectos es mayor?
5. ¿En cuántos grados ha aumentado la temperatura en los últimos 50 años? ¿El aumento en el norte de Europa ha sido mayor o menor que en el resto del mundo?



Actividades

Encuentra un tronco grueso y bien aserrado o un tocón de un árbol grande. Observa los anillos de crecimiento anual: verás que algunos son angostos y otros más anchos.

Los anillos más antiguos son los que están en el centro del tronco o tocón, mientras que los más nuevos están en el borde.

Los anillos anchos muestran años calurosos mientras que los anillos angostos indican los años fríos. Cuenta cuántos años fueron calurosos y cuántos fueron fríos en los últimos 20 años.



Cómo afecta el cambio climático al mundo natural y a los seres humanos

¿Podemos adaptarnos a las inevitables
consecuencias de este fenómeno?



parte



2. Cómo afecta el cambio climático al mundo natural y a los seres humanos. ¿Podemos adaptarnos a las inevitables consecuencias de este fenómeno?

47

- | | |
|--|-----|
| 2.1. ¿Cómo afecta el cambio climático ... al tiempo atmosférico? | 49 |
| 2.2. ¿Cómo afecta el cambio climático ... a plantas y animales? | 58 |
| 2.3. ¿Cómo afecta el cambio climático ... a los bosques? | 76 |
| 2.4. ¿Cómo afecta el cambio climático ... a los recursos hídricos? | 94 |
| 2.5. ¿Cómo afecta el cambio climático ... a la agricultura? | 103 |
| 2.6. ¿Cómo afecta el cambio climático ... a las regiones costeras? | 109 |
| 2.7. ¿Cómo afecta el cambio climático ... a las regiones montañosas? | 119 |
| 2.8. ¿Cómo afecta el cambio climático ... a la región del Ártico? | 133 |
| 2.9. ¿Cómo afecta el cambio climático ... a las ciudades y la salud humana? | 148 |
| 2.10. ¿Cómo afecta el cambio climático ... a los problemas sociales? | 158 |

2. | Cómo afecta el cambio climático al mundo natural y a los seres humanos.

¿Podemos adaptarnos a las inevitables consecuencias de este fenómeno?

Todo el mundo natural está interconectado. Incluso un pequeño cambio en la naturaleza lleva a alteraciones en muchas otras partes. Es por esto que a medida que la temperatura aumenta, observamos gran cantidad de otros cambios relacionados. El nivel de los océanos está subiendo, los glaciares y los hielos milenarios se están derritiendo y los fenómenos climáticos extremos (olas de calor, huracanes, tormentas, inundaciones y sequías) aumentan en frecuencia e intensidad todos los años. Además, surgen plagas y enfermedades nuevas y peligrosas donde antes eran desconocidas. Estos y otros efectos del cambio climático son perjudiciales para las plantas y los animales que no se pueden adaptar de manera rápida a alteraciones tan drásticas. Aparte de provocar enormes daños económicos, constituyen una amenaza a la salud e incluso a la supervivencia humana.



Los hallazgos más recientes publicados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el grupo más reconocido de climatólogos en el mundo, muestran que los cambios que están ocurriendo con el clima en la actualidad pueden llevar a consecuencias más peligrosas para el ser humano y el mundo natural en el futuro.

Para reducir el daño causado por el cambio climático, la humanidad debe tomar, oportunamente, medidas apropiadas: las llamadas “medidas de adaptación”.



Adaptación significa alterar los sistemas naturales o hechos por el hombre para tomar en cuenta el impacto actual o esperado del cambio climático de forma que sea posible moderar el daño, o aprovechar cualquier beneficio que estas alteraciones puedan traer. Por ejemplo, las medidas de adaptación podrían incluir la construcción de edificios más resistentes a los fenómenos climáticos extremos y de embalses para combatir las inundaciones, o el desarrollo de nuevas variedades de cultivos más resistentes a las sequías, entre otras.

2.1. | ¿Cómo afecta el cambio climático...al tiempo atmosférico?

Los científicos han advertido que, durante los últimos 50 años, el clima se ha vuelto mucho más extremo en todo el mundo. Es frecuente oír en las noticias acerca de otro desastre natural: un huracán devastador en Filipinas, una sequía sin precedentes en Australia, inundaciones graves en Europa, nevazones en Egipto por primera vez en 122 años, etc. Todos los días, las temperaturas alcanzan nuevos récords. En Europa experimentan veranos excepcionalmente cálidos y luego en invierno, las temperaturas pueden caer abruptamente de valores sobre cero a menos veinte.

Esas condiciones tan extrañas son denominadas “anomalías meteorológicas” por los científicos. Por ejemplo, períodos inusualmente fríos en verano o deshielos prolongados durante el invierno son las anomalías meteorológicas más comunes en zonas con clima templado en el hemisferio norte.

Cuando las anomalías meteorológicas plantean una amenaza para la salud, la vida y la actividad económica de la gente, se trata de **fenómenos meteorológicos extremos**.



Las **anomalías meteorológicas** son cualquier desvío de las condiciones meteorológicas “normales” en una temporada, mes o día en particular. “Normal” se debe entender como el estado promedio del tiempo atmosférico en esa región durante un período específico del pasado, normalmente entre 1961 y 1990.

Los **fenómenos extremos relacionados con el tiempo atmosférico (meteorológicos)** son procesos y sucesos naturales asociados con condiciones meteorológicas que surgen en la atmósfera o en aguas interiores u oceánicas, y cuyos efectos pueden provocar la muerte de personas, animales y plantas, y perjudicar seriamente la economía.

Entre los fenómenos extremos relacionados con el tiempo atmosférico se incluyen: calor prolongado o frío extremo; vientos muy intensos; huracanes; tormentas tropicales (tifones); tormentas de arena; precipitaciones y nevazones intensas; tornados; inundaciones; sequías; avalanchas; deslizamientos de tierra y muchos más.

Nota: los terremotos, las erupciones volcánicas y los tsunamis no dependen ni del clima ni del tiempo atmosférico de manera tal que ;no son fenómenos METEOROLÓGICOS!

Fig. 2.1.1. Ya no es extraño que llueva en lugar de nevar en diciembre en Moscú.



Tormenta de arena grave en el Medio Oriente en septiembre de 2015

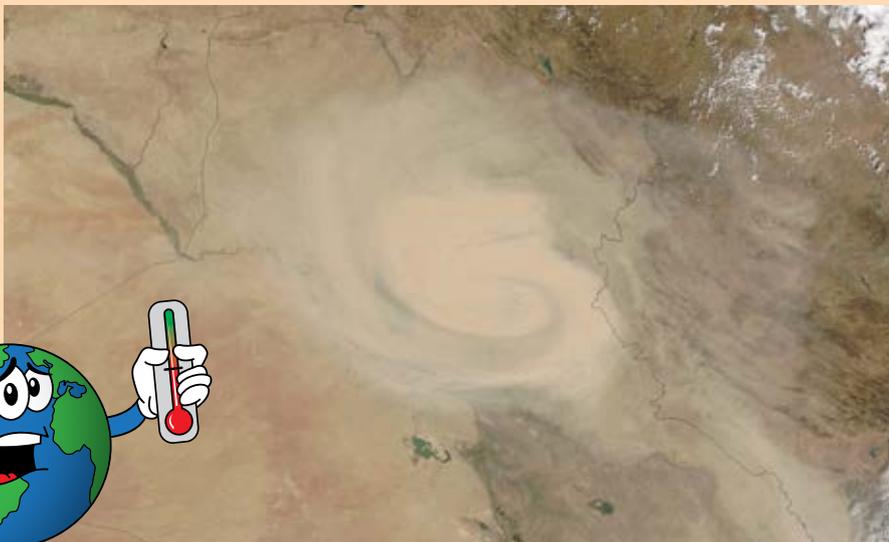
Las tormentas de polvo o arena son más frecuentes en los desiertos y en las regiones donde la tierra es seca. En el Medio Oriente y otras regiones áridas pueden tomar dos formas: los haboobs (que en árabe significa “viento violento”) surgen a partir de frentes de tormentas y a menudo aparecen como verdaderas murallas de arena y polvo que se desplazan por el paisaje. Pero al igual que las tormentas eléctricas, los haboobs no duran mucho. Luego están las tormentas de arena prolongadas y de amplio alcance que pueden durar varios días. En Irak, dichas tormentas suelen asociarse con los persistentes vientos del noroeste llamados shamal (que significa “Norte” en árabe).

A principios de septiembre de 2015, una enorme tormenta de polvo con características tanto de shamal como de haboob se desplazó por Irak, Irán y otros países del golfo pérsico y las regiones del Mediterráneo oriental. Las noticias describieron ráfagas de viento de hasta 80 kilómetros por hora durante el fenómeno. Hubo informes de caminos cerrados, vuelos cancelados y miles de personas acudieron a los hospitales por problemas respiratorios. Este tipo de tormentas puede ser particularmente peligrosa para las personas que sufren de asma, además de transportar microbios causantes de enfermedades. También provoca la pérdida de suelo, en especial de sus partículas más livianas y ricas en nutrientes, reduciendo de ese modo la productividad agrícola.

En años recientes, las tormentas se han vuelto más comunes en el Medio Oriente y en otras zonas áridas del mundo, entre ellas el Norte de África, la zona norte de China, Mongolia, Kazajstán, Australia y partes centrales de Estados Unidos. En Mauritania, donde el desierto del Sahara cubre el 90% del territorio, a principios de los años sesenta había solo dos tormentas de arena al año, pero actualmente hay alrededor de 80 cada año según los expertos de la Universidad de Oxford.

Los científicos indican que el aumento en la frecuencia de las tormentas de arena se debe tanto a prácticas agrícolas deficientes, incluido el sobrepastoreo y el desgarramiento de la capa biológica, así como al aumento de las sequías y de las temperaturas globales y locales.

Fig. 2.1.2. Imagen satelital de la tormenta de polvo que afectó a Irak en septiembre de 2015.



Tiempo atmosférico agitado

¿Entonces qué está sucediendo con el tiempo atmosférico y qué tiene que ver el cambio climático? Las observaciones sugieren que la cantidad de patrones extraños y fenómenos meteorológicos extremos están aumentando sostenidamente en todo el mundo. Los científicos creen que esto puede deberse al cambio climático global. A medida que la temperatura promedio del planeta sube, también aumenta la evaporación del agua de océanos, lagos y ríos. Esto aumenta la cantidad de humedad en la atmósfera, provocando lluvias intensas en algunas zonas. Además, la mayor temperatura de las aguas superficiales en los océanos está causando tormentas tropicales muy peligrosas (tifones) con mucha mayor frecuencia que a mediados del siglo pasado.



Tal como era de esperarse, el calentamiento global también genera olas de calor más frecuentes.



Una **“ola de calor”** es un período de por lo menos cinco días durante los cuales la temperatura diaria promedio supera en por lo menos 5 °C a la cifra normal para estos días del año.



Un estudio reciente publicado en la revista Nature indica que los calores extremos que antes ocurrían solo una vez cada 1.000 días ahora suceden cada 200–250 días. Sin embargo, los efectos del calentamiento serán distintos en diferentes partes del mundo. Según ese estudio, los fenómenos meteorológicos se harán más extremos en el Ecuador, lo cual significa que los países tropicales que ya lidian con la pobreza y una infraestructura precaria experimentarán hasta 50 veces más días de calor extremo y 2,5 veces más días lluviosos. Pero algunas zonas que ya son secas, como partes del Mediterráneo, el Norte de África, Chile, el Medio Oriente y Australia, enfrentarán mayores riesgos de sequía y escasez de agua dulce.

Sin embargo, es importante recordar que las condiciones meteorológicas inusuales no son equivalentes al cambio climático. Por ejemplo, un invierno muy frío no necesariamente significa que el clima se ha vuelto más fresco. Es necesario recopilar datos durante un período largo (alrededor de 10 años o más) antes de que podamos hablar de cambio climático.

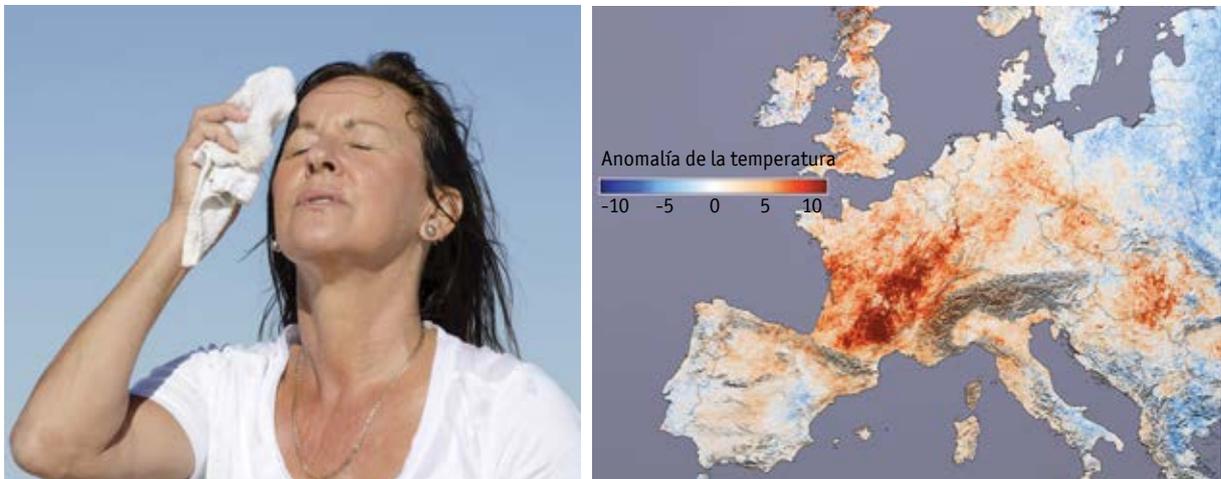
Las anomalías meteorológicas pueden provocar enormes daños a la economía mundial y la pérdida de vidas humanas.

Fenómenos meteorológicos extremos en años recientes



Ola de calor de Europa, 2003. En 2003, entre junio y mediados de agosto, Francia, Italia, Alemania, España y varios otros países de Europa sufrieron la mayor ola de calor de los últimos tiempos. En el norte de Francia, las temperaturas diurnas superaron los 40 °C durante por lo menos una semana. Los expertos del Instituto de la Tierra de la Universidad de Columbia (Estados Unidos) estimaron que el calor intenso cobró la vida de más de 50.000 personas en Europa. Según el Instituto Nacional de Investigaciones Sanitarias y Médicas de Francia, la tasa de mortalidad del país en el verano de 2003 superó en 60% a los años anteriores. Las nefastas consecuencias de la extraordinaria ola de calor de 2003 impulsaron al ministro francés de salud a implementar un plan de acción especial para evaluar y contrarrestar los principales impactos de los fenómenos meteorológicos sobre la salud humana. Planes similares fueron elaborados posteriormente en otros países de la Unión Europea.

Fig. 2.1.3. Ola de calor en Europa en 2003. El color rojo muestra las zonas donde la temperatura promedio en julio de 2003 llegó a niveles considerablemente más altos que el promedio de 2001.



Sequía en Brasil, 2005. La cuenca del Amazonas de Brasil sufrió su peor sequía en 100 años. Los ríos se secaron a tal extremo que las personas podían desplazarse a pie o en bicicleta en lugares donde antes solo se podían usar canoas y botes a motor.

Huracán Katrina en Estados Unidos, 2005. El huracán Katrina fue uno de los peores desastres naturales en la historia de Estados Unidos. Las represas cedieron, provocando una avalancha de agua que dejó a la gran urbe de Nueva Orleans en ruinas. El 90% de los residentes de la zona suroriental del estado de Luisiana tuvo que ser evacuado. En años recientes, los huracanes y los tifones han comenzado a afectar zonas donde antes no constituían una amenaza.

Inundaciones en el extremo oriente de Rusia, 2013. El final del verano y el comienzo del otoño llegaron con una cantidad inusual de precipitaciones en el extremo oriente de Rusia. La lluvia se concentró en la cuenca del río Amur y duró alrededor de dos meses, provocando un aumento considerable del caudal del río. Las precipitaciones caídas en la región de Amur hasta comienzos de agosto eran iguales o superiores a la lluvia de todo un año. En algunos lugares, el río aumentó su nivel ¡hasta en nueve metros! Casi 150 asentamientos ubicados a orillas del río quedaron cubiertos por el agua y 20.000 personas tuvieron que abandonar sus hogares inundados para vivir en instalaciones temporales o con familiares en otros lugares.

Ola de frío en el Medio Oriente, 2013. Una ola de frío normal paralizó el Medio Oriente y el Norte de África en diciembre de 2013, provocando la pérdida de vidas. La nieve hizo cerrar escuelas y bancos, cientos de vuelos se retrasaron y se alertó a los residentes que no salieran de sus casas.

¿Podemos predecir fenómenos meteorológicos extremos con antelación?

Desgraciadamente, en muchos casos es imposible predecir fenómenos meteorológicos extremos. El alcance máximo del pronóstico del tiempo es de hasta 14 días, puesto que la atmósfera cambia completamente cada dos semanas y no es posible seguir los flujos de aire durante períodos más prolongados. Lo máximo que se puede decir por adelantado es (por ejemplo) que “el invierno estará un grado más frío que lo normal, como promedio”.

Los pronósticos a corto plazo son mucho más precisos. Por ejemplo, el pronóstico para el día siguiente emitido por el Servicio Meteorológico Europeo acierta en el 96% de los casos, las predicciones para pasado mañana son correctas en el 93% de los casos, y el 90% de los pronósticos para tres días más resultan certeros.

En la actualidad, solo es posible advertir anticipadamente fenómenos meteorológicos severos de manera muy general. Por ejemplo, se puede predecir que las temperaturas extremadamente altas que ahora afectan al norte de Eurasia cada 20 años aumentarán tres veces su frecuencia (una vez cada siete años) a mediados del siglo XXI, y que incluso podrán repetirse cada 3 a 5 años a fines del siglo, convirtiéndose casi en un fenómeno común.

¿Debemos confiar en la sabiduría tradicional sobre el tiempo atmosférico?

Por sabiduría tradicional sobre el tiempo atmosférico se entienden aquellos refranes populares relacionados con la predicción del tiempo. Pese a su popularidad, no resultan muy útiles cuando se trata del pronóstico meteorológico. Incluso en la época de nuestros abuelos y abuelas, las formas tradicionales de pronosticar el tiempo fallaban con mucha frecuencia y ahora han perdido completamente su conexión con los lugares específicos donde podrían haber sido válidos. Por ejemplo, el dicho en español “abril aguas mil” pronostica que, en el cuarto mes del año, marcado por el clima primaveral en el hemisferio norte, caigan precipitaciones. Eso era, por lo general, cierto en la zona central de España. Pero cuando las personas comenzaron a emigrar desde la península española trajeron consigo el dicho a América, y si bien en un comienzo pudo haber sido apropiado a las lluvias otoñales de abril en el hemisferio sur, con el correr de los años y la drástica disminución de las precipitaciones el refrán ha perdido totalmente su validez.

¿Qué podemos hacer?

¿Cómo podemos enfrentar los fenómenos meteorológicos extremos?

No tienes que ser un científico ni un meteorólogo, ni tampoco trabajar para los servicios de emergencia para responder estas preguntas. La respuesta es muy simple: “Debes partir por ti mismo”. Es necesario que seas observador y muestres interés y preocupación. Ser observador es relativamente fácil: mantenerse al tanto de las últimas novedades de la ciencia, no ignorar el llamado de tomar el cambio climático en consideración cuando se trata de proyectos a largo plazo (por ejemplo, la construcción de una nueva vía en la zona del permafrost debe considerar el creciente deshielo de este suelo congelado). Mostrar interés y preocupación es una tarea un poco más compleja; el objetivo es tener una conducta más cuidadosa y cambiar nuestros hábitos, entre ellos aprender a ahorrar energía. Sería muy útil saber cómo comportarnos en situaciones de fenómenos meteorológicos extremos; por ejemplo, ofrecer primeros auxilios a una persona que se desmayó producto de las altas temperaturas.



Reglas para mantenerse seguro en caso de huracán, tormenta o tornado

Cuando escuches una alerta de tormenta:

- cierra puertas, ventanas, compuertas del ático y respiraderos de ventilación;
- retira los artículos que pueden ser llevados por el viento del alféizar de las ventanas, balcones, galerías y logias;
- desconecta el gas, el agua y la electricidad; extingue el fuego en cocinas y chimeneas;
- prepara reservas de alimentos y agua para beber;
- asegúrate de tener contigo todos tus documentos y artículos esenciales;
- refúgiate en un subterráneo o en una estructura de construcción sólida.

Si ocurre un huracán, tormenta o tornado sin alerta previa:

a) si estás en tu casa:

- aléjate de las ventanas;
- quédate en la casa y ocúltate en un lugar seguro (el subterráneo o el primer piso);

b) si estás fuera de casa:

- refúgiate en un paso bajo nivel, tienda o porche de un edificio;
- encuentra un refugio natural (barranco o quebrada, pozo, zanja, etc.), baja lo más que puedas y tiéndete en el suelo;
- mantente alejado de carteles publicitarios, paradas de autobús, árboles, soportes de puentes, cables eléctricos;
- bajo ninguna circunstancia toques cables eléctricos que estén sueltos producto del viento.

No dejes tu refugio inmediatamente después de que pase el fenómeno meteorológico extremo puesto que se pueden levantar vientos más fuertes de manera inesperada.



Preguntas

1. ¿Es más difícil pronosticar el tiempo para una ciudad grande o para una pequeña? ¿Por qué?
2. Imagina que tu cumpleaños es el 30 de julio y deseas celebrarlo al aire libre. Lo que hagas dependerá del tiempo atmosférico: puede que tengas que hacer la fiesta en un lugar cerrado si hace mucho frío o llueve. ¿Cuál es la fecha más temprana en que podrías pronosticar, al menos de manera aproximada, el tiempo para el 30 de julio?
3. ¿Por qué los fenómenos meteorológicos extremos representan un peligro para las personas?
4. ¿Es un terremoto un fenómeno meteorológico extremo?
5. Los fenómenos meteorológicos extremos que vemos hoy (vientos fuertes, inundaciones, olas de calor, etc.) ¿sucedian también en el pasado?



Actividad

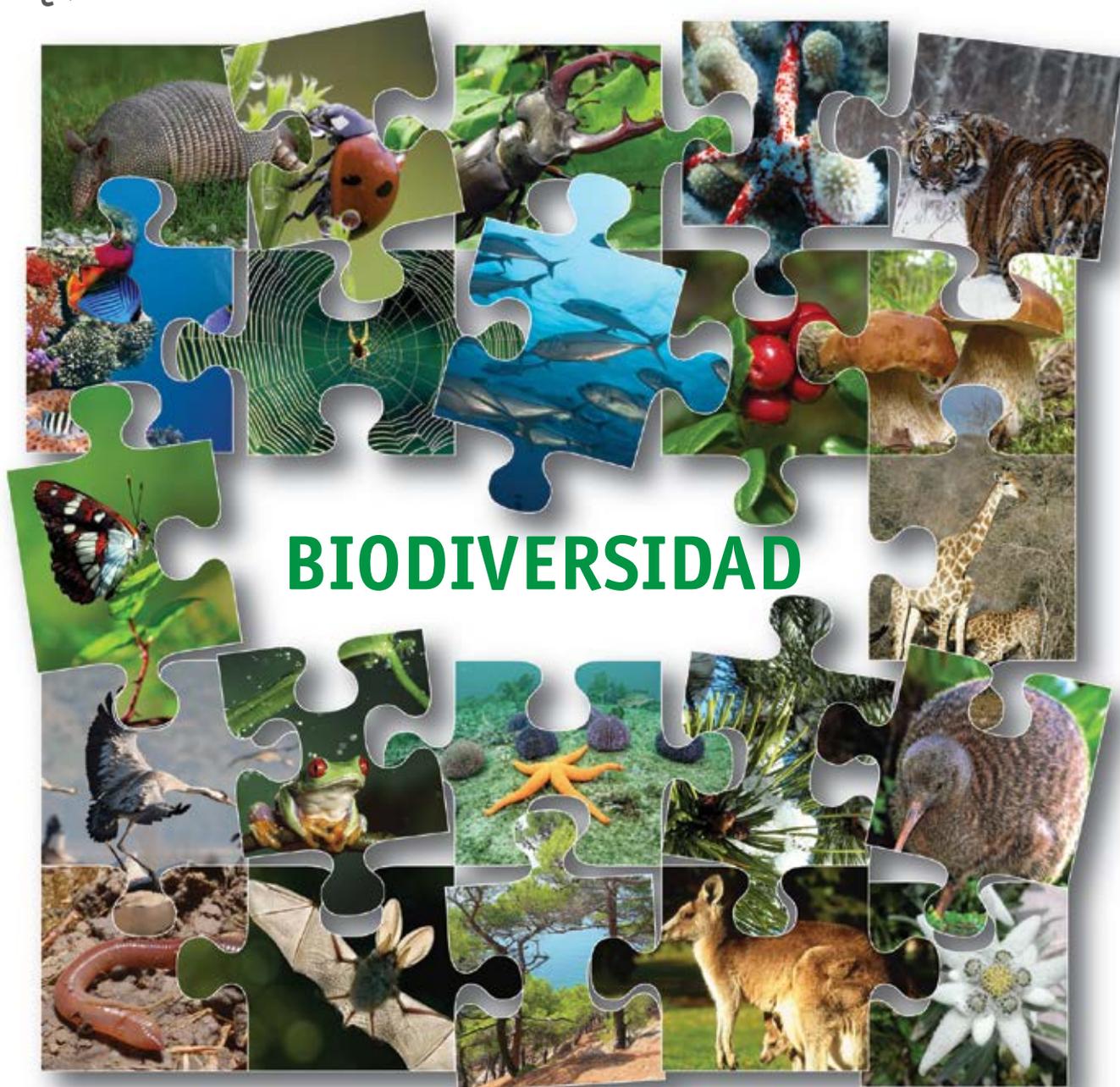
Consulta cuáles son las principales características del clima de tu localidad al maestro o maestra de geografía.

¿El último verano fue más cálido o más frío que lo normal?



2.2. | ¿Cómo afecta el cambio climático ...a plantas y animales?

¿Qué es la biodiversidad?





La biodiversidad considera toda la amplia variedad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos, al igual que todas las combinaciones de ambientes (paisajes), y la gran cantidad de variantes entre genes de organismos similares. Dicho de otra manera, la biodiversidad es la multiplicidad de formas y manifestaciones de la vida en la Tierra.

Los científicos distinguen **tres tipos principales de biodiversidad:**

- genética (entre organismos de la misma especie);
- de especies (entre todos los seres vivos del planeta);
- de paisajes o ecosistemas (entre todas las combinaciones de los ambientes donde viven los organismos).

*Ilustración del cuento
"El maravilloso viaje de Nils
Holgersson" de Selma Lagerlöf.*



¿Qué es la **diversidad genética**? Usaremos el siguiente ejemplo: para nosotros todos los gansos de una bandada de gansos salvajes son iguales. Pero, de hecho, son todos levemente diferentes entre sí. Recuerda como, en la increíble historia de la escritora sueca Selma Lagerlöf, El maravilloso viaje de Nils Holgersson, cada ganso se comportaba de una manera diferente. Por supuesto que se trata solo de un cuento, pero es muy cierto. Un ganso se da cuenta más rápido que otros que un zorro está acechando a la bandada que duerme en el hielo; otro se acuerda dónde encontrar un claro con pasto abundante cerca de un lago; y un tercero es mejor que otros para encontrar el camino guiándose por las estrellas. Es así como toda la bandada de aves se beneficia de las habilidades especiales de cada individuo que la forma. Esto no solo se aplica a los gansos salvajes. Cada tipo de animal o planta necesita resolver distintas tareas o desafíos para sobrevivir, y algunos lo hacen mejor si tienen habilidades especiales y diferentes que si fuesen todos exactamente iguales, como robots contruidos en la misma cinta transportadora.

La diversidad genética hace surgir nuevas especies. Los biólogos creen que las diferencias en el comportamiento y la apariencia –entre dos osos, por ejemplo– pueden aumentar a lo largo de varias generaciones. Después de muchos años, los bis bis bis bisnietos de esos osos se instalan en diferentes regiones, comienzan a cazar para alimentarse de maneras distintas y se preparan para hibernar de otra forma (o incluso puede que ya no hibernen). Así es como dos especies distintas pueden constituirse en otra, en este caso, el oso pardo y el oso negro asiático.

Oso pardo.



Oso negro asiático.



No necesitas ser un científico para reconocer un diente de león de un plátano, una libélula de una hormiga o un cuervo de un zorro; es fácil ver la diferencia entre animales de distintas especies y entre los grandes grupos taxonómicos, como el filo o la clase. Pero, ¿por qué estas y muchas otras especies son tan distintas entre sí?

Cada especie en el planeta juega un rol particular. En la sabana africana, la parte superior del pasto se la comen las cebras, la parte que está más abajo, los antílopes y los ñu, mientras que las gacelas roen el pasto que está más cerca de la tierra, y los jabalíes escarban las raíces y los tubérculos. De esta manera, el alimento que proviene de las plantas es utilizado de la forma más completa posible y los distintos tipos de animales no compiten entre sí. Esto implica que la mayoría de los animales que vive en un lugar en particular está bien alimentado y sano, y todo el ecosistema se mantendrá en equilibrio durante mucho tiempo. Todo gracias a la gran diversidad de especies.

Sabana africana y sus habitantes.



No es difícil para cualquier viajero observador darse cuenta de la diversidad de los ecosistemas si es capaz de distinguir entre un bosque de alisos y un bosque de abedules o un arrecife de coral de los manglares. La inmensa variedad de ecosistemas que existe en la naturaleza es como un colorido paisaje donde se despliega el ciclo interminable de la vida. Solo que el paisaje en sí mismo juega un papel importante en el ciclo. La diversidad de especies genera condiciones para la vida de muchos organismos, proporcionándoles alimento y agua, refugio y rutas de migración. Por ejemplo, algunas plantas que viven en barrancos húmedos pueden sobrevivir a un incendio forestal. Si una cantidad excesiva de un cierto tipo de insecto amenaza un cultivo de papas, el avance de la plaga se detendrá gracias al congelamiento de la tierra hasta niveles más profundos durante el invierno. Mientras mayor sea la diversidad de las condiciones naturales, mejores serán las oportunidades de esas especies para sobrevivir y se conservará el ecosistema.

Las especies están distribuidas de manera desigual a través de la superficie del planeta. La diversidad de especies presentes en la naturaleza es mayor cerca del ecuador y disminuye hacia los polos. La mayor diversidad de especies se encuentra en el ecosistema de las selvas tropicales, las que cubren cerca del 7% de la superficie del planeta, pero contienen más del 90% de todas las especies que se conocen actualmente.



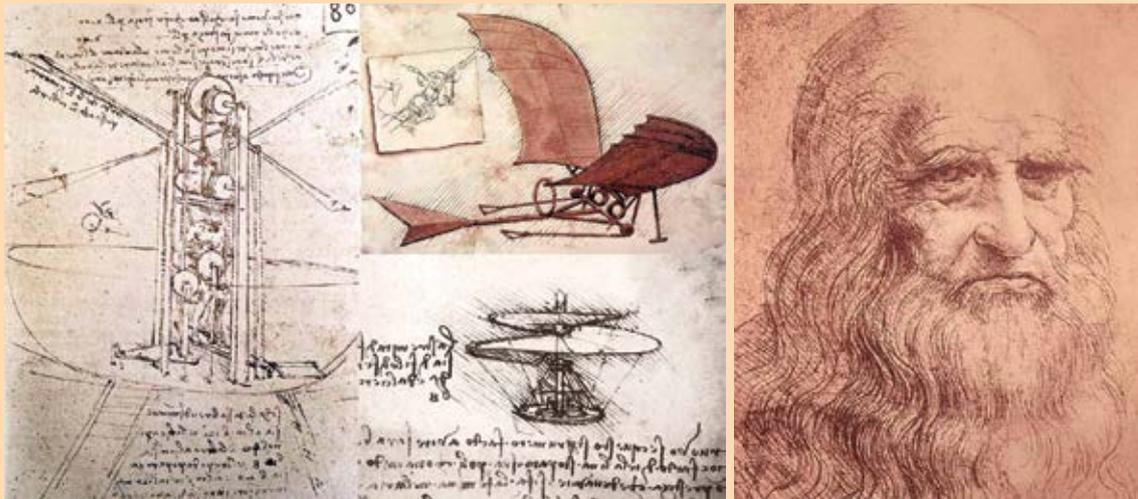
¿Por qué es tan importante la biodiversidad?

Recuerda que hasta no hace mucho (en términos históricos), todo lo que las personas comían y usaban para construir sus casas, sanarse, vestirse y transportarse era extraído de la naturaleza. Puede que pienses: "Sí, pero eso ya no es así", y estarías en un error. Los científicos modernos, por ejemplo, aún ocupan gran parte de su tiempo investigando en las selvas tropicales para encontrar la materia prima de nuevos medicamentos. Además, se necesitan especies vegetales silvestres para generar nuevas variedades de cultivos. Por último, muchos de los inventos técnicos más originales de la humanidad están inspirados en el reino animal, vegetal, de hongos y de microorganismos.

Pero ese no es el papel más importante que juega la biodiversidad. Lo más trascendental es que esta genera nuevos hábitats para los seres vivos, incluso para nosotros. ¿Qué significa esto en realidad? Durante millones de años, todo lo que crece, corre, nada y vuela en nuestro planeta se ha adaptado a la composición de la atmósfera de la Tierra. Puede ser que los cambios en este “coctel” de gases solo sean leves, pero incluso una disminución pequeña en el contenido del oxígeno presente en el aire que respiramos nos haría sentir mal, a nosotros y a muchos otros animales. Si los niveles de oxígeno bajan incluso más, nos sentiríamos peor. ¿Qué hace que el nivel del oxígeno sea estable en la atmósfera? ¡Las plantas verdes!



La ciencia de la biónica entrega soluciones a problemas de ingeniería utilizando el conocimiento de las estructuras y el funcionamiento de los seres vivos. El diseño, por ejemplo, de un nuevo recubrimiento de los cascos de los buques se basó en estudios sobre la estructura de la piel del delfín. La innovación consiguió aumentar la velocidad de navegación de los barcos en 15%-20%. El gran artista y científico, Leonardo da Vinci, fue uno de los fundadores de la biónica: trató de construir un “ornitóptero”, una máquina voladora con alas que se batían igual que las de los pájaros.



Todas las plantas, animales, microorganismos y hongos, forman un sistema altamente complejo e interconectado. Imagina que con tus amigos viajan a Marte durante dos años, de ida y vuelta. ¡Piensa en todas las cosas, dispositivos y otras máquinas que tendría que contener esa nave espacial! ¿Puedes pensar en nuestro planeta como si fuese esa nave espacial? Cada una de sus partes fue creada por millones de años de evolución, y las acciones de cada una de ellas fueron afinadas para que funcionaran en armonía con miles de otras partes. ¿Qué sucedería si, por error, uno de los miembros de la nave, o un meteorito, dañara varios de sus dispositivos? Los podrías reemplazar por otros similares, al menos por un tiempo. Sin embargo, ¿qué sucedería si la nave sufriera otro tipo de accidente espacial?

La diversidad biológica en la Tierra es bastante parecida a este ejemplo. Cada ser vivo realiza un trabajo importante. Unos procesan la energía del sol, otros usan esa energía procesada para perseguir a sus presas o para escapar de sus depredadores; otros descomponen la madera y las plantas muertas, o los restos de animales muertos, etc. Cada uno de ellos, desde el baobab hasta el líquen más pequeño, desde la poderosa ballena hasta la frágil medusa, todos son componentes importantes de la vida en el planeta Tierra. ¡Y todavía quedan organismos que no hemos descubierto!

Puede que no haya muchos ejemplares, pero son igual de necesarios. Es posible que digas: “Ha habido épocas en la historia de la vida del planeta cuando grupos completos de organismos se han extinguido; por eso la pérdida de una especie no es un desastre, o incluso de una docena o de cientos...” ¡Pero un momento! ¡Estás equivocado! No sabemos cuántas pérdidas puede tolerar nuestra “nave espacial”. Tal vez ya nos pasamos del límite. En la breve historia de los seres humanos en la Tierra, la naturaleza ha perdido irremediablemente no cientos o miles de especies, ¡si no muchas más!

Otro punto importante es que la diversidad biológica se puede considerar un indicador del grado de sostenibilidad y del estado de salud de nuestro mundo natural. Si hay suficientes especies diferentes de seres vivos, todas jugando su papel de manera correcta, entonces las selvas tropicales, los arrecifes oceánicos o los bosques húmedos podrán seguir existiendo en el futuro.



Desde el inicio de la historia, uno de los castigos más severos al que se puede someter a un ser humano consiste en encerrarlo durante largo tiempo en una celda pequeña con paredes grises, donde no pueda ver el cielo ni comunicarse con otros.

Si el mundo contiene menos plantas con sus hermosas y fragantes flores (o incluso con florecillas poco llamativas y sin olor), menos comadrejas y aves volando y haciendo piruetas (o armadillos torpes y tortugas lentas), entonces el hogar planetario que compartimos ¡se irá pareciendo cada vez más a esa celda de prisión, gris y aburrida!

¿Cuáles son las amenazas que enfrenta la biodiversidad?

La actividad humana es una de las principales amenazas para la existencia sin perturbaciones de toda la diversidad biológica de la naturaleza salvaje. Talamos los bosques, aramos las estepas, quemamos las sabanas, drenamos los pantanos, cazamos y pescamos por deporte, etc. Por supuesto que nuestra intención no es destruir el mundo natural, si no alimentar a la creciente población mundial, conseguir madera u otros recursos para construir cosas, producir energía, reproducir ganado, construir ciudades, caminos, instalaciones militares y rellenos sanitarios, y muchas otras cosas más.

La biodiversidad es muy vulnerable a las modificaciones en las condiciones naturales, sean estos cambios de temperatura, incendios forestales, derretimiento del permafrost, sequía de los humedales, cambios en el nivel del agua en los océanos, etc. Ya sabes por qué se están produciendo estos cambios.

Un verano excepcionalmente caluroso no es un desastre. A lo largo de miles de años de evolución, la vida en la Tierra se ha adaptado a fluctuaciones en el clima a corto plazo y a cambios graduales en la naturaleza. Sin embargo, lo que es un riesgo serio para la biodiversidad son las modificaciones rápidas e irreversibles en el ambiente, particularmente los cambios en el clima. Descubramos por qué.



Extinciones masivas y cambio climático

A lo largo de todo el período de desarrollo de la vida en la Tierra conocido por la ciencia (por lo menos 3.000 millones de años), hubo varias decenas de épocas caracterizadas por cambios climáticos bruscos que llevaron a la reducción drástica de la biodiversidad. Cinco de estos cambios se destacan y normalmente son conocidos como las “grandes extinciones”.

Una de las más dramáticas sucedió hace 250 millones de años. En esa época, la Tierra aún no estaba poblada por las plantas y los animales que conocemos hoy, pero ya había gran diversidad. De pronto, de manera bastante repentina en términos geológicos, en un plazo de pocos millones de años, desaparecieron casi todas las especies de animales y plantas (había menos especies de plantas que de animales en esa época, ya que la vida en los océanos y mares era más rica que la terrestre y estaba compuesta principalmente por animales).



El proceso de desaparición de algunas especies la aparición de otras es constante en la historia geológica de la biósfera terrestre: ninguna especie puede existir para siempre. La extinción ha sido compensada con el surgimiento de nuevas especies y la cantidad total de estas en la biósfera ha crecido. La extinción es un proceso evolutivo natural que se produce sin intervención humana.

¿Cuáles fueron las causas misteriosas que llevaron a una extinción casi completa de algunas especies y al surgimiento de otras? Los científicos tienen fundadas razones para creer que las principales causas fueron los cambios importantes en la superficie del planeta, a saber: la deriva de los continentes por la corteza terrestre (ya vimos esto en secciones anteriores). La deriva continental cambió completamente la disposición del mundo natural, incluida la ubicación de las cadenas montañosas y el sistema de corrientes oceánicas; y por supuesto, cambió radicalmente el clima en la Tierra. Después de eras anteriores en las que la Tierra se estaba enfriando, hubo un período de calentamiento global. El clima se hizo más seco y aumentaron las fluctuaciones estacionales de la temperatura. También cambió el nivel de oxígeno en la atmósfera. Todo esto llevó, como hemos visto, a un reemplazo a gran escala de muchas especies por especies nuevas de seres vivos.

El fenómeno de extinción de las especies se repitió, pero nunca en la magnitud de este primer evento. Hace unos 60 millones de años, hubo otra alteración brusca de las condiciones planetarias, la que tuvo como resultado la extinción de los últimos dinosaurios. Esta perturbación también vino acompañada de cambios en el clima, los que aceleraron el proceso de sustitución de algunos animales y plantas por otras especies. Otros grupos de seres vivos, las amonitas (moluscos marinos parecidos en su forma a los cuernos de los carneros) y las belemnitas, cuyos fósiles se asemejan a puntas de flechas, siguieron a los dinosaurios y desaparecieron del planeta. En esa ocasión, desapareció casi la mitad de los seres vivos marinos y se desconoce con exactitud cuántas especies terrestres se extinguieron, puesto que los restos de los animales terrestres no se conservan tan bien.

Amonitas.



Belemnitas.



El enfriamiento del clima ha venido acompañado de la formación de casquetes polares en los polos de la Tierra. Las grandes extensiones de hielo que existen hoy en Groenlandia y la Antártica se pueden ver en fotografías de la Tierra tomadas desde el espacio. ¿Cuánta agua se necesita para formar esos casquetes polares? Muchísima. ¿De dónde proviene esa agua? Solo puede haber salido de los océanos. Cuando se formaron los casquetes polares, el nivel de los mares disminuyó cambiando drásticamente las condiciones de vida de todos los organismos que vivían a lo largo de las costas, en el agua y en la tierra.

Por lo tanto, entre todas sus demás secuelas el cambio climático afecta a la biodiversidad y lo hace de manera perjudicial en sus primeras etapas. Posteriormente, la vida en la Tierra se recupera de modo gradual, pero ¡nunca retoma su forma anterior! Se requiere de millones de años para que las especies se recuperen y los seres que se extinguieron ya no volverán a aparecer. ¿Queremos como especie enfrentar otra extinción?

¿Cuáles animales reaccionan más rápido al cambio climático?

Por cierto, todo lo que hemos abordado hasta ahora sucedió en el pasado distante; un pasado tan antiguo que siquiera podemos imaginar. Pero ¿cómo afecta el cambio climático a la diversidad de la vida silvestre en este momento?

El impacto de la actividad humana y el cambio climático abrupto han llevado a tasas de extinción de especies muchas veces mayores que aquellas registradas en el pasado.

Los animales pequeños con ciclos de vida cortos son especialmente dependientes de las condiciones ambientales y, por lo tanto, responderán más rápidamente al cambio climático. Los organismos más grandes también reaccionarán, pero en estos casos los efectos tardan más tiempo en verse. Para nuestros propósitos como investigadores, queremos saber sobre los sucesos que están teniendo lugar actualmente o que se producirán en el futuro cercano; sucesos que veremos en nuestra vida.

Un alza moderada pero sostenida de las temperaturas promedio de 1,5 °C en las montañas de Eslovaquia ha tenido consecuencias inesperadas. Las preciosas y coloridas mariposas cola de golondrina – *Podalirio* y *Machaon* – se han propagado más allá del área del bosque estepario donde normalmente viven y comenzaron a aparecer en praderas más húmedas y frías. También comenzaron a reproducirse tres veces al año en vez de dos, como ocurría antes.

Otras mariposas, del género *Araschnia*, antes tenían colores que dependían de la estación del año: café en primavera, negras en el verano y café nuevamente en el otoño. Pero ahora han mantenido el color negro durante todo el año.

También en las montañas de Eslovaquia, los biólogos han encontrado dos tendencias opuestas en el ciclo de vida del *escarabajo de corteza de abeto* y la *oruga de la polilla de invierno*. Los escarabajos han expandido su hábitat a medida que aumentan las temperaturas, mientras que, al contrario, las orugas voraces ahora se alimentan menos de sus árboles favoritos. En ambos casos, existe una correlación directa entre los cambios de temperatura y el comportamiento de los insectos.

Mariposa Machaon.



Escarabajo de corteza de abeto.



La *ranita pigmea* es una rana pequeña que vive en los bosques tropicales donde hay pocas fluctuaciones de temperatura y humedad durante el día y a través del año. Los científicos se interesaron en algunas particularidades de la relación entre la ranita y un moho parásito que crece en su cuerpo. Descubrieron que el parásito es menos sensible a los cambios en las condiciones ambientales que su huésped (la rana), con lo cual el cambio climático aumenta el peligro del parásito para la rana y pone en peligro a toda la población de la especie huésped.



Ranita pigmea.

En las frías aguas del océano Glacial Antártico, incluso un leve aumento en la temperatura lleva a un aumento en la acidez y a la disminución del contenido de oxígeno. El resultado de esto han sido migraciones masivas de unos moluscos bivalvos de la especie *Laternula elliptica* que se alejan de la zona de peligro. Sin embargo, los moluscos más viejos (de más de tres años de edad) no tienen la fuerza muscular para emigrar y se están muriendo en grandes cantidades. Puede que te preguntes ¿por qué estas criaturas no pueden establecerse en nuevos lugares y restablecer su población? Pero no es tan fácil: ¡la especie solo es capaz de reproducirse después del tercer año de vida, cuando pierde movilidad!



Laternula elliptica.

Los *corales*, que son organismos muy sensibles, también han sido uno de los primeros afectados por el cambio climático. Factores como aguas muy cálidas o demasiado frías, falta de luz y exceso de impurezas, todos retrasan o derechamente detienen el crecimiento de los corales. Los pólipos de los corales no se pueden desplazar y tienen muchas dificultades para adaptarse a los cambios ambientales; tienen que vivir y morir en el lugar donde nacen. Las microalgas que absorben la energía del sol para los pólipos de corales dependen mucho de la temperatura del agua. En diversos lugares de la Gran Barrera de Coral de Australia, los científicos están observando la muerte de algas y el blanqueamiento de los corales, proceso que ocurre cuando el arrecife muere. El humo a partir de los graves incendios forestales y de las turbas en Indonesia a menudo genera emisiones atmosféricas de compuestos con hierro, los que provocan el florecimiento rápido de algas que producen sustancias tóxicas para los corales.



Arrecifes de coral.

El calentamiento en las regiones polares está reduciendo el hielo del mar estacional, cuya parte inferior es el lugar de reproducción de las plantas oceánicas microscópicas, llamadas *fitoplancton*. El fitoplancton es el inicio de la cadena alimenticia, que incluye al krill, peces, pingüinos y otras aves marinas, focas y diversas subespecies de ballenas. Si no hay suficiente hielo, el fitoplancton no puede crecer ni reproducir en cantidades suficientes. El krill no puede vivir en aguas que no tienen sustento y, en su lugar llegan salpas translúcidas y gelatinosas, que son criaturas muy antiguas. Esto provoca una interrupción en la cadena alimentaria, pues a excepción de unas cuantas especies de peces y tortugas, muy pocos animales se comen a las salpas. El resultado es que las ballenas no pueden acumular suficientes reservas de grasa para los meses de invierno. Otras criaturas también abandonan las aguas que no tienen el alimento que necesitan. Una vez más, observamos las complejas interrelaciones que existen en la naturaleza que son el resultado de la biodiversidad.



Salpas.

La reducción del casquete del polo norte es la señal más clara del cambio climático y del calentamiento global. Los *osos polares* necesitan el hielo para migrar y cazar *focas*, y este también es de vital importancia para las propias focas ya que sin hielo no tienen donde criar a sus cachorros. Si los campos de hielo se reducen más de lo que normalmente lo hacen durante la estación estival, la población de focas también disminuye y los hambrientos osos polares se comen todo el cuerpo de las focas que cazan, en lugar de comer solo la capa de grasa. Los restos de alimento que antes dejaban los osos polares eran un festín para otros habitantes del Ártico – como el zorro ártico y muchas aves. Ahora, sin embargo, ¡no queda nada para ellos!



A medida que el clima se vuelve más cálido, el bosque de la franja norte de Eurasia está avanzando de manera lenta pero segura hacia la tundra, a una velocidad de 10 kilómetros cada siglo. Esto cambia el hábitat y los recursos alimenticios para muchos tipos de aves. Los inviernos más cálidos en el Ártico también son catastróficos, tanto para los *renos* domésticos como para los salvajes, ya que los deshielos y la lluvia de invierno cubre la nieve con una costra de hielo que hace muy difícil para el reno encontrar líquenes que son parte de su alimentación regular durante la temporada invernal.



Los *lemings* o *lemming* son los habitantes más numerosos de la tundra, pero también están sufriendo como consecuencia del clima más caluroso. Los agujeros que usan como madrigueras para vivir ahora se están inundando en épocas tempranas del año, reduciendo su población y provocando la hambruna de zorros y aves rapaces.



En la costa antártica del hemisferio sur, que tiene la apariencia de un desierto de hielo con algunos afloramientos rocosos y vegetación muy escasa, los investigadores han encontrado de pronto matorrales abundantes de *hierba pilosa antártica*, una planta pequeña que antes solo crecía en pequeñas acumulaciones entre las piedras, refugiándose de los vientos fríos del continente austral.



En la *estepa de Dauria*, en la zona este de Rusia, entre el lago Baikal y la cadena montañosa del Gran Khingan en Mongolia, los científicos han observado que el clima se está tornando más árido como resultado del calentamiento global. Están desapareciendo lagos y riachuelos, se están secando franjas de bosques y la vegetación de la estepa se quema con el sol más temprano durante el año. Los animales que viven en la estepa hacen lo que pueden para adaptarse a los cambios. Las larvas y alevines se entierran profundo en el fango en el fondo de los cursos de agua. Las aves emigran a otras latitudes, cambiando su ruta de vuelo y sitios de anidamiento. No hay suficiente alimento para todas las aves acuáticas locales, como el *cormorán*, *la garza real* y *la gaviota argénte*a.



El *ganso-cisne* ya no anida en la región. *Los lobos*, *los zorros*, *los tejones* e incluso *las grullas* se están desplazando en busca de agua. Las aves rapaces, que requieren mucha agua para digerir su dieta carnívora, también están migrando a otros lugares más apropiados. A la *liebre de Tolai* le cuesta encontrar pasto en el verano, no solo para alimentarse ¡sino que para esconderse de sus depredadores!

La *marmota sibérica* y la *ardilla de tierra de Dauria*, ambas autóctonas del lugar, están bien adaptadas a la sequía, pero su vida en las nuevas condiciones se está volviendo dificultosa ya que no se pueden mover lo suficientemente rápido como para escapar de los incendios que afectan a los pastizales con cada vez mayor frecuencia durante el verano.

Si el pasto se quema también significa que no habrá suficiente forraje en el invierno para los animales con pezuñas, forzando a grandes manadas de *antílopes* y *gacelas* a migrar desde Mongolia hasta Rusia. Los pocos lugares que quedan con agua en la estepa dauriana se están sobrepoblando con animales que buscan agua, aumentando el riesgo de enfermedades. A medida que los veranos se van tornando más secos en el invierno cae más nieve, motivo por el cual el *manul* (una especie de gato salvaje) no puede encontrar alimento. El *erizo del Gobi* es casi el único que se beneficia del cambio climático: necesita más de cinco meses de calor para un ciclo vital pleno, razón por la cual su población está aumentado gracias a estas nuevas condiciones.

Manul.



Los parques nacionales: aprendiendo para conservar la naturaleza

¿Qué es un parque nacional? Es una zona protegida que puede ser visitada por los turistas, pero donde la actividad humana está limitada por reglas estrictas. Los parques nacionales se crean, generalmente, en lugares donde existen muchos tipos de paisajes (tanto típicos como únicos), animales y plantas raras o en peligro de extinción, y fenómenos geológicos o hídricos únicos. Los parques nacionales son visitados por adultos y niños, quienes pueden aprender sobre los temas ambientales globales. Además, sirven para generar viveros para la reproducción de especies raras de plantas y animales, los cuales posteriormente pueden ser liberados al interior del parque.

¿Afecta el cambio climático a los parques nacionales? Lamentablemente, el cambio climático global produce incendios, sequías, aumento de la temperatura de la atmósfera y muchos otros fenómenos que no se pueden controlar solo declarando una zona como parque nacional.

Las condiciones de la flora y la fauna de agua dulce en el Parque nacional los Everglades en Florida (Estados Unidos) dependen de la entrada de agua salada del mar, proveniente de la cercana bahía de Florida, proceso que está siendo influenciado por el cambio climático. Los científicos y el personal que trabajan en las áreas protegidas comprenden que estos procesos amenazan la existencia de los parques nacionales y el Organismo de Protección del Medioambiente estadounidense, en conjunto con el Servicio de Parques Nacionales, han estructurado un programa especial llamado "Parques Amigables con el Clima". La iniciativa familiariza al personal del parque y a sus visitantes con las causas y las consecuencias del cambio climático y explica qué puede hacer cada uno para ayudar a resolver los problemas mundiales asociados con el cambio climático.

Parque nacional Lahemaa (Estonia).



Parque nacional Jasper (Canadá).



Parque nacional Kruger (Sudáfrica).





El famoso y mundialmente conocido **Parque Yellowstone** fue creado en 1872. Es el parque nacional más antiguo de Estados Unidos.



La Gran Barrera de Coral es fundamental para la vida de muchos organismos y está siendo gravemente afectada por el cambio climático. Su protección se enmarca en el Parque nacional marino de Australia y también está en la lista de Sitios de Patrimonio Mundial de la UNESCO. Ha sido reconocida como una de las siete maravillas del mundo natural y es la única estructura viva del planeta visible desde el espacio.



El sendero peatonal más largo que cruza un área protegida también se encuentra en Estados Unidos, en el Parque nacional de las **Grandes Montañas Humeantes**.



El **Parque nacional Namib-Naukluft** de Namibia (África occidental) es famoso por sus increíbles dunas naranjas, las más altas del mundo. En algunos lugares se elevan por más de 300 metros sobre el nivel del suelo desértico. El parque posee algunas de las reservas de vida silvestre y naturales más peculiares del mundo. Cubre una extensión de más de 49.000 km², más grande que el territorio de Suiza.

Parque nacional Yugyd va (Rusia).



Las reservas de vida silvestre: la naturaleza sin el ser humano

Las reservas de vida silvestre (biosfera) son lugares donde los científicos pueden monitorear y registrar los cambios en el mundo natural. En una reserva de vida silvestre está prohibido incluso sacar frutos del bosque, hongos o pescar. Tales lugares son ideales para restablecer las poblaciones de las especies en peligro, las que pueden ser liberadas posteriormente en lugares indicados fuera de la reserva.

Generalmente, las reservas de la biosfera se crean en lugares donde la naturaleza no está sometida a niveles importantes de influencia humana. Son zonas usadas para proteger los ecosistemas locales, las especies raras y las comunidades de animales y plantas. Por ejemplo, el ecosistema que debe ser protegido en las regiones de la taiga sería precisamente la taiga, mientras que, en una región tropical, sería la selva tropical. La conservación del ambiente natural en esas zonas tiene importancia mundial.

Las reservas de la biosfera existen en todos los continentes. Probablemente has visto películas sobre esas zonas ubicadas en África; es gracias a estas reservas que la diversidad del mundo natural del continente africano se está manteniendo vivo actualmente.

*Reserva de la biosfera Belovezhskaya Pushcha /
Bosque Bialowieza (Belarús – Polonia).*



Parque nacional Everglades (EE.UU.).



Una reserva de vida silvestre (biosfera) es un territorio protegido donde no se permiten actividades humanas, salvo investigaciones científicas.



Todas las reservas de la biosfera participan en el programa *El hombre y la biosfera*, dirigido por la UNESCO, el cual apoya estudios permanentes y a largo plazo sobre el medioambiente. Actualmente se están llevando a cabo estudios sobre el impacto del cambio climático en la vida de las plantas y los animales en muchas reservas. Los científicos que trabajan en la reserva de la biosfera del Cáucaso en Rusia han descubierto que la cubierta forestal de las laderas de las montañas de la zona se está desplazando gradualmente hacia lugares de mayor altura a medida que el clima se torna más cálido.

El Parque Nacional **Zion**, en Estados Unidos, es un buen ejemplo de cómo lograr seguridad ambiental. Alrededor de 20 buses que usan combustible con bajas emisiones de gases trasladan a los visitantes por el parque, evitando así el ingreso de casi 5.000 autos. El resultado ha sido una disminución significativa en las emisiones de gases de efecto invernadero. El 'centro verde', construido en el parque para recibir a los turistas, obtiene casi un tercio de sus requerimientos energéticos del sol y el 80% de sus necesidades de iluminación proviene de la luz natural. En el verano, el sistema de aire acondicionado usa evaporadores especiales de consumo eficiente mientras que en el invierno, el calor se mantiene con un sistema de calefacción pasivo basado en un muro que mira hacia el sol y está construido de materiales que absorben calor (piedras, ladrillos).



En el Parque Nacional **Taganay** (Rusia) se acaba de instalar el primer sistema de suministro de energía eco-amigable en una zona natural protegida. Ahora, uno de los refugios del parque obtiene su electricidad de la energía eólica (turbinas eólicas) y del sol (paneles solares). El sistema determina automáticamente cuál de las dos fuentes de energía –solar o eólica– debe usar en un momento determinado. Anteriormente, este y otros refugios e instalaciones del parque dependían de generadores alimentados por gasolina para satisfacer sus requerimientos energéticos, una fuente de energía cara y perjudicial para el medioambiente.



En Adler, un área de **Yuzhniye Kultury** ubicada en el Parque Nacional Sochi en el sur de Rusia, se ha instalado un nuevo sistema de iluminación, alimentado por energía solar y eólica.



Santuarios de la naturaleza y áreas de importancia natural sobresaliente

El objetivo de los santuarios de la naturaleza es proteger no la totalidad del medioambiente natural local sino que solo algunas de sus partes: por ejemplo, solo plantas o solo animales, o tal vez algunas características geológicas (rocas o cavernas). Por lo tanto, las restricciones a la actividad humana en estos santuarios solo se relacionan con aquellas actividades que amenazan las partes protegidas del ambiente.

Las áreas naturales de importancia sobresaliente son zonas o paisajes naturales únicos o típicos que tienen un valor científico, cultural, educacional o relacionado con la salud específico. Pueden ser lagos, árboles, sitios geológicos o parques muy antiguos y están protegidos mediante prohibiciones a las actividades humanas que podrían dañar su integridad.

¿De qué manera ayudan las áreas protegidas a abordar los problemas asociados al cambio climático?

¿Cuál es el aporte de un parque nacional (o cualquier otra área protegida) para abordar el cambio climático? La contribución más significativa está en disminuir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Algunos parques, por ejemplo, instan a los turistas a usar los buses públicos que funcionan con combustibles alternativos en vez de autos privados contaminantes. Los propios trabajadores de los parques también usan medios de transporte que tienen un impacto mínimo sobre el medioambiente. Los parques pueden consumir energía eólica, solar o geotérmica para hacer funcionar las instalaciones donde reciben a los visitantes. Se usa al máximo la luz natural y la tecnología LED, y la energía para las oficinas es suministrada por paneles solares. Se le ofrece a los turistas souvenirs hechos con materiales reciclados, la cafetería del parque sirve platos hechos con productos locales (bienes producidos de manera ambientalmente segura y sin que sea necesario traerlos desde muy lejos evitando así la contaminación por causa del transporte) y las instalaciones están equipadas con baños que ahorran agua. Se entrega información que enseña a los visitantes a comportarse de una manera que no provoque daños al entorno y que sea eficiente en términos medioambientales.

Ecoturismo: armonía entre el ser humano y la naturaleza

¿Te agrada caminar y hacer otras actividades al aire libre? Si la respuesta es sí, entonces tú y tus amigos van a disfrutar viajar y descubrir nuevos lugares. Puede que incluso se conviertan en ecoturistas.

¿Cuál es la diferencia entre los turistas y los ecoturistas? La diferencia principal está en su actitud frente al medioambiente. El ecoturismo es un concepto reciente que surge cuando las personas comienzan comprender cuán importante es el mundo natural para los seres humanos. Existen muchas formas distintas de relajarse al aire libre. Puedes simplemente conducir hacia un bosque o por la orilla de un lago, poner música a todo volumen, encender una fogata en el lugar más bonito que encuentres, tener suficiente comida y dejar un montón de basura detrás. Sin embargo, existen otros turistas que están dispuestos a trepar a la cima de un cerro solo para ver un animal salvaje, encontrar una planta rara, escuchar a los pájaros cantando o disfrutar la puesta del sol y el silencio. El objetivo más importante es observar y escuchar el mundo natural, algo que las personas modernas rara vez hacen. Estos turistas no dejan basura; todo lo contrario, generalmente recogen los derechos que otros dejan y se aseguran de obedecer



todas las reglas del lugar para proteger el medioambiente. ¡Año tras año, está aumentando mucho la cantidad de ecoturistas!

El ecoturismo entrega a las personas la oportunidad de observar el medioambiente en su estado natural y prístino, de comprender cuán diverso y cuán vulnerable es a la actividad humana y de reflexionar sobre la pregunta "¿Qué puedo hacer yo por mi planeta?" Los ecoturistas estudian las leyes de la naturaleza y hacen cosas que ayudan a mantenerla y conservarla, tratando de disminuir su impacto ambiental a un mínimo. Es más: las empresas de ecoturismo entregan parte de sus ingresos para apoyar la protección y el estudio del medioambiente.

Muchos entornos naturales asombrosos están ubicados en lugares remotos, en zonas rurales donde las personas son relativamente pobres. También se encuentran en áreas como las selvas de Sudamérica o las regiones montañosas en la frontera entre el norte de Tailandia, Myanmar y la RDP Lao, donde habitan pueblos originarios. Por lo tanto, los ecoturistas generalmente aprenden no solo sobre el mundo natural, sino también sobre la cultura humana. El ecoturismo proporciona trabajo y una fuente adicional de ingresos para las personas que viven en esas regiones.

En resumen, el ecoturismo ayuda a las personas a apreciar la belleza y la singularidad de la naturaleza y a comprender que todo en el mundo está interconectado; además, permite hacerse una idea de la cantidad de especies vegetales y animales que vive en nuestro planeta y hasta qué punto el medioambiente depende de las acciones de cada uno de los nosotros, niños, jóvenes y adultos.

Un eco-hotel en Costa Rica.



Ecoturismo y cambio climático

La conexión entre el cambio climático y el ecoturismo no es obvia a primera vista. Sin embargo, existe una conexión poderosa y muchas organizaciones turísticas le están prestando especial atención hoy en día. ¿Qué significa viajar? Sobre todo, significa moverse de un lugar a otro ya sea en avión, por rutas marítimas, en tren, en automóvil o en bus. Todas estas formas de transporte usan combustible y, por lo tanto, contaminan. En el caso del ecoturismo, las mejores formas de transportarse son andar en bicicleta, caminar, cabalgar y hacer rafting. Puedes armar tu propia ruta turística de tal manera de reducir a un mínimo los viajes en vehículo y elegir medios de transporte que sean más amigables con el medioambiente. Esto reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y otras sustancias dañinas a la atmósfera.

Algunas personas que se cansan del ruido, de los embotellamientos del tráfico y otras molestias propias de la vida en la ciudad van más allá de los ecoturistas: se trasladan de manera permanente a vivir en el campo, donde aprenden a cultivar frutas y vegetales locales y a comer alimentos

inocuos para el medioambiente. Los dueños de estas pequeñas granjas suelen usar fuentes alternativas de energía, no usan fertilizantes químicos ni plaguicidas, y hacen su propio compost a partir de desechos orgánicos. Estos tipos de granjas ecológicas existen en muchos países, pero son particularmente populares en las zonas rurales de Europa, Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Canadá.

¿Qué es el Libro Rojo y para qué se usa?

El Libro Rojo es un listado de especies de animales, plantas y hongos raras y en peligro de extinción. El color rojo nos recuerda el riesgo al que están sometidas estas especies y la urgente necesidad de protegerlas y conservarlas.

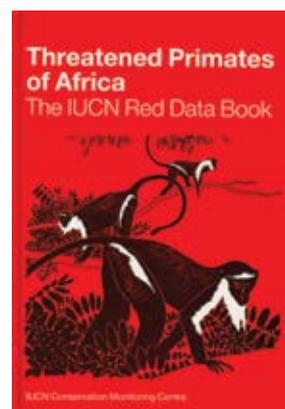
El Libro Rojo Internacional enumera a los seres vivos de todo el planeta que necesitan protección y el principal ejemplar está guardado en el pueblo suizo de Morges. El libro es editado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y se publicó por primera vez en 1963. Este libro extraordinario está diseñado más como un calendario de escritorio que como un libro normal: a medida que el tiempo avanza, la situación de muchas especies que ya están en el libro va cambiando y se agregan nombres de nuevas especies de plantas, animales y hongos. De modo que el Libro Rojo está cambiando y expandiéndose constantemente.

El Libro Rojo proporciona, para cada especie, información sobre distribución, cantidad, características del hábitat, medidas que se necesitan para su conservación y muchos otros detalles. Sus páginas están marcadas con distintos colores, por ejemplo: aquellas que describen a las especies extinguidas están marcadas en negro. Estas incluyen, por ejemplo, a la vaca marina, la paloma migratoria y el dodo. Las páginas marcadas en rojo tienen relación con aquellas especies muy raras y en peligro de extinción (el leopardo del lejano oriente, el tigre de Amur, el leopardo de las nieves y el bisonte europeo). En las páginas en amarillo están aquellos animales cuyas poblaciones están disminuyendo rápidamente (el oso polar, la gaviota rosada y la gacela persa). En las páginas blancas se encuentran los animales y plantas que son difíciles de encontrar en la naturaleza. En las páginas grises se muestran las especies que no han sido suficientemente estudiadas porque viven en lugares remotos, mientras que el mayor incentivo está en las páginas verdes, donde se registran especies que han sido sacadas del peligro de extinción por el ser humano (se incluye el castor y el alce de Eurasia).

Cada país y región también genera su propia lista de especies raras y protegidas.

Antes de incluir una especie en particular en el Libro Rojo, los científicos llevan a cabo intensos estudios acerca de la flora, la fauna y los hongos presentes en las zonas relevantes, investigan los factores que amenazan a las especies, describen sus hábitats y deciden cómo las pueden conservar. El Libro Rojo no solo contienen especies endémicas y raras (especies que se encuentran solo en un territorio específico), sino también una amplia gama de plantas con flores, comestibles y medicinales.

Es posible que los animales y plantas deban ser protegidos por razones que caben en dos tipos: directas e indirectas. Las razones directas existen cuando las personas realizan acciones que destruyen a plantas y matan animales, por ejemplo, la caza, la recolección de plantas medicinales, la pesca u otras formas de captura de organismos acuáticos. Las razones indirectas se relacionan con el cambio de hábitat, incluso aquél provocado por el cambio climático global. Las razones indirectas pueden abarcar temas como la dificultad para adaptarse al cambio climático, la introducción de nuevas especies de plantas (cuando, por múltiples razones, las “plantas nuevas” desplazan a las especies nativas) y la destrucción de plantas que son fuente de alimentación para animales, etc.



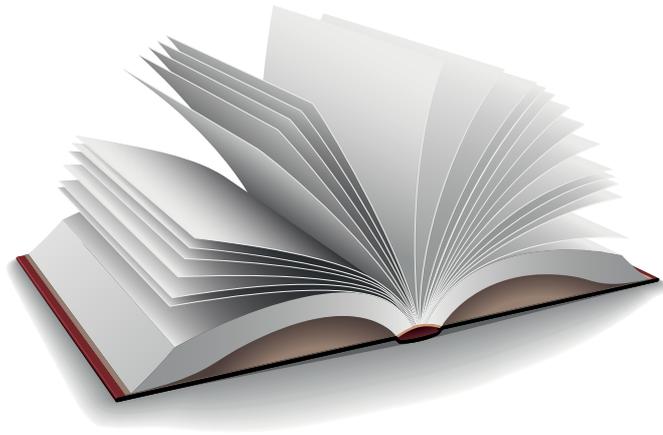
Preguntas

1. ¿Cuál de los ecosistemas terrestres es el más rico en términos de biodiversidad de especies?
2. ¿Qué se quiere decir con causas “directas” e “indirectas” de la extinción de los seres vivos? Da ejemplos.
3. ¿Cómo empezarían tus amigos y tú un cuento sobre la importancia de la biodiversidad en clases? ¿Qué argumentos son los que más convencen a los escolares y cuáles son mejores argumentos para usar con adultos?
4. ¿Por qué el Libro Rojo es rojo? ¿Qué plantas, animales y hongos conoces que están en el Libro Rojo? ¿Por qué están desapareciendo?
¿Podemos ayudar a conservarlos?
¿Qué colores se usan en las páginas del Libro Rojo?
¿Por qué el Libro Rojo se agranda cada vez que se actualiza?
5. ¿Cómo afecta el calentamiento global a los renos?
6. ¿Quién puede realmente ser considerado un “ecoturista”?



Actividad

En conjunto con tus compañeros de curso, crea tu propio Libro Rojo. Dibuja cada animal, planta u hongo que requiera protección en una página con un color específico y con una explicación.



2.3. | ¿Cómo afecta el cambio climático ...a los bosques?

¿Qué es un bosque?

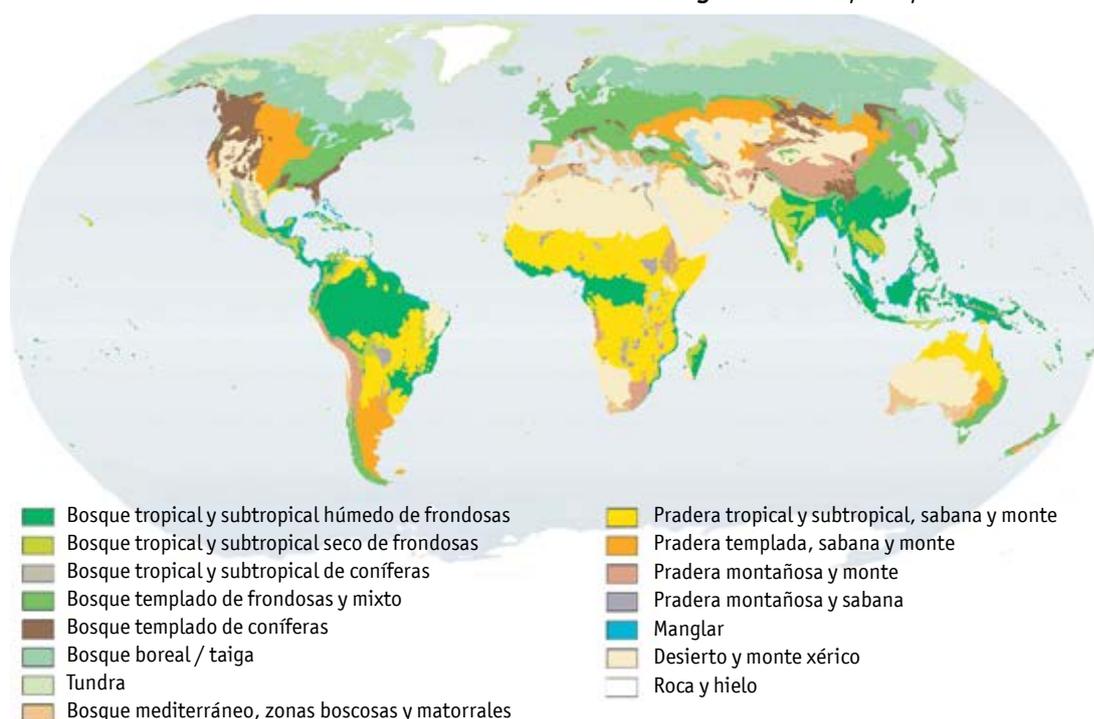
Aunque la palabra “bosque” es de uso frecuente, no es fácil definir claramente a qué se refiere. En el mundo existen más de 800 definiciones distintas! Sin embargo, el enfoque más reconocido para identificar un bosque, utilizado también por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), incluye indicadores como: 1) árboles con una altura mínima de 5 m; 2) cubierta de copa de por lo menos 10% (proporción del suelo ensombrecida por la copa de los árboles); y 3) superficie forestal mínima de 0,5 hectáreas. De acuerdo con esta definición, existen menos de 4.000 millones de hectáreas de bosques en todo el planeta, los cuales ocupan el 30% de la superficie terrestre total. Aproximadamente la mitad de los bosques que cubren el mundo se encuentran en tres países: Rusia, Canadá y Brasil.

Tipos de bosques

Los bosques normalmente se clasifican según las especies de árboles que predominan en ellos (frondosas, coníferas (con hojas de aguja), o mixtos) y la longevidad de sus hojas (si estas son perennes o caducas). Los principales tipos de bosques (ver Fig. 2.3.1) son:

- Bosques boreales (taiga), que suelen ser perennifolios y de coníferas.
- Bosques templados, que incluyen bosques de frondosas caducifolias, de coníferas perennifolias y una mezcla de ambos tipos. En las zonas templadas cálidas existen bosques de frondosas perennifolias.
- Bosques mediterráneos generalmente compuestos por frondosas perennifolias y árboles esclerófilos, palabra que significa “de hojas duras” en griego. Estos árboles suelen presentar hojas pequeñas y oscuras cubiertas por una capa de cera para retener la humedad del verano. En estas regiones también están presentes los bosques de coníferas.
- Bosques tropicales y subtropicales, incluyen bosques de frondosas húmedos, de frondosas secos y de coníferas.

Fig. 2.3.1. Los principales biomas del mundo.



¿Por qué los bosques dependen del clima?

La vida en los bosques y su distribución geográfica dependen de las condiciones climáticas, especialmente de la temperatura del aire y de la cantidad de precipitaciones. El clima permite el desarrollo de bosques solo en algunos lugares del planeta. Por ejemplo, la ubicación del límite forestal más septentrional depende del promedio anual de la temperatura del aire. En los lugares donde se vuelve demasiado frío, el bosque boreal es reemplazado por la tundra. Sin embargo, esta variable no genera cambios de manera abrupta sino gradual, especialmente en las llanuras. De esta forma, el límite entre el bosque y la tundra se transforma en una zona de transición donde se pueden encontrar ambos tipos. Esta zona de transición se denomina bosque-tundra (Fig. 2.3.2).

El límite sur de los bosques templados, donde estos ceden ante la pradera (estepa) y el semidesierto, está determinado por la caída de lluvia. En condiciones calurosas, las plantas y los árboles pierden constantemente humedad de sus hojas para mantenerse frescas. Si la lluvia en el verano es escasa, no existe humedad suficiente en el suelo, por lo que es difícil para los árboles transportar el agua hasta sus copas. Como el aire es tibio y la lluvia escasa, las plantas herbáceas bajas tienen ventaja y el paisaje se transforma en estepa.

El relieve, la calidad del suelo, las masas de agua y la actividad humana también son importantes para determinar la cobertura forestal. La proporción de los bosques disminuye en regiones donde gran parte de la superficie está al servicio de la economía.

Fig. 2.3.2. Bosque-tundra.



Bosques de climas templados y subárticos

Los Bosques boreales (taiga) están dominados por especies de coníferas: pinos, abetos rojos, alerces, abetos blancos y cedros. El hecho de que estos bosques consistan principalmente en pinos y abetos rojos en Europa y Siberia Occidental, mientras que están cubiertos de alerces en Siberia Central y Oriental, es interesante. Este fenómeno se debe al permafrost en los vastos terrenos siberianos, que hacen que estas regiones sean particularmente aptas para el alerce.

Las diferencias en las condiciones de la temperatura (promedio de temperatura estival y época de formación y derretimiento de la cubierta de nieve) justifican la subdivisión de la zona de la taiga en tres: norte, central y sur. Los árboles maduros de la zona norte no alcanzan grandes alturas, llegando a los 10-20 m, mientras que, en la zona sur, pueden medir hasta 50 m (Fig. 2.3.3). La taiga central es un territorio intermedio entre las regiones norte y sur, no solo geográficamente, sino también en términos de la altura promedio de los árboles, que alcanzan los 20-25 m.

El área al sur de la taiga está ocupada por bosques templados caducifolios (Fig. 2.3.4). La región está dominada por diversas especies de roble, carpe y olmo. Estos árboles se conocen comúnmente como caducifolios de madera dura (ya que su madera tiene esta característica). Al sur de los bosques caducifolios de Europa Oriental y Asia Central comienza la pradera (también conocida como "estepa") y la zona de transición se llama bosque-estepa.

Sin embargo, no existe bosque caducifolio en Siberia Occidental ni en las regiones centrales de Norteamérica, (Fig. 2.3.1) donde la taiga da lugar de manera inmediata a la pradera. Esto se debe al clima continental de la zona: la lluvia es escasa, por lo que la tierra es muy seca y los bosques caducifolios, que necesitan mucha humedad, no pueden crecer.

Fig. 2.3.3. Taiga del Sur.



Fig. 2.3.4. Bosque caducifolio.



¿El cambio climático que está ocurriendo en la actualidad afecta a los bosques?

¿Los bosques se ven afectados por el calentamiento actual del clima? ¡Sí!

El cambio climático tendrá muchos efectos considerables y variables en los árboles y en la composición de las especies arbóreas dentro de los ecosistemas boscosos. A medida que el clima continúa cambiando, los árboles tendrán que adaptarse a las nuevas condiciones o migrar a lugares más adecuados para su crecimiento.

Los cambios asociados con el calentamiento global son particularmente evidentes en el límite norte de los bosques boreales. En las regiones polares, árboles y arbustos están subiendo las laderas de las montañas, usurpando de manera gradual el lugar de la tundra montañosa (Fig. 2.3.5). La frontera superior de los alerces en las laderas de los Urales polares (Rusia) se ha movido 35–40 m hacia arriba en los últimos 80–90 años, y hasta 50–80 m en algunas regiones. Actualmente, los arbustos están creciendo 50 m más arriba en las pendientes de las montañas de Khibines, en la península de Kola (Rusia) y se ha observado un crecimiento intensivo de arbustos en las zonas de la tundra escandinava, particularmente de sauces.

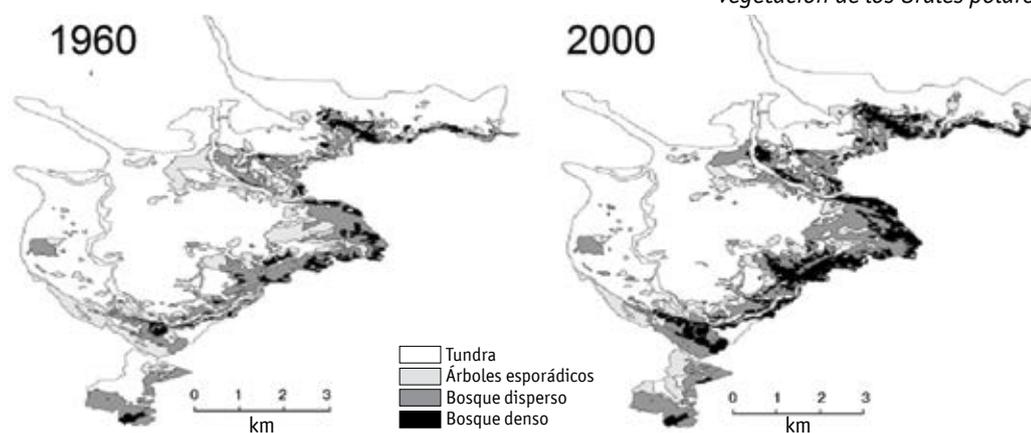


Fig. 2.3.5. Cambio de la cobertura de vegetación de los Urales polares (Rusia).

Con el calor los árboles suben las montañas en Sudamérica

Los árboles y los arbustos de las regiones montañosas de Sudamérica están huyendo de las insostenibles temperaturas en las llanuras y suben las montañas donde el aire es más fresco para poder sobrevivir. En Los Andes, los árboles suben un promedio de 2,5–3,5 m por año. Esta es una hazaña considerable para plantas que no se pueden mover excepto mediante la reproducción.



Pero el cambio climático está ocurriendo tan rápido en esta región que los árboles necesitan escalar 6 m más arriba cada año para estar a una temperatura cómoda.

De las 38 especies de plantas que los científicos están monitoreando, la especie *Scheffleris* es la que está migrando más rápido: sube aproximadamente 30 m cada año. Es poco probable que el árbol de higo sobreviva en estas regiones ya que está subiendo a una tasa de tan solo 1,5 m por año.

Los modelos climáticos sugieren que más del 50% de las especies de plantas tropicales podrían extinguirse para 2100 si las temperaturas globales aumentan en 4 °C.

National Geographic

El límite sur de los bosques templados también está cambiando. Los bosques de roble están desapareciendo de forma gradual en las regiones de bosque–estepa y estepa debido principalmente a sequías estivales. En contraste, alrededor del lago Baikal, los bosques de pino están avanzando hacia ecosistemas de estepa por el aumento en las precipitaciones. De esta forma, la frontera sur está cambiando por diferencias en los niveles de humedad más que por el aumento en la temperatura.

Los bosques rusos ocupados por especies particulares de árboles han cambiado en las décadas recientes, y los científicos creen que esto se debe en gran medida al calentamiento global. Por ejemplo, los bosques de roble han disminuido en las regiones del Sur, pero están ganando territorio en el Norte, específicamente en el límite entre los bosques caducifolios y la taiga septentrional.

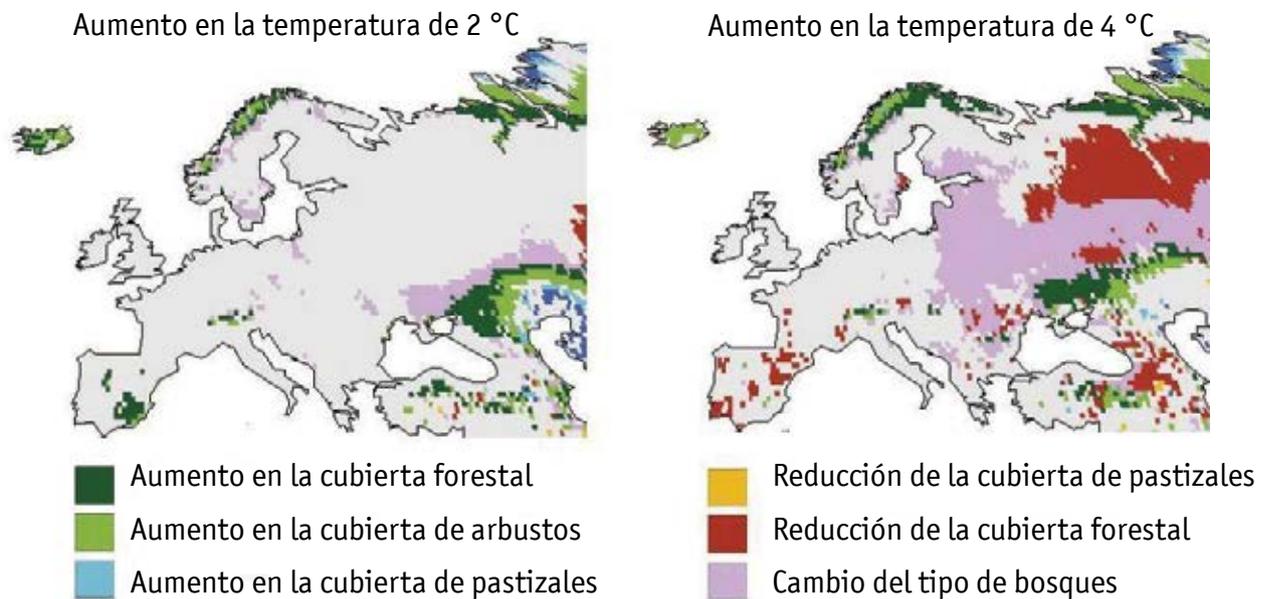
El bosque de abeto rojo (Fig. 2.3.6) está en retirada en casi todas las regiones de Rusia. El sistema de raíces de estos árboles se encuentra cercano a la superficie, lo que los hace muy sensibles al aumento en la frecuencia y la duración de las sequías. Al mismo tiempo, en muchos lugares de Rusia aumentan las superficies de bosques de abedul. Este fenómeno es bien conocido por los especialistas y se debe a que, después de un incendio o la tala de coníferas, el abedul y otras especies caducifolias pequeñas emergen inicialmente en el lugar; debe transcurrir cierto tiempo antes de que aparezcan los renovales de coníferas y comiencen a desplazar al abedul, al álamo y al aliso. Sin embargo, en décadas recientes, esta última etapa no ha ocurrido: las coníferas parecen incapaces de recuperar el terreno perdido frente al bosque de abedul.

Fig. 2.3.6. Bosque de abeto rojo.



La mayoría de los pronósticos adelanta que los bosques de las regiones norte de Eurasia y Norteamérica se verán más afectados por el cambio climático que ningún otro en el mundo, ya que sus límites norte y sur están desplazados. Un aumento de 2 °C en la temperatura causará un incremento en la superficie total de cobertura boscosa en Europa debido al avance de la taiga hacia actuales zonas de tundra. No obstante, un aumento de 4 °C hará que el límite sur del bosque se retire en dirección al norte, y este efecto será mayor que el avance hacia la tundra. (Fig. 2.3.7).

Fig. 2.3.7. Pronóstico de los cambios en la cobertura boscosa en Europa para 2100, asumiendo un calentamiento global de 2 °C y 4 °C.



La deforestación generada por el cambio climático afectará a casi toda Europa Oriental y Siberia Occidental. Esta es una proyección preocupante que muestra cuán serio sería el fenómeno de desaparición de los bosques si los peores escenarios del cambio climático se hicieran realidad.

Destrucción de los bosques por incendios, plagas y clima extremo

Otra gran amenaza para los bosques que se asocia al cambio climático proviene de los incendios a gran escala y las plagas provocadas por el calor del verano. Las altas temperaturas y los fenómenos climáticos extremos suelen ser directamente responsables de la destrucción de los bosques.

Los incendios forestales normalmente son provocados de manera accidental por las personas, pero pueden consolidarse solo en ciertas condiciones, en concreto, cuando el clima es caluroso y seco durante un determinado número de días o semanas. En estas circunstancias, el suelo del bosque, compuesto de hojas muertas, agujas de pino, pequeñas ramas, musgo, líquenes y sotobosque, se seca y prende rápidamente, por lo que el fuego se puede propagar a través de grandes distancias. Esto se denomina un fuego de superficie.

Cuando el incendio se extiende en bosques de coníferas suele alcanzar la copa de los árboles. Las agujas de pino, así como sus pequeñas ramas, en conjunto con las de abeto blanco, contienen muchas sustancias resinosas por lo que los árboles vivos pueden arder con facilidad. Un fuego de copas es el más peligroso y destructivo ¡Y puede llevar a la pérdida completa de un bosque! (Fig. 2.3.8)

Los incendios causan gran daño a los bosques: mueren muchos árboles, su crecimiento se detiene, la variedad disminuye y se facilita la propagación de plagas de insectos. A medida que el clima cambia, el peligro de incendios forestales aumenta porque las altas temperaturas secan la madera más rápido. Además, se prolonga la temporada de calor del año, que es cuando estos incendios pueden ocurrir.

Fig. 2.3.8. Incendio forestal.



El verano de 2010, que fue inusualmente caluroso en la parte central de Rusia europea, debilitó a las coníferas, que están acostumbradas a condiciones muy diferentes. Estos árboles con fuerza disminuida son presa fácil para diversos tipos de insectos que viven bajo las cortezas. En años con temperatura y humedad normales, la población de dichos insectos está controlada por otras especies (insectos y aves depredadoras), pero si la cantidad de escarabajos de la corteza crece mucho ;grandes extensiones de bosque pueden morir! Los bosques secos pierden en primer lugar las agujas, y luego las cortezas. Diferentes tipos de hongos que atacan la madera trabajan en las raíces y estas eventualmente no pueden sostener a los árboles. En ese momento, vientos fuertes pueden derribar a los árboles uno tras otro (Fig. 2.3.9). Primero, se van del bosque las aves y luego las ardillas, pues ya no pueden recolectar conos. Entonces las martas se desplazan a lugares donde puedan conseguir mejor caza. El suelo verde del bosque, hecho de lirios del valle y oxalis, que florecen gracias a la protección que ofrecen los árboles de la luz directa del sol, se reemplaza por matorrales de carrizos, arbustos de frambuesa y ortiga. En resumen ;cambia la gama completa de especies!

Pero no todo está perdido: las especies desplazadas pueden regresar. Como ocurre después de un gran incendio, el bosque de abetos puede restablecerse por completo luego de 100 o 200 años, siempre y cuando dicho bosque haya permanecido intacto y con todos sus habitantes en otra parte, además de no haber sufrido fluctuaciones anormales de temperatura.

Otros eventos climáticos extremos – como la fuerza de vientos huracanados y los tornados – pueden destruir los bosques con tanta efectividad como las sequías, derribando a los árboles con el viento (Fig. 2.3.10). Las lluvias intensas también pueden hacer mucho daño arrastrando el suelo o matando árboles por la acumulación prolongada de agua. Las fuertes caídas de nieve húmeda y la formación de hielo a gran escala también pueden dañar a los árboles; mientras que los granizos deterioran la corteza de las ramas, debilitándolos y secándolos.

Fig. 2.3.9. Abetos caídos después de la sequía de 2010.



En junio de 2010, Kostroma y sus regiones cercanas, en Rusia, experimentaron vientos huracanados de hasta 70-90 km/h. Las casas y los edificios se dañaron, el tendido eléctrico quedó destruido y los árboles caídos causaron accidentes en ciudades y pueblos. Hubo daños considerables a las plantaciones forestales de la zona (Fig. 2.3.10). Los investigadores de la Universidad del Estado de Kostroma estiman que se destruyeron 21.000 hectáreas de bosque.

Fig. 2.3.10. Las consecuencias de los vientos huracanados en la región de Kostroma.



La historia de las glaciaciones y las actuales pruebas y proyecciones científicas demuestran que los bosques y otros ecosistemas naturales pueden adaptarse a las más variadas condiciones climáticas; pero esta adaptación se relaciona principalmente con la migración, es decir, con los cambios en los límites de las zonas naturales y los tipos de vegetación. Durante períodos de glaciación, los bosques solo sobrevivieron en regiones relativamente pequeñas, mientras que vastas extensiones de Eurasia se cubrieron de tundra y tundra-estepa. Cuando las temperaturas aumentaron, el bosque volvió a ser el tipo de vegetación dominante. Pero el calentamiento del clima en la actualidad está ocurriendo demasiado rápido y amenaza con generar cambios –ya no graduales sino catastróficos– en los tipos de vegetación, producto de la desecación a gran escala de los bosques con un aumento considerablemente del riesgo de incendios forestales.

Por ese motivo es muy importante impedir que el calentamiento global llegue a extremos ¡y trabajar en pro de una estabilización gradual del cambio climático en el planeta!

¿Cómo afectan los bosques al clima?

Ya sabemos cómo afecta el clima y el cambio climático a los bosques, pero esta es una relación que funciona en ambas direcciones: ¡Los bosques también ejercen un impacto sobre el clima!

Por ejemplo, los bosques verdes modifican la manera en que la superficie de la Tierra refleja la luz solar, influyendo en la cantidad de calor que absorbe el planeta. La diferencia de temperatura

entre las zonas boscosas y las que no lo son es particularmente notoria en invierno. Los rayos solares se reflejan en las regiones sin árboles cubiertas por nieve, pero los espacios oscuros de los bosques boreales reflejan menos luz y absorben más.

Los bosques ayudan a mantener la humedad del suelo y afectan la evaporación, haciendo que el clima sea más agradable y menos seco.

La cubierta de nieve permanece más tiempo en los bosques, disminuyendo los cambios de temperatura bruscos que ocurren en primavera y reduciendo el riesgo de inundaciones causadas por los ríos.

Pero lo que hace a los bosques particularmente importantes para el clima es el ciclo del carbono. El dióxido de carbono liberado a la atmósfera por la quema de combustibles fósiles es la principal causa del calentamiento global que experimentamos en la actualidad. Los bosques juegan un papel crucial al absorber el dióxido de carbono de la atmósfera y retener el carbono en forma de diversas sustancias orgánicas.

Puede que sepas que las plantas verdes absorben dióxido de carbono y producen oxígeno. Este proceso se llama fotosíntesis y funciona gracias a la energía que provee la luz del sol. Los bosques constituyen una alta concentración de plantas verdes (árboles, arbustos, hierba) y generalmente se cree que son vitales para enriquecer nuestra atmósfera con oxígeno. Con frecuencia escuchamos el término “los pulmones verdes del planeta” en la televisión y los diarios para hacer referencia a los bosques. La absorción de dióxido de carbono y la emisión de oxígeno son dos caras de un solo proceso de fotosíntesis, lo que llevaría a pensar que los bosques deben remover el dióxido de carbono de la atmósfera; pero no es tan simple.

Para entender el proceso de intercambio de dióxido de carbono entre el bosque y la atmósfera necesitamos saber cómo este almacena carbono, elemento que al unirse con oxígeno forma el dióxido de carbono. Todas las sustancias orgánicas contienen carbono. Por ejemplo, casi la mitad del peso seco de la madera corresponde a dicho elemento.

¿Qué es un reservorio de carbono?

Cualquier parte del ecosistema que contenga grandes cantidades de materia orgánica es un almacén de carbono. Los científicos llaman a estos almacenes “**reservorios de carbono**”. Existen cuatro grandes reservorios de carbono en el ecosistema de un bosque: 1) la fitomasa (el peso de las plantas vivas); 2) la madera muerta; 3) la hojarasca (hojas y ramas muertas sobre el suelo del bosque); y 4) la materia orgánica del suelo.

El **reservorio de biomasa** consiste en las plantas vivas: troncos, ramas, raíces, hojas y espinas de árboles y arbustos; y hojas y raíces de hierba y musgo (Fig. 2.3.11). Como regla, los troncos de los árboles dan cuenta de la mayor parte de la fitomasa, pero el musgo también es importante en los bosques boreales del Norte y aquellos de pino de pantano.

Fig. 2.3.11. La madera de los troncos corresponde a la mayor parte del reservorio de carbono en la fitomasa.



El **reservorio de madera muerta** consiste en árboles y raíces muertas. La muerte de los árboles en los bosques es denominada "**decaimiento**" y ocurre de forma natural a medida que los árboles, al crecer, compiten por la luz solar. Los más grandes dejan a los más pequeños en las sombras y estos gradualmente se marchitan porque no reciben la luz suficiente como para hacer fotosíntesis. Esta es la razón por la cual los bosques jóvenes son más densos que los antiguos. Pero el decaimiento puede ocurrir en muchas otras situaciones: incendios forestales, sequías, plagas, y también por la contaminación causada por el hombre. En bosques que están afectados por una o varias de estas situaciones, el reservorio de carbono de madera muerta puede exceder a aquella de madera viva.

La hojarasca está compuesta de fragmentos relativamente pequeños de materia orgánica situada sobre la superficie del suelo. (Fig.2.3.13). Consiste sobre todo en hojas secas, agujas de pino, pequeñas ramas secas, pétalos de flores, conos y otros fragmentos que caen de las plantas vivas. En los bosques perennifolios, la reposición del **reservorio de hojarasca** es más intensa durante la caída de las hojas en otoño, mientras que en los bosques boreales ocurre de manera más pareja a través de todas las estaciones.

El reservorio del suelo forestal contiene cantidades significativas de carbono. El suelo es una mezcla de minerales y de materia orgánica, principalmente "**humus**" que es una sustancia oscura creada por la degradación gradual de residuos vegetales (hojarasca, madera y raíces muertas). El carbono corresponde al 58% de la composición del humus, un porcentaje mayor que en la fitomasa. Mientras más oscuro sea el suelo, más carbono contiene (Fig. 2.3.14).

En los bosques boreales, la fitomasa contiene 21% del carbono total; la madera muerta, un 4%; la hojarasca, un 3%; y un 72% se encuentra en el suelo. De esta forma, en estos bosques el carbono se concentra en el suelo.

Estas proporciones son bastante diferentes en los bosques tropicales, donde la materia orgánica viva y muerta da cuenta del 50% del carbono.

¿Por qué es tan grande esta diferencia? En los bosques boreales, la mayor parte de las plantas muertas son degradadas por hongos y bacterias. Como se trata de un proceso lento, los troncos de los árboles grandes tardan muchas décadas en desaparecer. Por ese motivo, el bosque acumula grandes reservas de materia orgánica muerta –madera muerta, hojarasca y humus del suelo. Por otro lado, gran parte de la hojarasca y la madera muerta de los bosques tropicales es consumida por animales, especialmente termitas. Esto acelera la tasa de descomposición y reduce la contribución de materia orgánica muerta a la cantidad total de carbono del ecosistema.

Fig. 2.3.12. Los árboles muertos son parte del reservorio de carbono de madera muerta.



Fig. 2.3.13. El reservorio de carbono de hojarasca aumenta cuando caen las hojas en el otoño.



Fig. 2.3.14. Si el suelo es oscuro, significa que contiene mucho carbono.



Presupuesto de carbono

Ahora que sabemos todo sobre los reservorios de carbono en los ecosistemas boscosos, veamos cómo estos se conectan entre ellos y con la atmósfera (Fig. 2.3.15). Los científicos llaman a este sistema de conexiones un “**presupuesto de carbono**” porque es similar al presupuesto financiero de un país, una empresa o una familia, donde aquello que entra (ingresos) debe coincidir con lo que sale (gastos).

La única “partida de ingreso” en el ecosistema del bosque es la fotosíntesis. La suma de las fotosíntesis crea la sustancia orgánica. Los primeros consumidores son las propias plantas: al respirar, consumen cerca de la mitad de lo que genera la fotosíntesis y luego liberan carbono hacia la atmósfera. La materia restante se llama “fotosíntesis neta” y reabastece el reservorio de fitomasa.

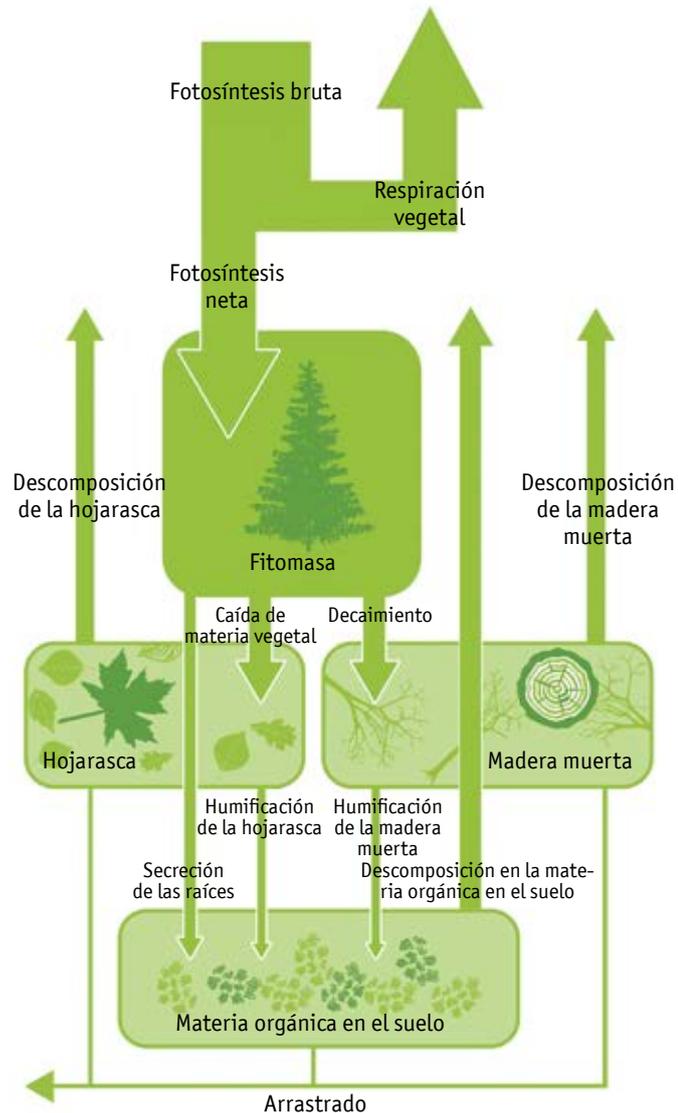
Los diversos organismos que habitan los bosques consumen la sustancia viva de las plantas: las orugas y otros insectos se alimentan de las hojas de los árboles; las aves y los roedores recolectan frutas y semillas y los animales con pezuñas comen hierbas y ramas verdes.

En la taiga y en los bosques templados, gran parte de la vida vegetal perece de manera natural (cuando una planta se marchita y muere completamente o cuando bota sus hojas y pequeñas ramas) y es consumida por los hongos y las bacterias (Fig. 2.3.16). Esto reabastece los reservorios de carbono de madera muerta y hojarasca.

Cuando los hongos y las bacterias respiran, el carbono de la materia orgánica se une al oxígeno y regresa a la atmósfera como dióxido de carbono. Esto ocurre a medida que la madera muerta y la hojarasca se descomponen. Una pequeña parte de estas reservas se transforma en humus y reabastece el reservorio de carbono del suelo (este proceso se llama **humificación**). El carbono también ingresa al suelo desde las plantas vivas en la forma de sustancias orgánicas secretadas por las raíces.

La materia orgánica del suelo también es degradada por los hongos y las bacterias, lo que causa la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera. Una parte de este carbono es arrastrado del ecosistema por las aguas subterráneas y superficiales: debes haber visto a las hojas del otoño siendo llevadas por los arroyos del bosque.

Fig. 2.3.15. El presupuesto de carbono de un ecosistema boscoso.



Los bosques que contienen muchos árboles maduros y antiguos absorben la misma cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera que aquel que liberan. Los reservorios de carbono en estos bosques se mantienen constantes a través del tiempo. Son como piscinas: están llenas hasta el borde y son incapaces de recibir más, solo que en este caso están llenas de carbono y no de agua. Pero esto no quiere decir que los bosques antiguos no cumplan un rol en la regulación de la composición de gases de la atmósfera. El punto es que ellos ya no absorben activamente, sino que se han transformado en los guardianes del carbono “almacenado”, es decir, aquel que ya no contribuye al efecto invernadero.

El presupuesto de carbono de los bosques jóvenes que se encuentran creciendo es diferente al de los bosques maduros. Los jóvenes acumulan carbono removiéndolo de la atmósfera y este se acumula en reservorios. De esta forma, solamente los bosques jóvenes merecen ser llamados los “pulmones verdes” del planeta.

Fig. 2.3.16. El hongo yesca descompone la madera muerta y devuelve el carbono a la atmósfera.



Diferencias en el impacto de los bosques sobre la atmósfera

Hemos visto como los bosques de renovales y los antiguos funcionan de manera diferente: los renovales, que están creciendo, absorben el dióxido de carbono de la atmósfera y así, pueden compensar parcialmente las emisiones de este gas que se generan por la combustión de carbón, gas y petróleo. Los bosques maduros, por otra parte, almacenan enormes cantidades de carbono enlazado, evitando la formación de dióxido de carbono que contribuiría al efecto invernadero. Por lo tanto, si queremos utilizar los bosques para evitar el cambio climático, necesitamos:

- 1) plantar bosques nuevos, donde no los había antes;
- 2) cuidar los bosques existentes.

En países desarrollados (Estados Unidos, la Unión Europea, Rusia y otros) existen muchos bosques jóvenes que absorben el dióxido de carbono de la atmósfera. La economía en estos países ya está completamente formada y los bosques no se están cortando para fomentar industrias. En décadas más recientes, además, muchos países (Estados Unidos, Canadá, la Unión Europea y otros) están estimulando a los terratenientes para que planten árboles.

Ya que los bosques boreales y templados crecen y absorben el carbono durante varias décadas, y a veces incluso cientos de años, el carbono actualmente se está acumulando gracias a la renovación de los bosques en muchos lugares donde la cubierta se redujo considerablemente durante la industrialización del último siglo. La reforestación con pino a lo largo de la costa pacífica de Canadá es un ejemplo notable de este fenómeno (Fig. 2.3.17). A comienzos del siglo XX, este territorio estaba cubierto de enormes bosques de coníferas poblados de abetos de Douglas y cedro

Fig. 2.3.17. Este tocón gigantesco en un bosque del oeste de Canadá es evidencia de la intensa tala registrada durante la primera parte del siglo XX.



rojo, algunos de los cuales medían hasta 80–90 m. A mediados del mismo siglo, estos árboles habían sido talados y aún se pueden ver los gigantescos tocones, de más de 2 m de diámetro, de aquellos que cayeron. Desde entonces, en Canadá se han adoptado leyes ambientales estrictas que permiten la renovación de los bosques en antiguas áreas de tala.

La situación es muy diferente en los países en desarrollo, especialmente en Sudamérica, el Sudeste Asiático y Oceanía. La población y la economía de estos países está creciendo rápidamente por lo que se necesita cada vez más terreno para fines agrícolas, industriales, urbanos y viales. Estos terrenos se consiguen principalmente a partir de la destrucción de bosques tropicales, y no se están plantando nuevos como para absorber el dióxido de carbono. Una fotografía tomada en la zona tropical de Argentina (Fig. 2.3.19) muestra el comienzo de la destrucción del bosque. El terreno pertenecía inicialmente a la Armada, pero fue transferido al gobierno local a principios de 2000. Este gobierno permitió el desarrollo agrícola de la zona, debido a lo cual los árboles comenzaron a caer.

La deforestación está ocurriendo a gran velocidad en algunas regiones tropicales. En Papua, Nueva Guinea, cerca del 15% de la selva se ha talado en tan solo 30 años (desde 1972 hasta 2002) (Fig. 2.3.18) y la calidad de otro 9% de la jungla del país se ha deteriorado de manera considerable. Como resultado, las emisiones de gases de efecto invernadero en Nueva Guinea se han más que duplicado en un período de 30 años.

Aproximadamente el 10% de todo el dióxido de carbono que se emite actualmente hacia la atmósfera debido a la acción humana proviene de la destrucción de los bosques tropicales. Las Naciones Unidas están discutiendo la creación de un sistema global para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la deforestación en países en desarrollo. Se están estableciendo proyectos internacionales bilaterales para preservar los bosques tropicales (un ejemplo es un acuerdo establecido entre Australia e Indonesia).

Por otro lado, algunos países en desarrollo como China, India y Costa Rica, tienen sus propios programas para aumentar su superficie boscosa. Sin embargo, en general, la rápida descarga de los reservorios de carbono debido a la destrucción de los bosques tropicales sigue siendo una gran preocupación.

Fig. 2.3.18. Pérdida de la cubierta boscosa en la isla de Bougainville (Papua Nueva Guinea), 1972-2002.

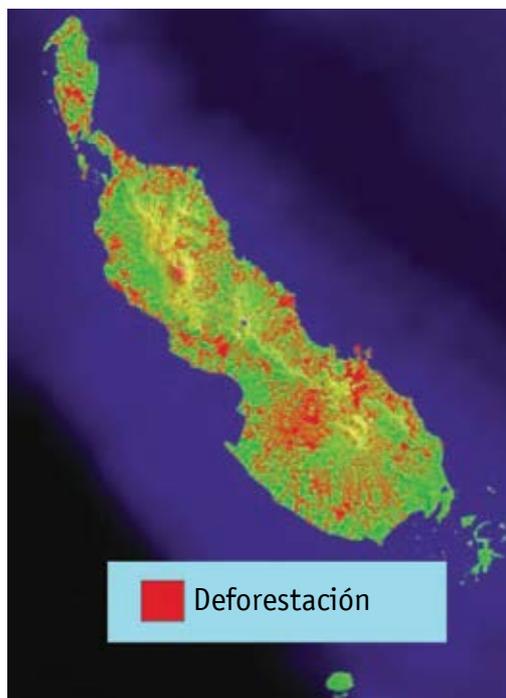


Fig. 2.3.19. Antigua región forestal en Argentina (provincia de Iguazú).



La desaparición de los bosques tropicales

Las selvas tropicales están dentro de los ecosistemas más importantes del mundo debido a la riqueza de su biodiversidad. Además, son una fuente de madera, de alimentos y de materia prima para medicamentos, aparte de que juegan un importante rol en la regulación del clima de la Tierra. La desaparición de estos bosques lleva a la pérdida de la capa vegetal fértil y de la biodiversidad, así como a una perturbación del equilibrio ecológico a lo largo de enormes regiones del planeta.

A pesar de todos los esfuerzos hechos hasta ahora, estos bosques siguen desapareciendo muy rápido, particularmente en Sudamérica y África. Entre 2005 y 2010, se perdieron cerca de 3,6 millones de hectáreas en Sudamérica y 3,4 millones de hectáreas en África.

En la actualidad, las selvas tropicales cubren solo el 5% de la superficie de la Tierra, en comparación con el 12% que representaban hace 100 años. Cada año, se tala o quema un área boscosa superior al total de la superficie de Inglaterra (130.000 km²).

Una de las principales causas de la deforestación es la transformación de los bosques en terrenos agrícolas para alimentar a una población mundial creciente. Las selvas frecuentemente se reemplazan por plantaciones de café, palma de coco o árboles de caucho. Las operaciones mineras sin control son otra amenaza para las selvas tropicales de Sudamérica.

Una destrucción de esa magnitud de los bosques puede ser irreversible. Si se tala solo una pequeña superficie, el bosque podrá retornar luego de algunos años; pero si la superficie es extensa, puede que no se recupere nunca. Las lluvias intensas removerán nutrientes esenciales para el suelo y el sol quemará la capa superior, por lo que ahí solo podrán crecer hierbas.

¿Qué se puede hacer para salvar a los bosques? En primer lugar, se debe estimular a los países pobres con vastas regiones de bosque tropical (principalmente Perú, Ecuador e Indonesia) a buscar otras actividades económicas que no involucren su destrucción. De no ser así, la tala de árboles continuará con el objetivo de mantener la producción minera y alimenticia.

Recientemente, Ecuador pidió a otros países de las Naciones Unidas 3.600 millones de dólares estadounidenses para la preservación de 4.000 km² de bosques tropicales, pero no recibió una respuesta clara. El Gobierno entonces permitió la destrucción del bosque para destinar la tierra a la producción de petróleo.



¿Cómo gestionar el equilibrio de carbono de los bosques?

El equilibrio de carbono depende de muchos factores, entre los cuales los más importantes son el impacto humano, los desastres (incendios forestales, plagas y otros) y el cambio climático. Sin embargo, es posible manejar este equilibrio; si se reduce la tala para obtener madera y para otros fines, los bosques podrán absorber más carbono de la atmósfera.

Un proyecto de este tipo se está llevando a cabo por parte del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) en el extremo oriente de Rusia. Su objetivo es detener la tala a gran escala de los bosques caducifolios y de cedro en la cuenca del río Bikin, donde solo los habitantes locales podrán extraer madera (Fig. 2.3.20). El proyecto está estimulando a los residentes a desarrollar formas tradicionales de manejo forestal, como la recolección de piñones, bayas, hongos, helchos y hierbas.

También es vital reducir el daño causado por los incendios forestales, la mayoría de los cuales se debe a la conducta descuidada de personas que no apagan totalmente las fogatas en los picnics, dejan colillas de cigarrillos mal apagadas en la hojarasca o en líquenes, u otras, que terminan haciendo arder la hierba seca (Fig. 2.3.21). Todos hemos sido advertidos sobre la importancia de “proteger el bosque de los incendios”, pero dicha advertencia cobra un nuevo sentido de urgencia al enfrentarnos al cambio climático. Si puedes enseñar a tus amigos a no quemar hierba ni hacer fuego con el pasto seco del verano, y a apagar cuidadosamente las fogatas de sus campamentos ¡estarás contribuyendo en prevenir el cambio climático!

Fig. 2.3.20. Bosque caducifolio de cedro en la cuenca del río Bikin.



Fig. 2.3.21. Quema de pasto seco, incendiado por personas.



Preguntas

1. ¿Qué es la taiga o el bosque boreal?
2. ¿Qué árbol predomina en la taiga de Siberia Oriental y por qué?
3. ¿Cómo ha cambiado el límite del bosque-tundra en las décadas recientes y por qué?
4. ¿Cómo afectará a los bosques un aumento de la temperatura de 4 °C antes del fin de este siglo?
5. ¿Cómo afectan las actividades humanas a los bosques?
6. ¿Cuáles son los principales reservorios de carbono en los ecosistemas boscosos?
7. ¿Pueden respirar las plantas?
8. ¿Qué organismos degradan los residuos de las plantas muertas?
9. ¿Los bosques maduros y antiguos pueden remover el exceso de dióxido de carbono de la atmósfera?
10. ¿Por qué los bosques tropicales están perdiendo sus reservorios de carbono?



Actividades

Actividad 1. Experimento

Objetivo del experimento: Descubrir qué árboles y arbustos son más sensibles al aumento en la temperatura.

Materiales: Ramas de árboles (antes de que aparezcan las hojas), vasos con agua.

Procedimiento. Este experimento se realiza unas cuantas semanas antes de que se derrita la nieve en la región donde vives. Corta algunas ramas de varios árboles y arbustos (abedules, olmos, sauces, álamos, arces) en el exterior. Pon las ramas en vasos con agua y obsévalas de manera regular. Toma nota de cómo crecen los botones, cuándo lo hacen y cómo crecen las hojas. Además, registra cómo se desarrollan los botones en los árboles que están afuera. Después de que las hojas hayan aparecido en los árboles exteriores, haz un gráfico que muestre el crecimiento de botones y hojas afuera y adentro. Deberías descubrir cuáles son las especies más sensibles a un ambiente cálido (cuáles reaccionan más rápido al calor).

Actividad 2. Experimento

Objetivo del experimento: Descubrir qué árboles contienen más carbono en su madera.

Materiales: Trozos de diferentes tipos de madera (roble, abeto, abedul, álamo y otros), una regla, balanzas.

Procedimiento. Mide cada trozo de madera para calcular su volumen (multiplica la longitud por el ancho y por la altura) y pévalo. Divide el peso de cada trozo por su volumen para descubrir cuántos gramos pesa un trozo de madera con lados que midan 1 cm. Divide este resultado por 2, y ese será el peso del carbono en esa pieza de madera. Discute el resultado y decide qué especies tienen mayor reserva de carbono. Puedes evaluar qué especie es mejor plantar para reducir el efecto invernadero.

Actividad 3. Experimento

Objetivo del experimento: Comparar la cantidad de oxígeno y dióxido de carbono emitido por plantas en condiciones de luz y oscuridad.

Materiales: Dos recipientes de vidrio grandes con tapas herméticas y agua adentro (alrededor de un tercio del volumen de cada recipiente), esquejes de plantas con hojas grandes, una tablilla, fósforos.

Procedimiento. Ubica un esqueje dentro de cada recipiente y ciérralo. Coloca un recipiente en un lugar tibio y luminoso, y cubre el otro con una tela que no deje pasar la luz. Luego de 1–2 días, utiliza la tablilla encendida con los fósforos para ver en cuál recipiente la llama arde con más fuerza: haz esto inmediatamente después de remover la tapa y hasta que se haya disipado el gas del envase. Observa el fuerte destello de la llama en la tablilla que pusiste en el recipiente “iluminado” justo después de remover la tapa, y observa también cómo se atenúa la llama cuando ubicas la tablilla en el recipiente “oscuro”. La conclusión es que la planta produce más oxígeno que dióxido de carbono cuando está bajo la luz, pero más dióxido de carbono que oxígeno en la oscuridad.



2.4. | ¿Cómo afecta el cambio climático ...a los recursos hídricos?

El agua en el mundo natural

El agua ocupa un lugar especial entre la gran cantidad de compuestos químicos que se encuentran en nuestro planeta. Fluye desde los grifos, la hervimos en la cocina y llena nuestros ríos, lagos y océanos.



El agua se encuentra en distintos estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso. Cuando la temperatura ambiental es menor a 0 °C, el agua líquida se congela y pasa a un estado sólido, convirtiéndose en hielo. El agua sale de los grifos en estado líquido y el flujo de vapor que emerge de los calentadores es agua en su estado gaseoso. Curiosamente, el agua que forma las nubes muchas veces se encuentra en los tres estados de la materia al mismo tiempo y eso determina las distintas formas que adoptan las nubes.

Fig. 2.4.1. Nubes noctilucentes en Suecia.

Las nubes noctilucentes son un tipo de formación atmosférica particular y hermoso. Se encuentran a una altura de 76–85 km sobre la tierra y se forman solo de cristales de hielo, dando lugar a su apariencia fantástica. Estas nubes solo se pueden ver durante la noche en las latitudes polares, cuando el Sol ha caído por debajo de la línea del horizonte y las ilumina.



La ciencia que estudia el agua se llama **hidrología**. Se piensa que los antiguos egipcios realizaron los primeros estudios hidrológicos hace unos 5.000 años en el río Nilo: midieron la altura de las inundaciones estacionales marcando las paredes de los edificios, las rocas o los escalones para bajar al río.

Si no hubiese agua en nuestro planeta, no existiría vida: muchos tipos de plantas y animales están compuestos mayoritariamente de agua. Por ejemplo, el cuerpo humano es, en promedio, un 60% agua. Este porcentaje depende de la edad; el cuerpo de un recién nacido es 86% agua, pero el de una persona mayor, solo 50%. Es muy importante que la gente beba agua en cantidades suficientes; una persona puede vivir sin alimento casi un mes, pero solo puede sobrevivir sin agua entre 3 y 10 días.

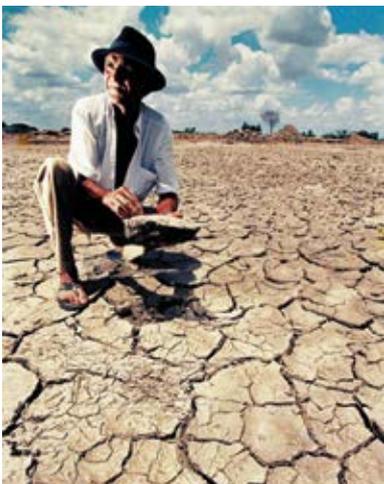
Toda el agua que existe en la Tierra, que se consume o que puede ser consumida por los seres humanos se llama, en conjunto, "recursos hídricos". Esto incluye toda el agua de ríos, lagos, canales, reservas, mares y océanos, aguas subterráneas, humedad en los suelos, agua congelada (hielo) en los glaciares montañosos y los casquetes polares, incluso el agua en estado gaseoso en la atmósfera.

Más del 97% de toda el agua en el planeta está en los océanos y los mares. El agua del océano es salada y no apta para ser consumida. Menos del 1% del volumen total de agua en el planeta es agua dulce, la que se encuentra en ríos, lagos, arroyos y otros cuerpos de agua en la superficie de la Tierra. No pareciera ser mucha, pero existe otra gran reserva de agua dulce: los glaciares y los casquetes polares de la Antártida y Groenlandia. Estos dan cuenta de casi 2% de toda el agua de la Tierra; es decir, ocho veces más que toda el agua de ríos y lagos combinados.



Uno de los desafíos ambientales más importantes que enfrentamos actualmente es proteger las reservas de agua dulce del planeta: ¡sin estas reservas, los seres humanos no sobreviviremos!

Los problemas de escasez de agua se han agudizado debido al cambio climático global y al aumento en la demanda de alimentos e higiene por parte de la población mundial en alza. Desde los inicios del siglo XX, el número de habitantes del mundo ha subido de 1.600 millones a 7.200 millones, es decir, ¡un incremento de 4,5 veces! El consumo de agua en la mayoría de los países ha crecido en las últimas décadas debido al rápido crecimiento demográfico, a los cambios en los estilos de vida y al desarrollo de la producción agrícola. Alrededor del 70% del agua dulce que consumen las personas se usa para regar cultivos. Los expertos de las Naciones Unidas estiman que para 2050, casi el 90% de los recursos de agua dulce del planeta se destinarán a la producción de alimentos.



Los expertos de la ONU también nos advierten sobre la desigualdad en la distribución del agua apta para beber entre los continentes: Asia alberga casi el 60% de la población mundial; sin embargo, tiene solo una tercera parte de los recursos hídricos del mundo. Según la Organización Mundial de la Salud, casi 800 millones de personas en el mundo (40% de ellos en África) no tienen acceso a agua potable.

La ONU adoptó, en septiembre de 2015, 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas asociadas, entre las que se incluye la siguiente: "Para 2030, lograr acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos".

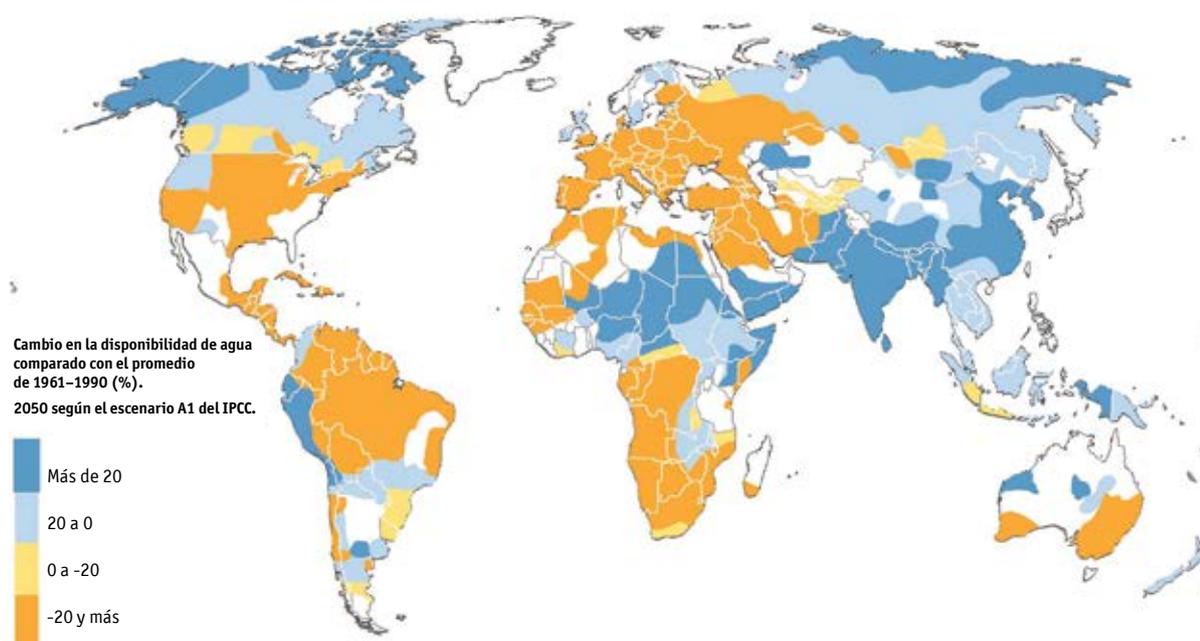
¿Cómo afecta el cambio climático a los recursos hídricos?

Todas las fuentes de agua dulce de la Tierra (ríos, lagos, pantanos, nieve, glaciares, aguas subterráneas) se relacionan estrechamente con el clima. De cierto modo, todas son producto del clima, aunque, por supuesto, todas dependen de los distintos componentes del mundo natural.

Ya sabemos que el calentamiento del clima probablemente provocará, en muchas partes del mundo, un aumento en la frecuencia de las precipitaciones intensas, ocasionando inundaciones desastrosas. Por el contrario, en otras zonas, se pronostica que las lluvias disminuirán a tal extremo que generarán graves sequías con más frecuencia. Lamentablemente, las regiones donde el clima ya es muy húmedo profundizarán esta condición, mientras que las regiones secas, especialmente en la zona mediterránea de los continentes, sufrirán aún más el efecto de las sequías.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático advierte que la escasez de agua producto del cambio climático afectará principalmente a las regiones áridas del mundo. El efecto será más notorio en los países del Mediterráneo, el oeste de Estados Unidos, Sudáfrica y el norte de Brasil.

Fig. 2.4.2. Cambio en la disponibilidad de agua en 2050 comparado con el promedio de 1961-1990.



El cambio climático también afectará de manera significativa a los glaciares y la cubierta de nieve. Los satélites meteorológicos muestran que el área cubierta de nieve en el hemisferio norte ha disminuido considerablemente en los últimos 40 años. La reducción más dramática en las zonas montañosas se observa en la parte occidental de América del Norte y en los Alpes suizos, principalmente a bajas altitudes.

Fig. 2.4.3. *Satélite meteorológico.*

Los **satélites meteorológicos** fabricados por el hombre se ponen en la órbita del planeta para obtener datos meteorológicos, los que se usan para pronosticar el tiempo atmosférico y realizar observaciones sobre el clima. Otros satélites pueden transmitir señales de TV, operar sistemas de navegación de vehículos y muchas cosas más.



Los cambios en la cantidad y el ciclo de las precipitaciones, los deshielos de los glaciares de montaña y el aumento general de la temperatura del planeta han modificado el caudal de los ríos. Por lo general, este flujo cambia de una estación a otra, pero hay ciertos patrones a largo plazo. El cambio climático está afectando el funcionamiento natural de los ríos y los resultados pueden ser desbordamientos masivos que inunden asentamientos ribereños o sequen algunos cauces. En latitudes templadas, los ríos se están congelando tardíamente y pierden el hielo antes. Es fundamental que estos cambios sean considerados en la planificación económica dada la importante función que cumplen los ríos en muchos países como vías de transporte de bienes y pasajeros, fuente de energía hidroeléctrica y fuentes de agua dulce para beber y para riego.



Una **cuenca de drenaje** es una zona donde toda el agua subterránea y de superficie fluye hacia un cuerpo de agua en particular, incluyendo sus tributarios.

Fig. 2.4.4. *La cuenca de drenaje más grande del mundo se encuentra en Sudamérica, en el río Amazonas, con una superficie que abarca 7 millones de km².*

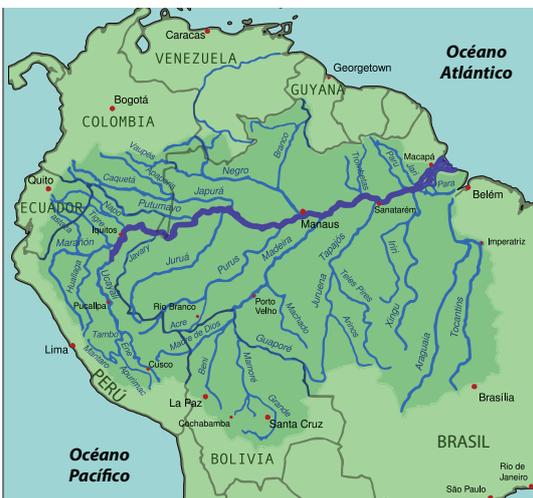




Fig. 2.4.5. El río Nilo es el más largo del mundo.



Fig. 2.4.6. La reserva de agua dulce más grande de la Tierra es el lago Baikal.



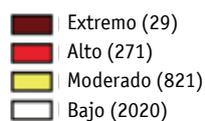
Los países con el mayor suministro de agua dulce en el mundo son Brasil (el río más grande del mundo, el Amazonas, fluye a lo largo de todo su territorio), seguido por Rusia y Canadá. Sin embargo, la distribución del suministro de agua dulce mundial es muy desigual. Cerca de 700 millones de personas en 43 países sufren actualmente de escasez de agua. Incluso en países con agua suficiente, como Brasil o Rusia, existen zonas que ya están experimentando estrés hídrico (Fig. 2.4.8). Esta "injusticia" natural seguirá aumentando con el tiempo debido al cambio climático. Las regiones que actualmente sufren de escasez de agua se volverán aún más secas (Fig. 2.4.2 y 2.4.7).

Fig. 2.4.7. Proyección de disminución del suministro de agua en los condados de Estados Unidos: (a) sin los efectos del cambio climático y b) con los efectos proyectados del cambio climático.

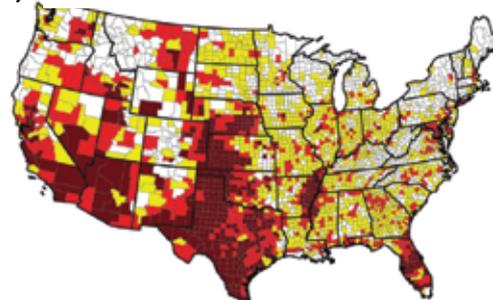
a) Sin los efectos del cambio climático



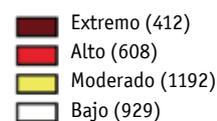
Índice de riesgo de la sostenibilidad del suministro de agua (2050)



b) Con los efectos del cambio climático



Índice de riesgo de la sostenibilidad del suministro de agua (2050)



Se estima que para el año 2080, el cambio climático acelerará el derretimiento de los glaciares, cambiará los ciclos y la cantidad de lluvia y alterará el flujo estacional de los ríos. Como consecuencia, 1.800 millones de personas vivirán en condiciones de escasez hídrica.

Informe sobre Desarrollo Humano 2006 del PNUD

Fig. 2.4.8. La escasez de agua ya es un problema en el sur de Rusia.



¿Cómo se pueden disminuir los riesgos?

Las personas responsables de la gestión del agua no pensaron, sino hasta hace poco, que el cambio climático los iba a obligar a revisar todo el sistema de manejo de los recursos hídricos.

El daño provocado por las intensas sequías, las inundaciones o la disminución de los recursos de agua dulce puede ser gigantesco, a menos que se tomen medidas adecuadas a tiempo.

Lo primero que se requiere es mejorar el mecanismo para pronosticar el tiempo atmosférico. Esto ayudará a predecir con anticipación los probables fenómenos meteorológicos extremos, sean estas lluvias intensas o sequías extremas.

En segundo lugar, existen muchas soluciones de ingeniería y tecnología que pueden disminuir los riesgos para las personas y la infraestructura, desde la construcción de nuevas represas y embalses para ayudar a regular el flujo de los ríos hasta la instalación de estructuras en las riberas con el fin de proteger a las comunidades de las inundaciones.

En tercer lugar, tendremos que disminuir el consumo de agua. Esto se puede hacer, por ejemplo, usando el agua de la lluvia o reutilizándola para satisfacer distintas necesidades. También son prometedoras las instalaciones especiales que convierten el agua salada en agua dulce mediante la desalinización (Fig. 2.4.9). Pero lo más importante es recordar que debemos hacer un uso eficiente del agua.

Fig. 2.4.9. Planta desalinizadora de agua de mar en los Emiratos Árabes Unidos.



Cómo se adaptaban los pueblos originarios de América Latina a los cambios climáticos

Los pueblos originarios de América Central y del Sur vivieron principalmente de los cultivos que se encontraban cerca de sus asentamientos. En las regiones del Altiplano, donde se concentraban muchas civilizaciones indígenas, la producción de alimentos estaba limitada debido a la distribución desigual de los recursos hídricos. No había escasez de agua en la estación de lluvias, entonces ¿cómo se las arreglaban durante la estación seca?

La principal fuente de agua en la estación seca eran los ríos cuyas aguas fluían desde los glaciares montañosos, pero solo abastecían a los asentamientos de los valles ribereños. Las tribus indígenas ancestrales inventaron una serie de tecnologías y artificios para garantizar que el suministro de agua de las montañas durara todo el año.

Los pueblos originarios aprendieron a captar, filtrar y almacenar el agua de la lluvia, construir canales de riego de superficie y subterráneos e inventaron instrumentos para medir la cantidad de agua que tenían almacenada. Incluso conectaron las cuencas fluviales de los océanos Pacífico y Atlántico. También desarrollaron un sistema para pronosticar el tiempo atmosférico que podía predecir las estaciones lluviosas y secas, de tal manera que eran capaces de organizarse bien para la siembra y la cosecha de sus cultivos.

Estos pueblos usaron sus habilidades ingenieriles para encauzar ríos y construir puentes, tanto colgantes como con soportes que se anclaban al lecho del río. El agua de uso cotidiano y para ceremonias religiosas corría por tuberías. Los sacerdotes de la cultura chavín canalizaban el agua por tubos hacia el interior de los templos para lograr un sonido similar al rugido del jaguar, un animal venerado como un dios.

También se usó agua para cortar bloques de piedra para la construcción. El agua se encauzaba por canales especiales contruidos en piedra y se dejaba congelar durante la noche a temperaturas bajo cero; eso gradualmente generaba grietas que iban dividiendo la piedra en las formas regulares que necesitaban para la construcción.

Es así como los pueblos originarios de América Central y del Sur que vivieron en un vasto territorio, desde México actual por el norte hasta Chile y Argentina por el sur, fueron los pioneros en el uso de diversas tecnologías que podemos usar para adaptarnos a condiciones climáticas adversas.

En las actuales condiciones de cambio climático y los impredecibles patrones meteorológicos, sería muy útil recordar y modernizar las técnicas de adaptación antiguas, considerando el conocimiento científico adquirido.

Fig. 2.4.10. Sistema de recolección de agua en las regiones de Nazca (costa sur de Perú) mediante acueductos subterráneos y distribución de aguas subterráneas.



Documentación de B.K. Bates et al.,
Climate Change and Water Resources, IPCC, Ginebra, 2008

Preguntas

1. ¿Cómo se denomina la ciencia que estudia el agua?
2. ¿Qué país posee el suministro de agua dulce más grande del mundo?
3. ¿Cuáles regiones del mundo serán más afectadas por la escasez hídrica y por qué?
4. ¿Cuál es el nombre de la cuenca del río del lugar donde vives y a qué mar llega?



Actividad

Encuentra el río Amazonas en un mapa del mundo. Mide su largo y el área donde desemboca y desagua (cuenca de drenaje), y compárala con algunos ríos de tu país.



2.5. | ¿Cómo afecta el clima ...a la agricultura?

Uno puede pensar que el cambio climático ayudaría a la agricultura de los países del hemisferio norte, pero un clima más cálido no necesariamente es mejor. Si aumenta el calor en regiones que son muy frías para sembrar trigo, también se tornará más cálido en regiones donde ya existe un clima ideal para la agricultura; y más calor significa menos humedad. Por lo tanto, se hará más difícil (o imposible) cultivar en lugares donde se han sembrado estos productos durante siglos y donde se han formado tradiciones agrícolas especiales.



Entonces, las condiciones para la agricultura mejorarán en algunos lugares, pero empeorarán en otros. En este momento es muy difícil predecir cuál será el resultado final de esta "reorganización global" para muchos países.

Es importante recordar que el clima no es el único factor natural que influye sobre la agricultura. Por ejemplo, uno de los principales cultivos de cereales en Norteamérica, Europa y Siberia, es el trigo de invierno. El calentamiento global implica que las zonas con condiciones climáticas ideales para ese cultivo se desplazarán hacia el norte. Pero el suelo de esas nuevas regiones no es tan bueno como aquel de los terrenos donde actualmente se cultiva trigo de invierno. Mejorar la calidad del suelo en regiones ubicadas más al norte va a demandar más trabajo y será muy caro.



***El trigo de invierno** no se siembra en la primavera, sino al final del verano y principios del otoño para que las semillas tengan tiempo de germinar y generar raíces antes de la llegada de la nieve en el invierno. Luego, el trigo reanuda su crecimiento con el calor de la primavera y madura un poco antes que otros cultivos que solo se siembran en primavera.*



El cambio climático afecta la producción de frutas y vegetales. En el caso de las frutas con carozo, especialmente las guindas, sus árboles necesitan horas de frío para producir frutos. Si los árboles se exponen a pocas noches frías, tienen menos posibilidades de alcanzar una polinización exitosa y como resultado, dan menos frutos. Un tiempo atmosférico inusualmente frío pero fuera de temporada puede ser igual de desastroso. En 2012, la industria de las guindas del estado de Michigan en Estados Unidos perdió el 90% de los cultivos de guindas ácidas después de una helada tardía.

Los países con climas templados y más extremos, como Canadá y Rusia, podrían enfrentar otro desafío a partir del aumento de la competencia entre la industria forestal y la agrícola. El cambio climático permitirá destinar tierra que actualmente se usa para actividades forestales a fines agrícolas, lo que podría acelerar la tala de los bosques. Incluso en zonas donde las condiciones para la agricultura se encuentran en el límite (en el extremo norte de la zona agrícola), la productividad de una hectárea de tierra cultivada sigue siendo mayor que una hectárea de tierra forestal. Habrá mucho que pensar, por lo tanto, antes de pasar nuevos territorios a actividades agrícolas.

En todo el mundo, la agricultura se tendrá que adaptar a las nuevas condiciones climáticas. Los expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura estiman que, en muchas partes del planeta, el rendimiento agrícola se reducirá después de 2030 debido al cambio climático. Las predicciones indican que las consecuencias más graves probablemente tendrán lugar en las regiones tropicales, donde es de suponer que disminuirán las precipitaciones.

Alimentar a la población de África Subsahariana será uno de los desafíos más importantes de las próximas décadas debido al aumento en las sequías, las inundaciones y las fluctuaciones en las lluvias. Los expertos del Banco Mundial calculan que, hacia las décadas de 2030-2040 en África Subsahariana, el aumento de las temperaturas promedio globales de 1,5 °C y 2 °C, en conjunto con la disminución de las lluvias, provocará una reducción de entre 40%-80% en la cantidad de tierra apta para cultivar maíz, mijo y sorgo.

Las sequías en México están reduciendo la cantidad de tierra adecuada para el cultivo del maíz, uno de los principales productos de este país.



Los cereales son un grupo muy importante de plantas que producen granos, un alimento de primera necesidad para las personas. Además, es la materia prima de muchas industrias y forraje para los animales de cría. Los cultivos de cereales incluyen el trigo, el centeno, el arroz, la avena, la cebada, el maíz, el sorgo, el mijo, el trigo sarraceno y muchos otros más.



El principal cereal del sudeste asiático es el arroz y se cultiva fundamentalmente en los deltas de los grandes ríos. A medida que el nivel de las aguas del océano sube producto de los efectos del cambio climático, los tramos de los ríos que están a baja altura se están salinizando, lo que puede llevar a la pérdida de los arrozales. Hay regiones en Viet Nam, en el delta del río Mekong, uno de los centros de cultivo de arroz más importante del mundo, que están siendo especialmente afectadas por el aumento del nivel de las aguas del mar. Incluso un aumento de 30 cm en el nivel del océano puede disminuir en 11% los cultivos de arroz.



La agricultura está siendo amenazada por los efectos del cambio climático tales como el aumento de las temperaturas, el cambio en los patrones de las lluvias, el aumento de los niveles de las aguas del mar (que afectan las tierras bajas costeras) y las frecuentes sequías e inundaciones, especialmente en zonas susceptibles a los desastres naturales. Estos cambios ejercen un impacto enorme sobre la agricultura y la seguridad alimentaria se está transformando en un problema grave.



El concepto de seguridad alimentaria implica que todas las personas deben tener siempre acceso a alimentos seguros, nutritivos, conocidos y de buen sabor para que puedan llevar una vida sana y activa.

Debemos recordar que la agricultura es la principal fuente de ingresos para un tercio de todos los trabajadores del mundo. En algunos países de Asia y África, más de la mitad de la población se dedica a labores agrícolas. El cambio climático no solo reducirá el volumen de la producción de alimentos, sino que también afectará los ingresos agrícolas. Podemos extender aún más esta cadena: si el calor y las sequías significan que los alimentos, que estarán escasos, se preparan en platos sucios por manos sucias y no se pueden almacenar adecuadamente, dicho alimento se transforma en un peligro para la salud de la población.



Entonces ni siquiera los países del hemisferio norte pueden esperar que el cambio climático les traiga beneficios agrícolas sin tener inconvenientes; y aquellos que viven en climas más fríos o templados tampoco pueden esperar que cultivarán naranjas en su patio en un futuro cercano. Es muy importante desarrollar estrategias que ayuden a la agricultura y a las personas que trabajan en este sector a adaptarse a los posibles impactos (tanto positivos como negativos) del cambio climático, y así evitar pérdidas mayores.

El cambio climático ya está afectando a los cafeteros

La Organización Internacional del Café, que cuenta con 77 países miembros, plantea que el calentamiento global está causando daño al negocio del café. El aumento de 1 °C que ha afectado al planeta en los últimos 100 años ha marcado una diferencia importante para estas plantaciones.

Este cultivo es una fuente de ingresos importante para países como Brasil, Indonesia y Costa Rica. Solo Brasil produce más de dos millones de toneladas de granos de café al año. Sin embargo, las altas temperaturas, el aumento en la frecuencia de las sequías y los brotes de plagas en los cafetales están disminuyendo tanto la cantidad como la calidad de las cosechas.

No es una tarea simple encontrar lugares más fríos para cultivar café: en los países tropicales esto implica trasladarse a mayor altura para buscar zonas adecuadas. Pero la cantidad de sitios con esas características es limitada, son más caros que las tierras de las llanuras y el desarrollo de nuevas plantaciones requiere inversiones cuantiosas.

Todo esto significa que, en el futuro cercano, una taza de café se podría convertir en un verdadero lujo.



Preguntas

1. ¿Cuál es la diferencia entre el trigo de primavera y el trigo de invierno? ¿Cuál es mejor plantar en tu región y por qué?
2. ¿Qué cultivos de cereales crecen mejor en tu región? ¿Están siendo amenazados por el cambio climático?
3. ¿Por qué el aumento en el nivel del mar representa una amenaza para la producción de arroz en el sudeste asiático?
4. ¿Qué es la seguridad alimentaria? Explica con un ejemplo.
5. ¿Qué porcentaje de personas en el mundo están vinculadas a la agricultura?



Actividad

Con la ayuda de tu maestro de geografía, haz un listado de los principales cultivos de tu región.

Busca información sobre el rendimiento de estos cultivos en tu zona en los últimos años. ¿Está aumentando o disminuyendo? ¿Ha habido malas cosechas en estos años? De ser así ¿qué fue lo que las provocó?

Piensa de qué manera el cambio climático podría afectar el rendimiento de estos y otros cultivos en la región donde tú vives. ¿Será posible que las nuevas condiciones climáticas permitan cultivar otros productos?



2.6. | ¿Cómo afecta el cambio climático ...a las regiones costeras?



Más del 50% de la población mundial vive en zonas costeras y es responsable de sobre el 70% de la producción total del mundo. Muchas de las ciudades, puertos y zonas turísticas más grandes del planeta están ubicadas en la costa marítima o cerca de ella, donde existe una intensa actividad económica.

El litoral está estrechamente conectado con las regiones que se ubican más hacia el interior. Por lo tanto, cualquier impacto en las costas incide de manera considerable en la economía y las condiciones de vida en general, incluso en lugares distantes.

Las costas son muy vulnerables a los efectos del cambio climático. Las principales amenazas que las aquejan son el aumento del nivel del mar, la mayor intensidad de las tormentas que provocan inundaciones y erosión costera y el incremento en la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos.

El aumento del nivel de los océanos en el mundo

El nivel de los océanos ha estado aumentando constantemente en el mundo durante los últimos 100 años. Se elevó en 17 cm durante el siglo XX. Puede que eso no parezca mucho, pero es un peligro real para países donde el nivel de la tierra no está muy por encima del mar (o incluso, debajo). Una de las principales causas de este fenómeno es el cambio climático global.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático plantea que, desde la mitad del siglo XIX, los océanos del mundo han aumentado su nivel más rápido que el promedio de los últimos 2000 años. En los últimos 100 años, los niveles de los mares han subido a un ritmo mayor. Mientras los niveles se elevaron en 1,7 mm por año entre 1901 y 2010 (es decir, 17 cm durante todo el siglo), el aumento entre 1971 y 2010 fue de 2 mm por año, mientras que entre 1993 y 2010, fue de 3,2 mm.

Este aumento se explica por dos motivos:

- 1) El derretimiento de los glaciares en Groenlandia y en la Antártica, que aporta agua adicional a los océanos del mundo.
- 2) La expansión térmica del agua. A medida que la temperatura aumenta, el agua se expande y ocupa mayor espacio.

Al pronosticar el cambio climático, los científicos utilizan modelos matemáticos sofisticados y consideran diversos factores que influyen en él. Por cierto, estos modelos no pueden predecir con exactitud en cuántos centímetros se elevará el nivel de los mares en los próximos 30, 50 o 100 años, pero sí pueden establecer el rango de los futuros aumentos.

En su quinto informe de evaluación, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático establece que, en diversos escenarios, el nivel de los océanos del mundo se elevará entre 17 cm y 38 cm hasta 2050 y entre 26 cm y 82 cm hasta el año 2100. El aumento promedio hacia fines de este siglo será de entre 40 cm y 63 cm, lo cual representa una amenaza grave para las zonas costeras, particularmente las pequeñas islas de corales y la costa de baja altitud en el Pacífico del sudeste asiático. El aumento del nivel del mar será desigual y se espera que sea mucho mayor en las zonas tropicales, donde en el siglo XXII se podrían ver alzas de entre 1-3 m, seguidas por un aumento de 5-10 m respecto de los niveles actuales en el próximo siglo.

¿Serán las regiones costeras tragadas por el mar?

Las llanuras costeras quedarán inundadas como resultado del aumento del nivel de los mares, el litoral será gradualmente tragado por el mar y el suministro de agua dulce de las zonas costeras puede colapsar. Estas son amenazas graves para países densamente poblados, como Bangladesh, Nigeria e Indonesia. Varias ciudades importantes están en riesgo frente a este fenómeno, incluyendo Shangháí, Bangkok, Mumbai, Yakarta, Buenos Aires, Río de Janeiro, Miami y Nueva Orleans.

Los Países Bajos se preparan para un impacto climático

Los Países Bajos están a poca altitud. Una buena parte de las tierras de este país pequeño pero altamente industrializado se obtuvo en primera instancia drenando las regiones costeras.

Durante siglos, los daneses se encuentran desarrollando tecnologías para retirar el agua de las llanuras pantanosas. Desde hace ya mucho tiempo, los creativos ingenieros daneses han previsto la amenaza que significa el aumento del nivel de los mares y han mejorado el diseño de las estructuras hidráulicas, las que son capaces de detener el avance del mar.

Se usaron molinos para bombear el agua de los lagos.



Afsluitdijk, en Holanda, es la represa más grande de Europa.

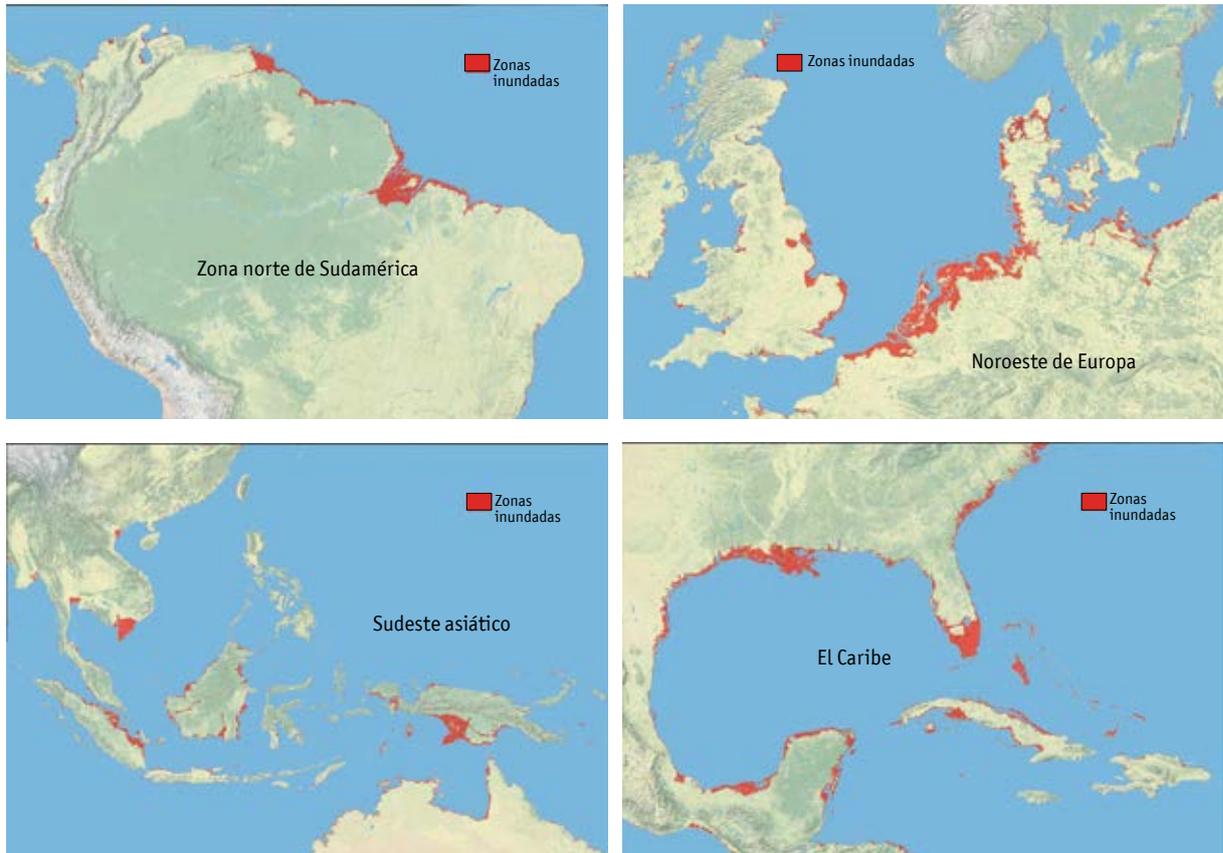


Un aumento en el nivel del mar de 1 m inundará hasta el 15% de las tierras cultivables de Egipto y el 14% en Bangladesh, obligando a millones de personas a reubicarse. El agua salada del mar se puede infiltrar hacia el suelo costero, desde donde proviene la principal fuente de agua dulce en muchas partes del mundo.

Los pronósticos sugieren que incluso un aumento de 0,5 m llevará a la inundación de alrededor de 40.000 km² de llanuras fértiles en China. Las zonas más vulnerables serán las llanuras de poca altura y las partes bajas de ríos importantes (Amarillo, Yangtzé, entre otros). La densidad promedio de la población que vive a orillas de esos ríos en China puede llegar incluso hasta las 800 personas por km².

En el mundo existen 41 pequeños países insulares y, en la mayoría de ellos la masa terrestre se eleva solo unas pocas decenas de centímetros sobre el nivel del mar. Estas islas podrían quedar completamente cubiertas por la subida del océano y sus habitantes se verán obligados a buscar refugio en otros países.

Fig. 2.6.1. Pronósticos de inundaciones costeras en distintos continentes, suponiendo un aumento del nivel de los mares de 5 m.



Alerta de tormenta

Recientemente, las tormentas se han vuelto cada vez más frecuentes, tanto en las zonas costeras como en el mar. Fuertes vientos huracanados, ya sea cerca de la costa o en el mar abierto, provocan ‘marejadas ciclónicas’ –un aumento repentino en el nivel de las masas de agua semiabiertas al mar (bahías, las partes bajas de los ríos). Estas marejadas embisten las regiones costeras y generalmente vienen acompañadas de graves precipitaciones e inundaciones que amenazan el desplazamiento de barcos, el trabajo en las plataformas petroleras y de gas y el turismo costero, y provocan la erosión del litoral.



Tragedia en Filipinas

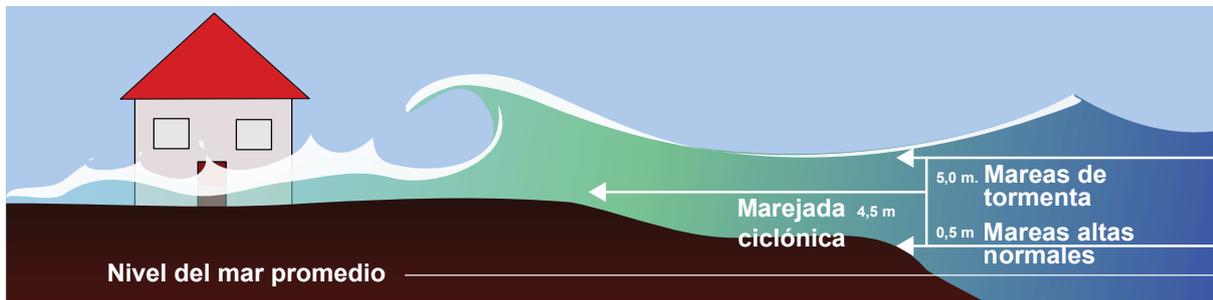
En noviembre de 2013, Filipinas sufrió un desastre cuya escala es comparable con la tragedia que afectó a Japón dos años antes, cuando este último país fue golpeado por un tsunami gigante provocado por un terremoto submarino en el océano Pacífico. Filipinas es un archipiélago montañoso frecuentemente castigado por tifones provenientes del océano Pacífico. En esos casos, Filipinas efectivamente protege al continente asiático que está detrás. Esa fue la situación el año 2013.

En primer lugar, Filipinas fue golpeado por un súper tifón llamado Haiyan (conocido en el país como Yolanda) que cobró la vida de 6.300 personas. Después, le siguió una segunda tormenta de nombre Zoraida. Las autoridades indican que casi 7 millones de personas resultaron afectadas por el desastre (el fenómeno meteorológico destruyó completamente 21.200 hogares y dañó otros 20.000).



El tremendo daño causado ese noviembre de 2013 fue producto de la marejada ciclónica que, en algunas zonas, alcanzó hasta 5 m –la altura de un segundo piso; y en esos lugares no había represas para proteger el litoral.

Fig. 2.6.2. Efecto de la marejada ciclónica.



Erosión y destrucción de la costa

La erosión y la destrucción de la costa a causa del mar es otra de las consecuencias del aumento del nivel del océano (Fig. 2.6.3–2.6.5). La erosión es un problema particularmente grave a lo largo de la costa del Ártico, que antes estaba protegida por el hielo pero que ahora pierde rápidamente terreno a medida que este disminuye y las tormentas se convierten en fenómenos climáticos cada vez más frecuentes. La costa del Ártico está retrocediendo en hasta 10–25 m o incluso más cada año en algunos lugares.

Fig. 2.6.3. Destrucción del litoral a orillas de las Islas de Nueva Siberia en el Ártico.



Ciertamente, la erosión de las costas marinas a causa de las olas y las inundaciones no es un fenómeno nuevo. Si miras un mapa de archipiélagos de islas que surgieron hace más de 100 años verás que muchas de las islas que aparecen ya no existen (Fig. 2.6.4). Sin embargo, ahora este proceso está avanzando más rápidamente. Los faros que originalmente fueron construidos a una distancia segura de los acantilados se están cayendo al mar (Fig. 2.6.5), asentamientos humanos de relativa envergadura se están hundiendo y ha sido necesario reubicar a sus habitantes, y se han tenido que desviar caminos.

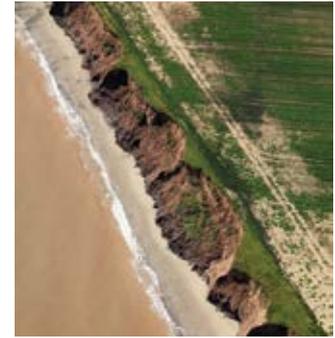
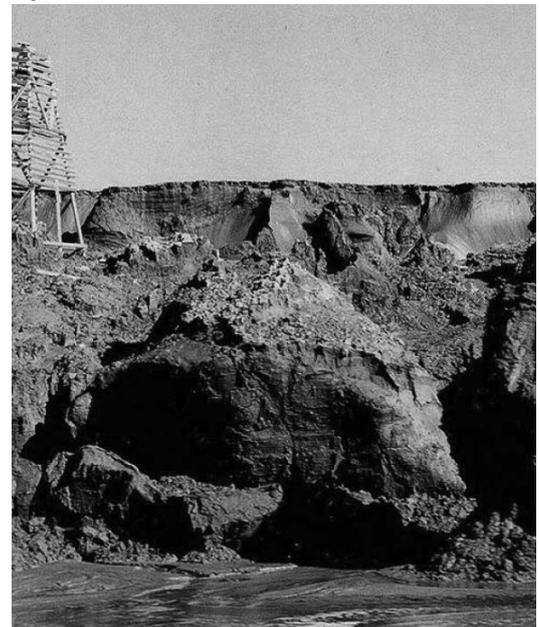


Fig. 2.6.4. Erosión costera en el Ártico. En esta sección de un mapa del año 1890 se muestra el mar de Laptev y las islas de Nueva Siberia; los círculos rojos resaltan las islas que ya no existen (fueron tragadas por tormentas marinas).



Fig. 2.6.5. El faro costero de Vankin (mar de Siberia Oriental, isla de Bolshoi-Lyakhovsky), que ya no existe.



En Alaska, la aldea completa de Kivaluna, donde vivían 400 personas en una estrecha franja de tierra cerca del océano Ártico, tuvo que ser abandonada y sus habitantes reubicados lejos de la costa. Aunque no se trataba de una aldea grande (alrededor de 70 casas), el operativo costó más de US\$ 200 millones.

Las playas de Portugal que están desapareciendo

Los ambientalistas están preocupados por el impacto de la erosión que se observa en la costa de Portugal, la que podría privar a los países europeos de muchas de sus playas en un futuro cercano.

En algunos lugares, a lo largo del litoral del país, el mar se está tragando varios metros de tierra cada año. En la región norte de Espinho la situación es crítica, ya que la costa ha retrocedido casi 70 m en las últimas décadas. Este proceso es irreversible.



El riesgo para los ecosistemas costeros

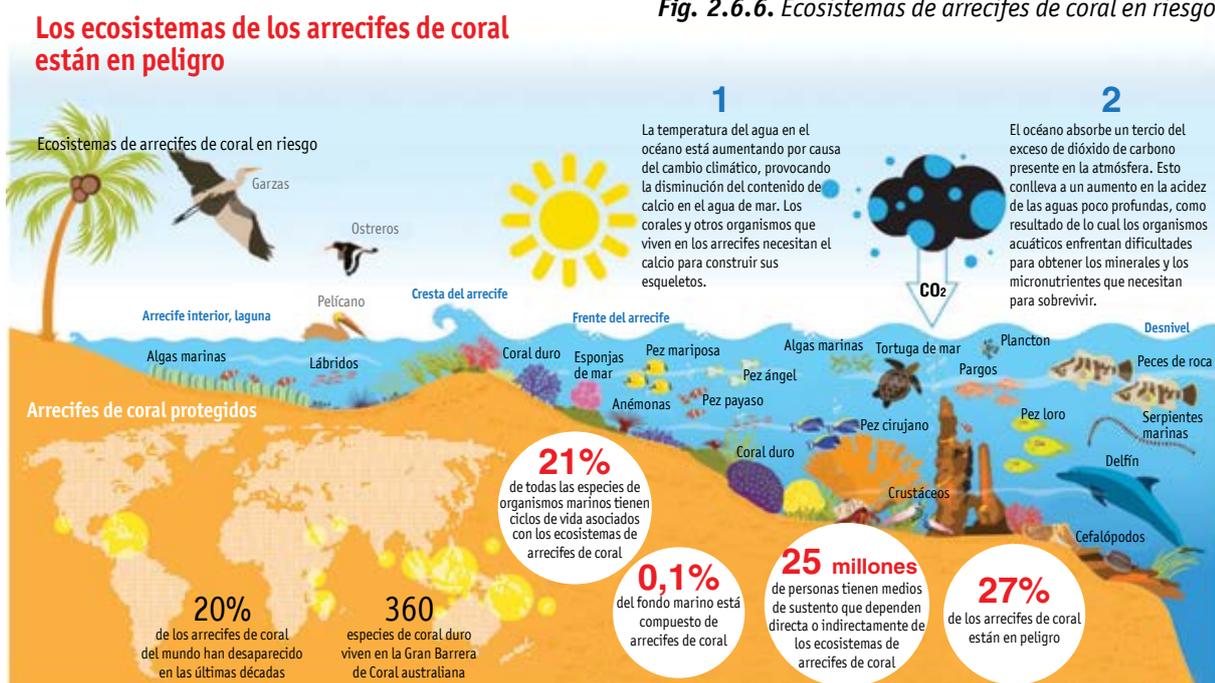
El aumento del nivel del mar no solo afecta a las personas y a la economía, sino que también a los ecosistemas marinos y terrestres del litoral.

Los ecosistemas de tierras bajas costeras son especialmente vulnerables ya que suelen estar solo pocos centímetros sobre el nivel del mar. Estas llanuras son el hábitat de muchas especies de animales y plantas y juegan un rol fundamental en la acumulación de nutrientes. Estos ecosistemas incluyen salinas, que se inundan durante la marea alta con agua de mar. También están amenazados por el aumento del nivel del mar los bosques de manglares, que normalmente se encuentran en las tierras bajas costeras y tienen un clima tropical húmedo.



El calentamiento global plantea una amenaza importante para los arrecifes de coral ya que el aumento de la temperatura del agua sobre cierto punto llevará a su blanqueamiento. Este proceso que ya está sucediendo en muchos lugares significa que los corales pierden las algas simbióticas que normalmente están en sus tejidos; y como resultado del estrés, se vuelven blancos. Si el blanqueamiento es intenso o prolongado, pueden morir.

Fig. 2.6.6. Ecosistemas de arrecifes de coral en riesgo.



Un aumento en la temperatura del agua de mar a largo plazo puede llevar a la degradación importante de todos los ecosistemas de arrecifes de coral. En ese contexto, es posible que se destruyan los atolones de coral, que son el hábitat de una gran cantidad de organismos vivos. Los pronósticos realizados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático advierten que se perderá el 18% de los arrecifes de coral del mundo en las próximas tres décadas debido a una variedad de factores.

Cambio climático y la industria pesquera

Existe preocupación entre los científicos y los pescadores por el aumento de la temperatura y la acidez del agua de los océanos. A medida que aumentan las concentraciones de CO₂ en la atmósfera, también aumenta la absorción de CO₂ por parte de los océanos. Esto provoca un aumento en los niveles de acidez (pH), y si bien los cambios en el pH y en la temperatura del agua aún no son tan grandes, han sido suficientes como para provocar el blanqueamiento de los corales. Se cree que a mediados de este siglo, la acidez puede aumentar el pH en 0,06–0,34, lo que es 100 veces más rápido que la tasa de cambio de los últimos 20 millones de años. Muchos organismos marinos enfrentarán serias dificultades para adaptarse a las nuevas condiciones y esto tendrá un fuerte impacto sobre la diversidad y la productividad de los peces.

Fig. 2.6.7. Pronóstico de cambios en la acidez del agua superficial de los océanos hacia el final del siglo XXI, bajo los escenarios más favorables (izquierda) y menos favorables (derecha) del cambio climático.

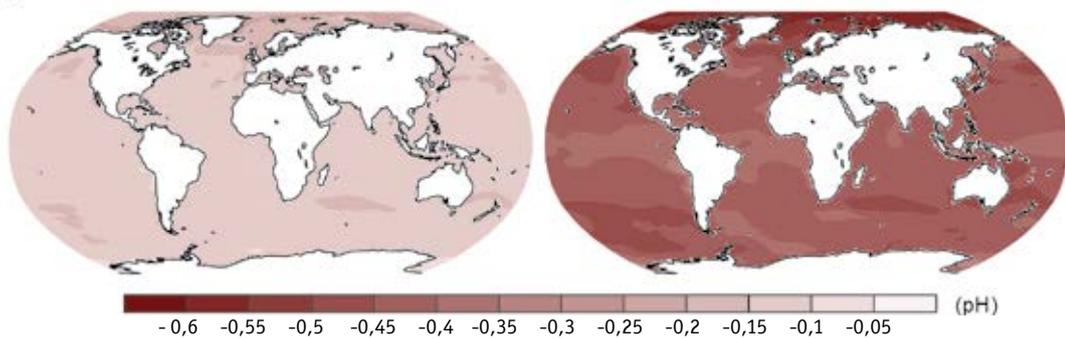
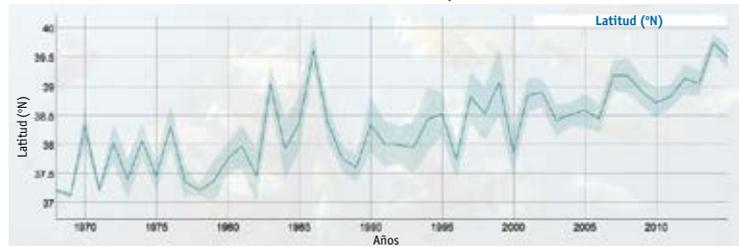


Fig. 2.6.8. La lubina negra se está trasladando hacia el norte a medida que los océanos se calientan.



El Organismo Nacional para el Estudio de los Océanos y la Atmósfera (NOAA) de Estados Unidos y la Universidad de Rutgers desarrollaron OCEANADAPT, una herramienta online para rastrear los movimientos que hacen los peces y los invertebrados como resultado del cambio climático y las condiciones de los océanos. La herramienta proporciona un acceso fácil a información sobre los cambios en la profundidad y la latitud de casi 650 especies marinas durante los últimos 40–50 años. Se trata de un recurso útil para que gestores, pescadores, comunidades pesqueras y científicos desarrollen estrategias oportunas de adaptación.

Los cambios en las características del agua de mar ya están provocando desplazamientos masivos de especies de peces marinos y de agua dulce, y la dirección de sus movimientos no es caótica, sino que tiene un propósito. Los peces de aguas más cálidas se están desplazando hacia latitudes

más altas y frías. Esto no se debe directamente al aumento de la temperatura del agua, sino que a la reducción en la cantidad de fitoplancton –la dieta básica de los peces oceánicos– a medida que sube la temperatura.

Actualmente se observa que las cantidades de bacalao en la costa de Groenlandia, así como también de arenques japoneses y sardinas del Adriático, están aumentando durante los períodos de calentamiento del clima, y se reducen considerablemente en los períodos fríos.

En este momento, hay muchas especies de peces que están siendo capturadas hasta el límite de su capacidad de restablecer sus poblaciones. En ese contexto, existe preocupación de que la presión adicional que surge de la necesidad de adaptarse al cambio climático termine exigiendo a algunas especies más allá de sus capacidades de reproducirse en cantidades suficientes como para sobrevivir.

La pérdida de los hábitats costeros, incluyendo los arrecifes de coral y los manglares, es otro factor que está amenazando la productividad de los peces.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) advierte que los peces representan más del 15% del consumo promedio de proteínas para más de 2.900 millones de personas. En los pequeños países insulares y algunos en desarrollo (Bangladesh, Camboya, Guinea Ecuatorial, Guyana Francesa, Gambia, Ghana, Indonesia y Sierra Leona), los peces proveen más del 50% del consumo de proteína animal. Puesto que la población de esos países depende de la pesca, cualquier disminución en las capturas locales constituye un problema grave.



Preguntas

1. ¿Cuál país, Suiza o los Países Bajos, sufrirá más si el mar aumenta su nivel por sobre medio metro?
2. ¿Por qué las costas del litoral se están erosionando con mayor rapidez?
3. ¿Qué le sucedió a las islas perdidas?
4. Da ejemplos del impacto del cambio climático sobre los ecosistemas costeros.
5. ¿Por qué se están desplazando algunas especies de peces hacia latitudes más al norte?



Actividades

Actividad 1. Ubica en un mapamundi la República de Maldivas y Tuvalu. Encuentra su altura sobre el nivel del mar y explica por qué un aumento en el nivel de los océanos mundiales es tan peligroso para ellos.

Encuentra países insulares y países con costas en distintos continentes que también estén en riesgo de quedar parcial o completamente sumergidos por el mar en los próximos 50-100 años. Propón soluciones para enfrentar el problema.

Actividad 2. Usando la herramienta en línea OCEANADAPT (<http://oceanadapt.rutgers.edu/>), investiga de qué manera distintas especies de peces de Estados Unidos han cambiado su hábitat normal en los últimos 40-50 años. ¿Qué especies se han tenido que desplazar más? ¿Por qué se producen estos desplazamientos?



2.7. | ¿Cómo afecta el cambio climático ...a las regiones montañosas?

¿Qué son las montañas?

“¿Qué son los hombres comparado con las rocas y las montañas?” exclamó Elizabeth Bennet, la heroína de *Orgullo y prejuicio* de Jane Austen, entusiasmada ante el inminente paseo veraniego por la naturaleza. Y es verdad que las montañas son una de las creaciones más notables de la naturaleza. ¿Qué se compara con la sensación impresionante que se produce al pararse en la cima de una montaña, solo con el cielo azul sobre la cabeza, y mirar hacia abajo y más allá de las blancas nubes para ver el mundo tan diminuto? En esos momentos sientes la belleza y el poder de la naturaleza, pero al mismo tiempo, su fragilidad.

Los científicos definen las montañas como un tipo de relieve que se encumbra por sobre las planicies circundantes. A menos que sean volcanes, rara vez las montañas se encuentran aisladas; generalmente forman cadenas montañosas y cordilleras. Las cadenas montañosas, a su vez, se suman para formar países montañosos o sistemas de montañas.

Las montañas pueden ser altas (sobre 3.000 m), de mediana altura (1.000 m–3.000 m) y bajas (hasta 1.000 m). Las montañas bajas por lo general tienen cimas redondas y pendientes suaves, mientras que las altas tienen pendientes pronunciadas y picos angulosos.



Montañas y clima

Las montañas juegan un papel importante a la hora de dar forma al clima: crean una barrera para las masas de aire, que no pueden pasar fácilmente a través de los altos picos. Debido a esto, las distintas pendientes de una misma montaña con frecuencia experimentan condiciones climáticas diferentes, con más precipitaciones en uno de los lados en comparación con el otro. La temperatura promedio y los paisajes también pueden ser notoriamente distintos.

Otra característica de las montañas es que presentan gran cantidad de climas distintos en una zona pequeña: el clima y el paisaje cambian a diferentes alturas, desde la base hasta la cima (Fig. 2.7.1). Por lo tanto, se denominan 'zonas altitudinales' ('altitud' significa 'altura').

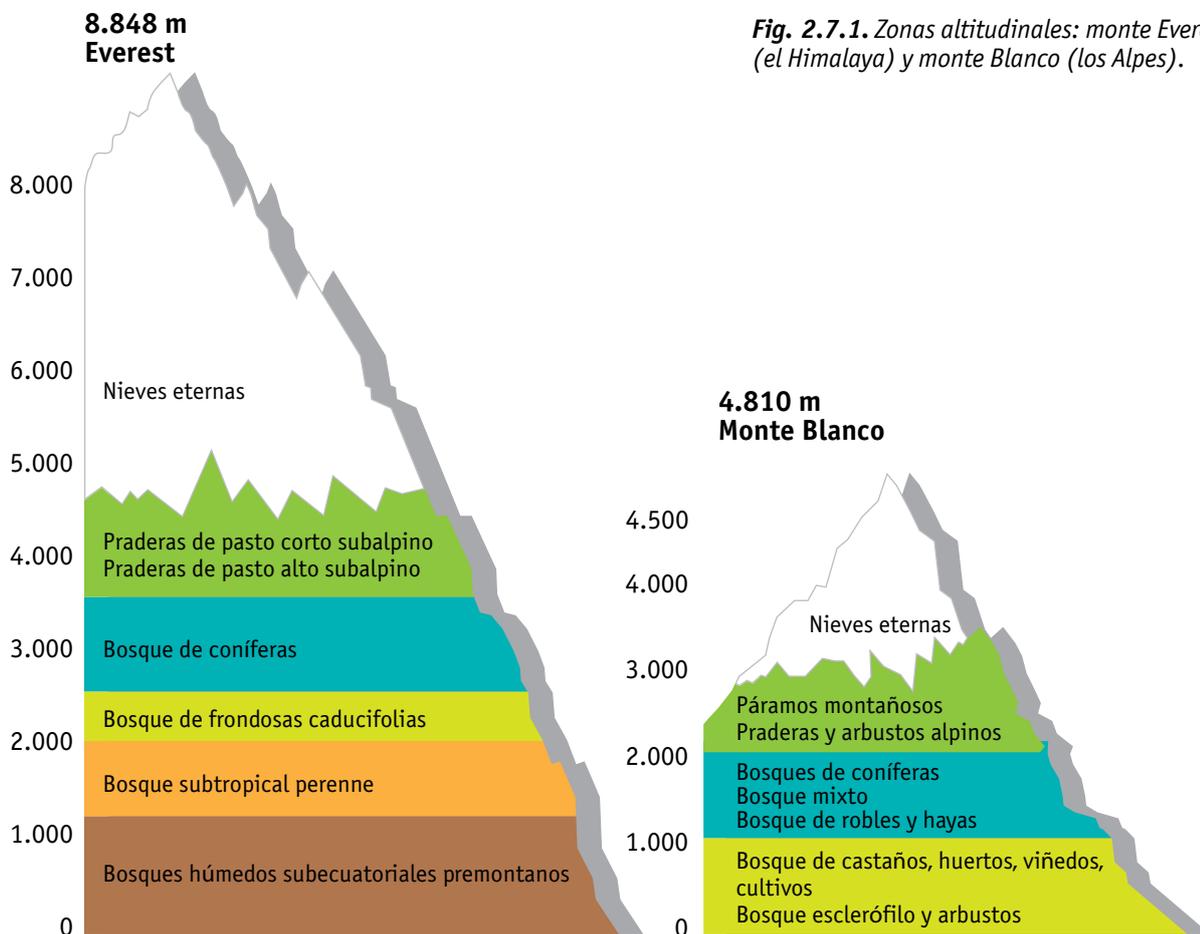


Fig. 2.7.1. Zonas altitudinales: monte Everest (el Himalaya) y monte Blanco (los Alpes).



Las montañas más altas del mundo

La cadena montañosa más alta de la Tierra es el Himalaya, que en sánscrito significa “morada de las nieves”. Diez de las 12 montañas con más de 8.000 m de altura del mundo se encuentran en esta cadena, incluido el punto más alto de la Tierra: el monte Everest (8.848 m de altura), también conocido como Chomolungma o Sagarmatha en idiomas locales.

La cadena montañosa terrestre más extensa es la cordillera de Los Andes. Esta gigantesca cordillera de Sudamérica se extiende a lo largo de toda la costa del Pacífico americano.

El punto más alto de Los Andes y de los hemisferios occidentales y meridionales de la Tierra es el monte Aconcagua (6.960 m).

El sistema montañoso más extenso de Europa son los Alpes, que son compartidos entre ocho países: Austria, Alemania, Italia, Liechtenstein, Mónaco, Eslovenia, Francia y Suiza. El monte Blanco (4.807 m), ubicado en la frontera entre Francia e Italia, es el punto más alto de los Alpes y de Europa occidental. La montaña más alta del continente europeo y de Rusia es el volcán Elbrús (5.642 m), de dos cumbres, ubicado en el Gran Cáucaso.

Las cadenas montañosas más altas de América del Norte son la cadena de Alaska y las montañas Rocallosas. Alaska posee el pico más alto de Estados Unidos y de Norteamérica –el monte McKinley (6.193 m). El expresidente de Estados Unidos, Barack Obama, comunicó el 31 de agosto de 2015 que el monte McKinley llevaría el nombre de Denali, como lo llaman los nativos de Alaska.

La montaña más alta de África es el monte Kilimanjaro (5.895 m) y la de Australia, el monte Kosciuszko (2.228 m).

N. Roerich. Himalaya. Everest. 1938.



El volcán de dos cumbres Elbrús (5.642 m) – el pico más alto de Europa.



Seguramente te has preguntado por qué los picos de las montañas suelen estar cubiertos con nieve, incluso en latitudes tropicales. Los primeros escaladores rápidamente se dieron cuenta de que a medida que subían a mayor altura, disminuía la temperatura y se hacía difícil respirar. El aire es calentado por el sol y por la superficie terrestre y una vez que se entibia, se eleva y se expande, perdiendo su calor. Por lo tanto, a medida que aumenta la altitud, paulatinamente disminuyen la presión del aire y su temperatura.

En alturas, la temperatura disminuye en promedio 6 °C por kilómetro desde la superficie de la Tierra. Por lo tanto, si la temperatura al pie de una montaña de 4.000 m es de +24 °C, en la cima será cerca de 0 °C. Por eso hay nieve en las montañas de gran altura, a pesar de que el promedio de la temperatura ambiental en los trópicos nunca cae a niveles bajo cero.

Las montañas afectan el clima, pero también dependen mucho de él. Las regiones montañosas están entre las primeras en responder a los cambios en las condiciones climáticas. El principal “indicador” del cambio climático en las montañas son los glaciares, los que se reducen o crecen según el clima se torna más cálido o más frío.

La belleza del deshielo

Los glaciares se forman en las cordilleras cuando la nieve que se acumula en la parte superior de las montañas se transforma en hielo. La formación de un glaciar requiere de un clima frío y húmedo, donde cae más nieve durante el año de lo que esta demora en derretirse. Tan pronto como las temperaturas suben y bajan las precipitaciones, el glaciar deja de crecer y comienza a derretirse.



Hace unos 15.000 años, cuando el último período de glaciación dio paso a un clima más cálido, los glaciares montañosos comenzaron a derretirse (a 'retroceder') en todo el mundo. Este proceso de deshielo vino acompañado de cortos períodos de avance de los glaciares. Sabemos por la historia, que en los siglos V-VII dC, muchos pasos montañosos que ahora están ocupados por glaciares fueron usados como ruta de caravanas. En esa época, el clima se tornó más frío, los glaciares comenzaron a crecer y, hacia los siglos XVII-XVIII, dichos pasos ya no estaban abiertos. Un ejemplo es el famoso paso de San Gotardo en los Alpes. Cuando el poeta Frederick Schiller lo describió, en 1799, –“El terrible sendero conduce al abismo solemne, serpenteando vertiginosamente entre la vida y la muerte”– atravesar el paso cubierto de nieve era extremadamente peligroso y solo posible durante un par de meses en el verano.

Fig. 2.7.3. W. Rothe. Cruce del paso de San Gotardo, 1790.



Sin embargo, durante los últimos 40 años los glaciares se han estado replegando con bastante rapidez (Fig. 2.7.4) en todo el mundo. Los científicos están haciendo sonar la señal de alarma: el rápido deshielo de los glaciares montañosos del que somos testigos hoy no coincide con un ciclo natural. La disminución de los volúmenes de hielo en las montañas puede llevar a consecuencias catastróficas para el medioambiente y para la economía de las regiones montañosas, al igual que para las llanuras al pie de las montañas, el hogar de casi un sexto de la población mundial.

Fig. 2.7.4. Cambio en la masa de los glaciares montañosos en el mundo, 1945–2005.

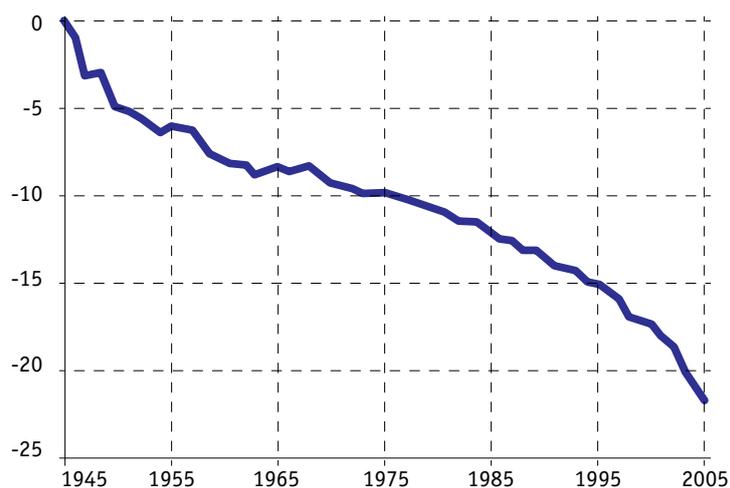


Fig. 2.7.5. Así estudian los glaciares los científicos.



Los **glaciares en los Himalayas** están retrocediendo a un promedio de 10 m–15 m por año. El glaciar Gangotri, el origen del río Ganges, se está derritiendo particularmente rápido, replegándose unos 30 m cada año. Gangotri es una de las principales fuentes de agua de los 500 millones de personas que viven a orillas del Ganges.

Los **glaciares de Perú** también están retrocediendo muy rápido. Según las estimaciones más conservadoras, su superficie se ha reducido en un tercio en los últimos 30 años.

Probablemente el más afectado es el **volcán africano Kilimanjaro**: su famoso casquete de hielo, que fue inmortalizado en la novela de Ernest Hemingway *Las nieves del Kilimanjaro*, ya casi ha desaparecido por completo.

Fig. 2.7.6. El glaciar Gangotri.

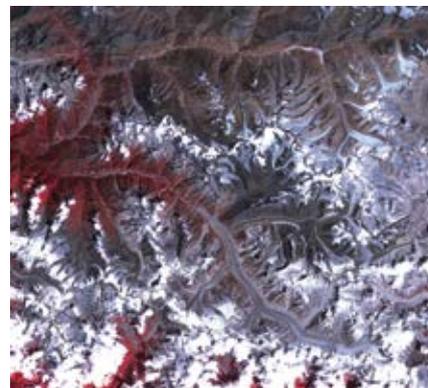


Fig. 2.7.7. El casquete de hielo y la nieve del monte Kilimanjaro está derretida casi por completo.



A mediados del siglo XIX, el **parque nacional de los Glaciares** en las montañas Rocallosas, en la frontera entre Estados Unidos y Canadá, albergaba hasta 150 glaciares. Al inicio del siglo XXI, solo quedaban 25 y los científicos predicen que desaparecerán por completo en las próximas décadas. Por lo tanto, los visitantes que deseen conocer aquello que le dio fama al parque ¡deben apurarse!

Fig. 2.7.8. Parque Nacional de los Glaciares en agosto de 2013.



Fig. 2.7.9. Deshielo del glaciar Grinnell en el parque nacional de los Glaciares.



Los **glaciares Argentiére y Mont Blanc**, al igual que muchos otros en los Alpes, comenzaron a reducirse abruptamente después de 1870; desde entonces, han retrocedido en más de 1 km. El organismo europeo encargado del medioambiente prevé que el 75% de los glaciares alpinos se habrán derretido para el año 2050.

El volumen de los glaciares en Nueva Zelandia disminuyó en 11% entre los años 1975 y 2005. El deshielo más rápido en dicho país insular corresponde a los **glaciares Tasman, Classen, Mueller y Maud**.

El **glaciar Azau**, en el Cáucaso, ha experimentado cambios importantes. Hacia el final del siglo XIX, el proceso de deshielo provocó su división en dos partes, llamadas Azau Menor y Azau Mayor. Actualmente, el Azau Mayor ya no es tan grande. A partir de 1957 hasta 1976, retrocedió 360 m, y posteriormente otros 260 m más entre 1980 y 1992. El Azau Menor se está replegando unos 16 m cada año.

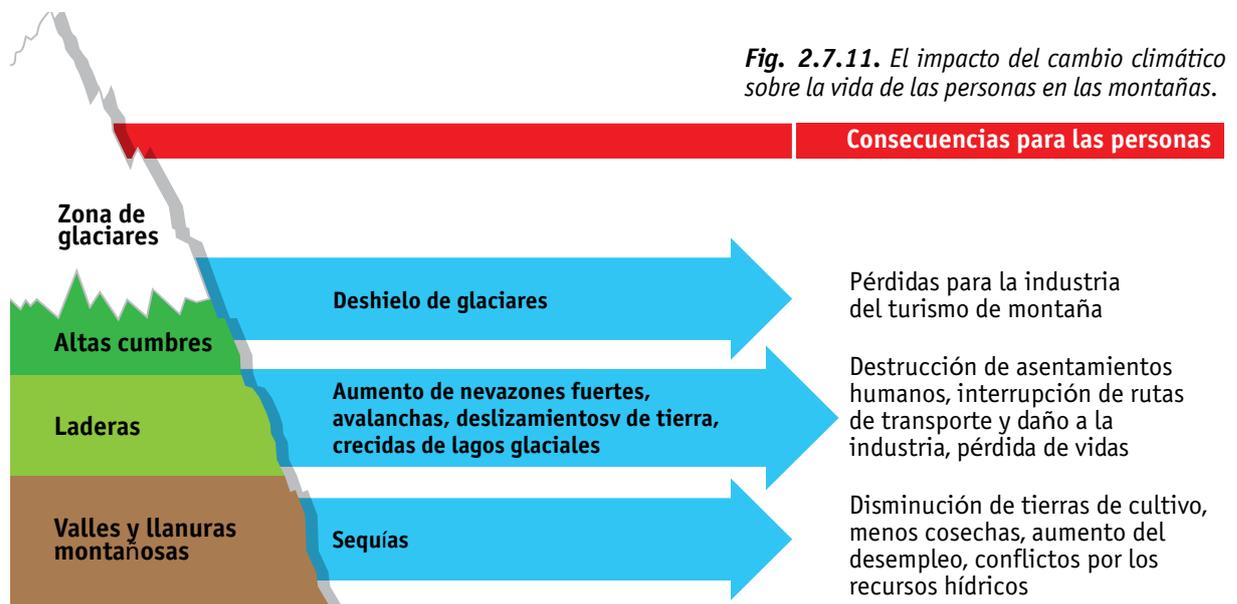
La cantidad de glaciares de las montañas de Altai, en Rusia oriental, disminuyeron en 7,5% entre los años 1952 y 1998. Los que aún quedan han retrocedido unos 100 m – 120 m en comparación con su posición a mediados del siglo XIX. El glaciar Sofía, que se encuentra bajo la observación de expertos de la Universidad del Estado de Altai, se ha replegado unos 1,5 km–2 km en los últimos 150 años. Este glaciar también se está “elevando” a una tasa de 20 m–30 m cada año.

Fig. 2.7.10. El glaciar Azau Mayor en el Cáucaso. La fotografía que sostiene la mujer es del año 1956. Puedes ver, detrás de ella, lo que queda en 2007.



¿Cómo afecta el cambio climático a las personas que viven en las montañas?

No es fácil vivir en las montañas. La altura, la irregularidad del terreno y los cambios frecuentes del tiempo atmosférico hacen que sea mucho más difícil cultivar alimentos y cuidar del ganado en comparación con las llanuras.



Desde tiempos antiguos, las personas se han asentado en estrechos valles de montaña separados unos de otros por altas cordilleras con fuertes pendientes, las que con frecuencia dificultaban el contacto con los valles vecinos (y entre sus pobladores). Incluso actualmente, las personas que viven en regiones montañosas tienden a tener sus propias costumbres y cultura, así como también formas singulares de ganarse la vida. El estilo de vida de los habitantes de las montañas y sus principales medios de sustento –agricultura y turismo– dependen directamente del clima. Incluso cambios leves en el clima pueden afectar negativamente el bienestar de los pueblos de las regiones montañosas.

El turismo va cuesta abajo

El ejemplo de los Alpes muestra cómo el cambio climático está afectando al negocio del turismo en las zonas montañosas. Actualmente, el turismo ligado al esquí provee hasta el 20% de los ingresos de los países alpinos. Para los 13 millones de personas que viven en los Alpes de Austria, Alemania, Suiza y Francia, la falta de nieve es una catástrofe económica: dos tercios del total de turistas que van a esos lugares lo hacen para disfrutar del esquí y del snowboard.

Los pronósticos son motivo de gran preocupación: en 2030, prácticamente no habrá nieve en los Alpes bajo los 1.000 m de altitud, lo cual forzará el cierre de muchos centros de esquí que hoy son populares. La mitad de todos los centros de esquí de Austria están a alturas de máximo 1.300 m y se verán obligados a cerrar por la falta de nieve. Las predicciones pesimistas ya están comenzando a convertirse en realidad: en el invierno de 2006–2007, casi 60 de los 660 resorts de esquí alpinos no abrieron sus puertas y muchos otros solo pudieron funcionar usando nieve artificial, aumentando significativamente costos que ya son altos. El resultado ha sido una caída en la demanda de vacaciones en los Alpes.

¿Cómo pueden afrontar la falta de nieve las regiones montañosas? La industria del deporte y el esparcimiento se está adaptando lo mejor posible, trabajando para desarrollar otro tipo de turismo y recreación menos dependiente de la nieve. Las pistas usadas para esquiar se están transformando en parques recreacionales y en centros de salud que operan todo el año. Puede que llegue un momento en que las personas vayan a los Alpes no en busca de deportes de invierno, sino para disfrutar caminatas bordeando los lagos montañosos, disfrutar de la comida local y respirar el aire fresco de la montaña.



Puente sobre el lago Trift, Suiza.

El lago Trift, en el cantón de Berna, Suiza, es un ejemplo interesante de cómo el calentamiento global está afectando a los Alpes. En la década de los 90, un glaciar cercano comenzó a reducirse rápidamente; el agua proveniente del deshielo formó un pequeño lago y más terrenos del valle quedaron sin hielo. Antes de que esto ocurriera, la gente podía atravesar el glaciar desde una cima de la montaña hasta la otra. Las autoridades locales decidieron construir un puente peatonal en suspensión antes de que el glaciar se derritiera completamente. Este puente se convirtió en una gran atracción y capta visitas de todo el mundo.



El glaciar Pastoruri en Perú está retrocediendo

Hasta hace poco tiempo, los turistas y los escaladores profesionales acudían en multitudes al glaciar Pastoruri, que se alza sobre Los Andes en Perú. Sin embargo, este se ha replegado en una cuarta parte en los últimos 30 años y los científicos predicen que puede desaparecer completamente en las próximas décadas. Un paisaje maravilloso de nieve y hielo ha sido sustituido por oscuros acantilados. Las autoridades locales han prohibido las escaladas debido a la inestabilidad de las rocas producto del deshielo del glaciar.

La cantidad de turistas que llega a admirar el glaciar Pastoruri ha disminuido en tres veces desde el comienzo de los años noventa. Esto ha tenido efectos importantes sobre el turismo en el país y los ingresos de los residentes locales. Pero los empresarios peruanos no se han desesperado: ahora exhiben los restos del glaciar como un ejemplo impresionante del resultado del cambio climático y así, la región ha logrado atraer a un número creciente de ambientalistas y turistas curiosos.

Sin embargo, reponer el glaciar propiamente tal es una tarea mucho más difícil que recuperar los ingresos de los negocios locales.

Retroceso del glaciar Pastoruri en Los Andes peruanos.



Desastres naturales en las montañas

La reducción del negocio del turismo no es la amenaza más fatal que enfrentan los habitantes de las montañas a partir del calentamiento global. También temen a los desastres naturales –avalanchas, deslizamientos de tierra e inundaciones– los que se han transformado en fenómenos cada vez más frecuentes en estas regiones a medida que cambia el clima. Estos fenómenos constituyen una amenaza para la vida humana al tiempo que provocan enormes daños a la economía local.



Una avalancha es una gran masa de nieve que cae o se desliza de las pendientes de las montañas. Las avalanchas pueden tener consecuencias desastrosas. En febrero de 1999, una avalancha con un peso de 170.000 toneladas, destruyó completamente el pueblo de Galtur, en Austria, y se llevó la vida de 30 personas. Al inicio de marzo de 2012, una serie de avalanchas registradas en Afganistán destruyeron hogares, matando a más de 100 personas.

Un deslizamiento de tierra es una masa de barro y roca tremendamente poderosa que se desliza repentinamente por la montaña ladera abajo hacia los valles ribereños. Por lo general, los deslizamientos de tierra son provocados por lluvias torrenciales o por nieve que se derrite rápidamente. También se pueden deber a la crecida de los lagos glaciales. Los deslizamientos de tierra, al igual que las avalanchas, pueden producir destrucción a gran escala.

Cuando un glaciar retrocede genera agua de deshielo que se acumula en un valle montañoso para formar un lago glacial. A medida que la cantidad de agua aumenta, el lago se puede desbordar y romper sus bancos, causando una inundación. Los científicos creen que 20 lagos glaciales en Nepal y 24 en Bután representan una grave amenaza para las personas que viven más abajo en el valle. Si estos lagos rompen sus bancos y el agua sale en torrentes hacia el valle, muchas personas podrían perder su vida o, por lo menos, su hogar. Ya se han producido varias inundaciones de este tipo en los valles de los ríos Timbu, Paro y Punakha-Vangdu, en Bután.

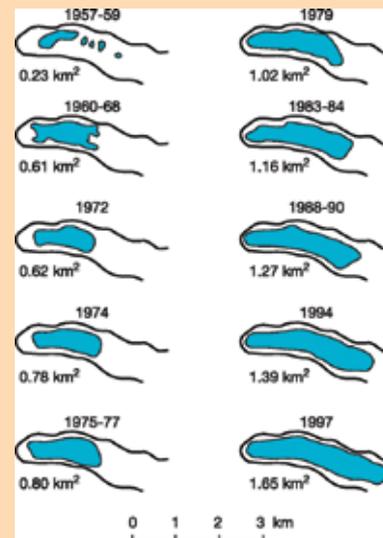
Es posible reducir el peligro para los habitantes locales construyendo canales de protección y diques antes que se produzca una inundación.

El lago Tsho Rolpa en Nepal, que se formó por aguas de deshielo de glaciares, ha crecido casi siete veces en los últimos 50 años. Los estudios muestran que más de 20 lagos glaciales en Nepal y 24 en Bután podrían desbordarse pronto, lo que tendría consecuencias catastróficas para las personas y las economías de esos países, a menos que se tomen medidas adecuadas.

Fig. 2.7.12. Lagos glaciales en los Himalayas.



Fig. 2.7.13. Lago Tsho Rolpa ha crecido siete veces en los últimos 50 años.



Disminución de reservas de agua dulce

La futura disminución de las reservas de agua dulce, tanto en las regiones montañosas como en las llanuras circundantes, es una grave amenaza. Los glaciares son una de las principales fuentes de agua dulce en la Tierra ya que son el origen de muchos ríos. La disminución en el volumen del hielo provocará escasez hídrica en las regiones cordilleranas, empeorando aún más las condiciones agrícolas, mineras y de generación de energía eléctrica. La falta de agua en las zonas cercanas a las montañas ya está provocando conflictos políticos graves en algunas partes del mundo.

Las montañas siempre se han asociado con peligro y el cambio climático en la Tierra se puede sumar a este riesgo. El aumento de las temperaturas, la variación en la cantidad de precipitaciones, el deshielo de los glaciares cordilleranos y la ocurrencia cada vez más frecuente de desastres naturales impredecibles puede tener consecuencias catastróficas para el medioambiente, las personas y la economía de las regiones montañosas, así como para las zonas que las rodean.



Preguntas

1. Calcula cuán alto ha subido un escalador si se encuentra en el nivel donde la temperatura es de $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que la temperatura al pie de la montaña es de $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Si la temperatura ambiental en la base de una montaña es de $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el día más caluroso de verano ¿se mantendrá la nieve en la cima de esa montaña que tiene 5.200 m de altura?
3. ¿Por qué los glaciares montañosos son, a veces, considerados como indicadores del cambio climático? ¿Qué les sucede cuando cambia la temperatura ambiental?
4. ¿Por qué suele existir gran diversidad étnica en las regiones montañosas?
5. ¿Cuáles son los principales medios de sustento de los habitantes de las regiones montañosas? ¿Cómo se ven afectados por el cambio climático?



Actividades

Actividad 1. En un mapa de contorno del mundo, pon una marca en el pico más alto de cada continente ¿A qué sistema de montañas pertenecen?
¿En qué países están localizados?

Actividad 2. La belleza y la inaccesibilidad de las montañas las convierten en una fuente de inspiración para grandes poetas, escritores, artistas y compositores. Nombra algunas famosas obras literarias o plásticas que muestren distintas cadenas o picos montañosos. Escoge cualquiera de las obras, la que más te guste, y explica qué habría cambiado el autor o autora si viviese en la época del cambio climático global. ¿Cómo lo habría hecho?

Katsushika Hokusai "Paso de Inume, Koşhu". Parte de la serie "Treinta y seis vistas del monte Fuji". Japón, 1830.



Actividad 3. Juego

Los jugadores se dividen en dos equipos.

El primer equipo vive en Pueblo Alto, ubicado en el valle montañosos del río Rápido. En los últimos años, el deshielo de los glaciares en las altas cumbres ha provocado el desbordamiento del río Rápido en varias ocasiones, causando problemas para los residentes locales. Por lo tanto, los habitantes locales quieren construir una represa para protegerse de las inundaciones y, al mismo tiempo, generar electricidad y crear nuevas fuentes de trabajo. Los habitantes de las montañas no son personas ricas, no tienen dinero para construir la represa y viven principalmente de sus cultivos y de la pequeña ganadería. En los últimos años, debido al aumento en las temperaturas, los habitantes de Pueblo Alto han comenzado a cultivar flores y frutas exóticas.

El segundo equipo vive en el pueblo de Pastoril, ubicado en la llanura cerca de las montañas, aguas abajo del río Rápido. El pueblo es próspero, sus habitantes son agricultores y usan el agua del río para beber y regar. A los residentes de Pastoril les gusta la comida exótica, la entretención y los viajes. El presupuesto local de Pastoril es suficiente como para financiar nuevos proyectos de construcción.

Los integrantes de los equipos deben analizar las siguientes preguntas (el profesor o un estudiante puede jugar el papel de ministro de desarrollo regional, quién gestionará las negociaciones):

- 1) ¿Cuáles serán las consecuencias para el pueblo de Pastoril si los habitantes de Pueblo Alto construyen una represa sin consultarlos?
- 2) ¿Bajo qué condiciones podrían los habitantes de Pastoril estar de acuerdo con la represa y proporcionar el financiamiento para su construcción?
- 3) ¿Pueden los habitantes de Pueblo Alto encontrar formas de protegerse de las consecuencias del cambio climático sin construir una represa?
- 4) ¿En qué otros nuevos proyectos y tipos de negocios podrían colaborar los habitantes de Pueblo Alto y Pastoril?



2.8. | ¿Cómo afecta el cambio climático ...a la región del Ártico?

El Ártico es la región polar ubicada más al norte de la Tierra. Incluye el océano Ártico y sus mares, las partes septentrionales de los océanos Pacífico y Atlántico, el archipiélago ártico canadiense, Groenlandia, la isla Svalbard, el archipiélago Tierra de Francisco José, Nueva Zembla, la Tierra del Norte, las Islas de Nueva Siberia y la isla de Wrangel, al igual que las costas del norte de Eurasia y Norteamérica.

No existen fronteras concretas en la región del Ártico. La definición más usada de su límite sur es el círculo ártico en las latitudes norte a 66 grados y 33 minutos. En este caso, el área completa del Ártico equivale a 21 millones de km² (Fig. 2.8.1).

Una segunda definición de la región del Ártico es la isotérmica de julio –una línea imaginaria donde las temperaturas en el mes más cálido del año no superan los 10 °C. El límite del bosque corresponde más o menos a la isotérmica de julio y es la tercera definición del Ártico. Dicho límite indica la transición entre las zonas de bosques y la de arbustos y praderas de la tundra. Rusia, Estados Unidos (Alaska), Canadá, Noruega, Suecia, Finlandia, Islandia y Dinamarca (Groenlandia) tienen territorios árticos.



El Ártico se está calentando de manera más rápida que el resto del mundo

El cambio climático es mucho más pronunciado en el Ártico en comparación con el promedio mundial. En las últimas décadas, las temperaturas a lo largo de sus costas se han elevado en 2 °C y 3 °C.

Sin embargo, el efecto más notorio ha sido el aumento en las fluctuaciones del clima y el tiempo atmosférico. En los climas templados, los cambios bruscos de temperatura generalmente no superan los 10 °C; puede que hoy sea un día bastante caluroso, pero mañana la temperatura caerá 10 °C, y, una semana después, volverá a subir 10 °C. Sin embargo, en el Ártico, la temperatura puede sufrir cambios repentinos de hasta 20 °C, y a menudo ocurre que durante el verano las temperaturas en una región del ártico son 5 °C más cálidas de lo que eran a mediados del siglo XX, mientras que en una zona aledaña son 5 °C más frías.

Fig. 2.8.1. El Ártico y la definición de sus fronteras.



Puede parecer que el calor en el Ártico es algo bueno ;pero esto no siempre es verdad! ¿Qué es mejor, una temperatura de $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ con un tiempo atmosférico despejado, sin viento o $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una tormenta de nieve? Por supuesto que es mejor que haga más frío pero sin tormenta, especialmente porque el Ártico está acostumbrado a esas temperaturas. El tema no es la temperatura en sí misma: sea lo que sea que suceda, las temperaturas en el Ártico nunca serán lo suficientemente altas como para que las personas y los animales se sobrecalienten.

La vida de las personas y los ecosistemas en el Ártico se ve afectada por diversos parámetros climáticos: el poder del viento (tormentas de nieve y temporales), la disminución de la extensión del hielo en el mar y los ríos, la grave erosión costera y el derretimiento del permafrost. Los cambios en estos parámetros no son solo consecuencia del aumento en las temperaturas –los parámetros son, en sí mismos, fuerzas activas que están ayudando a elevar las temperaturas. Según los científicos, estos efectos inversos se denominan “retroalimentación”, y se describen por lo menos dos de ellos.



*Existe un concepto en meteorología llamado **índice de sensación térmica**, que refleja qué tanto frío siente la gente por el efecto combinado de bajas temperaturas y viento. Por ejemplo, a una temperatura ambiente de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y vientos de 30 km/h , el índice de sensación térmica será de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que significa que la persona siente y reacciona corporalmente como si la temperatura ambiental fuera de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.*

1. Las temperaturas ambientales más altas provocan que los campos de hielo se derritan y se fragmenten, dejando al descubierto grandes extensiones de agua entre los témpanos de hielo. La superficie oscura del agua líquida, a diferencia del hielo, no refleja sino que absorbe la radiación solar. Esto hace que el agua se torne más cálida, más hielo se derrite y el proceso se acelera.
2. Más zonas de aguas abiertas significa más evaporación de humedad y más nubes. Recuerda que las noches son relativamente más cálidas cuando el cielo está nublado porque las nubes atrapan el calor, mientras que durante una noche despejada hace mucho más frío.

De manera similar, en el Ártico, cuando hay muchas aguas abiertas y nubes, la temperatura es más alta, especialmente en la noche, lo que también acelera el deshielo.

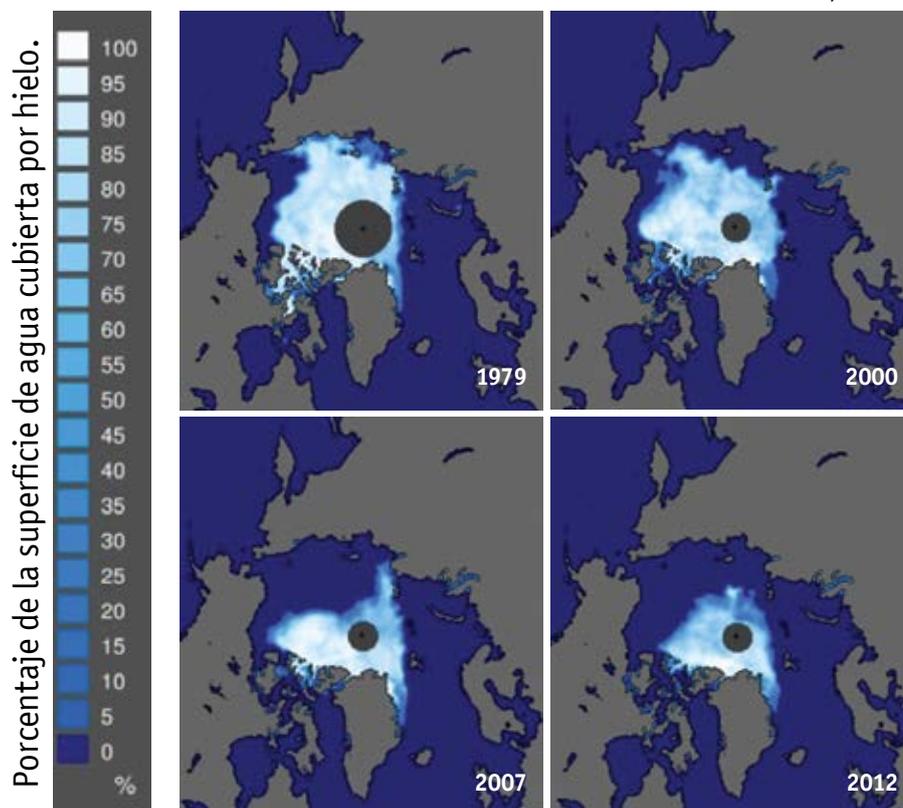
En la economía del Ártico se llevan a cabo dos tipos de actividades polares. Por un lado, están las actividades tradicionales de la población nativa, como la caza, la pesca y el pastoreo de renos. Por otro lado, está la producción a gran escala de petróleo, gas natural, fierro, cinc, oro, diamantes, pesca y madera para el mercado internacional. Las economías más grandes del Ártico corresponden a Rusia y Alaska (EE.UU.), principalmente por sus industrias minera y petrolera. En las regiones que aún están fuertemente dominadas por actividades de menor escala y más tradicionales, en particular en Groenlandia y la zona norte de Canadá, el rendimiento económico es mucho menor.



La desaparición del hielo en el Ártico

Los científicos realizan monitoreo satelital de los hielos del Ártico desde 1979 y los datos muestran que la cantidad de hielo ha disminuido drásticamente (Fig. 2.8.2). En los últimos 35 años, la extensión de la cubierta de hielo en el océano Ártico y sus mares se ha reducido en 15%–20%.

Fig. 2.8.2. Mapas del hielo del mar Ártico (el mínimo anual observado en septiembre).



El área de hielo se mide normalmente según su extensión mínima en el año, por lo general hacia finales de septiembre. La reducción observada en septiembre de 2012 estableció un récord absoluto: el área de hielo marino se redujo a 3,41 millones de km² (Fig. 2.8.2 y 2.8.3).

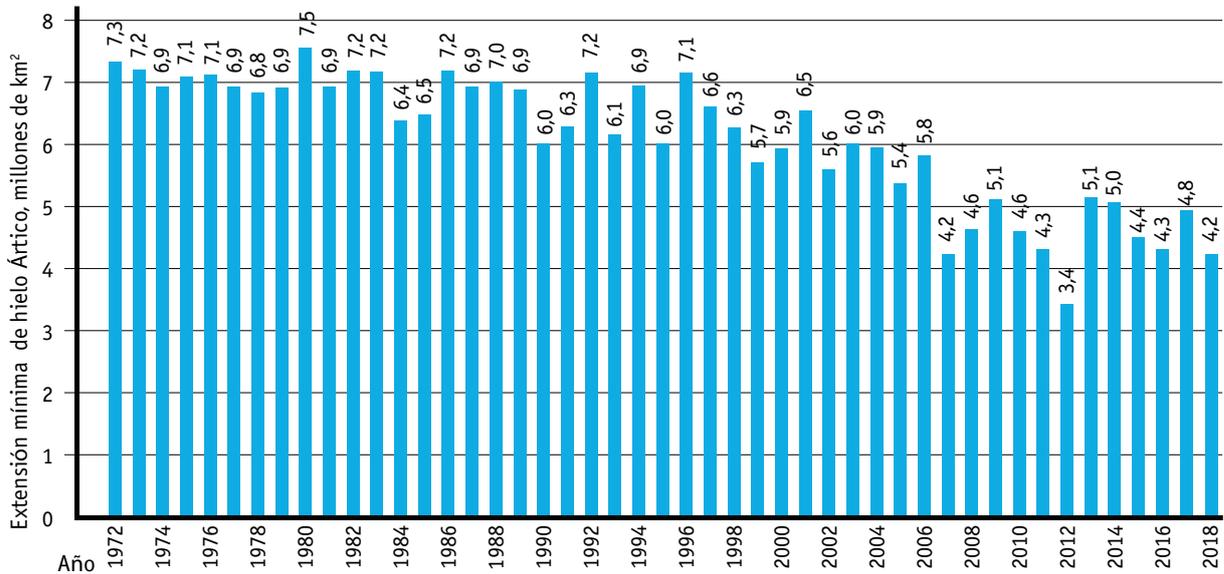
Por supuesto que el hielo aún cubre todo el Ártico durante el invierno. Incluso calentamientos enormes de 15 °–20 °C no podrían elevar las temperaturas invernales a niveles sobre cero en las regiones polares, pero el grosor del hielo se reducirá mucho. Este efecto es muy notorio incluso en la actualidad.

Los científicos sostienen que la disminución de la extensión y el grosor del hielo marino ofrecerá nuevas oportunidades para aprovechar mejor la ruta marítima del norte en el transporte de bienes entre Europa y Asia, y vice versa. La ruta por los mares del océano Ártico es mucho más corta que la ruta tradicional a través del canal de Suez y puede reducir considerablemente el costo del transporte.

El mejor momento para que los barcos naveguen por la ruta marítima del norte es en septiembre, cuando la superficie de hielo está en su extensión mínima. Sin embargo, como se puede apreciar en la Fig. 2.8.2, incluso cuando la capa de hielo está en su nivel más bajo, no hay garantías de que todos los estrechos estén abiertos. Esto es especialmente cierto para el estrecho de Vilkitsky, entre Taimyr y la Tierra del Norte, que representa un cuello de botella para toda esta ruta. Este estrecho quedó aislado por los hielos incluso en 2007. Por otro lado, existen ocasiones cuando

toda la capa de hielo es mucho más gruesa, pero los estrechos pueden ser transitados. En síntesis, es demasiado pronto en este momento para hablar con confianza sobre una navegación libre de hielos a través de la costa ártica de Rusia. Los modelos climáticos indican que el Ártico solo estará completamente libre de hielos en el verano a partir de 2050.

Fig. 2.8.3. Extensión de hielo del mar del Ártico (mínimo anual entre 1972 y 2018).



Es importante recordar que los deshielos en el Ártico llevan a la formación de témpanos, los que pueden ser peligrosos para los barcos, al igual que para las plataformas petroleras ubicadas en la placa continental a mar abierto. En el futuro, las compañías petroleras y navieras tendrán que asegurar una protección proactiva contra los témpanos y así evitar choques y accidentes.

Amenazas a los animales del Ártico

Los deshielos de las regiones polares ejercen gran impacto sobre los animales marinos, incluyendo al "rey" del Ártico, el oso polar. Si bien este no necesita el hielo como tal, sus principales presas son las focas, las que siempre se encuentran al borde del hielo.

Debido al calentamiento global, los hielos están retrocediendo hacia el Norte de manera muy rápida durante la primavera del Ártico. Debido a esto, los osos polares no tienen tiempo para reaccionar y quedan separados de las focas por vastas extensiones de agua libre de hielo (Fig. 2.8.4). Un oso puede nadar decenas de kilómetros, pero no cientos; además, la habilidad para nadar de los cachorros es muy limitada. Como resultado, gran cantidad de animales quedan varados en la costa. Con hambre, pueden entrar a los pueblos en búsqueda de alimento en los basureros, lo que puede ser muy peligroso, tanto para los animales como para las personas.

Fig. 2.8.4. Este oso, que quedó varado en la costa a más de 100 km de la orilla del casquete de hielo, está muy descontento por culpa del cambio climático.



En segundo lugar, los restos de basura comestible no deben quedar en los pueblos sino a 1 km o 2 km de distancia, de modo que los osos vayan hacia allá y no a los lugares donde hay más probabilidades de encontrar personas. Por último, personas debidamente entrenadas, armadas y equipadas deben mantener guardia frente a los osos (con radios y teléfonos satelitales como parte de su equipo) con el fin de facilitar la prevención tanto de los ataques causados por los osos contra los humanos como de la caza furtiva.

Si bien los osos se van a quedar sin su alimento favorito –las focas– pueden encontrar suficiente comida en la costa marina (aves muertas, huevos y animales pequeños). También pueden cazar morsas, aunque un oso polar no enfrenta a una morsa adulta: mejores presas son los animales heridos y débiles o los cachorros. Los osos a veces irrumpen en una colonia de morsas causando pánico y logrando que las morsas se aprieten unas contra otras; los machos grandes aplastan a los cachorros y, por consiguiente, dejan alimento para los osos. Tales tácticas son especialmente buenas si las morsas han construido su hogar no en una playa extendida, sino en una pendiente o en las salientes de los acantilados: a medida que los animales grandes se caen, pueden aplastar con su peso a los jóvenes que quedan debajo.

Cada vez más, las morsas se ven obligadas a elegir estos lugares poco adecuados para sus colonias, también por culpa de la falta de hielo. Estos mamíferos marinos no solo necesitan témpanos de hielo donde descansar durante la migración para recuperar su fuerza, sino que también precisan de hielo en las costas. En épocas pasadas, había grandes cantidades de hielo costero grueso; parte de este tendido en la playa formando una costra. ¡En la actualidad hay mucho menos y las tormentas están erosionando rápidamente los lugares aptos para las colonias de morsas! Por lo tanto, estos animales están obligados a elegir otros lugares donde no solo son amenazados por los osos, sino que también por las personas.



Ha habido casos en los que miles de morsas han aparecido en sitios nuevos (Fig. 2.8.5), incluidos lugares cerca de aeródromos. El sonido de una aeronave aproximándose provocó una estampida de pánico causando la muerte de decenas de animales. Para impedir que esto vuelva a suceder, en los aeródromos se mete ruido a propósito antes del aterrizaje de una aeronave para que las morsas se retiren al mar. Pero estas soluciones requieren de vigilancia atenta del desplazamiento de la población de morsas, con despliegue de personas y equipamiento.

Fig. 2.8.5. Una cantidad récord de cerca de 35.000 morsas reunidas en la costa cerca de Point Lay, Alaska, en septiembre de 2014. Buscaban un lugar donde descansar después de una larga jornada nadando sin encontrar hielo marino.



Los mares de Barents y Kara son el hábitat de las morsas del Atlántico, especie que está en la Lista del Libro Rojo. Solo hay unas pocas colonias de estos animales, algunas de las cuales están ubicadas en zonas remotas del archipiélago ruso Tierra de Francisco José; otras están en lugares relativamente accesibles a lo largo de rutas de transporte y donde hay planes para construir plataformas petroleras y gasíferas. Será fundamental vigilar de cerca e identificar oportunamente los problemas para evitar que las morsas desaparezcan en esta parte del Ártico.

La sobrevivencia de las focas arpas o de Groenlandia en el mar Blanco es otro desafío. A diferencia de los osos y las morsas, las focas no pueden vivir en la costa ya que son presa fácil de lobos, perros y otros depredadores. Durante mucho tiempo, las focas arpas fueron cazadas por los habitantes de la costa del Ártico y la piel suave y blanca de los cachorros era muy valorada. La caza ahora está prohibida. Muchas focas también murieron debido al tránsito de los barcos por su hábitat. Actualmente, se exige a los capitanes evitar los lugares donde esta se congrega.

Las focas del mar Blanco eran cazadas en el pasado por la piel de los cachorros. También enfrentaron problemas por las rutas de navegación que perturban su hábitat. Actualmente las focas enfrentan otro inconveniente: la disminución de la cubierta de hielo en el mar Blanco a causa del calentamiento global está dificultando las actividades de cría.



El calentamiento del clima causa otro problema a las focas: la piel de los cachorros es muy abrigada, pero no es a prueba de agua. Por lo tanto, caerse al agua o incluso a los charcos que se forman producto del derretimiento del hielo puede ser fatal: se congelan, enferman y generalmente mueren. En el futuro, si se reduce mucho más la cantidad de hielo, puede que sea necesario encontrar una isla protegida donde los cachorros puedan crecer seguros.

Otro animal que está siendo afectado por el cambio climático es el reno. La falta de cubierta de hielo en los ríos complica el arreo de los rebaños hacia los sitios correctos al comienzo del invierno. Los renos pueden nadar y atravesar un río, o pueden caminar sobre el hielo resistente, pero no pueden atravesar un río con hielo frágil. La desaparición del hielo en los ríos en épocas tempranas del año y el deshielo de la tundra generan obstáculos para la migración de los renos y comúnmente significa la muerte de muchos de ellos.

No podemos detener el cambio climático de manera fácil y rápida, por lo tanto es fundamental abordar estos problemas eliminando aquellas barreras creadas por el ser humano. Por ejemplo, asegurando que las tuberías de gas no interfieran con la migración de los renos. Actualmente, las tuberías ubicadas en las áreas de permafrost están tendidas sobre el suelo sobre soportes especiales, y los venados no pueden ni arrastrarse por debajo ni saltarlas. Se requiere construir tramos aéreos para que los animales puedan pasar por debajo.

El derretimiento del permafrost

El derretimiento del permafrost presenta un desafío aún mayor (Fig. 2.8.6.).

Las personas han habitado la zona del permafrost por miles de años, pero eran pueblos indígenas (chukchi, nenets, yakutos, evenkia, aleut, yupik e inuit) que no construían casas y su presencia no dañaba el suelo congelado. Cuando los rusos llegaron por primera vez al Ártico, quedaron

muy sorprendidos porque hallaron que el suelo se congelaba a profundidades de varios metros y solo la parte superior se derretía en el verano. Los líderes de los colonos escribieron que la tierra estaba congelada, por lo tanto era imposible cultivar trigo. En la ciudad de Yakutsk, en Rusia, se excavó un pozo para descubrir la profundidad del congelamiento: en 1686, se cavó hasta una profundidad de 30 m, pero no se llegó al fondo del permafrost. Unos 150 años después, se reanudó el trabajo de excavación del pozo y se avanzó hasta una profundidad de 116 m, pero la tierra a esa profundidad seguía congelada.

Las características de la zona del permafrost solo se comprendió al final del siglo XIX, cuando se descubrió que el permafrost llegaba a profundidades de hasta 1.500 m en algunos lugares, pero la capa congelada, con temperaturas entre $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, generalmente tenía un grosor de 100 m.

Fig. 2.8.6. Derretimiento del permafrost, Svalbard (Noruega).



En lugares donde no hay permafrost, la temperatura del subsuelo siempre está a unos pocos grados sobre cero, por lo tanto, las cañerías de agua se pueden tender de manera segura y los arroyos y riachuelos se pueden canalizar por tubos y túneles, tal como se requiere en los pueblos y las ciudades. La parte superior del suelo se derrite en el verano, pero las capas congeladas se mantienen a una profundidad de unos 10 cm en el norte a 1 m en el límite más al sur del permafrost.

La construcción en suelos de permafrost es muy difícil debido a problemas asociados con las fundaciones. No es posible excavar la tierra congelada; más bien se requiere un arduo trabajo para partirla o descongelarla. Es posible perforar, serrar e incluso explosionar el permafrost, pero eso es caro y requiere de equipamiento especial. El permafrost contiene grandes cantidades de hielo – a veces todo un estrato (Fig. 2.8.7).

Por lo tanto, cuando la capa superior del permafrost se derrite en el verano, esta forma una capa “semi líquida” muy frágil que no es capaz de soportar las construcciones, los pilares de puentes o el tendido eléctrico. Tales construcciones tienen que descansar sobre pilotes, los que se colocan en la tierra congelada a profundidades donde el hielo nunca se derrite.

Nuevos problemas surgen del hecho de que el descongelamiento de verano no es parejo. El terreno en la superficie no es plano, y las características del suelo pueden ser distintas unos metros más a la izquierda o más a la derecha. Es posible que en un lugar determinado se acumule más agua durante la estación cálida y que esta no puede filtrarse bajo tierra debido al permafrost. A la llegada del invierno, el agua atrapada se congela y forma inclusiones (cristales) y capas de hielo. El hielo ocupa más espacio que el agua en estado líquido, por lo tanto, el suelo se dilata; se forman baches e irregularidades en la superficie las que pueden destruir construcciones y caminos (Figs. 2.8.8, 2.8.9).

Los problemas no terminan ahí. A medida que el calentamiento del clima avanza, un año especialmente caluroso puede provocar el deshielo del permafrost a niveles más profundos de lo que normalmente ocurre, dejando salir el agua atrapada. Esto genera espacios subterráneos vacíos, la tierra se hunde y los pilares de los puentes, el tendido eléctrico o incluso un edificio pequeño pueden colapsar y derrumbarse. Este fenómeno se llama termokarst y es muy peligroso. Cuando se diseñaron y construyeron edificios en el Ártico en el pasado, era imposible prever su proliferación debido al calentamiento global (Figs. 2.8.10, 2.8.11).

Fig. 2.8.7. Una sección vertical del permafrost con capas de hielo.



Fig. 2.8.8. Una sección de la vía férrea dañada por los efectos del permafrost.



Fig. 2.8.9. Una construcción destruida por una protuberancia irregular y hundimiento sobre el permafrost.



A medida que el clima cambia y las temperaturas aumentan, el permafrost se derrite a niveles cada vez más profundos en el verano. La profundidad de los montones previamente construidos puede ser insuficiente haciendo que comiencen a “flotar”, provocando la deformación y el colapso de los edificios.

La infiltración de aguas hacia el suelo por causa de la acción humana aumenta el riesgo. El debilitamiento adicional del permafrost debido al calentamiento global podría provocar problemas graves de **termokarst** asociados con la filtración de aguas y tuberías de drenaje, situación que era menos peligrosa cuando el permafrost estaba bien consolidado. Las reglas que se deben seguir incluyen la limpieza de la nieve de los techos y las zonas alrededor de un edificio antes de que esta se derrita, impidiendo de ese modo que el agua penetre por debajo del edificio.

¿Qué se debe hacer? El cambio climático no se detendrá pronto y el daño producido está aumentando con rapidez. Se tendrán que gastar altas sumas de dinero para congelar directamente los suelos y diseñar de edificios más caros que puedan afrontar las nuevas condiciones.

Es posible asegurar el mantenimiento del permafrost en el Ártico a través de dispositivos relativamente simples. A veces es suficiente con los ductos de ventilación subterránea: aire muy frío de la superficie congela el suelo a temperaturas suficientemente bajas que no permitan que se

Fig. 2.8.10. Un edificio colapsado en el pueblo de Chersky (Rusia).



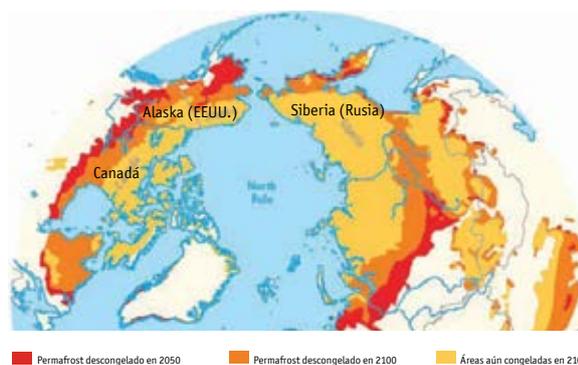
Fig. 2.8.11. Esquina colapsada de un edificio en Yakutsk (Rusia).



descongele en el verano. Este método es especialmente adecuado para caminos sobre terraplenes elevados. El suelo del terraplén se puede mantener congelado disponiendo de tubos de unos 20 cm de diámetro y separados por unos 50 cm desde un lado del terraplén al otro.

También se puede congelar la tierra usando dispositivos llamados termosifones: tubos verticales, herméticamente sellados en ambos extremos con su parte inferior en el suelo y su parte superior elevada unos 2 m–3 m sobre el nivel del suelo (Fig. 2.8.13). El tubo se llena parcialmente con un refrigerante, como por ejemplo amonio o dióxido de carbono líquido. El termosifón congela el suelo en el invierno debido a la diferencia de temperatura entre el suelo relativamente tibio (unos pocos grados bajo cero) y el aire, que está 20 °C – 40 °C más frío. El refrigerante líquido en la parte inferior del tubo se evapora debido a la mayor temperatura del suelo, provocando el enfriamiento del suelo. Luego, el vapor del refrigerante se eleva y se condensa en la atmósfera fría sobre el suelo, para después fluir de vuelta hacia abajo y el proceso se repite. De esta manera, el termosifón transporta frío bajo el suelo, bajando la temperatura de la tierra algunos grados más de lo que hubiera ocurrido sin su acción. Esto es suficiente para asegurar que el suelo no se derrita en el verano. El termosifón no funciona en el verano porque el aire es más tibio que el suelo y no circula el refrigerante al interior del tubo. Durante el verano, el tubo metálico conduce el calor hacia el suelo, pero este efecto es más leve que lo que se logra en el invierno. Esta es una manera de congelar el suelo bajo los caminos y los soportes de las tuberías, incluso debajo de grandes edificios. Sin embargo, los termosifones deben ser instalados a no más de 1 m de separación (Fig.2.8.13).

Fig. 2.8.12. Descongelamiento futuro del permafrost a lo largo del Ártico. Las áreas rojas indican regiones descongeladas en 2050, las áreas naranjas, regiones descongeladas en 2100, y las áreas amarillas son aquellas que aún estarán congeladas en 2100.



Además, los termosifones son solo una medida temporal, ya que pueden disminuir la temperatura del suelo en unos pocos grados y serán inútiles frente a un calentamiento más intenso. Los caminos se tendrán que montar sobre apoyos especiales instalados a gran profundidad en el suelo, y construir un paso elevado sobre pilotes, lo que aumentará considerablemente los costos de construcción (Fig. 2.8.14).

No siempre es posible asegurar que el suelo se mantenga congelado y las tecnologías para congelar son inútiles ante las tormentas y la intensa erosión costera. Cada vez hay más casos que demuestran que es imposible salvar los edificios y la infraestructura y que la única solución es el traslado de las personas.

Otro punto importante es que el proceso de derretimiento del permafrost libera grandes cantidades de gases de efecto invernadero del suelo de la tundra, aumentando el efecto invernadero y acelerando el calentamiento global.

Fig. 2.8.13. Caminos con termosifones para congelar el suelo.



Fig. 2.8.14. Caminos montados sobre soportes enterrados a gran profundidad en el suelo.



Anomalías meteorológicas en el Ártico

Ya sabes que cuando se está evaluando el tiempo atmosférico, se tienen que tomar en consideración el viento y la temperatura. Los fríos extremos sin viento son mucho mejores que una tormenta de nieve intensa, la que hace que sea prácticamente imposible hacer alguna actividad útil en el exterior, incluso viajar. Trabajar durante tormentas de nieve es peligroso y difícil. Los vientos fuertes se están volviendo cada vez más frecuentes en el Ártico, y requieren constantemente el uso de más cantidades de equipamiento especial, vestuario, equipos de seguridad y suministros para enfrentar las largas tormentas de nieve.

También han aumentado los niveles de humedad en el Ártico, a menudo provocando una alternancia entre deshielos y heladas. Esto significa que los caminos, los puentes y el tendido eléctrico quedan por lo general cubiertos por una capa de hielo, derivando en el aumento de accidentes y fallas. Los edificios y las estructuras se deterioran más rápido debido a la acción del agua y el hielo en microgrietas. El agua líquida puede penetrar las grietas más minúsculas y después expandirse cuando se transforma en hielo, expandiendo también la grieta. El hielo se derrite, ingresa más agua, la nueva agua se congela y la grieta se expande aún más. Mientras más se repite este ciclo, más rápido se deteriora el edificio.

Las regiones ubicadas a bajo nivel, como la península de Yamal, se ven cada vez más afectadas por graves inundaciones en primavera; vastos territorios quedan inundados por agua a una profundidad de un metro o más. Yamal actualmente experimenta más nevazones y estas cantidades de nieve se derriten más rápido durante la primavera del Ártico. Otro problema en Yamal es que el agua de mar se está infiltrando hacia las aguas subterráneas, lo que deriva en la rápida erosión de los niveles subterráneos de todo tipo de edificaciones.

¿Cómo afecta el cambio climático a los pueblos indígenas del norte?

Los pueblos originarios del Ártico están sufriendo como resultado del cambio climático puesto que su forma de vida y medios de sustento tradicionales dependen directamente de las condiciones del clima. La caza, la pesca, la recolección de cosechas naturales y el pastoreo de renos proporcionan alimentos, son la principal fuente de ingresos y son muy importantes para preservar las tradiciones y la cultura de estos pueblos y de los territorios donde viven.

El pastoreo de renos es una parte importante de la subsistencia y la forma de vida de los pueblos originarios del extremo Norte. El aumento en la frecuencia de los deshielos por causa del cambio climático significa que la tierra está a menudo cubierta por una capa de hielo que dificulta a los renos encontrar líquenes para comer. El derretimiento del permafrost, los cambios en las condiciones de las nevadas y el derretimiento temprano y el congelamiento tardío del hielo de los ríos están alterando las rutas de migración de los renos entre las praderas de invierno y verano. Y puesto que la caza es parte de la forma de vida de los pueblos del extremo Norte, estos cambios en las rutas migratorias de los renos y la reducción de las poblaciones de animales marinos los está obligando a buscar nuevas fuentes de alimento e ingresos.

¿Qué se puede hacer para ayudar a los pueblos originarios del Ártico a adaptarse a las condiciones cambiantes del clima?

- 1) Llevar a cabo campañas de información entre la población local sobre el cambio climático y sus posibles consecuencias para que se preparen y enfrenten los desafíos.
- 2) Desarrollar ecoturismo en estas zonas.
- 3) Aumentar la disponibilidad de servicios de salud en el extremo Norte, especialmente en zonas remotas y pueblos, y asegurar suministros fiables de calefacción y electricidad.

Fig. 2.8.15. La forma de vida de los pueblos indígenas del Ártico.



¿Qué hay de los efectos positivos de un tiempo atmosférico más cálido?

Es verdad que el cambio climático en el Ártico ofrece algunas oportunidades. Por ejemplo, se puede gastar menos dinero en calefacción y la disminución de la capa de hielo en el océano Ártico significa que este se puede usar como ruta marítima entre Europa, Japón y China. Para ello, se requiere construir infraestructura para el tráfico marítimo a lo largo de la ruta marítima del Norte, incluidos faros, equipo de rescate para emergencias y puertos donde los barcos puedan capear las tormentas o refugiarse en caso del surgimiento repentino del hielo.

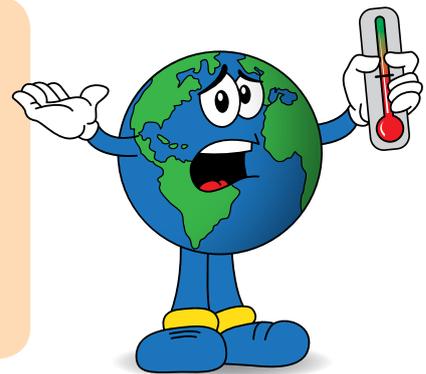
El aumento de un clima inestable en el Ártico y el calentamiento general también traerá continuas tormentas de nieve y fluctuaciones repentinas en la temperatura.

Puede que se acorte la estación de calefacción, pero un tiempo atmosférico más impredecible significa que tenemos que aprender a ajustar los niveles de la calefacción en base a la temperatura exterior real y no a una fecha en el calendario. Esto implica que habrá que instalar reguladores en los radiadores para que la gente pueda ajustar la temperatura en su hogar cuando lo requiera. Los servicios de viviendas rusas no están preparados para esto, por lo cual ello demandará un esfuerzo y equipamiento adicional.



El cambio climático traerá más impactos negativos que positivos sobre todas las regiones árticas.

Los climatólogos y los economistas han concluido que es posible adaptarse al derretimiento del permafrost, a la erosión costera y a todas las demás consecuencias negativas y probables del cambio climático, pero es muy caro. Por lo tanto, es muy importante encontrar formas de reducir el calentamiento global al mínimo.



Preguntas

1. ¿Dónde se está calentando el clima con mayor rapidez: en el mundo como un todo o en el Ártico?
2. ¿Por qué la temperatura ambiental aumenta rápidamente cuando los campos de hielo del Ártico se fragmentan durante la primavera dejando aguas al descubierto?
3. ¿Por qué los osos polares se ven afectados por la disminución de las masas de hielo? ¿Necesitan el hielo?
4. ¿Cuál es el peligro que actualmente amenaza a las focas en el mar Blanco?
5. ¿Por qué el derretimiento del permafrost es peligroso para los edificios?
6. ¿Cómo afecta el cambio climático a la vida de los pueblos originarios del Ártico? ¿Qué se puede hacer para ayudarlos a adaptarse a las condiciones cambiantes?



Actividades

Actividad 1. Experimento

Objetivo del experimento: Observar cómo cambia el volumen del agua cuando se congela.

Materiales: Botella de vidrio hermética, agua.

Procedimiento: Llena con agua la botella de vidrio, ciérrala bien y colócala en el congelador. ¿Qué le sucedió a la botella cuando el agua se congeló? ¿Por qué sucedió esto? Establece una analogía de este fenómeno relacionándolo con los procesos que se producen a causa del permafrost.

Actividad 2. Experimento

Objetivo del experimento: Observar los cambios que se producen en las propiedades físicas de los materiales cuando se congelan y descongelan.

Materiales: Crema ácida en una caja de papel o plástico.

Advertencia. El suelo que se ha congelado y después descongelado no será igual a como era antes de congelarse. Pueden aparecer capas de hielo que se separarán en agua y suelo cuando se produzca el descongelamiento. La crema ácida se comporta de una manera parecida cuando se congela inicialmente y luego se descongela.

Procedimiento: Toma la caja de crema ácida. Colócala en el congelador. Cuando la crema se congele no quedará como una pieza única: aparecerán capas de hielo. Cuando se descongele, se dividirá en una parte líquida blanca y otra sustancia blanca más espesa (una vez que revuelta, esta mezcla vuelve a tener la apariencia de la crema ácida y se puede comer sin problemas).



2.9. | ¿Cómo afecta el cambio climático ...a las ciudades y la salud humana?

La mitad de la población mundial vive en ciudades

Desde tiempos inmemoriales, la población humana de todos los países y regiones geográficas se ha dividido entre quienes viven en ciudades y quienes lo hacen en el campo. Históricamente, las ciudades han ofrecido mejores condiciones para desarrollar oficios. Las primeras fábricas se ubicaron en las ciudades y estas tradicionalmente eran lugares más seguros para vivir ya que estaban protegidas por murallas. Las personas que vivían fuera de los límites de ciudades y pueblos se dedicaban a la agricultura, cosechando productos y criando ganado.

Fig. 2.9.1. El casco antiguo de Berna en 1820.



Sin embargo, desde finales del siglo XIX ha habido un flujo importante de población hacia los pueblos y las ciudades. Este proceso se denomina **urbanización**.



La **urbanización** es el proceso mediante el cual los pueblos y las ciudades pasan a ser dominantes en una sociedad. Las causas son el crecimiento industrial, el desarrollo de las funciones políticas y culturales y la profundización de la división del trabajo territorial en las ciudades.



En 2008, como resultado de la urbanización, por primera vez el porcentaje de la población mundial que vivía en las ciudades superó el 50% (Fig. 2.9.2). Por lo tanto, estudiar el clima de las ciudades es importante por lo menos para la mitad de la población de nuestro planeta.

Fig. 2.9.2. Porcentaje de habitantes urbanos del total de la población y ciudades más grandes del mundo en 2018.

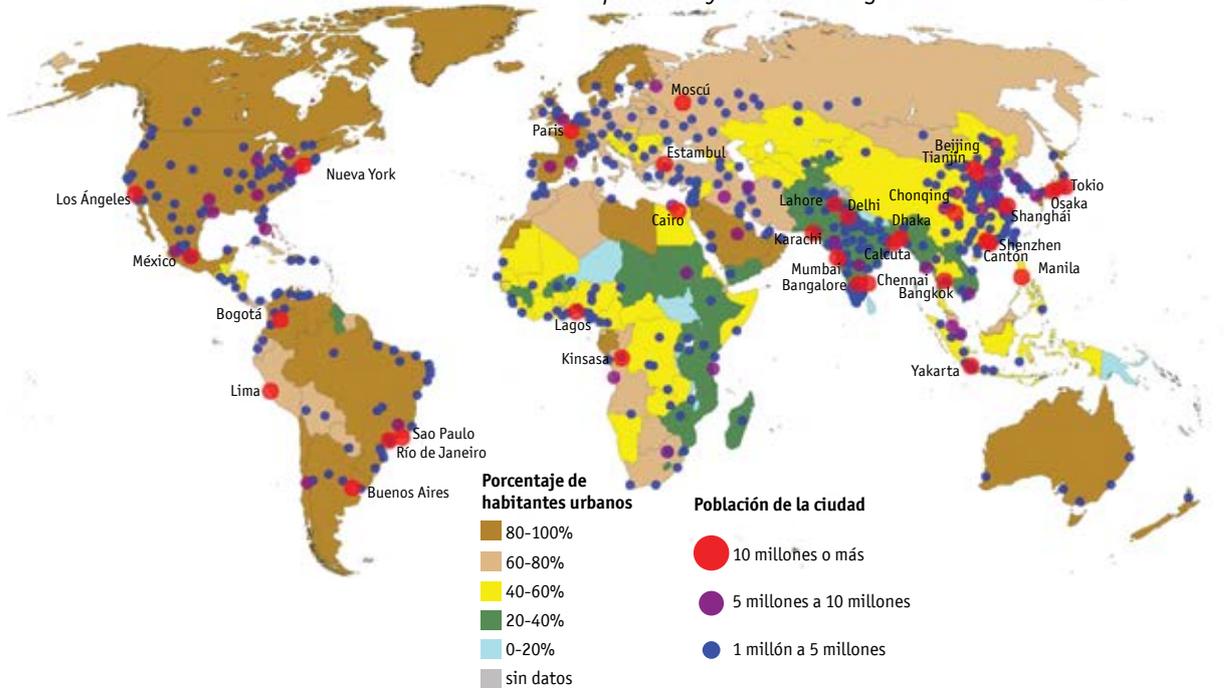


Tabla 2.9.1. Ciudades del mundo en 2016.

Ciudades con más de 10 millones de habitantes			
	Ciudad	País	Población (millones de personas)
1	Tokio	Japón	38,1
2	Delhi	India	26,5
3	Shangháí	China	24,5
4	Mumbai	India	21,4
5	São Paulo	Brazil	21,3
6	Beijing	China	21,2
7	Ciudad de México	México	21,2
8	Osaka	Japón	20,3
9	Cairo	Egipto	19,1
10	Nueva York	EEUU	18,6
11	Dhaka	Bangladesh	18,2
12	Karachi	Pakistán	17,1
13	Buenos Aires	Argentina	15,3
14	Kolkata	India	15,0
15	Estambul	Turquía	14,4

Fig. 2.9.3. *Shanghái, con más de 24 millones de habitantes, una de las ciudades más pobladas del mundo.*



¿Por qué a las ciudades se las llama islas de calor?

Las ciudades son lugares críticos en términos ambientales en nuestro planeta. Las emisiones de distintas sustancias de provienen de las fábricas y de los vehículos motorizados se “estancan” en la capa superficial de la atmósfera sobre una ciudad, creando un efecto invernadero. Esto eleva la temperatura ambiental varios grados en comparación con los territorios circundantes. Por lo tanto, los científicos llaman a las ciudades **islas de calor**.



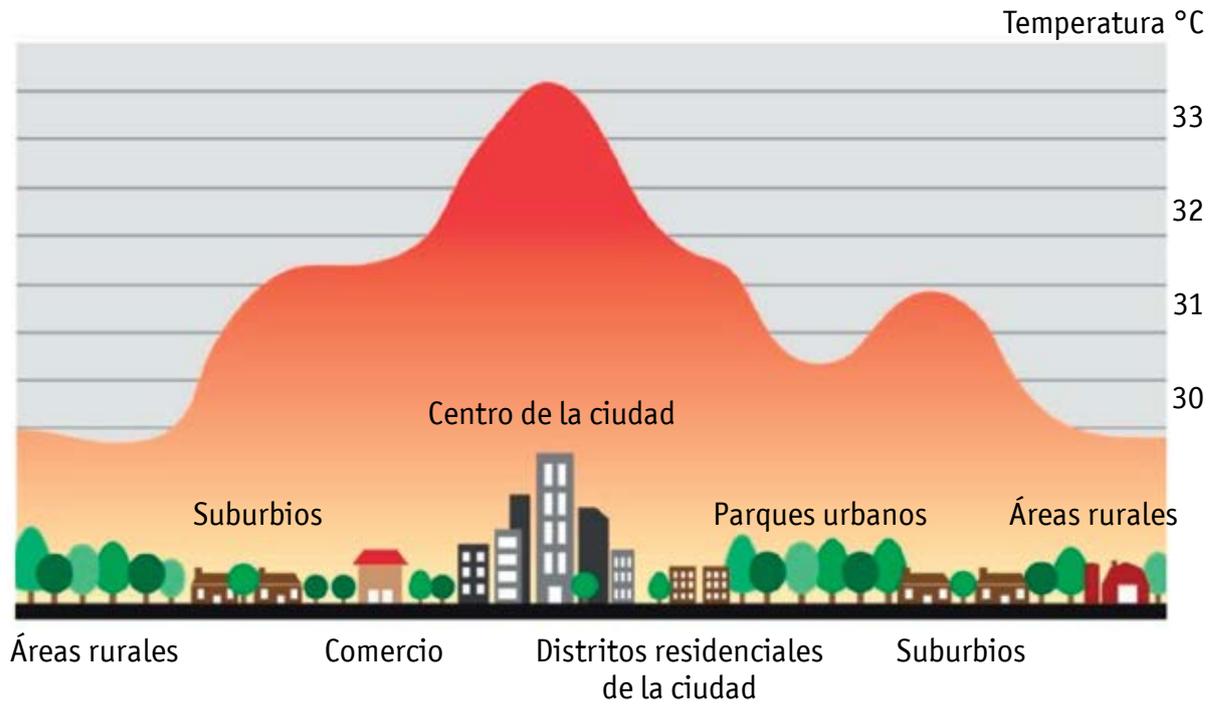
Una isla de calor es un área en el centro de una gran ciudad donde la temperatura ambiental es más alta que en las zonas periféricas. El efecto de isla de calor urbano es más notorio al atardecer y en la noche, especialmente en la primavera y el otoño, cuando la diferencia de temperatura entre el centro de la ciudad y las zonas periféricas puede llegar a ser de hasta 10 °C o 15 °C.

El efecto isla de calor en las grandes áreas metropolitanas se está intensificando por causa del calentamiento del clima.

Todos conocemos, por experiencia personal, del efecto isla de calor urbano: si sales de un edificio al atardecer de un día caluroso de verano, la temperatura en la calle es lo suficientemente cálida como para caminar con ropa liviana. Pero fuera de la ciudad, sentirás que las tardes son bastante frescas como para estar sin una chaqueta, incluso en el mes más caluroso del verano. Esto se debe a que en un entorno urbano el aire se enfría más lentamente; se mantiene cálido gracias a las murallas y techos de los edificios que han absorbido el calor durante el día.



Fig. 2.9.4. Distribución de la temperatura ambiental en una ciudad (isla de calor urbano).



Los primeros estudios sobre el clima urbano

Los primeros estudios sobre el clima urbano son obra del inglés Luke Howard (1772-1864).

Entre 1806 y 1831, Howard realizó mediciones de la presión atmosférica, la temperatura ambiental, la humedad, la lluvia y la evaporación en los suburbios de Londres. Para sus observaciones, usó artículos periodísticos sobre fenómenos meteorológicos específicos. Howard no pretendía analizar el clima particular de Londres, sino realizar estudios generales sobre el clima usando Londres como la base para sus observaciones. Pero la importancia particular de sus estudios y lo que le permitió ser considerado el fundador de la climatología urbana fue su esfuerzo por comparar los datos de sus propias mediciones meteorológicas con aquellas tomadas por la Sociedad Real en un sitio del centro de Londres. La comparación reveló lo que los investigadores modernos describen como el efecto "isla de calor urbano".

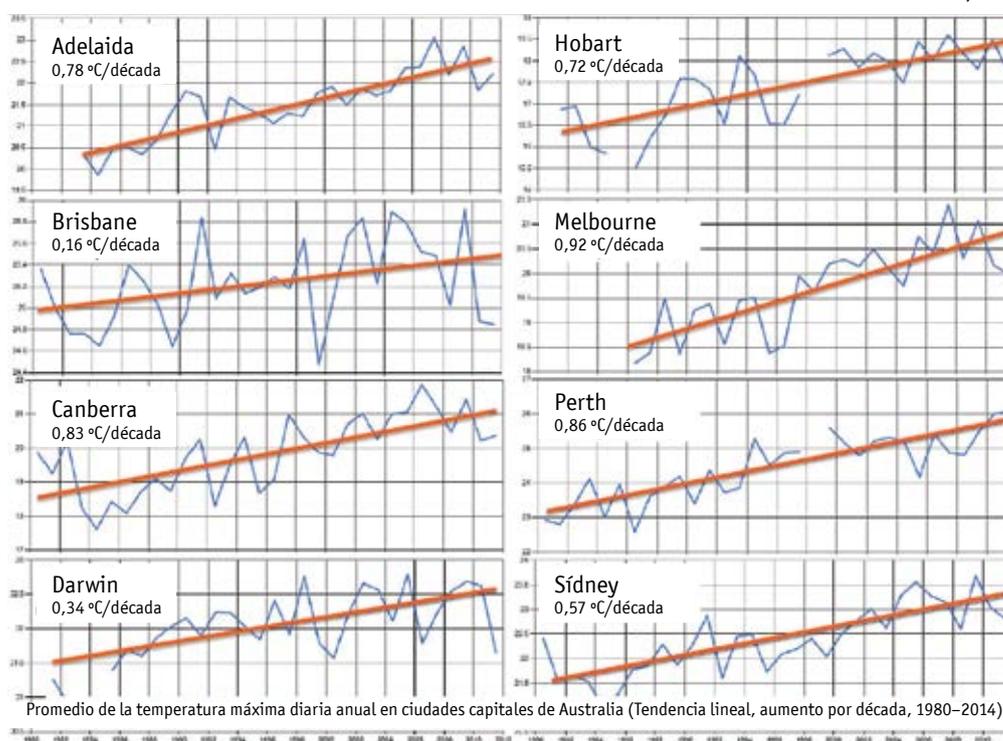


¿Cómo afecta el cambio climático a la salud de los habitantes de las ciudades?

El cambio climático tiene un impacto fundamental sobre la vida de las personas y su salud. Ya sabemos que nuestra salud depende de conductas seguras, herencia, tipo de trabajo, medioambiente y acceso a servicios de salud, pero actualmente está cada vez más claro que también depende del cambio climático.

El cambio climático se nota sobre todo en las ciudades, y más aún en las grandes. Por ejemplo, el incremento de la temperatura ambiental en Moscú en el siglo pasado superó los 2 °C, mientras que las temperaturas promedio del mundo durante el mismo período aumentaron solo en 1 °C. Las temperaturas ambientales también están subiendo rápidamente en otras grandes urbes de todo el mundo (Fig. 2.9.5).

Fig. 2.9.5. Cambio en la temperatura máxima media anual diaria en las principales ciudades australianas en 1980-2014. Tendencia lineal, el aumento es por década.



Los expertos de la Organización Mundial de la Salud proyectan que el calentamiento global provocará períodos de tiempo atmosférico extremadamente calurosos en las ciudades, los que serán cada vez más frecuentes, intensos y prolongados. Es bien sabido que las fluctuaciones en la presión, la temperatura y la humedad pueden hacer que las condiciones de vida de las ciudades sean incómodas, y cada vez hay más casos en los que el calor excesivo en las ciudades provoca estragos entre adultos mayores, niños pequeños y personas con mala salud. El calor intenso viene acompañado de altas concentraciones de polen y otras partículas que causan alergias y asma. Las personas que viven y trabajan en el centro de la ciudad y aquellas cuyos oficios les exigen estar mucho tiempo en el exterior (trabajadores viales, de la construcción, etc.) están particularmente en riesgo durante los días calurosos.

Las noches calurosas de verano en la ciudad son especialmente peligrosas para la salud. Si una ola de calor dura más de una semana, puede producir problemas cardíacos e incluso la muerte en adultos mayores y personas con problemas de salud. El intenso calor registrado en Europa en el verano de 2003 cobró la vida de 50.000 personas.

Un pronóstico oportuno de una ola de calor es muy importante, ya que permite al personal médico prepararse. La Organización Meteorológica Mundial recomienda que estos pronósticos de advertencia se entreguen al menos dos días antes del período de calor intenso.

Estados Unidos, Canadá, Francia y algunos otros países ya han tomado medidas para enfrentar los desafíos provocados por el efecto isla de calor en el contexto del calentamiento global. Por ejemplo, la ciudad de Filadelfia en Estados Unidos ha promovido un sistema de “buenos oficios” durante las olas de calor: los medios de comunicación informan regularmente sobre los cambios en las condiciones meteorológicas y ofrecen consejos sobre cómo evitar enfermedades relacionadas con el calor. Los periódicos publican un número de línea directa telefónica y en el centro de la ciudad se ubica una pantalla gigante con gran visibilidad. Los servicios de emergencia médicos y los departamentos de bomberos contratan personal complementario. Se habilitan lugares de acogida especiales con aire acondicionado para los adultos mayores, quienes son trasladados en un servicio de transporte especial y gratuito para que puedan descansar del calor.

Temperaturas que son consideradas normales por quienes viven en lugares con un clima más caluroso pueden constituir una ola de calor en zonas más frías si están fuera del patrón climático normal. En Estados Unidos, por ejemplo, una definición de ola de calor varía según la región. En los estados del noreste, generalmente se define como tres días consecutivos con temperaturas iguales o superiores a 90 °F (+32,2 °C). En California, donde el clima es más caluroso, la ola de calor tiene un umbral más alto –de 100 °F (+37,8 °C)– durante tres o más días consecutivos. El Servicio Meteorológico Nacional emite boletines sobre el calor y advertencias sobre calores excesivos cuando se esperan períodos de altas temperaturas inusuales.



Precauciones que se deben tomar ante el calor

- *Use ropa confeccionada con telas naturales: ayudan a prevenir el sobrecalentamiento al permitir que la piel respire.*
- *Mantenga cerca una botella de agua, de preferencia agua que no esté demasiado fría. Una persona debería beber por lo menos tres litros de agua en un día caluroso.*
- *Manténgase alejado del sol directo cada vez que pueda. El sol está en su punto más fuerte entre el medio día y las 16:00 horas; por lo tanto, trate de permanecer en interiores durante esas horas.*
- *Use siempre un sombrero o algo que proteja su cabeza.*
- *No compre productos perecibles: las bacterias se multiplican muy rápido a temperaturas altas; por lo tanto, hay alto riesgo de intoxicación alimentaria.*
- *Coma mucha fruta, verduras, ensaladas y sopas frías.*
- *Evite comidas aceitosas y saladas.*
- *No haga deporte ni entrenamiento físico en exceso.*
- *Manténgase calmado: cualquier estrés nervioso aumenta el riesgo de ataque al corazón, insolación y problemas cardiovasculares.*
- *No se siente directamente bajo el aire acondicionado: la diferencia de temperatura entre el calor de la calle y una sala con aire acondicionado es muy grande, y estos cambios de temperatura pueden provocar resfríos y neumonía.*

El cambio climático tiene un impacto negativo sobre la salud humana (Fig.2.9.6). Enfermedades infecciosas peligrosas como la encefalitis y el paludismo se propagan hacia zonas donde antes no estaban presentes y el período del año cuando el peligro de infección es mayor se prolonga.



La encefalitis transmitida por garrapatas es una infección viral producida por un virus que ingresa al cuerpo humano a través de la picadura de una garrapata infectada. Las garrapatas infectadas, los principales vectores, viven en las zonas de la taiga y los bosques de Siberia, los Urales y el extremo oriente de Rusia. Sin embargo, en el último tiempo ha habido un aumento de casos de infección en la parte central de la Rusia europea, el noroeste y la región del Volga. Se están registrando casos de encefalitis transmitida por garrapatas en partes de la Rusia europea, donde no había existido antes, y los científicos piensan que se debe al calentamiento global.

Un tiempo atmosférico más caluroso en el invierno y la primavera favorece la propagación de garrapatas: es más probable que sobrevivan el invierno y se puedan reproducir rápidamente en la primavera. Generalmente, solo una pequeña proporción de todas las garrapatas están infectadas con encefalitis, pero el aumento en la cantidad de garrapatas implica un incremento de individuos infectados.

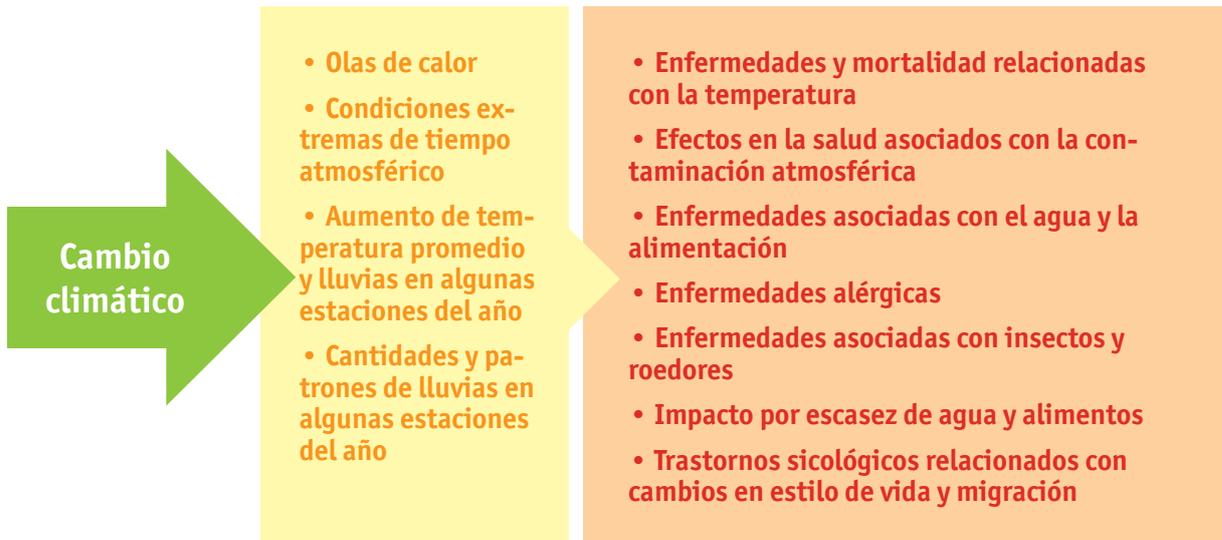
El paludismo o malaria (del italiano “mala aria”, que significa “aire malo”), también conocida como fiebre de los pantanos, es una enfermedad infecciosa que provoca fiebres altas y es transmitida a los humanos por las picaduras de mosquitos transmisores. La transmisión del paludismo depende de la presencia de mosquitos vectores en un área determinada y de temperaturas ambientales en las que el agente viral que provoca la enfermedad se pueda desarrollar en los mosquitos.

El paludismo por lo general ocurre en países tropicales, pero incluso ahí, la altitud importa: la enfermedad es mucho menos común en lugares que están en alturas, donde las temperaturas más frías frenan al mosquito y el desarrollo del parásito que este lleva adentro.

A medida que el clima se torna más cálido, el límite de la zona donde existe el paludismo se traslada hacia zonas con climas más templados, alejados del ecuador y a mayor altura, provocando que aumente la “temporada de paludismo” (el momento del año cuando aumenta la probabilidad de brotes). Algunos estudios han mostrado que el paludismo se está propagando hacia zonas de mayor altura en Kenia, Colombia y Etiopía, donde antes era muy frío para que la enfermedad se desarrollara. Esto pone a millones de personas en riesgo de contraer la enfermedad y se deberán tomar medidas extraordinarias para impedir los brotes.



Fig. 2.9.6. Impactos del cambio climático en la salud humana.



Las inundaciones también suponen una amenaza indirecta para la salud humana ya que interrumpen el suministro de agua y los sistemas de alcantarillado, aumentando el riesgo de enfermedades intestinales. También, cuando se producen inundaciones, en algunas partes del mundo pueden venir acompañadas de serpientes venenosas y cocodrilos, tal como sucedió en las inundaciones de Australia en 2011.

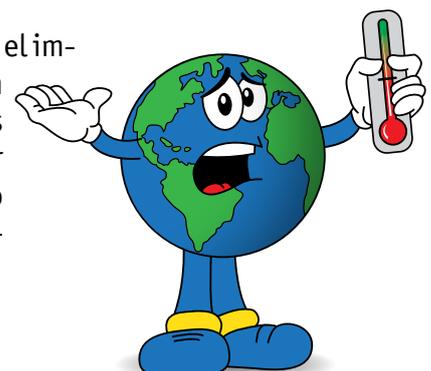
El estrés psicológico y la depresión también pueden ser provocados por los cambios en el medioambiente y los estilos de vida. Es probable que te hayas dado cuenta de que, a veces, cuando hay mal tiempo, no tienes ganas de ir a ninguna parte ni de hacer nada. Entonces, ¿cómo se sentirá la gente si hay mal tiempo con cada vez más frecuencia?

¿Cómo afecta el cambio climático a la economía urbana?

Los fenómenos meteorológicos extremos pueden alterar el transporte, la electricidad y el suministro de agua en las ciudades. Las inundaciones pueden anegar edificios, caminos, ferrocarriles, puertos marítimos y aeropuertos. Las altas temperaturas tienen como consecuencia un deterioro más rápido de las superficies de los caminos, los que requieren de reparaciones más frecuentes. Las disminuciones bruscas de temperatura en el invierno causan la formación de hielo que daña el tendido eléctrico, dejando a los hogares, las escuelas, los hospitales y los negocios sin electricidad.

Los residentes de los países del Norte podrán reducir el costo de la calefacción en su casa a medida que sube la temperatura ambiental en las estaciones frías del año. Sin embargo, las ciudades de los países del Sur enfrentarán un aumento en los costos a raíz de la mayor necesidad de contar con aire acondicionado en el verano.

En las últimas décadas, los científicos han estudiado más a fondo el impacto del cambio climático sobre las ciudades. Tales estudios son fundamentales ya que la correcta comprensión de las posibles consecuencias del calentamiento global permitirá contrarrestar algunos de los costos. Por ejemplo, el costo de limpiar el daño provocado por una inundación puede ser parcialmente compensado por ahorros en calefacción durante el invierno.



Preguntas

1. ¿En el mundo, viven más personas en las ciudades o en las afueras de las ciudades?
2. ¿Dónde es más cálido, en la ciudad o en los suburbios de la ciudad?
3. ¿Por qué las islas de calor son perjudiciales para la salud humana?
4. ¿Cuáles son algunos de los efectos negativos del calentamiento global en la salud humana?
5. ¿Qué precauciones se deben tomar cuando el tiempo atmosférico está muy caluroso?



Actividades

Actividad 1. Si tomas tus vacaciones de verano en el campo, intenta poner un termómetro en el exterior, a la sombra y a la altura de una persona desde el suelo. Registra la temperatura que se observa temprano en la mañana (antes de que el sol comience a subir la temperatura ambiental). Compárala con el pronóstico de la temperatura durante la noche en la ciudad grande más cerca de ti ese mismo día. ¿Son diferentes los datos? ¿Por qué?

Actividad 2. Usando tus textos de estudio, libros de referencia e Internet, investiga y escribe cómo podrías ayudar a alguien que sufre de insolación, quemadura de sol, congelamiento, reacción alérgica severa al polen o que haya sido picado por una garrapata. ¿Qué medidas preventivas puedes tomar para proteger tu salud durante un período de calor intenso?



2.10. | ¿Cómo afecta el cambio climático ...a los problemas sociales?

Mundos tan distintos: países desarrollados y en desarrollo

En el mundo existen más de 200 países. Todos son muy distintos unos de otros, con diferentes ubicaciones geográficas, territorios, ambientes naturales, clima, población, economía y estándar de vida. Por lo tanto, cada uno de ellos es afectado de manera distinta por el cambio climático. También son diferentes en su capacidad para enfrentar los nuevos problemas asociados al clima.

Generalmente, los países se dividen en dos grandes grupos según su nivel de desarrollo: unos son los llamados “**países desarrollados**” y los otros, “**países en desarrollo**”.

Los **países desarrollados** son relativamente ricos, disfrutan de condiciones de vida ventajosas y tienen economías sólidas donde la industria, los servicios y el sector financiero juegan un papel importante. Las personas que viven en estos países tienen acceso a un buen sistema de salud y educación, con oportunidades laborales gratificantes e ingresos relativamente altos que les permiten gastar dinero en restaurantes, compras y viajes. El grupo de países desarrollados generalmente incluye a Estados Unidos, Canadá, Australia, Nueva Zelandia, países europeos, Japón, Singapur e Israel. Algunos países de Europa del este, entre ellos Rusia, con las llamadas “**economías de transición**”, representan un subgrupo dentro de los países desarrollados.



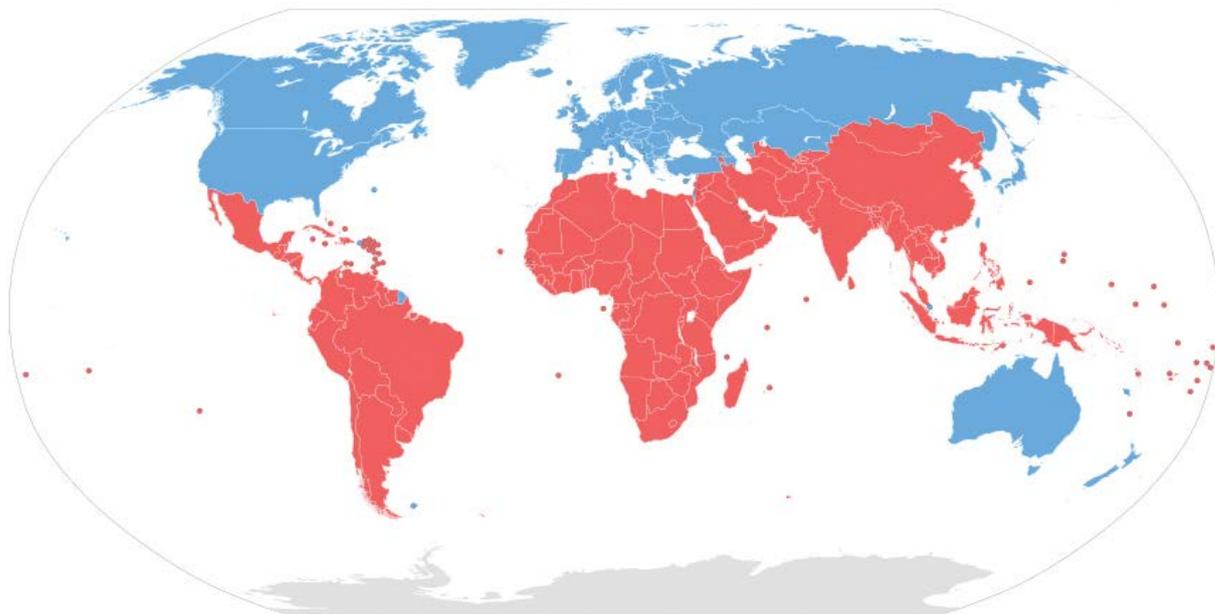
Por su parte, los **países en desarrollo** solo hace poco han comenzado a adelantar su economía. Aún dependen en gran medida de las industrias tradicionales: agricultura, ganadería y minería. Tienen un estándar de vida más bajo, su sistema de salud es menos avanzado, hay contados programas sociales para la población y las oportunidades laborales y de educación son escasas.

El grupo de países en desarrollo es muy diverso. Incluye a las **economías emergentes** (países que se han industrializado recientemente), como China, India, Corea del Sur, Turquía, Brasil, Argentina, México y otros pocos, los que están alcanzando rápidamente a los países desarrollados gracias al crecimiento veloz de la producción industrial. Muchas de las cosas que usamos diariamente – ropa, zapatos, vajilla, muebles, electrodomésticos, juguetes – están hechas en estos países, especialmente en China. En este momento, China solo es superado por Estados Unidos en cuanto al volumen anual de producción de bienes y servicios.



Por otro lado, existen **47 países que son considerados como los menos desarrollados del mundo**. En este grupo están los pequeños Estados insulares, los países sin litoral y montañosos, así como las naciones con territorios sobrepoblados y condiciones climáticas desfavorables. Estos países son muy pobres, su economía es frágil y sus habitantes y forma de vida son altamente vulnerables a los desastres naturales. La mayoría de los países menos desarrollados se ubica en África y Asia, y los más pobres son Burundi, Congo, Liberia, Sierra Leona, Malawi, Etiopía, Tanzania, Bangladesh y Zambia. La pobreza en ellos es alarmante: la mayoría de la población vive con menos de US\$2 al día y carece de alimentos suficientes, agua potable, hospitales y escuelas. Sus gobiernos no pueden pagar beneficios de seguridad social o pensiones a sus ciudadanos; por lo tanto, las familias tratan de tener muchos hijos para que ayuden en la casa, trabajen en el campo y los apoyen en la vejez. Además, la falta de saneamiento, alimentación y agua limpia, así como la ausencia de centros de salud y hospitales, implica la muerte de muchos niños, por lo que tener muchos hijos es una forma de asegurar que al menos algunos sobrevivan. Cerca de 800 millones de personas (el 11% de la población mundial) vive actualmente en los países más pobres, pero estas naciones contribuyen con menos del 1% a la economía global.

Fig. 2.10.1. Países del Norte (azul) y del Sur (rojo).



División entre Norte y Sur

Los países desarrollados y en desarrollo por lo general se dividen entre “Norte” y “Sur”. Es fácil darse cuenta a primera vista en un mapa del mundo (Fig. 2.10.1): casi todos los países desarrollados (excepto Australia y Nueva Zelanda) están ubicados en las zonas templadas del hemisferio norte, mientras que los países en desarrollo están principalmente ubicados en las latitudes del sur.





Inequidad social

En octubre de 2011, la población mundial llegó a 7.000 millones de personas. La mayoría –5.900 millones u 84% del total– vive en países en desarrollo y solo el 16% –1.100 millones– vive en países desarrollados. Al mismo tiempo, el 16% que vive en los países ricos consume la mayor parte de la producción mundial. Por lo tanto, la contribución de los habitantes de los países desarrollados a las emisiones de gases de efecto invernadero (la tal llamada “huella de carbono”) es mucho mayor que aquella de quienes viven en los países en desarrollo, ya que la producción diaria de los bienes que consumen las personas de los países ricos demanda cantidades enormes de recursos y energía. Por ejemplo, se necesitan 3,5 veces más recursos para mantener la vida de un estadounidense promedio que para mantener a un habitante promedio de la Tierra y el estadounidense promedio consume nueve veces más que el indio promedio. De manera que estos 1.100 millones de personas tienen mayor responsabilidad por las consecuencias del cambio climático.

La brecha entre la calidad de vida de los ricos y los pobres del mundo es enorme. Los ingresos promedio en los 20 países más ricos superan en 37 veces a aquellos de los 20 países más pobres. Por lo tanto, por cada US\$100 del ingreso que recibe un ciudadano promedio de Europa o de Estados Unidos, un nepalí o un etíope recibe solo US\$2,5. Los ingresos de las 500 personas más ricas del planeta son superiores al ingreso total de los 416 millones de personas más pobres del mundo.

Lo peor es que las altas tasas de natalidad de los países en desarrollo implican que el ritmo de su crecimiento demográfico supera en 3,5 veces a aquel de los países desarrollados. La población de muchos de los países más pobres de África y Asia se podría duplicar en menos de 40 años. Así, la cantidad de habitantes más pobres del planeta está aumentando.

La brecha mundial entre los ricos y los pobres es enorme. Las personas que viven en países desarrollados son solo el 16% de la población mundial, pero consumen la mayor parte de la producción y más del 70% de toda la energía del planeta. Mientras, casi 2.500 millones de personas viven con menos de US\$2 al día en todo el mundo. Mil millones de personas no tienen acceso a agua potable y 500 millones carecen de alimento suficiente.

Sería un error pensar que la pobreza solo existe en los países menos desarrollados, puesto que los países ricos también tienen regiones atrasadas y habitantes pobres. En Estados Unidos, por ejemplo, se estimó que la cantidad de pobres era de 46 millones de personas en 2010, o cerca del 15% de la población total. En Alemania, casi una de cada siete personas, o 11,5 millones en total, viven en la línea de la pobreza o por debajo de ella. Es frecuente que las personas más pobres de los países desarrollados sean aquellas que llegaron ahí a trabajar de los países en desarrollo, al igual que quienes viven en zonas rurales y en ciudades industriales en decadencia, donde las minas y las fábricas están cerrando porque ya no son rentables.

¡Pero la situación de un norteamericano y de un africano pobre es muy distinta! En Estados Unidos, la línea de la pobreza está fijada en un ingreso anual de US\$22.000 para una familia de cuatro personas, o alrededor de US\$15 al día por persona. Dicho monto realmente es muy bajo considerando los altos precios de los bienes esenciales en Estados Unidos. Pero para un africano pobre, un indigente americano –con alojamiento propio, con excusado y baño– parece un Rockefeller.



Las desigualdades en las condiciones de vida –distribución injusta de los ingresos y las oportunidades entre los habitantes de nuestro planeta– están entre los problemas sociales más urgentes que enfrenta el mundo hoy. Tal como se indica correctamente en el Informe sobre Desarrollo Humano 2013 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: “Todas las personas tienen derecho a vivir una vida gratificante, acorde a sus propios valores y aspiraciones. Nadie debería estar condenado a vivir una vida breve o miserable por ser de una clase social o país “equivocado”, pertenecer a una raza o a un grupo étnico “equivocado”, o ser del sexo “equivocado”. Lamentablemente, el cambio climático solo aumenta los problemas relacionados con la desigualdad social y complica la tarea de superar la pobreza.



El cambio climático empeora los problemas sociales

Ya hemos visto cómo cada región y país está sufriendo el impacto del cambio climático, pero también hemos visto cómo algunos de ellos –las costas, el Ártico, las zonas o países montañosos o agrícolas– resultan más afectados que otros por las consecuencias de este fenómeno. Esto sucede porque el estilo de vida y la economía de la población local dependen en gran medida de las condiciones naturales y del clima, de tal manera que cualquier cambio provoca problemas graves tanto económicos como sociales.

El sustento de los habitantes de los países y las regiones más pobres depende principalmente de la agricultura. Por lo tanto, cualquier sequía, inundación o huracán puede privarlos inmediatamente de su única fuente de ingreso. Los países como Bangladesh, Haití o Chad no solo son los primeros en sufrir los efectos del cambio climático, sino que también carecen de suficiente dinero y recursos para enfrentar los posibles riesgos.

El cambio climático en los países pobres tiene una repercusión especialmente importante sobre las mujeres, quienes son las principales responsables de la crianza de los hijos, la atención de

enfermos y personas mayores, la alimentación de la familia, los cultivos y la recolección de agua y combustible. Todas estas tareas están siendo gravemente afectadas por el cambio climático.

En otras zonas, incluso en países de ingresos altos, los niños pequeños, los ancianos y las personas con discapacidades pueden estar particularmente expuestas debido a que su salud depende en gran medida de las condiciones del tiempo atmosférico.

La injusticia es que las personas que son menos responsables del calentamiento global son las que más pueden sufrir sus consecuencias.

Migración por clima

El cambio climático está provocando la migración de decenas de millones de personas que buscan escapar de los efectos de las tormentas, las sequías y las inundaciones. Según los cálculos, ya en el año 2010 había más de 40 millones de personas en todo el mundo que habían dejado su hogar por razones relacionadas con el cambio climático. Según los pronósticos, las cifras pueden llegar a los 200–250 millones hacia el año 2050.

Las zonas amenazadas por las migraciones masivas incluyen los deltas de los ríos Mekong y Ganges en el sudeste asiático. Se trata de lugares agrícolas densamente poblados, pero el aumento de 2 m pronosticado en el nivel del agua de estos ríos provocará inundaciones en vastas superficies de tierras cultivables. Los campesinos locales se verán obligados a buscar otros lugares para vivir y trabajar.

Las frecuentes sequías o inundaciones, con consecuencias graves para la agricultura, forzarán a muchos habitantes rurales a trasladarse a las ciudades en busca de trabajo. Dicha migración tiene como consecuencia la formación de barrios enteros de migrantes pobres –zonas marginales con escaso alcantarillado y altas tasas de criminalidad.

Un número cada vez mayor de habitantes de las islas caribeñas está abandonando su hogar debido al aumento en la frecuencia de las tormentas y tornados tropicales, ya que ninguno de los países de la región (excepto por Estados Unidos y Cuba) tiene la capacidad de hacer frente a la mayor severidad de las condiciones climáticas.

Fig. 2.10.3. Campamento de migrantes obligados a abandonar su hogar debido a una sequía grave (Somalia, 2011).



Fig. 2.10.2. Barrios marginales en Río de Janeiro (Brasil).

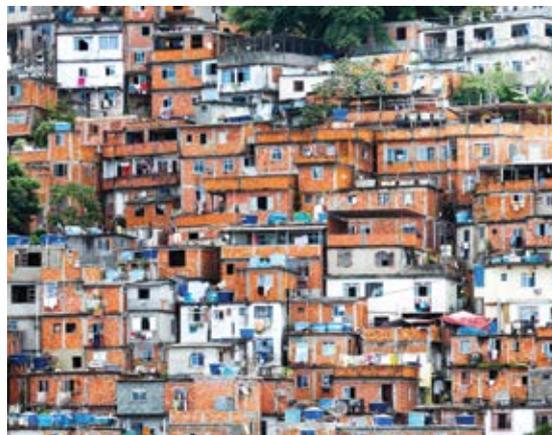


Fig. 2.10.4. Las secuelas del huracán Haiyán (Yolanda) (Filipinas, 2013).



Australia y Nueva Zelandia ya han acogido a migrantes climáticos de los Estados insulares de Oceanía. Las islas de los archipiélagos Tuvalu y Kiribati, ubicados no muy lejos de Australia, están desapareciendo poco a poco bajo las olas a medida que aumenta el nivel del agua en el océano. Los ambientalistas de Australia están presionando al Gobierno para que también asigne una cuota especial para estos refugiados del clima. De manera similar, el Gobierno Maldivas ha llegado a un acuerdo con Sri Lanka respecto del reasentamiento de su población ante el peligro inminente de que esta cadena de islas se hunda en el mar.



La nación insular de Kiribati está formada principalmente por islas de corales, las que solo se elevan, en promedio, unos 2 m sobre el nivel del mar. Por lo tanto, el aumento del nivel del mar podría inundarlas dentro de los próximos 50 años. En 2012, el Gobierno decidió comprar tierras en la República de Fiji, donde los habitantes de Kiribati se podrán reasentar en caso de que sus hogares corran riesgo de desaparecer bajo el mar.

Nuevos conflictos

El cambio climático puede provocar conflictos graves entre las personas, especialmente referente a temas de derechos sobre la tierra, escasez de agua y migración climática.

El mapa de la Fig. 2.10.5 muestra posibles consecuencias sociales a raíz del cambio climático en distintas regiones del mundo. Las regiones marcadas en rojo están particularmente propensas a conflictos relacionados con el cambio climático. Se trata de zonas amenazadas por sequías prolongadas, escasez de agua, aumento en el nivel del mar, salinidad del suelo y pérdida de cosechas, falta de acceso a energía y otros factores que podrían provocar crisis sociales y políticas, al igual que el aumento en los flujos migratorios.

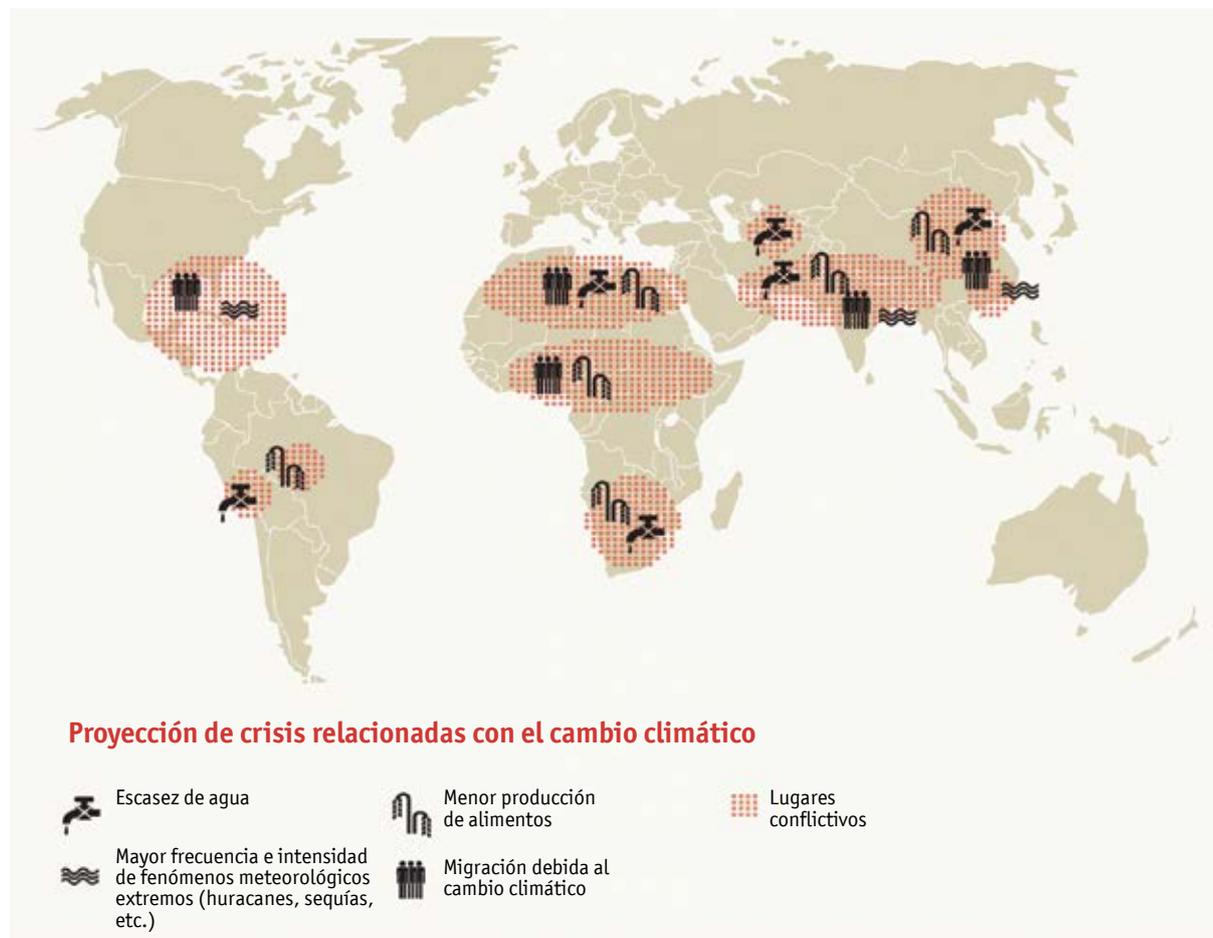
Cooperación internacional para entregar asistencia social

Se requieren programas especiales de asistencia para los grupos más vulnerables de la sociedad tendientes a disminuir los riesgos que surgen del cambio climático. Estos pueden considerar capacitación y reorientación profesional para quienes viven en zonas rurales, ofreciéndoles actividades alternativas a la agricultura; generación de proyectos para reasentar a los habitantes de las regiones amenazadas; creación de nuevos puestos de trabajo en zonas pobres; investigación

para desarrollar nuevas variedades de cultivos que sean más resistentes a las sequías; e instauración de sistemas de alerta temprana ante desastres naturales. Sin embargo, todas estas medidas demandan dinero que los países pobres y las personas en situación de pobreza no tienen.

Ya se han creado diversos fondos e instrumentos financieros para ayudar a los países en desarrollo a superar los problemas sociales asociados con los efectos adversos del cambio climático. Los principales donantes son los Gobiernos de los países desarrollados, las grandes empresas y las organizaciones internacionales, fundamentalmente las Naciones Unidas.

Fig. 2.10.5. Proyección de crisis relacionadas con el cambio climático.



Preguntas

1. ¿Cuál es la diferencia entre los países desarrollados y los países en desarrollo?
2. ¿Dónde vive la mayoría de las personas del mundo, en países desarrollados o en países en desarrollo?
3. ¿Qué países son más vulnerables al cambio climático? ¿Por qué?
4. ¿Por qué los pobres del mundo son los que sufren las consecuencias más graves del cambio climático?
¿Qué problemas sociales empeoran con el cambio climático?
5. Los animales y las plantas no se pueden adaptar a los rápidos cambios que afectan al clima, pero ¿qué sucede con las personas?



Actividades

Actividad 1. En un mapa del mundo, marca los 20 principales países en términos de desarrollo económico y coloréalos usando un lápiz de cera verde. En el mismo mapa, marca los 20 países con mayores volúmenes de emisiones de gases de efecto invernadero (puedes encontrar esta información en Wikipedia) y coloréalos usando un lápiz de cera rojo.

¿Hay muchas coincidencias? ¿Cuántos de los países más avanzados del mundo son ahora un “café sucio”, lo que indica que son los que provocan el mayor daño al clima de la Tierra?

Explica por qué estos países son los que más culpa tienen en el cambio climático actual.

Actividad 2. Imagina que estás trabajando para un fondo internacional que asigna dinero a proyectos que luchan contra las consecuencias del cambio climático. ¿Qué proyectos financiarías primero que todo para ayudar a los países pobres?



¿Cómo impedir el cambio climático peligroso?



parte
3

3. ¿Cómo mitigar el cambio climático peligroso?	169
3.1. Fuentes de energía “verde”	170
3.1.1. ¿Qué es la energía?	170
3.1.2. Principales fuentes de energía	171
3.1.3. Combustibles fósiles	172
3.1.4. Energía nuclear	176
3.1.5. Fuentes de energía renovable	178
3.1.6. Ventajas y desventajas de las distintas fuentes de energía	190
3.2. Eficiencia energética y ahorro de energía	196
3.2.1. Transporte amigable con el medioambiente	200
3.2.2. Electrodomésticos y aparatos eléctricos	205
3.2.3. Construcción verde: edificios activos y pasivos	208
3.2.4. Ciudades verdes	212
3.3. Huella de carbono	217
3.4. ¿Cómo puedo ayudar al planeta? Reducir tu huella de carbono	221
3.5. Cooperación mundial frente al cambio climático y desarrollo sostenible	231

3. | ¿Cómo mitigar el cambio climático peligroso?

Ya sabes que la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera ha estado aumentando rápidamente en años recientes (Fig. 3.1.1). El contenido natural de dióxido de carbono en la atmósfera ha variado en los últimos cientos de miles de años (lo que incluye períodos de calentamiento interglaciar y enfriamiento glacial) entre 180 y 300 partículas de CO₂ por millón de otras partículas. En 2013, el nivel de CO₂ en la atmósfera superaba las 400 partes por millón por primera vez en por lo menos 800.000 años.

Fig. 3.1.1. Aumento en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera desde 1960.



Todos quienes vivimos en el planeta contribuimos al actual cambio climático mediante la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera año tras año. Somos los usuarios finales de bienes y servicios cuya producción requiere energía; y la energía proviene principalmente de combustibles fósiles no renovables (petróleo, carbón y gas natural). La producción de bienes y servicios da cuenta del 75% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con actividades humanas.

¿De qué manera puede la humanidad reducir la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera? Hay varias formas de hacerlo.

La primera de ellas es cambiándose a fuentes de energía amigables con el clima. Si comparamos los distintos tipos de combustibles fósiles, el menos perjudicial para el medioambiente es el gas natural.

Pero es posible producir energía sin usar combustibles fósiles en absoluto. Desde épocas antiguas, las personas han usado el calor del sol, el poder del viento y del agua corriente, y la biomasa. Estas son todas fuentes de energía renovables y la tecnología moderna permite usarlas de manera más extendida.

La segunda forma a través de la cual se pueden reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es disminuyendo nuestro consumo diario de energía, inventando máquinas más eficientes en cuanto a consumo de energía y cambiando nuestros hábitos.

La tercera forma es con la ayuda de las plantas. Las plantas absorben dióxido de carbono, de manera que reduciendo la deforestación y plantando más árboles, la gente puede disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero que van a la atmósfera.

3.1. | Fuentes de energía “verde”

3.1.1. | ¿Qué es la energía?

Todo lo que alguna vez se ha creado en el mundo, ya sea por la naturaleza o por los seres humanos, ha sido creado usando energía. Para obtener algo, cualquier forma de energía, tenemos que sacarla de alguna parte.

Piensa en una barra de chocolate. Llegó a la tienda desde la fábrica, donde las personas la produjeron y envasaron. Para hacerlo, usaron granos de cacao y azúcar, productos que llegaron a la fábrica desde campos donde otras personas cultivan el cacao y la caña de azúcar. Todas las personas que trabajaron para hacer la barra de chocolate tuvieron que comer y comprar su ropa. Todas las máquinas y dispositivos que se usaron para fabricar la barra de chocolate están hechas de materiales (acero, plástico, etc.) que provienen de minerales (mineral de hierro, etc.) extraídos de la tierra, y esas máquinas son impulsadas por energía. De manera que todo lo que tenemos hizo usando energía. Incluso nosotros mismos crecimos a partir de un embrión minúsculo ¡que tomó la energía de compuestos químicos para crecer!



¿Entonces es posible en realidad que estemos sacando constantemente de la naturaleza y no demos nada a cambio? ¡Por supuesto que no! Esa energía que recibimos la transformamos y la devolvemos al mundo. De manera tal que la energía en sí nunca desaparece, solo cambia su forma. La ciencia que estudia las leyes generales de la transformación y la transferencia de energía mecánica y térmica se denomina “termodinámica”, y la primera ley de la termodinámica es la ley de la conservación de la energía.

Hay otras leyes de la termodinámica que nos indican que en el momento en que la energía cambia su forma, una pequeña parte de ella se pierde y se disipa y no puede “recuperarse”.

Veamos cómo la gente usa la energía en la actualidad. ¿Por qué hay un vínculo tan estrecho entre consumo de energía y cambio climático?

¿Puede la humanidad usar energía para transformar toda la vida de la Tierra, haciéndola verde, próspera y feliz? Y lo más importante, ¿podemos comenzar a trabajar unidos a favor de dicha transformación hoy?

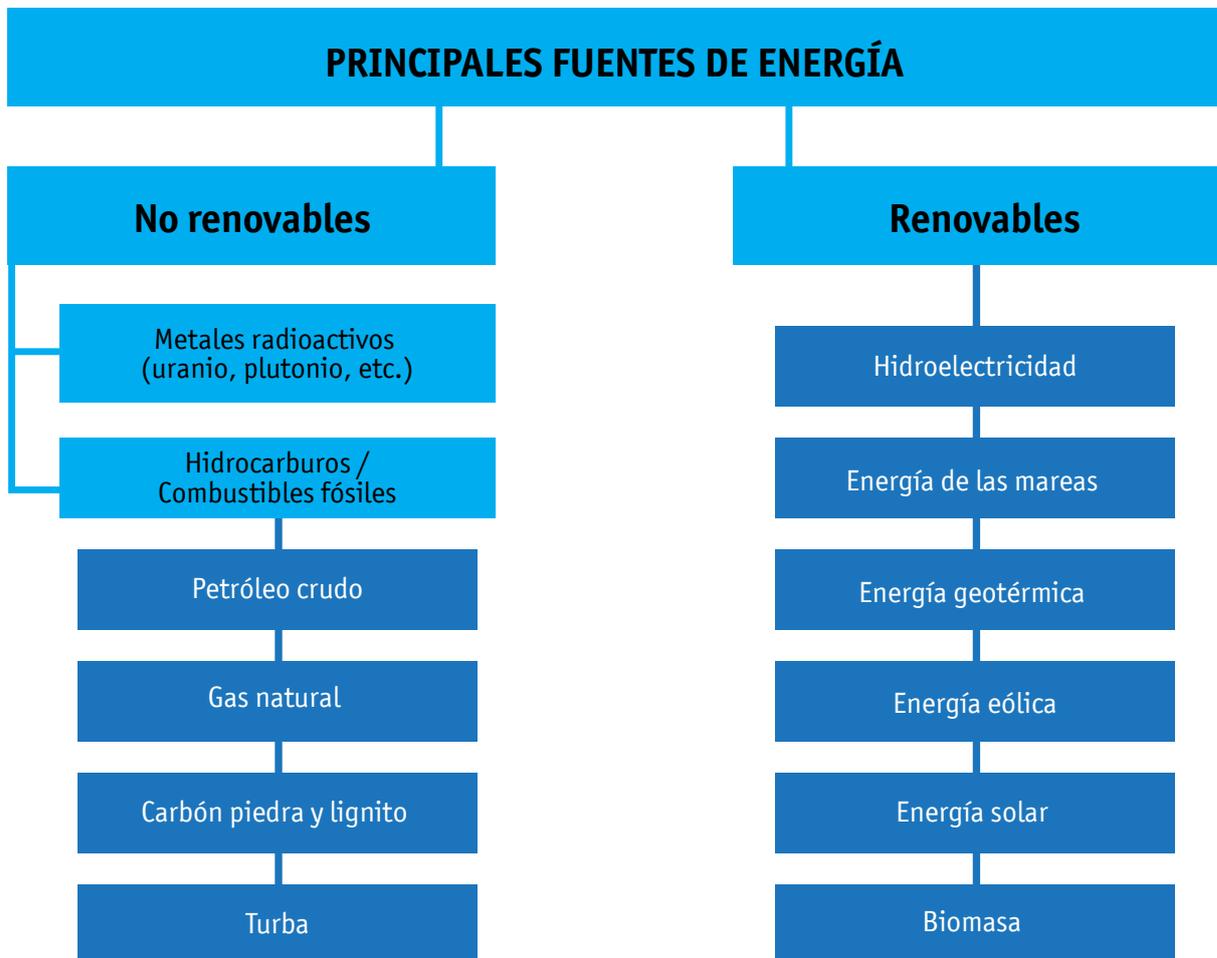
3.1.2. | Principales fuentes de energía

Las personas siempre han usado energía. Los científicos vienen reflexionando sobre este proceso incluso desde la antigüedad, cuando comenzaron a estudiar las formas más simples de la energía: la mecánica, que llamaron una 'fuerza viva'. Con el tiempo, se descubrieron otras formas de energía: eléctrica, electromagnética, térmica y nuclear. Mediante el descubrimiento de nuevas formas de energía, las personas investigan de dónde vienen y encuentran maneras de usarlas.

En nuestra vida diaria usamos una gran cantidad de dispositivos. Los televisores, las computadoras y los refrigeradores todos funcionan gracias a la electricidad; esta llega a nuestros hogares y es el tipo de energía con el cual estamos más familiarizados. ¿De dónde viene?

La gente aprendió a generar electricidad transformando algunos tipos de energía que se encontraban en la naturaleza. Las fuentes naturales de energía de nuestro planeta normalmente se dividen en dos grandes grupos: no renovables (o tradicionales) y renovables (o alternativas) (Fig. 3.1.2).

Fig. 3.1.2. Principales fuentes naturales de energía.



La producción o reemplazo natural de las fuentes no renovables de energía es mucho más lenta que su consumo por parte de la humanidad. Las principales fuentes no renovables son el carbón, el petróleo, el gas natural y la turba, los que también se denominan 'hidrocarburos' o 'combustibles fósiles'. Las fuentes de energía no renovables también incluyen los metales radioactivos (uranio, plutonio y otros) que se usan para generar energía nuclear.

Las fuentes de energía renovable extraen energía de procesos que ocurren de manera permanente en la naturaleza. La luz del sol, el viento, el flujo del agua, la lluvia, las mareas y el calor que emana de la tierra pueden proporcionar enormes cantidades de energía. Es más, dichos recursos son prácticamente inagotables: solo se terminarán en un futuro inimaginable por lo remoto cuando nuestro propio sistema solar termine su ciclo de vida. La biomasa (fibras vegetales, desechos animales y carbón de madera, producto ampliamente usado en el pasado) también es una fuente renovable de energía debido a su rápido reemplazo en la naturaleza.

3.1.3. | Combustibles fósiles

La evolución de los seres vivos en nuestro planeta avanza de lo sencillo a lo complejo. En una época, la Tierra estuvo habitada por organismos simples y plantas, que absorbían la energía solar transformándola en peso vivo, es decir, en ellos mismos. Los vestigios de la existencia de estos seres aún nos acompañan: la energía almacenada por estas formas de vida, nuestros ancestros, no ha desaparecido, sino que continúa viviendo en lo que llamamos “combustibles fósiles”, que son sustancias formadas por los restos de organismos muertos. El petróleo crudo, el gas natural, el carbón y la turba son todos combustibles fósiles.

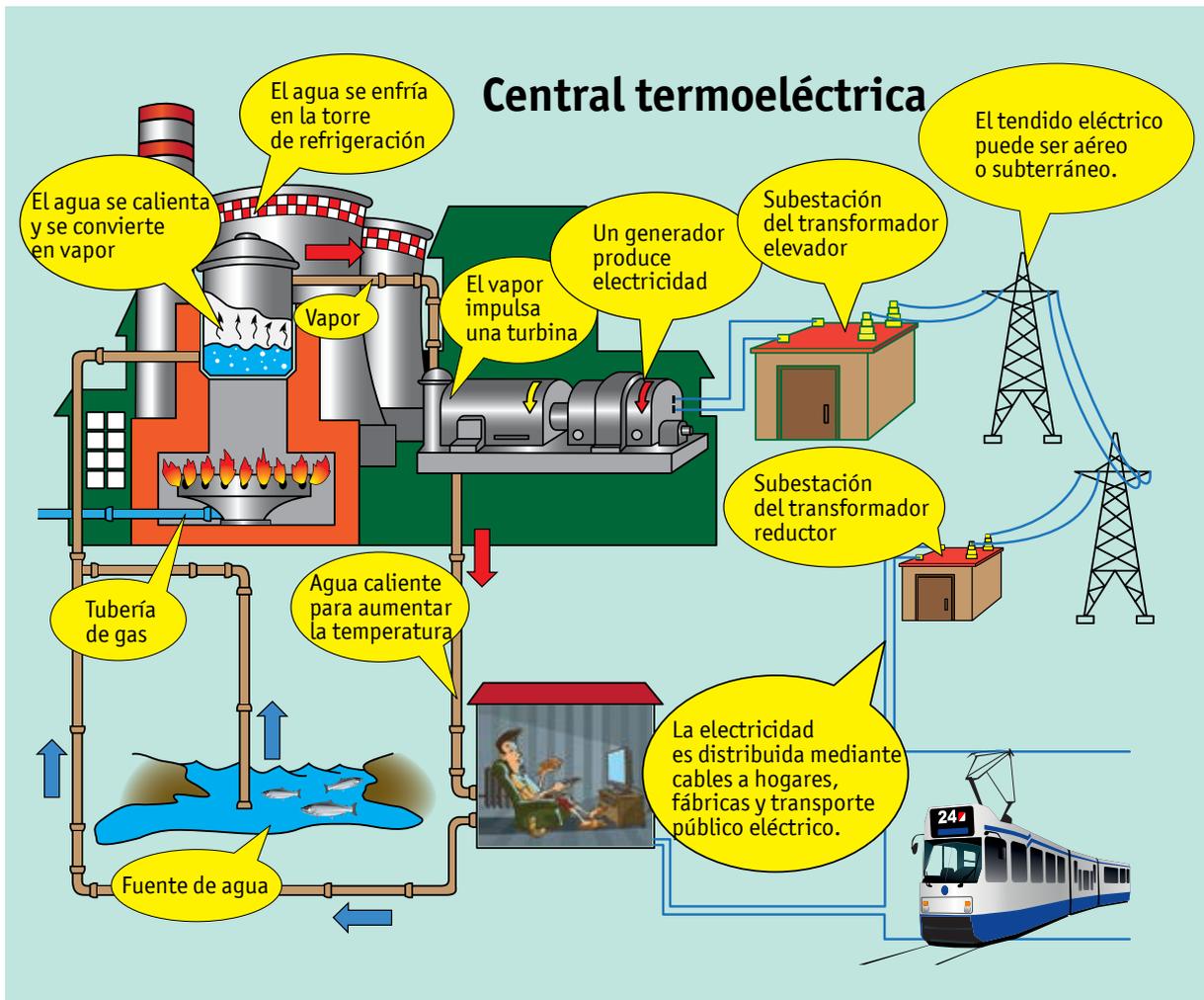
Los combustibles fósiles son el legado de los seres vivos que estuvieron en la Tierra antes que nosotros y debiéramos tratarlos con moderación y gratitud. Debemos recordar que ninguna herencia es infinita. Si los consumimos de forma irreflexiva no tendremos nada que dejarles a nuestros hijos.

La combustión de los hidrocarburos –carbón, petróleo o gas natural– puede producir electricidad, proceso que ocurre en las llamadas centrales de energía termoeléctrica. La sala de máquinas de una central termoeléctrica está equipada con una caldera y la quema del combustible (o combustión) calienta el agua de la caldera transformándola en vapor. La presión del vapor hace girar las aspas de una turbina, la cual impulsa un generador que crea la corriente eléctrica. Esta electricidad es transportada a nuestro hogar y a otros establecimientos mediante el tendido eléctrico. (Fig. 3.1.3).



Las fuentes de energía basadas en hidrocarburos (combustibles fósiles) son el petróleo crudo, el carbón, el gas natural (incluyendo el gas de lutita que se produce en las formaciones de carbón y lutita), el petróleo de lutita y otras sustancias y minerales inflamables producidas por la minería subterránea o a cielo abierto. Los combustibles fósiles se forman a través de millones de años en la corteza de la Tierra a partir de los restos de seres vivos. Su combustión extrae y utiliza su energía térmica.

Fig. 3.1.3. Cómo funciona una central termoeléctrica.



Se descubrió que la producción de electricidad se puede combinar eficientemente con el calentamiento de agua que es canalizada a través de cañerías para calentar los sistemas de agua de edificios residenciales, hospitales, escuelas y jardines infantiles, plantas industriales y otros establecimientos. Estas centrales se llaman de cogeneración.

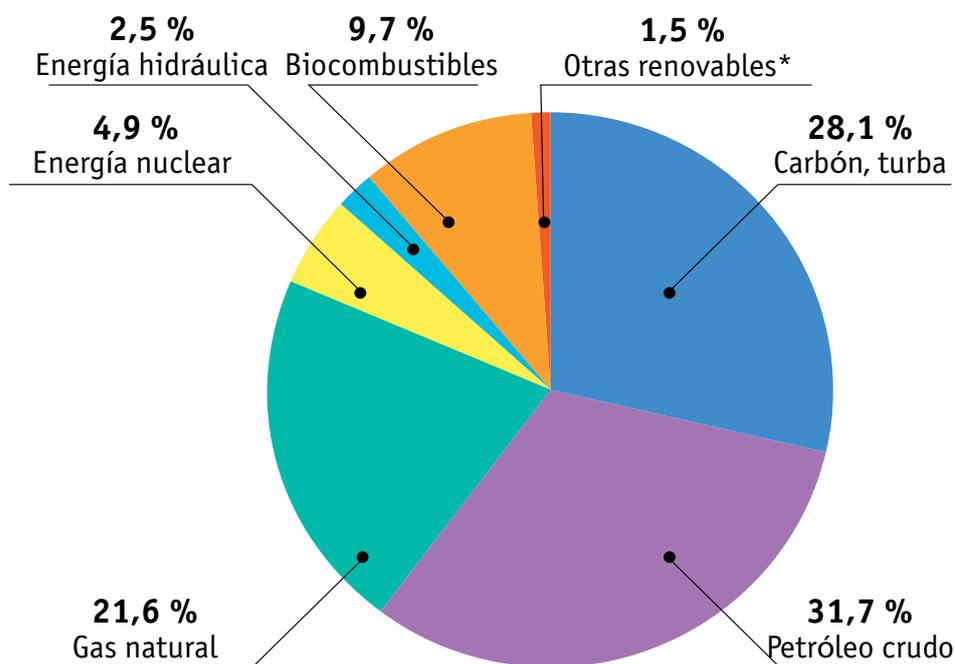
A veces no es posible canalizar el agua caliente a los edificios de departamentos desde una central de cogeneración. En esos casos, se construye una sala de caldera que utiliza combustible para calentar agua y alimentar los sistemas de calefacción de los edificios.

El uso de hidrocarburos como combustible solo se generalizó al inicio de la Revolución Industrial. Durante varios miles de años antes de eso, las fuentes de energía más utilizadas fueron la madera, el sol, el viento y el agua; aunque en algunos lugares ya se usaban los combustibles fósiles.

En la actualidad, los combustibles fósiles dan cuenta del 81,4% de la energía que se consume en el mundo y su uso se divide de la siguiente manera: 31,7% de petróleo, 28,1% de carbón y 21,6% de gas natural (Fig. 3.1.4).



Fig. 3.1.4. Consumo mundial de diversos tipos de energía en 2017.



* Otras fuentes renovables: energía eólica, solar, geotérmica, calorífica de bajo nivel y otras.

Existen dos importantes desventajas del uso de hidrocarburos como combustible. En primer lugar, no son infinitas y las reservas del mundo se están agotando, especialmente las de petróleo y gas. En segundo lugar, la combustión de gas natural, petróleo y particularmente de carbón, emite grandes cantidades de contaminantes y gases de efecto invernadero que pueden ser dañinos para el clima, el medio ambiente y la salud humana.

Hemos visto que los gases de efecto invernadero como tales no son dañinos para nuestra salud, pero su acumulación en la atmósfera aumenta el efecto invernadero, lo que lleva al aumento de la temperatura global y otros cambios climáticos.

¿Cuándo comenzaron las personas a utilizar combustibles fósiles?

La mina de carbón más antigua del mundo se comenzó a explotar en Holanda, en 1113, pero hay pruebas del uso de carbón, lignito y turba como fuente de combustible en un pasado mucho más distante.

En la Edad Media ya se extraía carbón en muchas partes de Europa; este se volvió más barato que la madera y su uso aumentó en la vida diaria, incluso entre las familias más pobres. Sin embargo, como en esa época las casas no tenían chimeneas, las habitaciones se llenaban de humo dificultando la respiración.

El consumo de carbón aumentó drásticamente al inicio de la Revolución Industrial.



Ya en el siglo XIX, 700 millones de toneladas de carbón se extraían cada año. Entonces, la gente se empezó a interesar en el petróleo.

El petróleo crudo era conocido por la humanidad desde tiempos muy antiguos. Sin embargo, solo comenzó a ser utilizado como combustible a mediados del siglo XIX después de que el químico norteamericano Benjamin Silliman descubriera que se podía obtener keroseno a partir de él. El posterior auge del petróleo también fue impulsado por una nueva forma de extracción que involucraba perforaciones en lugar de simplemente el cavado de pozos.

El uso del gas natural como combustible solo comenzó a generalizarse en el siglo XX.



Las mediciones científicas han mostrado que la quema de combustibles fósiles para la producción de energía aumenta sustancialmente el efecto invernadero. Por el bien del clima, la humanidad debe reducir el consumo de hidrocarburos y utilizar fuentes de energía más amigables con el medio ambiente.

Fig. 3.1.5. Emisiones de gases de efecto invernadero a partir del uso de distintas fuentes de energía basadas en hidrocarburos.

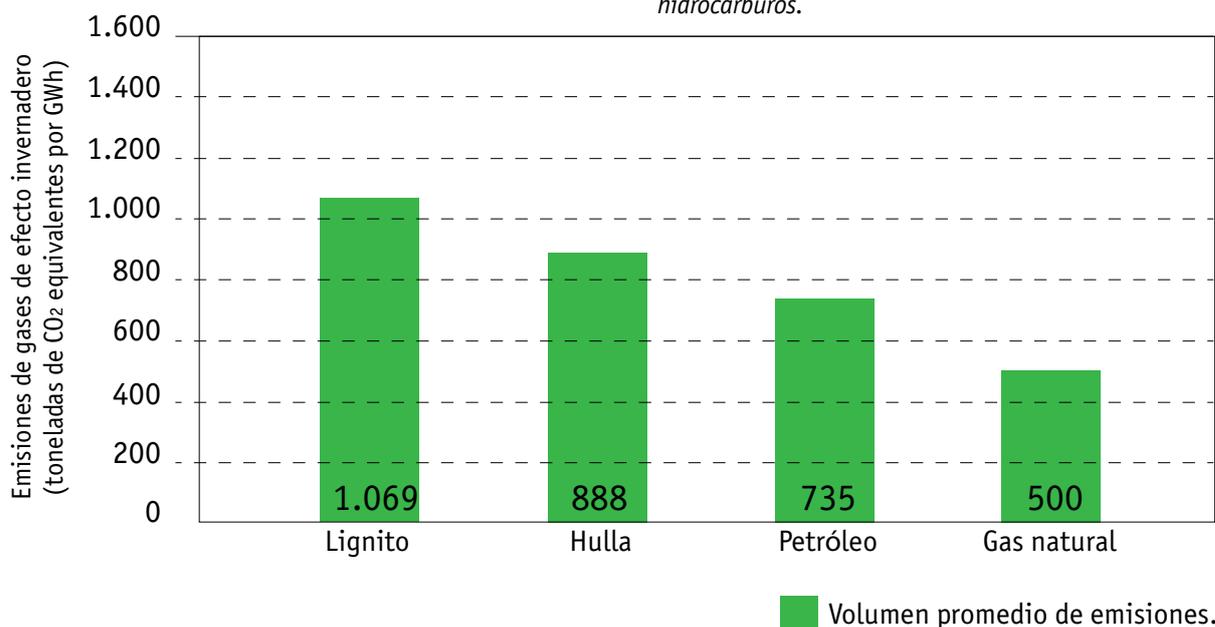


Tabla 3.1.

Contaminantes liberados a la atmósfera desde centrales de energía que usan combustibles fósiles en la Unión Europea (gramos/giga joule)

Combustible fósil	Polvo	Monóxido de carbono (CO)	Óxido nítrico (NO _x)	Dióxido de azufre (SO ₂)
Lignito	3.254	89	183	1.361
Hulla	1.203	89	292	765
Petróleo	16	16	195	1.350
Gas natural	0.1	15	93	1

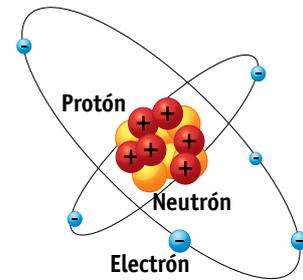
3.1.4. | Energía nuclear

Las centrales de energía nuclear prácticamente no emiten gases de efecto invernadero. ¿Podrían ser la respuesta al problema del cambio climático?

A medida que pasa el tiempo, la ciencia ha ido profundizado cada vez más en la estructura de la materia. Lo primero que se descubrió es que todas las sustancias estaban compuestas de partículas parecidas llamadas moléculas. Más adelante, los científicos concluyeron que estas moléculas estaban a su vez construidas por un conjunto de átomos. Los distintos tipos de átomos fueron llamados “elementos químicos” y fueron numerados y catalogados en la tabla de los elementos de Mendeléyev.

En ciertas condiciones, las moléculas de algunas sustancias pueden separar sus átomos y formar las moléculas de nuevos compuestos en un proceso llamado “reacción química”. Durante una reacción de este tipo se libera la energía que mantenía unidos a los átomos. Estos compuestos nuevos pueden necesitar más o menos energía, por lo que la reacción química puede absorberla del espacio que los rodea, o puede liberarla. La quema de combustibles fósiles es una reacción que produce calor.

¿Pero qué pasaría si la intervención ocurriera en el átomo en lugar de en la estructura de la molécula? Los científicos han descubierto que el átomo también está compuesto de partículas: tiene un núcleo formado por protones y neutrones unidos fuertemente, alrededor del cual giran los electrones. El núcleo de algunos elementos químicos se puede romper, proceso que, en primer lugar, genera gran cantidad de energía calórica (que se puede recoger y usar) y, en segundo lugar, partículas especiales que se denominan radiación. Este fenómeno se llama “decaimiento radioactivo” o “radioactividad”.



La radioactividad es parte de la naturaleza de nuestro planeta. Los niveles de radioactividad natural varían de 5 a 20 micro-roentgen por hora en diversas regiones del mundo. Estas dosis de radiación son inofensivas e incluso necesarias para los seres humanos y todo el medio ambiente natural. Sin embargo, en dosis más altas ¡la radiación puede ser letal!

En 1975, expertos de Estados Unidos hicieron el primer intento por calcular la probabilidad de que ocurrieran accidentes graves en las centrales nucleares. Sus conclusiones indican que esto podría suceder una vez cada 10.000 años. Sin embargo, solo cuatro años después hubo un accidente en la central nuclear de la Isla de Tres Millas cerca del pueblo de Harrisburg, en Estados Unidos. El daño inmediato estimado fue de mil millones de dólares norteamericanos, mientras que los daños indirectos se calcularon en 100.000 millones de US\$, aunque solo unas pocas personas se vieron afectadas por la filtración de radiación. Siete años más tarde ocurrió un accidente en una central nuclear cercana al pueblo de Chernóbil, en la ex Unión Soviética, donde los científicos nucleares también habían insistido en que esto solo podía ocurrir una vez cada 10.000 años.

Klaus Taube, exdirector de la compañía alemana Interatom, ha declarado que cualquier estimación estadística sobre la probabilidad de un accidente que involucre el derretimiento de combustibles nucleares debe ser considerada como un absurdo pseudocientífico.



Las personas han aprendido a controlar las reacciones nucleares y a utilizar la energía que estas liberan. Este es el mecanismo básico que usan las centrales de energía nuclear que aplican el complejo proceso de decaimiento radioactivo nuclear como fuente de energía. Es posible obtener una enorme cantidad de energía solo a partir de un poco de combustible nuclear, sin emitir ningún gas de efecto invernadero a la atmosfera. En términos de su impacto en el clima, la energía nuclear es muy segura, aunque debe recordarse que la extracción de uranio para estas centrales requiere gran cantidad de energía y emite muchos gases de efecto invernadero.

La principal desventaja de las centrales de energía nuclear radica en que los nuevos núcleos –llamados núcleos hijos– que se forman a partir del decaimiento productor de energía organizado artificialmente, también pueden ser radioactivos. Estos denominados “desechos radioactivos” no son útiles como combustible y tampoco es posible devolverlos al ambiente natural porque son peligrosos. Los científicos están conscientes del problema y analizan cuidadosamente las diferentes maneras de eliminarlos. Si estos métodos funcionaran perfectamente, como se pretende, efectivamente se podría decir que las centrales nucleares son inofensivas. Sin embargo, las cosas no son tan simples.



Los peligros asociados con el uso de la energía nuclear, que persisten incluso después de cerrada la central, han dado lugar a un debate permanente sobre si seguir desarrollando las centrales de energía nuclear o prohibirlas.

La explosión en la central de Chernóbil, el 26 de abril de 1986, impactó al mundo. Muchas personas murieron o quedaron gravemente discapacitadas. Cerca de 5 millones de hectáreas de tierra quedaron inútiles para fines agrícolas (una superficie enorme comparable a la de un país como República Dominicana). Se creó una zona de exclusión de 30 km alrededor del sitio del accidente y cientos de pequeños establecimientos debieron ser abandonados y destruidos.

Han pasado muchos años desde estos sucesos y quienes diseñan centrales nucleares afirman que los errores del pasado no se pueden repetir en los nuevos y mejores equipos que han inventado.



Sin embargo, en las condiciones actuales donde el clima está sufriendo grandes cambios, no es posible predecir qué fenómenos naturales excepcionales pueden ocurrir. Por ejemplo, la construcción de centrales de energía nuclear en Japón por supuesto que tomó en consideración los frecuentes terremotos que ocurren en ese país. A pesar de ello, el 11 de marzo de 2011, un fuerte terremoto y posterior tsunami provocó la falla de todos los sistemas de enfriamiento normal y de emergencia del reactor central de la central nuclear japonesa Fukushima-1, provocando una explosión térmica. Gran cantidad de material radioactivo fue liberado al océano y al aire y el efecto se sintió en muchos países. Los niveles de radiación en el litoral donde se ubica la central aun superaban los niveles normales en más de 100 veces, tres años después del accidente. Alrededor de 80.000 personas tuvieron que ser evacuadas del área y a pesar de que las autoridades japonesas aseguraron que la situación había sido estabilizada, dos años después entraron más sustancias radioactivas a las aguas subterráneas bajo la estación, su concentración creció y seguía habiendo filtraciones desde los tanques de agua radioactiva.



La energía nuclear es poderosa, pero también, peligrosa. La devastación que puede causar si se sale de control implica que no es ni segura, ni barata.

3.1.5. | Fuentes de energía renovable

Como ya hemos visto, las fuentes de energía renovable utilizan procesos naturales y recursos que son virtualmente inagotables o que se recuperan de manera natural y relativamente rápida. Estas incluyen la energía del sol, del viento y de las corrientes de agua, además de la energía mareomotriz y aquella del calor de la tierra. Usualmente, estas energías son llamadas “alternativas” o “verdes” porque, en contraste con los combustibles en base a hidrocarburos, no generan daños al medioambiente ni al clima. También incluyen la energía de la biomasa, aunque por varias razones este es un caso especial.

En la actualidad, de acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía, cerca del 20% de la producción mundial de electricidad proviene de fuentes renovables. Los expertos han elaborado múltiples escenarios para el desarrollo de estas fuentes en el futuro. De acuerdo con la proyección más favorable, alrededor del 60% de la electricidad total podría ser generada a partir de fuentes renovables y amigables con el medioambiente para el año 2050.

Fig. 3.1.6. Central productora de biocombustible a partir de biomasa.



El sol

El sol es la fuente de energía que nos entrega la misma naturaleza para la creación de la vida en la Tierra. Entonces ¿por qué no buscar formas de utilizar directamente esta energía? El sol del mediodía calienta cada metro cuadrado del planeta con una intensidad de aproximadamente un megavatio.

Cualquier habitación con ventanas se entibia gracia a los rayos del sol. Si está brillando en tu ventana, pero dentro de la casa está más bien fresco, abre las cortinas, limpia el polvo del vidrio y el sol llevará un poco más de calor. En las aldeas europeas de la antigüedad, la gente utilizaba persianas de madera. Durante el día, mantenían abiertas las ventanas para dejar entrar la luz, y por las noches, las cerraban junto con las persianas para mantener el calor en el interior de la casa.

Con los avances de la ciencia, las personas han aprendido mejores formas de “atrapar el sol”. Principalmente, existen dos formas de usar su energía.



Unidades de medida de potencia eléctrica

Vatio: unidad que sirve para medir la potencia de un artefacto, es decir, la cantidad de trabajo que puede realizar en un tiempo determinado.

1 vatio (W): la potencia del transmisor de un teléfono celular estándar.

1 kilovatio (kW, 1.000 W): la potencia de un pequeño calefactor, que es más o menos equivalente al calentamiento generado por la luz del sol al mediodía en un terreno de un metro cuadrado.

1 megavatio (MW 1.000 kW): las locomotoras tienen una potencia promedio de entre tres y 10 megavatios.

1 gigavatio (GW, 1.000 MW): la potencia de las centrales generadoras de electricidad más grandes del mundo se mide generalmente en gigavatios.

1 teravatio (TW, 1.000 GW): la potencia máxima de un rayo. La potencia eléctrica total generada por la humanidad durante 2011 fue de 22.000 teravatios.

Los colectores solares atrapan el calor del sol y en su interior, a través de tubos, fluye agua que se calienta (a veces se utiliza aire o anticongelante en vez de agua). Estos colectores se pueden usar para calefaccionar edificios o para proveer agua caliente.

Las celdas fotovoltaicas –que convierten la luz del sol en energía eléctrica– son otra forma común de recolectar y almacenar la energía solar. Todos conocemos las calculadoras que funcionan con celdas fotovoltaicas y las lámparas de los jardines, que captan energía durante el día e iluminan durante la noche. Las grandes centrales de energía –llamadas “granjas solares”– operan utilizando exactamente el mismo principio.

Los colectores solares se instalan en los techos de las casas en un ángulo con el horizonte igual a la latitud del lugar donde se encuentran.



Las celdas fotovoltaicas también se pueden usar para mover distintos medios de transporte: embarcaciones, autos ¡e incluso aviones! En Italia y Japón, existen celdas de este tipo en los techos de los trenes para producir la electricidad que necesitan el aire acondicionado y los sistemas de alarma.



Entre las principales ventajas de la energía solar se cuentan su libre disponibilidad, seguridad y naturaleza inagotable. Las instalaciones solares no emiten gases de efecto invernadero ni contaminantes, por lo que son inofensivas para el clima.

Energía solar: agua caliente más electricidad

El uso del calor del sol para generar energía es una práctica común hace mucho tiempo en países con climas cálidos. En ellos, se suelen ver estanques de agua en los techos de las casas, que se calienta con los rayos del sol y se puede ocupar para las necesidades diarias.

En Israel, todos los edificios deben tener paneles solares para calentar agua. La ciudad de Friburgo, en Alemania, es una vitrina del potencial que ofrece la energía eléctrica. En ella, se utiliza este tipo de energía para cubrir las necesidades de barrios enteros. Experimentos similares se están realizando alrededor del mundo con una frecuencia cada vez mayor.



Las desventajas de la energía solar son su fuerte dependencia del clima y del horario, y los altos costos de construcción debido a que los paneles usan elementos poco frecuentes. Sin embargo, nuevas tecnologías están reduciendo gradualmente el costo de las instalaciones solares y ampliando la esfera de sus aplicaciones. Por otra parte, existen problemas asociados con la eliminación de las celdas solares usadas, ya que estas contienen algunas sustancias tóxicas. Los paneles tienen una vida útil de varias décadas y aún no se establece un mercado para su reciclaje. Otro inconveniente consiste en que la producción de los paneles demanda consumo de energía y gran cantidad de agua limpia. Los diseñadores están trabajando en celdas nuevas, más amigables con el medioambiente, y los productores deben desarrollar sistemas para el desecho y el reciclaje de los paneles usados.

¿Energía solar después del atardecer?

La central energética Solana se ubica a 100 km al sudeste de la ciudad de Phoenix, en Arizona, EE.UU., y puede generar hasta 280 MW de potencia utilizando los rayos del sol. Emplea tecnología de espejos parabólicos y es una de las centrales más poderosas del mundo. Sin embargo, lo que la hace especial no es su tamaño sino la capacidad de seguir generando electricidad seis horas después de la puesta del sol mediante reservorios especiales que retienen el calor. Se trata de una propiedad valiosa pues este es el horario de máximo consumo eléctrico en la región.



Muchos expertos consideran que la energía solar es la energía del futuro y una de las principales alternativas frente al uso de fuentes tradicionales basadas en hidrocarburos. Los gobiernos de numerosos países apoyan el desarrollo de esta tecnología y compañías privadas están invirtiendo cuantiosas sumas de dinero en la construcción de centrales de energía solar. Aunque Alemania no es reconocido como un país soleado, se ha convertido en líder mundial en la promoción de este tipo de energía. Otros países destacados en este campo son España, Italia, Francia, EE.UU., Japón y China.

El viento

El viento es otra fuente de energía renovable de uso frecuente. El principio detrás de la energía eólica es que la energía mecánica (del movimiento) se puede transformar en electricidad. Los molinos en miniatura y los juguetes que se mueven con el viento son divertidos para jugar, pero si construyes turbinas eólicas gigantes y las ubicas juntas en una región ventosa, su rotación podrá generar electricidad para uso público.

Los molinos de viento se han utilizado desde la antigüedad, pero se volvieron especialmente populares en la Europa medieval. Durante mucho tiempo, las únicas máquinas que la humanidad conocía eran los molinos de viento y de agua. Los de viento se usaban principalmente para moler trigo y transformarlo en harina, para procesar madera o para riego. En los Países Bajos, los molinos servían para bombear agua de terrenos que habían sido quitados al mar y así destinar el suelo a la agricultura.



Las turbinas de viento modernas usan un principio similar al que utilizaban los molinos.

Este tipo de turbinas usualmente se localizan en zonas costeras donde el viento es constante, y en el último tiempo ya es posible construirlas tanto en el mar como en la tierra. Las llamadas "granjas eólicas de alta mar" se construyen en la actualidad a una distancia de 10–12 km o más de la costa. Las torres de las turbinas se ubican sobre pilares que se introducen en el fondo del mar, a una profundidad de 30 m. La tecnología más moderna corresponde a la construcción de turbinas eólicas en plataformas flotantes.



La granja eólica de alta mar más grande del mundo

La granja eólica de alta mar más grande del mundo, llamada Walney Extension, comenzó a funcionar en 2018. Está ubicada 14 km al oeste de la isla de Walney, en el mar de Irlanda, Reino Unido. La central tiene una capacidad total de 659 MW y consta de 87 turbinas. Esta granja eólica dejó en segundo lugar a otra instalación del Reino Unido –London Array, que comenzó a funcionar en 2013 – en el ranking de las granjas eólicas más grandes del mundo. London Array tiene 175 turbinas y una capacidad de 630 MW.



Una granja eólica grande puede tener varios cientos de turbinas que se extienden sobre un territorio extenso (hasta varios cientos de kilómetros cuadrados). Estas centrales se conectan a la red eléctrica de un país y transmiten electricidad a través de grandes distancias. Las granjas más pequeñas o las turbinas individuales pueden utilizarse para abastecer a distritos remotos o a instalaciones más pequeñas.

En la actualidad, la energía eólica solo aporta 2,3% de la electricidad que se consume en el mundo, pero es una fuente que crece rápidamente a medida que se crean tecnologías más avanzadas que permiten un uso más eficiente. Expertos de la Agencia Internacional de la Energía pronostican que las energías solar y eólica podrían llegar a producir hasta el 18% de la electricidad mundial para el año 2035.



La energía eólica ya juega un papel importante en algunos países europeos. En Dinamarca, por ejemplo, las turbinas eólicas producen más del 40% del total de la electricidad del país.

Fig. 3.1.7. Granjas eólicas en Kansas, EE.UU. (arriba) y Austria (abajo).





El agua

La energía del agua en movimiento se puede utilizar de diferentes maneras. El uso más común del agua para crear energía es la energía hidráulica, que funciona bajo el mismo principio que los antiguos molinos de agua: el flujo de un río hace rotar una turbina, lo que produce electricidad.

Esto suena sencillo, pero la energía eléctrica tiene sus desventajas. Para crear una central de energía hidroeléctrica poderosa y eficiente, se debe construir una represa alta que permita que toda la energía del río se utilice para hacer rotar las aspas de la turbina. La construcción de esta represa altera la vida natural del río; puede afectar su microclima, eliminando o dañando a los animales y plantas que viven en él. Por esta razón, la construcción de una central de energía hidroeléctrica debe abordarse con mucho cuidado, prestando atención al equilibrio medioambiental.

Además, mantener estas represas requiere atención constante. Si un accidente hace estallar su muro, el agua que se libera inundará el valle del río arrasando con todo a su paso y destruyendo las riberas kilómetros río abajo. Un ejemplo de esto es el colapso que sufrió la represa hidroeléctrica de Bantsao (China) en 1975, donde murieron 170.000 personas.

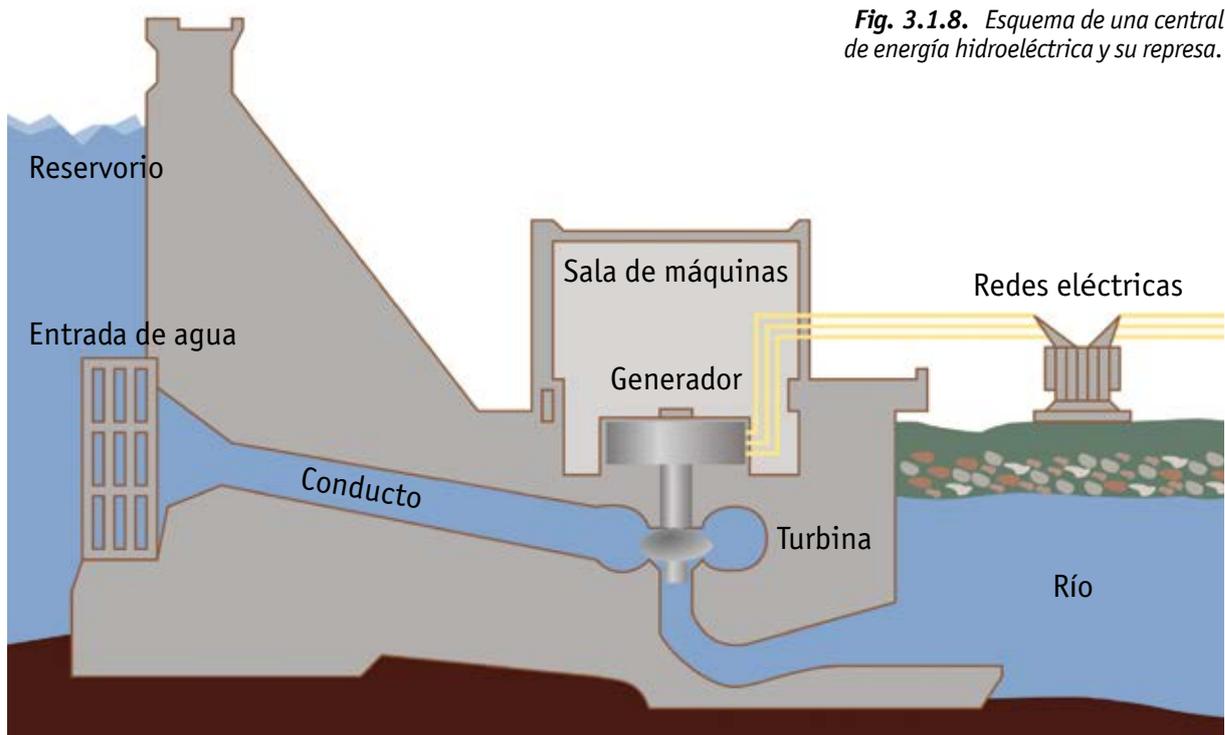


Fig. 3.1.8. Esquema de una central de energía hidroeléctrica y su represa.

Las instalaciones hidroeléctricas pequeñas pueden funcionar sin una represa (Fig. 3.1.9). Se construyen en ríos chicos o incluso en arroyos, y almacenan la energía en una batería. Tienen poder limitado, pero sirven para satisfacer las necesidades de una granja pequeña o de servicios esenciales en una reserva natural cerca del río.

La energía hidráulica es más segura para el clima que la producción de energía en centrales termoeléctricas, y el costo de generación de electricidad es casi de 50%. Como resultado de esto, muchos países están intentando maximizar el potencial de sus ríos para la producción de energía, y en algunos de ellos este tipo de energía provee el 90% o incluso el 100% de toda la electricidad (Paraguay, Noruega, Tayikistán, Uruguay, Uganda, Zambia, Camerún y Brasil).

China está muy comprometida con la energía hidroeléctrica. Ahí se han construido alrededor de la mitad de las centrales hidroeléctricas pequeñas y las más grande del mundo, la central de las Tres Gargantas en el río Yangtze, con una capacidad de 22,5 GW (Fig. 3.1.10). En África, en la República Democrática del Congo, específicamente en el río Congo, se planea construir una central aún más grande llamada Gran Inga, con una capacidad de 39 GW.

Fig. 3.1.10. Central hidroeléctrica Tres Gargantas (China).



Fig. 3.1.9. Central hidroeléctrica pequeña en el río Kokrar (Eslovenia).



Fig. 3.1.11. Represa de Yacyreta, en el río Paraná (Paraguay, Argentina).



Las centrales de energía undimotriz utilizan la energía de las olas del océano, que es esencialmente la energía de una balsa que flota y sube y baja en el mar. Así, la agitada potencia del océano, tan temido por los marinos en el pasado, puede ser útil. Si se la aprovecha bien, la fuerza de las olas es decenas de veces más intensa que la del viento.

Las centrales de energía mareomotriz usan el extraordinario fenómeno de las mareas. Todos los planetas, las estrellas y otros cuerpos celestes están vinculados por la gravedad e influyen unos sobre otros. La Tierra gira alrededor del Sol y de su propio eje; la Luna gira alrededor de la Tierra; y las posiciones respectivas del Sol, la Tierra y la Luna cambian todo el tiempo. Esto afecta al océano.

La represa se construye en un punto de una bahía donde las mareas sean intensas. En un comienzo, la represa evita que el nivel del agua suba hasta ingresar a la bahía, hasta que el nivel de la marea está cerca de su punto máximo. Entonces, se abre una válvula, y el agua pasa con una fuerza enorme haciendo girar un rotor. Cuando el nivel del agua se ha igualado en ambos lados de la represa, la válvula se vuelve a cerrar. Cuando llegan las mareas bajas y el océano está en plena retirada, el agua atrapada presiona para abandonar la bahía y lo hace a través de la válvula, haciendo girar el rotor otra vez.

Se han realizado experimentos utilizando energía undimotriz desde fines del siglo XVIII: la primera patente para un molino impulsado por la potencia de las olas se emitió en 1799. Sin embargo, pasó largo tiempo antes de que esta forma de energía se pudiese utilizar a gran escala. La primera central de energía undimotriz se abrió oficialmente en el año 2008, en la región de Agucadoura (Portugal), a 5 km de la costa. La central tiene una capacidad de 2,25 MW. En 2013, una empresa rusa presentó el primer diseño para generar electricidad a partir de la energía de las olas realizado en este país. El sistema está pensado para la producción en masa.



La central mareomotriz más grande del mundo está en Francia, en la desembocadura del río Rance, y también fue la primera a nivel global cuando se construyó, en 1967. La diferencia de nivel entre la marea alta y la baja en esta parte de Francia es en promedio de 8 m, y puede llegar a 12 m. La central tiene hasta 24 generadores con un diámetro de 5,35 m, cada uno de los cuales pesa 470 toneladas y es capaz de producir 240 MW de energía en total.

Energía geotérmica

La energía geotérmica utiliza el calor producido por la Tierra. Estrictamente no puede ser llamada "renovable", pero las reservas de calor en las profundidades del planeta son inmensas. Esto se evidencia en zonas con actividad volcánica donde a veces emerge agua subterránea caliente a través de grietas en la superficie, y ocasionalmente salta hacia arriba a modo de chorros de agua y vapor conocidos como "géiseres".

Es posible cavar un pozo en lagos submarinos calientes y usar esta agua para calefacción y generación de electricidad, o como fuente de agua caliente (si la composición química del agua lo permite). La dificultad principal asociada con la energía hidrotérmica es que el agua usada debe volver a la tierra ya que suele contener químicos que podrían ser dañinos si se liberaran a ríos o lagos. Otro problema consiste en que el uso de las aguas de lagos subterráneos deja cavidades que pueden causar hundimientos en la superficie.

Otra posibilidad es bombear agua común y corriente de la superficie utilizando un pozo hacia zonas calientes debajo de la tierra, donde llegará a su punto de ebullición en un “hervidor natural” y regresará a la superficie a través de un pozo adyacente en forma de vapor. Esto se llama energía petrotermal. Se han llevado a cabo proyectos de este tipo en EE.UU., Australia, Japón, Alemania y Francia.



Fig. 3.1.12. Tubería en una estación de energía geotérmica

El grupo más poderoso y conocido de centrales geotérmicas está ubicado al norte de San Francisco, en Estados Unidos. Se llama “los Géiseres” y está formado por 22 centrales de energía, que alcanzan una capacidad instalada de 1.517 MW.

En Filipinas e Islandia, países con alta actividad volcánica, las centrales de energía geotérmica proveen alrededor de un cuarto del consumo de electricidad.

Otros países que utilizan esta energía a gran escala son Nueva Zelanda, Indonesia, Japón e Italia.



Energía calorífica de bajo nivel

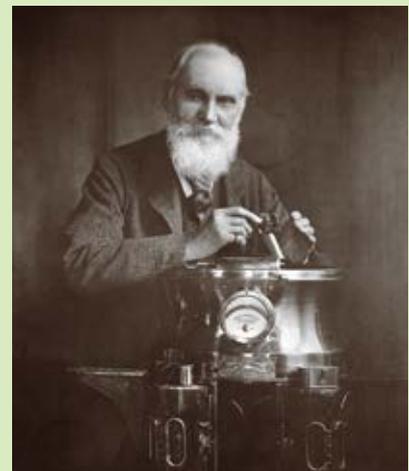
Los refrigeradores se basan en distintos principios para funcionar apropiadamente. El principio básico es el siguiente: un agente líquido de enfriamiento (el refrigerante) absorbe el calor del interior del refrigerador, y luego un compresor succiona y comprime el refrigerante, llevándolo hacia afuera para que (de acuerdo con las leyes de la física) el calor absorbido se emita hacia el aire de la habitación donde se ubica el refrigerador. Por esta razón, si tocamos la parte exterior trasera de un refrigerador nos daremos cuenta de que está caliente. Por el mismo motivo, deben ubicarse lejos de aparatos de calefacción y fuera del alcance directo del sol, para que el calor emitido se disipe rápido al aire y no quede retenido en sus paredes externas.

El objetivo de un refrigerador es mantener el frío y deshacerse del calor, pero la misma operación se puede realizar inversamente de manera tal de retener el calor y descartar el frío. Un artefacto que realiza esta acción se llama bomba de calor y puede absorber calor a partir de líquidos tibios, el aire u otras sustancias. Estas bombas también pueden “capturar” el calor de la tierra a profundidades superficiales. Si durante el invierno haces pasar el aire tibio de tu departamento o el agua tibia usada luego de un baño a través de una bomba de calor, parte importante de este calor puede regresar a tu hogar. Sin embargo, las bombas de calor no pueden calentar el agua hasta altas temperaturas. Usualmente no llegan a más de 50 °C o 60 °C, por lo que no se utilizan como fuente de energía autosuficiente sino más bien como suplementos que permiten reducir el consumo de combustible para la calefacción.



El concepto de las bombas de calor fue desarrollado en el siglo XIX por el científico británico William Thomson (Lord Kelvin) y luego, mejorado por el austriaco Peter Ritter von Rittinger. Sin embargo, la aplicación práctica más importante de estas bombas solo llegó más tarde, en el siglo XX, de la mano del inventor R. Weber, quien llevaba a cabo experimentos con una cámara frigorífica. Al tocar un conducto caliente de la cámara, se preguntó de qué manera se podría utilizar este calor. En primer lugar, pensó en usar el conducto para calentar agua, pero esto generó demasiada agua caliente, por lo que creó un serpentín para calentar el aire de la casa. Luego, encontró una forma de bombear el calor desde el piso y pronto estuvo en condiciones de vender el viejo quemador de carbón que utilizaba su familia porque ¡ya no lo necesitaban!

El físico inglés, William Thomson (Lord Kelvin).



Biomasa

Las plantas vivas que vemos a nuestro alrededor están usando la fotosíntesis para acumular la energía del sol en su organismo. El fuego de una fogata o de una chimenea nos calienta porque un árbol que alguien cortó pasó años capturando energía del sol y recogiendo dióxido de carbono del aire. Los árboles trabajan para nosotros almacenando energía cuando están vivos y finalmente nos la entregan cuando hacemos fuego.

A la naturaleza le toma cientos de millones de años crear los combustibles fósiles, por lo que (dada la velocidad a la que los estamos ocupando) no están siendo reemplazados. El combustible basado

en biomasa, por otro lado, puede reemplazarse fácilmente: si cortamos un árbol para producir combustible podemos plantar uno nuevo en su lugar y en un par de décadas, habrá crecido. Algunas plantas y cultivos agrícolas que se utilizan para generar combustible pueden tardar un verano o incluso menos en crecer.

Pero pensemos: muchos de nosotros nos hemos abrigado y hemos pasado un buen rato alrededor de una fogata, o hemos observado danzar el fuego en un fogón en el patio durante el verano, pero ¿cuántos árboles hemos plantado para devolverle a la naturaleza esa madera? Es muy sencillo cortar bosques y utilizar la madera, pero ¿con qué frecuencia plantamos nuevos árboles para reponer los que cortamos? ¡Es vital hacerlo!



No solo los árboles se pueden utilizar como combustible. Las partes de las plantas que normalmente se consideran desechos también sirven. Por ejemplo, las cáscaras del algodón, la paja del trigo y los cuercos de las frutas.



El biocombustible es combustible obtenido a partir de materia prima animal o vegetal de los desechos de algunos organismos o de residuos industriales orgánicos; es decir, de biomasa. En la actualidad, la ciencia ha permitido obtener biocombustible líquido para motores de combustión interna (bioetanol y biodiesel), biocombustible sólido (leña, briquetas, pellets, chips de madera, paja, cáscaras y vainas) y biocombustible gaseoso (biogás).

Durante su vida, las plantas absorben aproximadamente la misma cantidad de dióxido de carbono que liberan cuando se queman. Si hubieran muerto en su ambiente natural en lugar de haber sido quemadas como combustible, el proceso de putrefacción habría liberado, gradualmente, más o menos la misma cantidad de gas que aquel que se genera con su combustión. La biomasa es considerada una fuente de energía relativamente segura, pero no siempre es una buena opción: por ejemplo, tiene sentido utilizar los recortes de la carpintería como combustible, pero al cortar árboles saludables para utilizarlos como leña estamos desperdiciando recursos naturales preciados.



La forma más fácil y común de producir energía a partir de biomasa es quemándola. Pero solo se puede hacer una fogata con madera seca y resinosa y ubicarla de manera tal que le permita arder. Por esta razón, los científicos están trabajando en el diseño de tecnologías más económicas que permitan quemar biomasa bruta húmeda o mezclada con otros ingredientes de manera más eficiente y amigable con el medioambiente.

Además de quemar la fibra vegetal para obtener energía directamente, la fibra se puede transformar en un combustible universal más fácil de transportar y utilizar en diversas máquinas y artefactos existentes. Las plantas que contienen aceite se pueden usar para producir diversos tipos de diésel líquido (biodiésel).

Los productos vegetales que contienen sacarosa y almidón se pueden utilizar para generar alcohol (etanol), que también se usa como combustible.

La fermentación es otra forma de ocupar la biomasa.

Los animales de granja que comen y digieren vegetales producen estiércol, que también se puede usar para generar energía. Si el estiércol se junta con desechos de comida en un recipiente cerrado y este se calienta hasta $-50\text{ }^{\circ}\text{C} - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, las bacterias descompondrán la materia orgánica para producir gas metano, que se puede recoger y ocupar como combustible.

Brasil se encuentra entre los líderes mundiales en la producción y uso de etanol a partir del azúcar de caña. En la actualidad, este combustible satisface el 18% de las necesidades del parque automotriz del país.

Fig. 3.1.13. Central de producción de bioetanol en Brasil.



Fig. 3.1.14. Estación de servicio de biocombustible en Brasil.



Fuentes de energía increíbles

Australia cuenta actualmente con la primera central generadora de electricidad que usa cáscaras de nuez como combustible. Su construcción costó tres millones de dólares australianos, pero debería pagarse por sí misma bastante rápido: la central energética de alto rendimiento puede procesar hasta 1.680 kg de cáscaras de nuez por hora para producir 1,5 MW de electricidad.

Científicos indios han ideado otra fuente energética alternativa a partir de plátanos, otras frutas y vegetales, y sus partes no comestibles (cáscaras, semillas). Cuatro baterías alimentadas por estos combustibles pueden hacer funcionar un reloj de pared, un juego electrónico o una calculadora de bolsillo. La innovación está diseñada principalmente para personas de zonas rurales, quienes tienen frutas y verduras en abundancia para recargar las baterías.

Incluso existe la posibilidad de que, en un futuro no muy lejano, seamos capaces de producir electricidad a partir del movimiento de nuestro cuerpo. Investigadores de EE.UU. están ideando zapatos especiales con insertos plásticos: cuando la persona camina, su pie presiona y libera de manera alternada el inserto, haciendo que este se encoja y expanda. Este movimiento se puede utilizar para producir hasta tres vatios de electricidad, lo que es suficiente para escuchar música o radio mientras se camina, ahorrando así batería.



3.1.6. | Ventajas y desventajas de las distintas fuentes de energía

Ahora que hemos aprendido cuales fuentes de energía existen queremos saber ¿cuál de ellas es la mejor?, ¿cuáles son las más amigables con el medioambiente?, ¿cuáles las más inofensivas para el clima? y ¿cuáles las más baratas?

Cada año, el mundo produce y consume o destruye cerca de 170.000 millones de toneladas de biomasa primaria.



Las respuestas a estas preguntas no son tan simples como puede parecer a primera vista. Debemos considerar muchos factores al comparar diferentes combustibles.

No tiene sentido hablar sobre la eficiencia de la tecnología y sobre el costo de la energía sin considerar otros temas como el cambio climático, el medioambiente y la salud. Por esta razón, antes de tomar una decisión sobre qué tipo de central energética construir y operar, es necesario realizar diversas evaluaciones (técnicas, económicas, medioambientales y otras).

Entonces, recordemos y comparemos las ventajas y las desventajas de las principales fuentes de energía naturales una vez más.

Crterios para comparar fuentes de energía

- *Emisiones de gases de efecto invernadero en la producción y el consumo de las fuentes.*
- *Emisiones (durante la producción y el consumo) de sustancias dañinas para la salud humana y el medioambiente.*
- *Costo de transporte del combustible desde el sitio de producción hasta una central generadora de electricidad.*
- *Costo de distribución del calor y la electricidad a los consumidores distantes del lugar donde estos se generan.*
- *Costo de construcción y operación de la central de energía, así como de su desmantelamiento cuando termine su vida útil.*
- *Costos ambientales (manejo de accidentes, tratamiento de las víctimas de estos accidentes y compensación a sus familias; plantación de árboles para contrarrestar la emisión de gases de efecto invernadero).*
- *Ubicación geográfica y climática de las centrales generadoras de electricidad. ¿Qué fuente usarán para satisfacer sus necesidades de agua y cómo será purificada?, ¿cuáles son los vientos que prevalecen en el lugar?, ¿existen condiciones climáticas o sísmicas críticas?, ¿hay rutas de transporte convenientes para el abastecimiento de materias primas?, ¿qué hábitats naturales, paisajes y asentamientos humanos existen en las cercanías?*
- *Equipo de purificación y reciclaje. ¿La central utiliza un equipamiento moderno?, ¿el sistema puede mantener las emisiones contaminantes dentro de los estándares y se ha destinado una zona de almacenamiento y reciclaje de los desechos? Puede que los desechos no planteen problemas graves durante los primeros años de funcionamiento, pero es posible que el tema sobre qué hacer con ellos surja en algún momento del futuro.*

Carbón



El carbón es un combustible universal: se puede utilizar en cualquier clima, en centrales de energía grandes o pequeñas e incluso para calentar el agua en calderas. Se puede transportar de manera segura en vagones abiertos ya que no es explosivo.



El carbón es el combustible "más sucio" para la generación de energía. Una central alimentada por carbón con 1 MW de potencia emite 36.500 millones de metros cúbicos de gases calientes cada año, que contienen polvo y sustancias dañinas. También genera gran cantidad de ceniza que debe ser almacenada. Y lo que es más importante, la cantidad de CO₂ por unidad de energía producida que emite una central de este tipo es la más grande en comparación con otras fuentes de energía basadas en hidrocarburos. La extracción de carbón también es una actividad peligrosa. La liberación subterránea de gases naturales puede llevar a explosiones fatales para los mineros. El agua salada y sucia que se bombea desde las minas de carbón usualmente llega a ríos y lagos (en promedio, se bombean tres toneladas de agua por tonelada de carbón producida), perjudicando a plantas y animales y contaminando el agua y el suelo del lugar.

Petróleo



El petróleo es muy fácil de utilizar y se puede transportar a través de ductos y tanques a través de largas distancias. Se usa para la producción de goma, plástico, colorantes, detergentes y otros productos.



Las reservas de petróleo se están agotando y los costos de producción van en aumento. Es un combustible altamente inflamable y sus derrames son desastrosos para el medioambiente, ya que cubren a todos los seres vivos con una delgada capa muy destructiva para los ecosistemas. Cuando el derrame es en un río o en el océano, se extiende a través de vastas distancias. La combustión de petróleo produce grandes cantidades de CO₂.

Gas natural



El gas natural es el combustible basado en hidrocarburos más limpio y amigable con el medioambiente; además, es fácil de transportar.



El gas es explosivo, incluso en cantidades relativamente pequeñas. Las emisiones de gases de efecto invernadero producidas a partir de la combustión de gas natural son menores que aquellas generadas por otros hidrocarburos, pero siguen siendo significativas. Además, sus reservas no son infinitas, aunque han aumentado gracias al desarrollo de la tecnología del gas de lutita.

Energía nuclear



La generación de energía nuclear no emite gases de efecto invernadero. Las reservas de combustible nuclear son considerables ya que se puede obtener gran cantidad de energía a partir de poco combustible.



La energía nuclear se debe producir en centrales muy grandes y solo se puede transportar como electricidad (no como calor) ya que, debido al peligro de filtraciones de radiación, es imprescindible que las centrales se ubiquen alejadas de cualquier gran ciudad donde se concentran consumidores de agua caliente y calefacción. Las centrales de energía nuclear generan desechos que siguen siendo peligrosos durante siglos y, por lo tanto, deben ser eliminados de forma especial. Aunque no produce emisiones de gases de efecto invernadero, la generación nuclear sí origina agua radioactiva usada. La principal desventaja de la energía nuclear es que incluso accidentes menores pueden tener consecuencias desastrosas.

Sol



La energía solar es renovable, se puede usar en muchos lugares del mundo y no produce contaminantes dañinos ni gases de efecto invernadero.



Los flujos de energía solar son irregulares por lo que se requieren baterías adicionales para mantener la energía durante la noche o en días nublados. Las celdas solares siguen siendo costosas, aunque los científicos están buscando maneras de reducir sus costos de producción. Existen problemas asociados con la eliminación de celdas solares agotadas, ya que contienen sustancias dañinas. Además, las centrales de energía solar utilizan grandes extensiones de territorio.

Viento



La energía eólica es renovable y no emite gases de efecto invernadero ni contaminantes dañinos.



Las centrales de energía eólica necesitan vientos fuertes y constantes. Se requieren baterías adicionales y transformadores para que una instalación eólica funcione con poco viento. La rotación de las aspas crea vibraciones y ruidos que pueden asustar a los animales y ser molestos para las personas, quienes además pueden oponerse a la vista de molinos gigantes que alteran completamente el paisaje. Además, se necesita un sistema para ahuyentar a las aves que, de lo contrario, podrían chocar con las aspas giratorias.

Agua



La energía del agua, de las mareas y de las olas es renovable, gratuita y no genera emisiones de gases de efecto invernadero ni contaminantes.



La hidroenergía solo se puede producir donde existen masas de agua. La construcción de grandes centrales hidroeléctricas exige inundar las tierras que rodean el embalse, lo que constituye un proceso muy difícil y caro. La construcción de centrales hidroeléctricas tiene un impacto negativo en los ecosistemas fluviales y costeros. Los accidentes en estas centrales pueden llevar a la inundación de ciudades y pueblos que se encuentren aguas abajo.

Calor de la tierra y energía calorífica de bajo nivel



La energía que se emite desde dentro de la tierra es renovable y está disponible en todas partes. No genera emisiones de gases de efecto invernadero ni contaminantes.



En la actualidad, el proceso de extracción de energía desde fuentes subterráneas profundas sigue siendo caro y complejo. El uso a largo plazo de depósitos geotérmicos (bombeo de agua y vapor) genera el hundimiento del suelo. Este tipo de calor solo puede servir como fuente auxiliar de energía.

Biomasa



La biomasa es gratuita y fácil de usar. Las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera que genera no son mayores que las que se producirían por la descomposición natural de las plantas. El uso de biomasa en su lugar de origen (zonas agrícolas y de explotación forestal) resuelve el problema de la eliminación de desechos. Los combustibles en base a biomasa son, esencialmente, una forma de extraer energía a partir de la basura. El estiércol puede utilizarse para obtener tanto gas natural como fertilizante.



El transporte de biomasa pura es complejo y caro. La producción de gas a partir de biomasa requiere mantener una temperatura de fermentación, evitar explosiones y asegurar que no escapen bacterias que podrían transformarse en fuente de enfermedades ;Además, el gas tiene mal olor!

En la actualidad, debido a que aumenta los ingresos, algunos emprendedores agrícolas quieren destinar sus campos a la generación de biomasa en vez de cosechar cultivos tradicionales. Esto reduce la producción de alimentos y pone en riesgo la seguridad alimentaria.

Si la energía renovable es inagotable y amigable con el medioambiente ¿por qué no cambiar completamente de la energía del carbón, del petróleo, del gas y nuclear a las tecnologías verdes?

La realidad es que aún existen limitaciones para el desarrollo masivo de las fuentes renovables. La operación de las centrales que usan energías renovables depende de las condiciones climáticas (la fuerza del viento, la presencia de ríos, el número de días soleados) y no existen cálculos universales que hayan resuelto su funcionamiento de manera definitiva. Cada central generadora de energía renovable tiene características propias. Por ello, que las fuentes de energía renovables se usen de manera provechosa requiere de una enorme inversión en términos de esfuerzo y dinero al momento de su diseño y construcción. Aun así, las nuevas tecnologías están mejorando constantemente la eficiencia de la generación de energía a partir de fuentes renovables al tiempo que reducen sus costos de producción.

Puesto que la demanda de energía es permanente, su industria –particularmente la producción y el comercio de petróleo, gas y carbón– es muy rentable. Debido a que esta industria maneja enormes cantidades de dinero, es objeto de desacuerdos graves y frecuentes entre los gobiernos, las empresas y las organizaciones ambientalistas de la sociedad civil. Este problema existe en todos los países, pero si observamos las tendencias a largo plazo podemos ver que en todas partes las personas se están acercando a un entendimiento respecto de los cambios que son necesarios en pro del futuro de la humanidad y del planeta. La introducción de nuevas tecnologías amigables con el medioambiente se ha visto entorpecida por la inercia del pensamiento humano. Nuestro planeta y el universo están listos para entregarnos su energía, pero a cambio debemos aprender a usar los recursos naturales de una forma que ayude al clima ¡y que no lo perjudique para obtener beneficios a corto plazo!

Preguntas

1. ¿Qué fuentes de energía se utilizaban en la antigüedad?
2. ¿Qué formas de utilizar los paneles de energía solar conoces?
3. Enumera todos los factores que conoces, que deben ser tomados en cuenta al momento de determinar el costo total de generar electricidad a partir de diferentes fuentes de energía.
4. Los motores eléctricos no producen emisiones dañinas. ¿Podemos considerar que son el tipo de motor más amigable con el medioambiente?
5. Las celdas solares planas se instalan en el techo de una casa en un ángulo con el horizonte que es igual a la latitud del lugar donde se ubican. ¿Por qué crees que es esto?



Actividades

Actividad 1. Experimento

Objetivo: Construir una lámpara utilizando energía renovable.

Materiales: Una botella plástica transparente con agua, una mesa pequeña, frazadas.

Procedimiento: Cubre la mesa con las frazadas de modo que la luz no pueda penetrar dentro de esta pequeña "casa" que has construido. Toma la botella de agua e ingresa a la pequeña casa. Mete la botella en un espacio entre las frazadas. Ahora tienes una ampolla que ilumina tu oscura casa. Una regla de plástico transparente apretada entre las palmas de tus manos tendría el mismo efecto.

Actividad 2. Divídanse en grupos según las diferentes formas de producir electricidad.

Cada grupo deberá preparar un informe para defender su forma de producir energía, incluyendo información acerca de problemas asociados con todas las demás maneras.

Luego, preparen y mantengan una conversación acerca de los beneficios y los daños que provocan los diferentes tipos de centrales generadoras de energía, haciéndola pertinente al lugar donde viven.



3.2. | Eficiencia energética y ahorro de energía

La primera manera de mitigar el cambio climático es utilizar aquellas fuentes de energía que causan el menor daño a la naturaleza y al clima.

La segunda forma es reducir nuestro consumo total de energía. En este capítulo, analizaremos dos conceptos similares pero diferentes: la eficiencia energética y el ahorro de energía.

Un aparato es eficiente si utiliza menos energía que otros parecidos para realizar el trabajo para el cual fue diseñado.

Por ejemplo, dos lámparas pueden iluminar de igual forma tu habitación, pero consumen diferentes cantidades de electricidad. Aquella que consuma menos energía será la más eficiente energéticamente.

Podemos ahorrar mucha energía apagando las luces cuando no las necesitamos, manteniendo limpias las ventanas, los accesorios de iluminación y las lámparas; e instalando bombillas más eficientes.

Fig. 3.2.1. Comparación entre la eficiencia energética de diferentes bombillas.



La eficiencia energética es la relación entre la cantidad de energía consumida y el resultado utilizable que se obtiene a partir de su consumo.

El ahorro de energía consiste en todas las medidas que se toman para reducir la cantidad de energía consumida y para aumentar el uso de energía renovable.

Por lo tanto, la mayor parte del tiempo no es necesario inventar algo para ahorrar energía. Simplemente necesitamos cambiar nuestros hábitos ¡para dejar de desperdiciarla!

La electricidad utilizada para iluminar corresponde al 15%–20% del consumo global de energía. En la Unión Europea, la iluminación representa un 10% del consumo de electricidad en edificios residenciales y ocupa el tercer lugar entre los principales consumos de electricidad después de la calefacción y los artefactos de enfriamiento. En los edificios de oficinas, la iluminación puede consumir aún más energía, 30% a 40%. Pero es posible reducir este consumo tanto en recintos comerciales como residenciales sin necesidad de volver más oscuras las habitaciones, además de rebajar considerablemente las cuentas de la luz.

Por ejemplo, todos nos lavamos los dientes en la mañana. Mientras lo hacemos, ¿necesitamos dejar la llave abierta? No, solo es necesario hacerlo para enjuagarnos. Pero observa a tu familia y a ti mismo, ¿todos se lavan los dientes con la llave cerrada? Para tener agua corriente en la llave se requiere mucha energía, desde las operaciones en las plantas de tratamiento, hasta el sistema de bombeo; sin mencionar el agua en sí misma.

Cuando apagas la TV (y algunos otros artículos electrónicos), la dejas en modo de reposo. Lo que muchas personas no saben es que la TV continúa usando energía cuando está en este modo, aunque no tanto como cuando está encendida, lo que hace subir la cuenta de la luz de la familia unos cuantos pesos cada mes. Puede no parecer lo suficiente como para preocuparse, pero piensa cuánta energía se está desperdiciando en todo el barrio, la ciudad ¡o el país completo! Es por esto que en países donde se toma en serio el ahorro de energía se recomienda a las personas apagar sus artículos eléctricos y no dejarlos en modo de reposo.



Se ha estimado que cargar un teléfono celular emite 0,3 kg de CO₂ en un año, y si el cargador queda permanentemente enchufado (sin utilizarlo), se emiten 2,4 kg de CO₂.

Emisiones de CO₂ por el uso de teléfonos celulares

2 minutos al día generan 47 kg al año

1 hora al día genera 1.250 kg al año

1 minuto genera alrededor de 57 g

1 mensaje de texto genera 0,014 g

1 búsqueda en Google genera 0,2 g (el total anual de emisiones por búsquedas en Google es de 1,3 millones de toneladas)



La industria de la tecnología de la información (TI) es responsable de cerca del 2%–2,5% de las emisiones globales de dióxido de carbono y la mayor parte proviene de las computadoras y los monitores (juntos, corresponden al 40% de dichas emisiones).

Probablemente, no todos ustedes han oído del “hosting verde”, un servicio de hospedaje o hosting de Internet que utiliza tecnologías verdes para reducir el impacto negativo sobre el clima y el medioambiente. El hosting verde funciona compensando las emisiones de dióxido de carbono que causa este servicio utilizando fuentes de energía renovables (energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica), sembrando árboles y otras plantas, y tomando otras medidas para ahorrar energía. Si el crecimiento de la industria de la TI continúa al ritmo actual, para 2020 la contaminación proveniente de todos los sistemas computacionales del mundo superará a aquella de las emisiones causadas por aeronaves. Algunos expertos apuntan a las tecnologías de nube como una forma prometedora de hosting verde puesto que estas permiten un uso mucho más eficiente de la energía de las computadoras, principalmente reduciendo el consumo de energía.

Los inventos humanos consiguen nuevos progresos cada día, pero solo una pequeña parte de ellos realmente se utiliza. Antes de que una tecnología nueva pueda reemplazar a una antigua, las personas deben cambiar sus hábitos.

Las tecnologías de nube

No solo el mundo real está cambiando, sino que también lo está haciendo el virtual. A los usuarios de Internet se les acaba de entregar una nueva herramienta llamada "computación de nube", que ya se utiliza en Facebook, Twitter, y los "motores" que hacen funcionar servicios como Google Docs, Gmail y otros similares.

La mayoría de los sitios web y aplicaciones de servidores funcionan con computadoras o servidores específicos. La nube es una red de computadoras que constituyen un sistema que permite a las personas utilizar ciertas aplicaciones o almacenar datos.

Podrías llamarla una computadora virtual y global donde las aplicaciones funcionan de manera independiente de cada computadora individual con sus configuraciones específicas.



A medida que se desarrolla la Internet de banda ancha, cada vez es menos importante tener una aplicación instalada en tu propia computadora.

Puesto que todas las "nubes" están configuradas para trabajar en conjunto, la energía total de cada computadora está disponible para las aplicaciones como si estas funcionaran en una computadora individual. En la actualidad, un número creciente de software se basa en tecnologías web, y las "nubes" están recién tomando el relevo para llevar las ventajas de estas aplicaciones a la siguiente etapa.

Lo primero es encontrar el tiempo para familiarizarse con el nuevo invento.

En segundo lugar, es necesario gastar dinero y hacer esfuerzos para retirar las máquinas antiguas y reemplazarlas por las nuevas, además de enseñarle a las personas a utilizarlas. Este esfuerzo y dinero de seguro rendirá frutos, pero no será enseguida, y no todos quieren tomarse la molestia para una mejora que solo conseguirán en el futuro.

En tercer lugar, la gente que gana dinero vendiendo la tecnología antigua no querrá perder su negocio, particularmente si ganaban más con ella que con la nueva. Incluso pueden llegar a hacer cualquier cosa para bloquear el nuevo invento, evitando que se generalice su uso, persuadiendo a la gente de su peligrosidad o incluso amenazando al creador.

Un resumen de todas las tecnologías energéticamente eficientes requeriría un volumen muy grande. Cualquiera sea el camino que sigas en el futuro, será importante tener buenos conocimientos del equipo que utilizas y apoyar los esfuerzos que existan para hacerlos mejores. Además, debes recordar que la forma de avanzar no siempre es hacer máquinas más eficientes; también depende de cómo se organiza el trabajo de la gente.

La eficiencia energética y el ahorro de energía son muy importantes. Para las familias, implican rebajas en la cuenta del gas y la electricidad. Para las compañías eléctricas significan la reducción de los costos de combustible, que se traduce en electricidad más barata. Para el país, implica menor gasto en recursos y mejora la productividad y la competitividad de las industrias. Y para el clima, significa una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

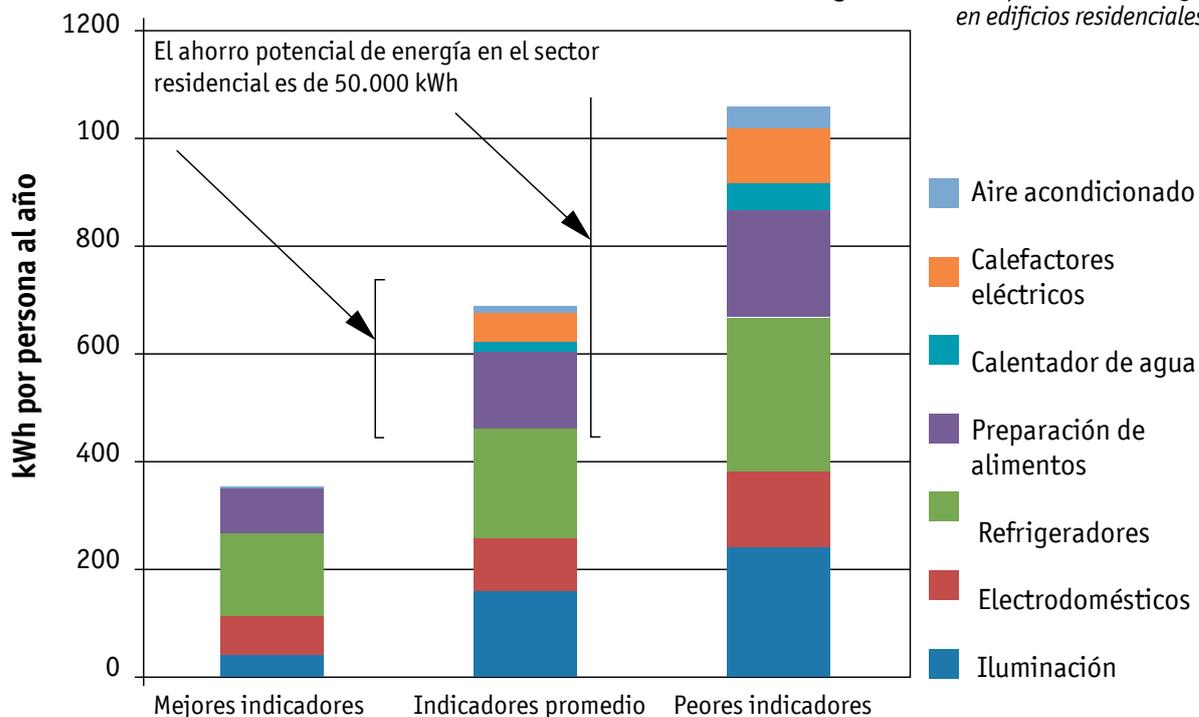
En Rusia, cada persona consume alrededor de 2 kWh por día, en promedio. Un ciudadano económico puede vivir con 1 kWh, mientras que un usuario que malgasta puede consumir 3 kWh por día.

La Fig. 3.2.2. muestra cómo utiliza la energía para diferentes propósitos un ruso promedio que vive en un departamento, durante un año.

En promedio, se necesitan 800 g de CO₂ para producir 1 kWh de energía. Las emisiones a partir de la generación de energía en la parte central de la Rusia europea son dos veces más bajas porque gran parte de las necesidades energéticas de esta región se satisfacen con centrales a gas natural, hidroelectricidad y energía nuclear, mientras que apenas se usa carbón. Las emisiones de CO₂ a partir de la combustión de gas natural son mucho menores que con aquellas de la combustión de carbón, y las nuevas centrales de cogeneración emiten menos CO₂ que las plantas más antiguas.

En las regiones del norte y el extremo oriente de Rusia, donde se utiliza mucho el carbón para la generación de energía y el combustible recorre largas distancias, reducir el consumo de electricidad en 1 kWh disminuye las emisiones en cerca de 3 kg de CO₂. Por lo tanto, el ahorro anual de CO₂ de tres personas que pasan de ser consumidoras "promedio" a "económicas" es de 3 toneladas.

Fig. 3.2.2. Ahorro potencial de energía en edificios residenciales.



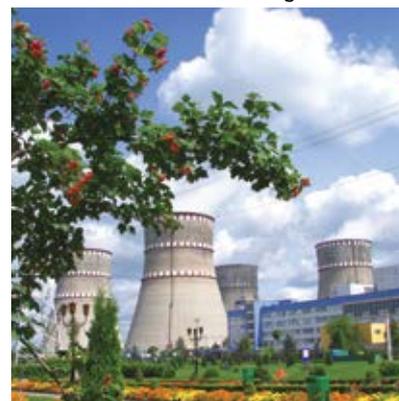
Central de energía a carbón.



Central termoeléctrica a gas natural.



Central de energía nuclear.



3.2.1. | Transporte amigable con el medioambiente

Los medios de transporte, desde los automóviles hasta los aviones, consumen tantos combustibles fósiles como las centrales generadoras de energía eléctrica. Por supuesto, las necesidades de combustible de un solo automóvil son insignificantes comparadas con la gigantesca demanda de una central de energía. Pero la cantidad de automóviles supera con creces a la cantidad de centrales. En total, los medios de transporte dan cuenta de cerca del 13,5% del total de emisiones de gases de efecto invernadero, y solo los vehículos a motor representan un 10%.

La gran mayoría de los automóviles funciona con gasolina. Un automóvil moderno quema alrededor de 200 litros de oxígeno por litro de gasolina, lo que es mayor a la cantidad de oxígeno que inhala una persona en un día. En promedio, un automóvil que recorre 15.000 km en un año, quema entre 1,5 y 2 toneladas de combustible y entre 20 y 30 toneladas de oxígeno.

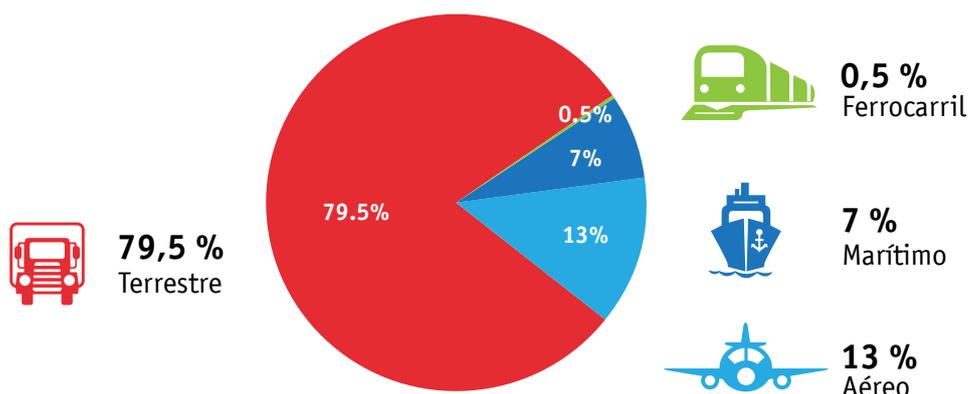
Los motores de combustión interna, que impulsan los vehículos a motor, liberan a la atmósfera gases de escape que contienen nitrógeno, vapor de agua y dióxido de carbono (entre 1% y 12% del volumen de las emisiones), además de componentes tóxicos e incluso cancerígenos (hollín y benzopireno).

Las emisiones de CO₂ por tonelada de gasolina, desde la extracción del petróleo crudo de un pozo hasta la combustión de la gasolina refinada en un motor, llegan a un total de 3.769 kg.

El impacto de los medios de transporte en el cambio climático es enorme ya que casi todos consumen combustibles fósiles, cuya combustión libera a la atmósfera dióxido de carbono. Sin embargo, los diversos tipos de transporte tienen diferentes impactos. Los trenes son los más amigables con el medioambiente, mientras que los automóviles son responsables de cerca del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero que provienen del transporte (Fig. 3.2.3).

Fig. 3.2.3. Desglose de emisiones de gases de efecto invernadero de los distintos medios de transporte.

Desglose de las emisiones de gases de efecto invernadero de los distintos medios de transporte



¿Qué se puede hacer para reducir el impacto del transporte sobre el clima?

Un método evidente y altamente efectivo es contactar a las personas que están lejos utilizando el teléfono o la comunicación por video/audio en vez de visitarlas personalmente. La forma más popular de hacer esto en la actualidad es mediante la aplicación Skype, que permite que te comuniques con tus amigos en cualquier lugar del mundo donde exista conexión a Internet.

Si tú y tus padres pueden elegir cómo viajar, escojan el tren, que es una forma de hacerlo más amigable con el medioambiente que el avión.

La tecnología del transporte ferroviario ha conseguido avances significativos en la última década. Ahora, las locomotoras y los vagones se construyen con materiales menos pesados y voluminosos, y los motores son más eficientes.

En el tren francés AGV (automotor de alta velocidad), cada vagón está equipado con su propio motor, lo que mejora en 20% la eficiencia energética.

El ferrocarril japonés de alta velocidad llamado Shinkansen (Fig. 3.2.4) acaba de aumentar su velocidad y reducir su consumo de energía en 40%. Ahora, los trenes bala son mucho más eficientes debido a que se redujo su peso y se rediseñó la forma y longitud de la nariz principal, para hacerla más aerodinámica.

Muchas compañías ferroviarias extranjeras se dan el tiempo para recordar a sus pasajeros que el tren es amigable con el medioambiente.

Si viajas en avión, escoge una aerolínea que utilice tecnología actualizada ya que las aeronaves modernas perjudican menos al medioambiente que las más antiguas.

La velocidad ya no es la única consideración, ni la más importante, al momento de diseñar nuevos modelos de aviones. En la actualidad, los diseñadores utilizan un enfoque más sistemático que toma en cuenta tanto la eficiencia del combustible como la huella de carbono durante su fabricación. Los diseñadores están pensando nuevamente en aeronaves turbo-propulsadas, lo que parecía una cosa de hace 20 años, ya que los jets son más rápidos. Esta tecnología podría ofrecer buenas soluciones para el transporte aéreo si incorporara diseños mejorados.

Actualmente, algunas aerolíneas ofrecen servicios para compensar las emisiones de dióxido de carbono producidas por sus aviones, y existen servicios de Internet que calculan estas emisiones para todos los vuelos e invitan a los pasajeros a compensarlas. Por ejemplo, un vuelo de larga distancia entre Berlín y San Francisco en Lufthansa genera 1,4 toneladas de emisiones de CO₂ por pasajero. La cantidad sugerida para compensar el viaje de ida y vuelta en clase económica es de 29 euros, que se utilizan para ayudar a financiar proyectos medioambientales relacionados con el cambio climático (Fig. 3.2.6).

Fig. 3.2.4. El tren de alta velocidad eficiente en términos de energía, Shinkansen, en Japón.



Fig. 3.2.5. La parte posterior de este boleto de tren italiano informa a los pasajeros sobre su contribución para prevenir el cambio climático al elegir ese viaje.



Fig. 3.2.6. Cálculo de las emisiones de CO₂ y su compensación para un viaje de ida y vuelta de Berlín a San Francisco, en clase económica de Lufthansa.

In cooperation with **Lufthansa**
Nonstop you

DE | EN

Your flight:
From: Berlin (DE), SXF to: San Francisco (US), SFO, Roundtrip, Economy Class, ca. 18,300 km, 1 traveler

CO₂ amount: 1.440 t

myclimate
shape our future
The Gold Standard

Portfolio: lufthansa
Your contribution to carbon compensation: EUR 29.00
This will support the two climate protection projects "Solar Lighting in rural Ethiopia" and "Energy-efficient Cook Stoves for Siaya Communities, Kenya".

→ **Compensate**

Si tus padres están planeando comprar un automóvil, cuéntales sobre la eficiencia energética de los motores de los vehículos. Sugiereles que compren uno que al menos cumpla con los estándares Euro-4 (estándares Euro que regulan el contenido de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y material particulado en los gases de escape de los vehículos).

El impacto de los automóviles sobre el medioambiente también se puede reducir siguiendo reglas de "conducción ecológica" que reducen la huella de carbono del transporte vehicular. La conducción ecológica no solo implica un beneficio para la naturaleza, sino que también es eficiente en términos de costos para los automovilistas. ¡Explícale esto a los adultos que conducen automóviles!

La eficiencia y el rendimiento medioambiental de los motores vehiculares es crucial. Hasta hace poco, casi todos los motores de los vehículos funcionaban con petróleo, diésel o gasolina; pero hoy, existe un número creciente de automóviles que funcionan con gas. El consumo de gas como combustible es prácticamente el mismo que con combustibles tradicionales, pero las emisiones contaminantes son mucho menores.

Seguramente también has oído de automóviles "híbridos", eléctricos, y de aquellos que funcionan con biocombustible. Existen incluso algunos vehículos exóticos que funcionan utilizando solamente agua y el movimiento del aire, así como también hay algunos eléctricos que funcionan con la energía del sol. Un campeonato de automóviles solares que se realiza con regularidad en Suiza es el mejor lugar para apreciar en acción las nuevas tecnologías de este tipo de vehículos, que ya no son una rareza: existen estaciones de servicio solar en EE.UU., Bulgaria, Suiza, Alemania y otros países.

Fig. 3.2.7. Estacionamiento para vehículos eléctricos.



Reglas para una conducción ecológica: cómo reducir la huella de carbono de un vehículo

- *Apaga el motor y detente cuando estés en un embotellamiento y no puedas avanzar.*
- *Cuida tu automóvil: el ajuste correcto de las ruedas reduce el consumo de combustible un 5%–10%, y la mantención regular del vehículo ahorra hasta un 10% de combustible.*
- *Revisa la presión de los neumáticos de forma regular: incluso en contextos urbanos, una presión de 25% bajo los niveles recomendados exige 10% más combustible para mover el automóvil.*
- *Utiliza la climatización y el aire acondicionado con moderación. No los uses si la temperatura exterior los hace innecesarios. No abras las ventanas del automóvil si está funcionando la climatización.*
- *Frena con suavidad para aprovechar la inercia del automóvil, reduciendo de esta forma el uso de combustible.*
- *Lleva pasajeros. Esto se llama “uso compartido del automóvil o carpooling”. Si llevas a 3–4 personas que van al mismo lugar, reduces las emisiones 3–4 veces.*
- *Mantente en el mismo carril: zigzaguar entre carriles aumenta el consumo de combustible y, por lo tanto, las emisiones de dióxido de carbono.*
- *Sal temprano, evita viajar en las horas punta, planea tu ruta con anticipación.*
- *Conduce a una velocidad moderada y estable. Utiliza menos el freno y más el impulso del vehículo, frena y acelera con suavidad, adelántate a la situación en la carretera (no aceleres si hay una luz roja a la vista). La conducción uniforme ahorra combustible.*
- *No lles carga excesiva en el techo. Un portaequipaje vacío en el techo, a una velocidad de 120 km/h, aumenta el consumo de combustible en 5%–10%; un portaesquíes, en 10%–20%; una bicicleta, en 30%; y una maleta llena, en 35%–40%.*

Automóvil eléctrico moderno.



En la actualidad, los principales fabricantes de automóviles, desde Toyota hasta Audi, Ferrari y Rolls Royce, están diseñando vehículos amigables con el medioambiente. El consumo de combustible y el impacto sobre la naturaleza se han vuelto tan importantes para los compradores como la calidad, la seguridad y el precio, por lo que las compañías compiten en sus esfuerzos por ahorrar energía y reducir el impacto negativo sobre el medioambiente.

Las emisiones de gases de efecto invernadero pueden reducirse en una ciudad estimulando a las personas a usar el transporte público en lugar de los automóviles, pero esto solo es posible si dicho transporte es rápido y conveniente, llega a todos los lugares de la ciudad, conecta el centro con los suburbios y ofrece una alternativa más confiable y barata que los automóviles privados. El reemplazo de los motores de los medios de transporte público por unos que consuman gas, electricidad, o sean híbridos puede reducir enormemente las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire en las ciudades.

Carpool: compartir los viajes en automóvil

Carpooling significa llevar a otras personas en tu automóvil (incluidos extraños) de manera usual en viajes regulares (diarios).

Es una buena forma de reducir la presión sobre el sistema de transporte urbano.

El concepto de carpooling proviene de la década de 1940, cuando el Gobierno de EE.UU. intentaba ahorrar combustible para las necesidades de la Segunda Guerra Mundial y pidió a los conductores que llevaran pasajeros en sus automóviles. La política tuvo éxito en reducir el uso de combustible, pero su impacto fue limitado porque la mayoría de los propietarios de la época era gente acomodada que no estaba dispuesta a compartir su automóvil con extraños.

En la década de 1970, la ciudad de Los Ángeles introdujo carriles separados en sus calles para el uso de carpoolers. En la actualidad, existen en toda Norteamérica y Europa (están indicados mediante señales de tránsito y un rombo blanco en el pavimento). El uso compartido del automóvil reduce la cantidad de automóviles en las carreteras, disminuye la demanda de espacios para estacionamiento y baja las emisiones de gases de efecto invernadero. Los beneficios para los pasajeros son evidentes: gastan menos en combustible, reparaciones del vehículo y estacionamiento.

Fig. 3.2.8. Carriles especiales en las calles de EE.UU. para el uso compartido del automóvil.



Las bicicletas: el transporte más amigable con el medioambiente

Las bicicletas son el medio de transporte más saludable y amigable con el medioambiente. Los científicos han calculado que una persona que viaja todos los días a la escuela o al trabajo en bicicleta en vez de en automóvil, ahorra una tonelada de emisiones de gases de efecto invernadero por año.

Son el medio de transporte preferido en los Países Bajos, Dinamarca, Noruega, Suecia y Alemania. En Copenhague, una de cada tres personas se desplaza al trabajo en bicicleta. En Ámsterdam, el 40% de los habitantes la usa a diario y existen en total 400 km de ciclovías.



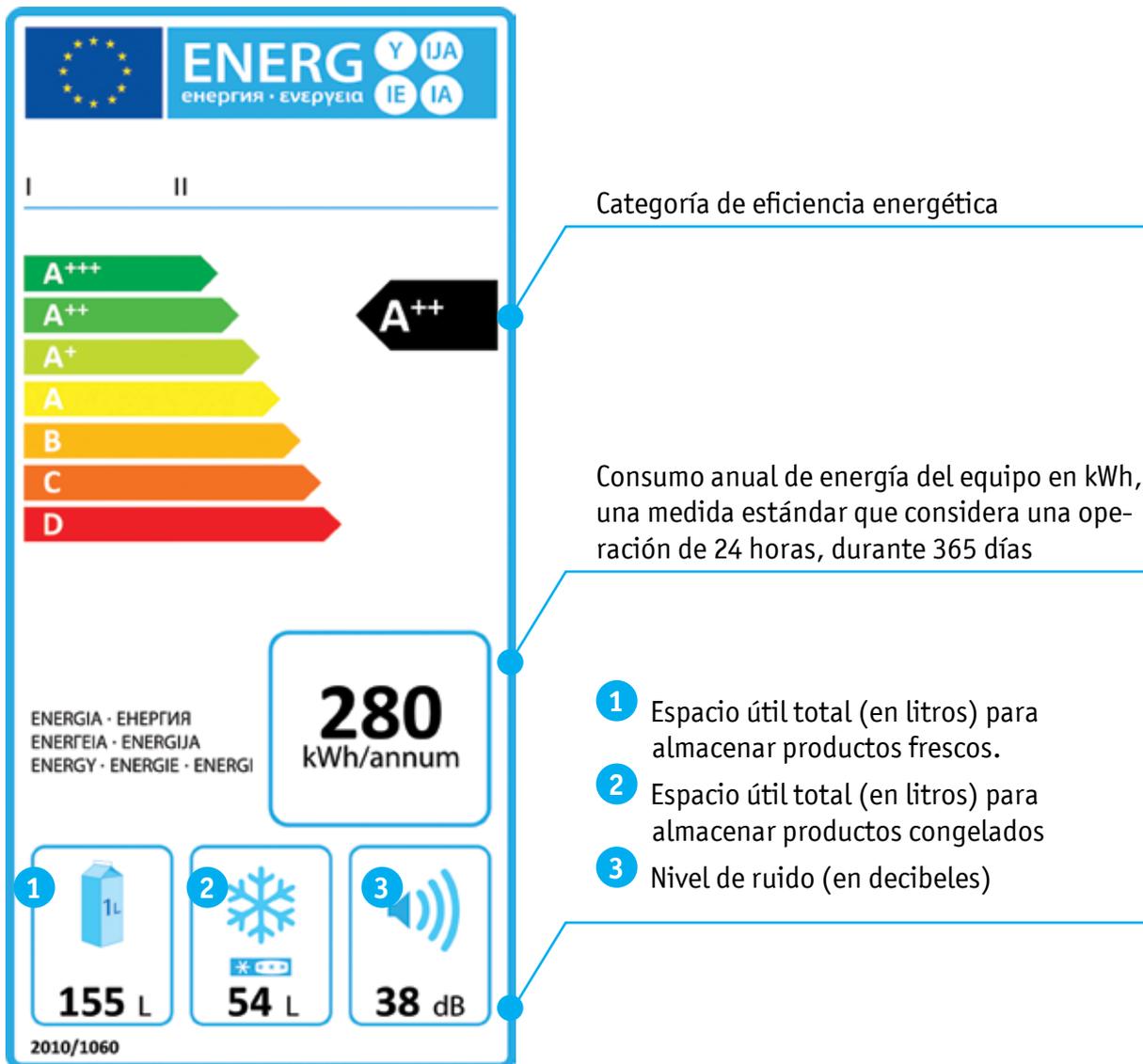
3.2.2. | Electrodomésticos y aparatos eléctricos

Muchos países tienen una forma especial de etiquetar los electrodomésticos de acuerdo con su eficiencia energética.

El etiquetado europeo es obligatorio para algunos electrodomésticos y ampollas en la Unión Europea desde 1995 (Fig. 3.2.9).

El objetivo de la etiqueta es permitir que los consumidores comparen la eficiencia energética y otras características de productos similares elaborados por fabricantes iguales o diferentes. Los productos más eficientes energéticamente hablando son los que están en las categorías "A" o "A+", "A++" y "A+++".

Fig. 3.2.9. Nuevo etiquetado de eficiencia energética para refrigeradores que se venden en la Unión Europea.



Energy Star es un sistema de certificación de eficiencia energética que fue creado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos en 1992, para monitores de computadoras con bajo consumo de energía. Aquellos monitores que cumplen ciertos criterios de eficiencia energética pueden llevar la etiqueta Energy Star, y en la actualidad, 98% de las computadoras lo hace. El uso del sello se ha extendido y hoy otros 65 tipos de productos, desde electrodomésticos hasta edificios, utilizan el sistema Energy Star (en EE.UU., más de 1,4 millones de edificios y sobre 20.000 fábricas están certificados por este sistema).

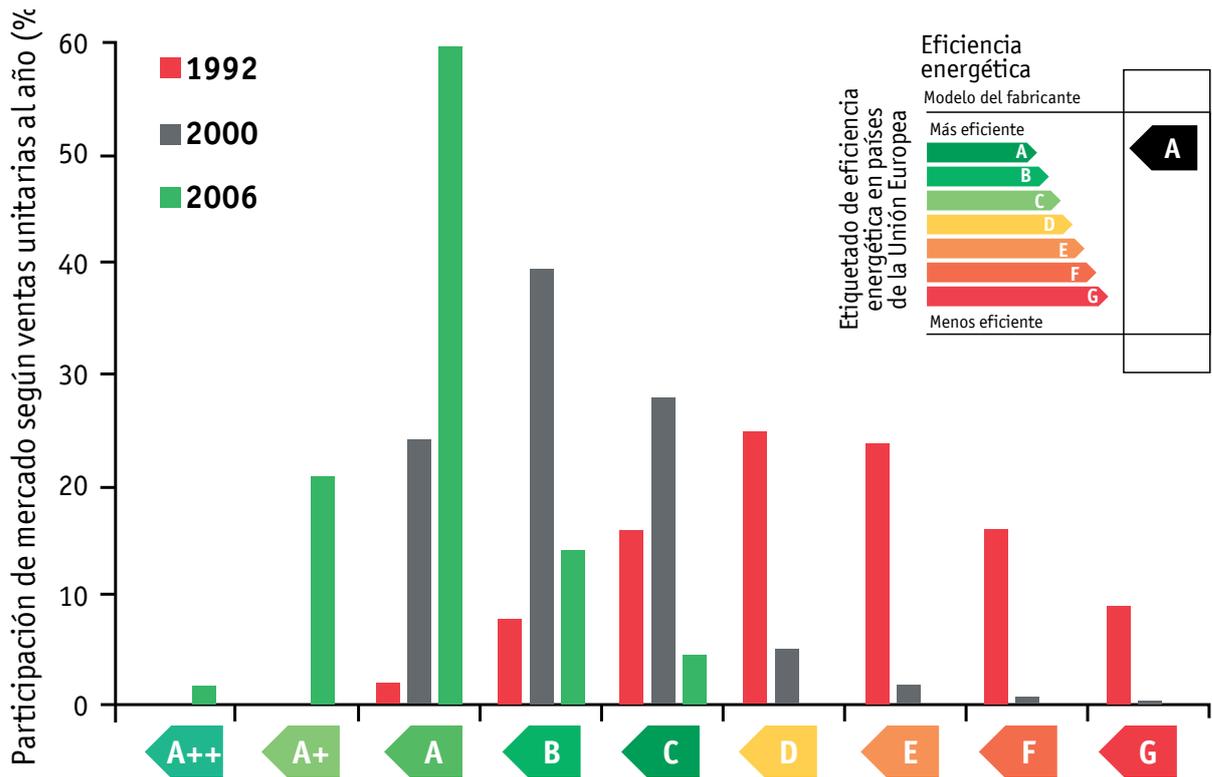
En 2002, el programa Energy Star permitió a los norteamericanos reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en 53,5 millones de toneladas de CO₂ (equivalentes a las emisiones anuales de 14 millones de autos), y ahorrar 5,3 Mw de electricidad, por un valor total de US\$7.000 millones. Para el año 2012, la reducción de gases de efecto invernadero gracias a este sistema había llegado a los 254,7 millones de toneladas.

Fig. 3.2.10. La etiqueta Energy Star en EE.UU.



Un sello de eficiencia energética no solo informa al consumidor sobre este aspecto de un equipo, sino que también qué puede hacer. Después de todo, la tarea principal de una lavadora es lavar y enjuagar la ropa y su capacidad de ahorrar energía es secundaria, aunque sea importante. En los últimos años, los consumidores se han interesado cada vez más en escoger artículos y tecnologías que no solo funcionen bien, sino que también utilicen menos energía y recursos, para ahorrar dinero (Fig. 3.2.11).

Fig. 3.2.11. Impacto del etiquetado de eficiencia energética y los estándares de eficiencia energética mínima en el mercado de refrigeradores y congeladores en la Unión Europea.



El impacto de los electrodomésticos sobre la salud humana es tan importante como el consumo de energía. También vale la pena recordar que estos efectos secundarios podrían no ser evidentes inmediatamente: es posible que los riesgos para la salud causados por un nuevo invento solo sean detectados después de cierto tiempo. El descubrimiento de estos problemas no significa necesariamente que la nueva tecnología no se pueda utilizar; podría bastar con una mejora en el diseño para solucionarlos. Sin embargo, debemos abordar las nuevas tecnologías cuidadosamente, sin prejuicios, pero con precaución.

Por ejemplo, un nuevo equipo que se ha vuelto popular el último tiempo es la cocina de inducción, que es muy fácil de utilizar y económica en su consumo energético ya que solo calienta el fondo del recipiente y no todo el espacio alrededor de este. Sin embargo, el impacto de los campos magnéticos de las corrientes de Foucault sobre los seres humanos aún no ha sido estudiado en detalle.

3.2.3. | Construcción verde: edificios activos y pasivos

Las personas tienen estilos de vida diferentes –no todas las familias tienen automóvil o un set completo de electrodomésticos– pero todos necesitamos un techo sobre nuestra cabeza. Por esta razón, siempre ha habido interés en construir un hogar eficiente en términos de la energía. Las chozas de los campesinos en Europa y las carpas de la población nómada se construyeron utilizando conocimientos especiales, aunque no siempre estén expresados de manera científica. Una estufa de albañilería, como las que se usaban tradicionalmente en el este y el norte de Europa, y también en el norte de Asia, son un buen ejemplo de eficiencia energética. Las gruesas paredes retenían el calor y la chimenea, con sus diferentes secciones, captaba el calor del humo antes de que este saliera del edificio.



Volviendo a la historia más reciente, en 1974, el fuerte aumento en los precios del petróleo incrementó considerablemente el costo de suministrar energía y calefacción a los edificios, situación que inspiró a arquitectos e ingenieros a reconsiderar el diseño de las construcciones. En las casas se comenzó a usar nuevas tecnologías amigables con el medioambiente y fuentes de energía alternativas. Se construyeron edificios especiales de demostración para exponer lo que se podía conseguir y los Gobiernos de algunos países fomentaron activamente este tipo de proyectos.

En 2002, se creó formalmente el Consejo Mundial de la Construcción Sostenible con el objetivo de facilitar la transformación mundial de la industria de la construcción hacia la sostenibilidad. El Consejo reúne a más de 30.000 empresas inmobiliarias y constructoras de 80 países. Sus miembros están buscando constantemente nuevas maneras de reducir la cantidad de recursos que se requieren en todas las etapas de la vida de un edificio: durante su construcción y uso, cuando requiere reparaciones y finalmente, cuando se desmantela. La construcción verde aspira a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del agua, reducir los desechos al mínimo y proteger los hábitats naturales cercanos. Estos edificios son más caros de construir, pero la inversión adicional se recupera en 5–10 años.

Fig. 3.2.12. Una serie de edificios de bajo consumo de energía se han levantado en el distrito de Viikki, en Helsinki (Finlandia). Las fachadas incorporan paneles de almacenamiento de energía solar.



Los edificios que ahorran energía pueden ser llamados “pasivos” o “activos” dependiendo de su eficiencia. Un edificio pasivo puede no necesitar calefacción o consumir solo una décima parte de la energía que consumiría un edificio tradicional. Sin embargo, un edificio activo no solo requiere poca energía, sino que, además, la produce e incluso puede generar excedentes para alimentar la red eléctrica central. Otra expresión que quizás has oído es la de “edificio inteligente”, que significa que el edificio en cuestión analiza automáticamente su consumo energético y controla, también de manera automática, diferentes sistemas que usan energía en su interior.

Edificios pasivos

Uno de los principales objetivos de un edificio pasivo en los países del Norte es reducir la pérdida de calor. Idealmente, una casa pasiva se calefacciona solo con el calor que emiten las personas que la habitan y los equipos que se utilizan en ella. Si se requiere calefacción adicional, se da preferencia a fuentes de energía renovables.

Es frecuente que se usen ladrillos fabricados con materiales reciclables para la construcción de este tipo de casas.

No solo las paredes requieren aislamiento térmico, sino que también los pisos, los techos, el ático, el subterráneo e incluso los cimientos. Es importante asegurarse de que el diseño no permita los llamados "puentes de frío", detalles aparentemente menores y puntos de conexión en la construcción que pueden extraer el calor de un edificio que en general está bien aislado. Estas técnicas pueden reducir la pérdida de calor en un edificio ¡en casi 20 veces!



Certificados medioambientales para edificios

Los estándares de certificación para edificios se han generalizado en los últimos años. Los sistemas más conocidos y utilizados en el mundo son los BREEAM (Reino Unido), LEED (EE.UU.) y DGNB (Alemania).

El sistema de certificación medioambiental BREEAM se creó en 1990 y en la actualidad, más de 200.000 edificios de todo el mundo han recibido el certificado. Los criterios de certificación son la calidad de la gestión de los edificios, la salud y el bienestar de los residentes, la eficiencia energética, el transporte, el agua, los materiales, los desechos, el uso del suelo donde se emplaza el edificio y la contaminación que este genera.



El sistema de certificación medioambiental LEED se ideó en 1998 con los siguientes seis grupos de criterios: desarrollo sostenible del sitio, consumo de agua eficiente, eficiencia energética, protección del aire, materiales y recursos, calidad medioambiental e innovaciones. Los edificios pueden clasificarse en cuatro niveles de certificación dependiendo de cuantos criterios cumplan: Certificado, Plateado, Dorado y Platino.



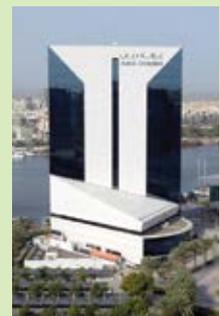
El sistema de certificación medioambiental DGNB, que se introdujo en el año 2009, utiliza un concepto de planificación integrada para evaluar la ecología, la economía, los aspectos socioculturales y funcionales, así como la ubicación del edificio.



El primer edificio LEED Platino en el Medio Oriente

Construido originalmente en 1995, el edificio de la oficina principal de la Cámara de Comercio e Industria de Dubái es un ejemplo brillante de cómo se puede transformar un edificio construido de gran altura y alto consumo de agua y energía, en un saludable rascacielos verde.

Entre los años 1998 y 2013, el consumo de agua y energía por persona en el edificio se redujo en 63% y 92% respectivamente, con un ahorro cercano a los US\$5,8 millones gracias a iniciativas de bajo o cero costo. Después de la renovación, el edificio logró el sello Energy Star y el nivel Platino de LEED.



El diseño meticuloso de las ventanas es muy importante: las unidades de ventanas de doble acristalamiento están selladas herméticamente, los paneles están recubiertos con una película especial que deja pasar la luz y el calor desde el exterior, pero los refleja cuando intentan salir del interior del edificio. Las ventanas más grandes miran al sol.

Los sistemas de calefacción, aire acondicionado y ventilación utilizan los recursos de manera más eficiente que los edificios convencionales. Por ejemplo, en invierno, el aire que sale del edificio se canaliza junto al que está ingresando desde el exterior en un intercambiador de calor especial, de manera tal que el aire caliente transfiere su calor al aire frío. En el verano, el aire caliente que viene desde afuera se conduce bajo tierra, donde se enfría. Se utilizan principios similares para aprovechar el calor del agua usada. Por supuesto, incluso edificios diseñados de manera tan cuidadosa pueden necesitar en ocasiones de calefacción o enfriamiento adicional, pero demanda una cantidad mucho menor de energía para ello. Un diseño avanzado como este tiene problemas intrínsecos: el conducto del aire debe ser monitoreado atentamente ya que las acumulaciones de polvo, el uso de materiales artificiales o alguna otra falla en la conducción puede afectar la calidad del aire. También es importante asegurarse de que el mobiliario no libere sustancias nocivas al aire.

Se instalan en el techo celdas solares (si corresponde) y pequeñas turbinas de viento. Se usa el sistema de iluminación más económico (LED) e incluso puede ser posible iluminar el edificio solo con la luz solar. En suma, estos y otros dispositivos generan ahorros.

Se están implementando proyectos para la construcción de viviendas con ahorro de energía pasivas a una escala cada vez mayor. Para el año 2006, se habían erigido un total de 6.000 edificios pasivos de oficinas, tiendas, escuelas y jardines infantiles (principalmente en Europa). Una normativa de la Unión Europea exige que todos los edificios nuevos se acerquen a la neutralidad en términos energéticos para el año 2020.

Fig. 3.2.13. Una foto infrarroja muestra cuán efectivo puede ser el aislamiento del calor en una casa pasiva (a la derecha) en comparación con una convencional (a la izquierda).



La residencia energéticamente eficiente del Primer Ministro británico

El 10-12 Downing Street es un famoso complejo de edificios en Londres, Reino Unido, que incluye la residencia del Primer Ministro británico.

El edificio de 300 años de antigüedad ha sido sometido recientemente a un programa gradual de modernización y renovación para aumentar su eficiencia energética. Entre las iniciativas amigables con el medioambiente que se han adoptado figuran las siguientes:

- *iluminación controlada mediante detección de movimiento y lámparas de bajo consumo,*
- *recuperación del calor residual de los equipos informáticos para calentar agua,*
- *aislamiento térmico,*
- *accesorios para reducir el consumo de agua,*
- *recolección de lluvia para el riego de jardines,*
- *sistema de gestión del edificio con monitoreo de servicios básicos,*
- *madera procedente de fuentes legales y sostenibles,*
- *reciclaje de más del 90% de los residuos de construcción.*

Debido a su programa de renovación, la residencia del Primer Ministro británico ya ha recibido una calificación de "Muy Bueno" en el sistema BREEAM.



Una escuela amigable con el medioambiente en Estados Unidos

La escuela secundaria Sidwell Friends ha conseguido reducir su consumo de energía en 60% y el uso de agua en 90%.

Los niños cultivan vegetales en el techo del edificio utilizando el agua de la lluvia, y estos se sirven como parte del almuerzo escolar. El agua que es lo suficientemente buena para beber solo se usa para este objetivo.

La escuela se encuentra en una región bastante calurosa de Estados Unidos, por lo que el edificio tiene su propio sistema de torres de enfriamiento que disminuyen la temperatura del aire exterior antes de que este ingrese. Solo en días excepcionalmente calurosos se utiliza el aire acondicionado.

Se han instalado sistemas ópticos que regulan el flujo de la luz solar, canalizándola hacia las habitaciones más oscuras. Las ventanas ubicadas en el lado soleado del edificio tienen persianas especiales para proteger el interior del sobrecalentamiento.



Edificios activos

Los edificios activos incorporan algunos de los mismos conceptos que utilizan los pasivos, como el aislamiento o la exposición solar óptima de las ventanas. Sin embargo, también promueven sistemas de energía renovables como calentadores solares de agua y/o bombas geotérmicas de calor. El primer edificio de ahorro energético activo del mundo se construyó en Dinamarca y este país incluso tiene un portal de Internet para edificios activos: www.activehouse.info.

Una casa activa en Dinamarca

El "hogar para la vida" de Dinamarca es un ejemplo de casa activa y neutra en cuanto a emisiones de carbono. Produce 9 kWh/m² de energía por año –más de lo que consume. Una bomba de calor solar y colectores solares de 7 m² generan energía para la calefacción y el agua caliente, mientras que celdas solares de 50 m² producen electricidad. Las ventanas van desde el piso hasta el techo, cubriendo el 40% de la fachada – el doble del área de una casa tradicional – lo que ayuda a iluminar y calentar las habitaciones con luz solar. Todas las habitaciones están equipadas con sensores que registran el calor, los niveles de CO₂ y la humedad; y un sistema de control inteligente se asegura de que la casa se ajuste a la necesidad de la familia de tener un clima interior saludable y cómodo. Los mecanismos de apertura automática de las ventanas permiten la entrada del aire fresco, mientras que hay sensores que apagan las luces cuando abandonas una habitación.



3.2.4. | Ciudades verdes

En todo el mundo ha habido numerosos ejemplos del uso de tecnologías eficientes en materia de energía para la construcción de edificios. En el último tiempo, la gente ha comenzado a implementar proyectos de mayor envergadura a nivel de ciudades.

Un objetivo ambicioso es la construcción de urbes amigables con el medioambiente. Imagina una ciudad completa diseñada en armonía con la naturaleza, donde los habitantes solo consuman los recursos que realmente necesitan y hagan todo lo posible para proteger el mundo natural. Toda la energía de la ciudad se produce utilizando fuentes renovables; los residuos se reciclan y reutilizan; y los habitantes entienden plenamente la importancia de cuidarse entre sí y al planeta, y por eso viven en paz y armonía.

Más y más personas en el mundo quieren que este sueño se haga realidad, por lo que cada vez se le presta más atención al diseño de ciudades verdes. Estas ciudades tienen aire y agua limpia, los desechos y las aguas residuales se reciclan y reutilizan, los techos se usan como jardines o para instalar paneles solares, y tienen estanques para recolectar el agua de la lluvia. Además, se usan las tecnologías de viviendas activas y pasivas en la construcción de edificios residenciales, públicos y comerciales.

Es imposible hacer que todas las ciudades sean amigables con el medioambiente de inmediato, pero poco a poco estos sueños se están convirtiendo en una realidad en todo el mundo.

Samsø (Dinamarca)

Los habitantes de la ciudad danesa de Samsø son autosuficientes energéticamente a partir de fuentes renovables e incluso venden algo de la energía que generan. Este resultado tomó 10 años y una inversión de US\$80 millones, pero el dinero ya se recuperó con la venta de electricidad.

Los isleños construyeron 10 turbinas eólicas en tierra y 11 en el mar, lo que genera 28 GW-hora de energía total cada año.

La calefacción proviene de biomasa renovable: las calderas funcionan quemando paja, aserrín y otros residuos vegetales.

La isla tiene una superficie de 114 km², que se extiende cerca de 50 km de norte a sur y 20 km en su parte más ancha, y 4.000 habitantes, la mayoría dedicada a la agricultura. El asentamiento más grande, Tranebjerg, tiene una población de tan solo 800 personas, pero orgullosamente se llama a sí mismo una ciudad.



La ciudad de Masdar (Emiratos Árabes Unidos)

La ciudad de Masdar ("masdar" significa "fuente" en árabe) es una nueva eco-ciudad en los Emiratos Árabes Unidos (AEU). Está situada en el Emirato de Abu Dhabi, a 17 km de la capital y cerca del aeropuerto internacional.

La idea de construir una ciudad verde en el desierto fue del gobierno de Abu Dhabi. El proyecto, con un presupuesto total de US\$22.000 millones, se puso en marcha en 2006 y debe completarse en un futuro próximo. Se espera que la nueva ciudad tenga una población de 45.000-50.000 personas y que otros 60.000 viajen a trabajar ahí todos los días. La mayoría de las empresas y plantas industriales de Masdar se especializará en el desarrollo y la producción de tecnologías y productos amigables con el medioambiente. En la ciudad no se permite el transporte en automóviles particulares: los residentes se desplazarán caminando, en bicicleta, en transporte público o en los nuevos taxis controlados por computadoras. Se está construyendo un alto muro alrededor de la ciudad para protegerla de los vientos calientes del desierto y las calles tendrán abundante sombra.

La ciudad de Masdar está diseñada para ser un foco para empresas de tecnología limpia y el Instituto de Ciencia y Tecnología de Masdar ya está operando ahí desde septiembre de 2010. La urbe también alberga las oficinas centrales de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA).



La Isla del Tesoro (San Francisco, California, EE.UU.)

La Isla del Tesoro es una isla artificial construida en California en 1939 como emplazamiento de un nuevo aeropuerto. Estos planes cambiaron con la Segunda Guerra Mundial y la isla se utilizó como una base militar que siguió funcionando ahí hasta 1996. Actualmente, la Isla del Tesoro se utiliza como lugar para probar construcciones verdes y se espera que, en el futuro, se convierta en el hogar de 13.500 personas. Estos habitantes producirán electricidad usando paneles solares que serán instalados en el 70% de los techos de los edificios en 2020, proporcionando hasta 30 GW-hora de electricidad cada año. También se generará electricidad con energía eólica. Los ciudadanos podrán comprar frutas y verduras en una granja orgánica, todos los autos serán amigables con el medioambiente y los edificios serán eficientes en términos de consumo de energía, y estarán certificados con el estándar de eficiencia energética LEED.



Sherford (Inglaterra)

Sherford (Inglaterra) es una nueva ciudad amigable con el medioambiente diseñada según el estilo tradicional inglés. La finalización del proyecto está prevista para 2020 y cuenta con el apoyo del Príncipe Carlos. Todos los edificios de Sherford se fabricarán a partir de materiales respetuosos con el medioambiente producidos en Inglaterra y a no más de 80 km del sitio de edificación. Esto reducirá la huella de carbono de la construcción ya que no será necesario trasladar artículos desde lejos, con la consiguiente emisión de gases de efecto invernadero producto del uso de vehículos.



La disposición de Sherford facilitará o bien caminar o andar en bicicleta. Así, los habitantes no tendrán necesidad de usar transporte motorizado en algunas partes de la ciudad. El espacio arriba de los techos también se usará para instalar paneles solares y para el cultivo de plantas.

Vancouver (Canadá)

La ciudad de Vancouver (Canadá) es conocida por ser una de las más amigables con el medioambiente de Norteamérica. Como siguiente paso, la ciudad tiene el ambicioso plan de convertirse en la más verde del planeta. La idea, que fue planteada por las autoridades de la ciudad en colaboración con sus habitantes, incluye medidas como un cambio hacia el uso de 100% de energías renovables para 2050, un programa de cero desechos, la expansión de redes peatonales y ciclovías, la construcción de edificios verdes, transporte público, la ampliación de las áreas verdes y el aumento de mercados para agricultores y huertos comunitarios. Además, la administración municipal ha creado un Fondo de la Ciudad Más Verde de US\$2 millones en colaboración con la Fundación de Vancouver, para ir en apoyo de proyectos comunitarios que hagan de Vancouver una ciudad verde. Una vez que todas estas medidas estén implementadas a cabalidad, para 2050 la urbe se propone reducir las emisiones comunitarias de gases de efecto invernadero en 80% por debajo de los niveles de 2007.



Preguntas

11. ¿Cuál es la hora punta de consumo de electricidad?
2. ¿Crees que los países con climas calurosos deben preocuparse de ahorrar energía?
3. ¿Cómo se debe diseñar una ciudad si pretende ser “verde”?
4. ¿Dónde crees que tu casa pierde la mayor parte del calor durante el invierno y de fresca en el verano? ¿Cómo se podría evitar esto?
5. ¿Cuál es la diferencia entre los edificios “pasivos”, “activos” e “inteligentes”?



Actividades

Actividad 1. Pídeles a tus padres que te muestren las cuentas de electricidad del último año de tu casa o departamento. Anota cuántos kilovatios por hora se usaron y dibuja un gráfico.

Averigua cuánta electricidad consumen tus principales electrodomésticos: refrigerador, lavadora, aspiradora, televisión, luces, etc. Puedes hacer esto de la siguiente manera: 1) encuentra la potencia de cada dispositivo en la información técnica que lo acompaña; 2) calcula aproximadamente cuántas horas al día funciona el equipo; 3) multiplica ese tiempo por el número de días de un mes; 4) multiplica la potencia del dispositivo por el tiempo de funcionamiento.

Dibuja un segundo gráfico en la misma hoja que resuma el consumo total de energía de tus electrodomésticos. Analiza el gráfico, observa qué aparatos usan más energía y piensa por qué ocurre esto. Junto a tus padres, piensa qué pueden hacer para reducir el consumo de energía.

Actividad 2. Dibuja un gran mapa de una ciudad amigable con el medioambiente donde te gustaría vivir. ¿Cómo se llamaría? ¿En qué lugar del mundo estaría? ¿Cómo se diseñarán sus calles? ¿Se permitirá la circulación de vehículos motorizados? Si hay industrias y empresas ¿cuáles serían? ¿Dónde se ubicaría el sector residencial y por qué estaría ahí? Dibuja cómo se vería tu propia casa en la ciudad. ¿Qué tipo de edificio sería y de qué estaría construido? Escribe un ensayo sobre esto.

Actividad 3. Averigua sobre las iniciativas medioambientales en distintas ciudades del mundo en la página “Ecociudad” de Wikipedia y otros recursos en línea. Encuentra información detallada sobre el estado actual de alguna ciudad ecológica y comparte esta información en tu escuela.



3.3. | Huella de carbono

Toda actividad humana que usa energía tiene un impacto sobre el clima.

Conducimos automóviles, viajamos en avión a otras ciudades y países, usamos el televisor y la computadora, cocinamos alimentos y los dejamos en el refrigerador. Talamos bosques para hacer papel y muebles, encendemos la calefacción en el invierno y el aire acondicionado en el verano, y usamos luz eléctrica en nuestro hogar todo el año. Pero al hacer todas estas cosas, dejamos nuestra propia huella de carbono personal en el mundo.

La huella de carbono de una ciudad o país es la cantidad total de todos los gases de efecto invernadero que las personas y las organizaciones generan a partir de las actividades que realizan, los eventos en los que participan y los productos que consumen, directa o indirectamente.



El dióxido de carbono es responsable del 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero vinculadas con la actividad humana. Todo lo que hacemos tiene implicancias para el clima.

Un comportamiento amigable con el medioambiente significa pensar en cómo puedes reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y tu propia huella de carbono.

Para facilitar la comprensión y el cálculo, es práctica habitual hacer la conversión de todas las emisiones de gases de efecto invernadero a su equivalente en CO₂. Esta cantidad se muestra en unidades de CO₂-equivalentes.

Huella de carbono

- Mensaje de correo electrónico – 4 g
- El mismo mensaje con un adjunto grande – 50 g
- Una bolsa de plástico de una tienda – 10 g
- Una botella de agua de 0,5 litros (producción local) – 110 g
- Una botella promedio – 160 g
- Un helado – 500 g
- Un par de jeans – 6 kg



Las emisiones directas son las cantidades de dióxido de carbono que se generan por el uso de combustibles fósiles. Por ejemplo, la cantidad de gases de efecto invernadero que se producen durante el funcionamiento de una industria o del motor de un automóvil.

Las emisiones indirectas son las cantidades de CO₂ que se liberan a la atmósfera cuando se produce y transporta energía para fabricar los productos que compras y los servicios que necesitas. Esta es la parte de la huella de carbono sobre la que podemos ejercer alguna influencia; podemos pensar dos veces antes de comprar vasos desechables, usar el automóvil en lugar de caminar, usar la lavadora solo con media carga, entre otros.

Calcular el tamaño de nuestra huella de carbono (especialmente las emisiones indirectas) es difícil porque tenemos que tomar en consideración muchos factores distintos y encontrar bastante información. Por otro lado, la huella de carbono de un producto siempre será la misma para el productor, pero será diferente para distintos consumidores ya que hay que considerar el transporte y otros costos asociados con la entrega del producto.

Por ejemplo, la huella de carbono de una manzana que se come bajo el árbol donde creció tiene 0 g de CO₂. Si compras manzanas de tu región durante la temporada (por ejemplo, en el otoño y principios del invierno) la huella de carbono es de 10 g de CO₂. Sin embargo, la huella de carbono de una manzana importada será muy superior.

Las empresas responsables con el medioambiente compensan su huella de carbono plantando árboles y obteniendo certificados de compañías de prestigio en compensación de emisiones de carbono.



Ejemplo de etiquetas de neutro en carbono.



Preguntas

1. ¿Qué es la huella de carbono?
2. ¿Qué unidades se usan para medir la huella de carbono?
3. ¿Cuál de estos frutos tiene una huella de carbono más alta: fresas cultivadas en una granja local o fresas importadas en un envase hermoso? ¿Por qué?



Actividades

Actividad 1. Prueba “Mi huella de carbono”

A. Cuando compras frutas y verduras en un negocio

¿qué eliges normalmente?:

- productos locales y sin envase (1 punto);
- productos sin envase de regiones del sur de tu país (2 puntos);
- productos sin envase importados de España, México, Estados Unidos y otros países (3 puntos);
- productos importados preenvasados individualmente (4 puntos).

B. La bolsa que usas para comprar es de:

- lino o algodón (1 punto);
- papel (2 puntos);
- plástico que llevas de tu casa (3 puntos);
- plástico que llevas o compras junto con las cosas en la tienda (4 puntos).

C. Cuando compras bebestibles ¿en qué tipo de envase se encuentran generalmente?

- papel (1 punto);
- vidrio (2 puntos);
- aluminio (3 puntos);
- plástico (4 puntos).

D. ¿Qué libros prefieres leer?:

- uno nuevo, comprado en una tienda (4 puntos);
- uno electrónico (3 puntos);
- uno que ya ha sido leído (2 puntos);
- uno de la biblioteca (1 punto).

E. Cuándo haces un obsequio ¿qué prefieres?:

- papel de envolver brillante y atractivo, sin importar su material (4 puntos);
- papel con una etiqueta ambiental que prueba que es reciclable (2 puntos);
- una caja o bolsa usada que decoras personalmente (2 puntos);
- entregas el regalo sin envolver (1 punto).

Respuesta a la prueba “Mi huella de carbono”:
Entre 5 y 7 puntos: ¡Fantástico! ¡Tienes la huella de carbono de un ratón! Puedes sentirte orgulloso: todo lo que tienes que hacer ahora es persuadir a otros para que sean como tú.
Entre 8 y 10 puntos: ¡Tienes la misma huella de carbono de un gato!
Entre 11 y 13 puntos: ¡Tu huella de carbono es como la que deja un caballo!
Entre 14 y 16 puntos: ¡Tu huella de carbono es la de un elefante!
Más vale que pongas todo tu esfuerzo en ahorrar energía.

3.4. | ¿Cómo puedo ayudar al planeta? Reducir tu huella de carbono

Los gases de efecto invernadero influyen en el clima del planeta y las emisiones de estos gases dependen de nuestros hábitos. Veamos cómo podemos reducir nuestra huella de carbono y así ayudar al planeta.

Temperatura interior agradable

En los países del hemisferio norte, casi todas las edificaciones necesitan calefacción y aislamiento térmico. La mayoría de los sistemas de calefacción de los edificios antiguos se instaló en una época en que la energía era barata y la eficiencia energética no era prioritaria. En muchas ciudades, la energía termoeléctrica se genera quemando gas o carbón, proceso que provoca gases de efecto invernadero que afectan el clima.

Entre las formas alternativas para producir energía están los paneles solares y las bombas de calor, pero estas tecnologías siguen siendo caras y no son fáciles de instalar en edificios de departamentos de varios pisos.

La solución más fácil es mejorar el aislamiento térmico. La pérdida del calor depende de dos factores: la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior y las propiedades de aislamiento de muros, cielos, ventanas y pisos. Los edificios pierden una parte considerable de su calor a través del sistema de ventilación, pero esto también ocurre debido a defectos latentes, errores de diseño, mala calidad de la construcción y envejecimiento tanto del propio edificio como de los materiales de aislamiento térmico.

Es posible verificar qué tan bien retienen el calor muros, cielos y ventanas, y detectar dónde se están produciendo fugas con imagenología térmica, usando un dispositivo de grabación visual especial que muestra la distribución de la temperatura en cualquier superficie, por ejemplo, en el muro de una casa. La distribución de la temperatura se muestra en el visor (y se guarda en la memoria) de la cámara del dispositivo como un campo de color, donde cierta temperatura corresponde a un determinado color. Junto con la imagen hay una escala que muestra la correspondencia entre los colores y los rangos específicos de temperatura.

La mayor pérdida térmica en cualquier edificio prefabricado se produce en las juntas de los paneles de las paredes exteriores. Por otra parte, la calidad de la instalación de las ventanas puede ser un factor decisivo para los niveles de pérdida térmica, incluso en edificios nuevos y renovados.

Fig. 3.4.1. Un edificio de departamentos de cinco pisos de los años sesenta “brilla” ahí donde el calor se escapa por las juntas de los paneles prefabricados. La única solución (que no sea la demolición) es una reparación general de la fachada usando revoques aislantes modernos.



Fig. 3.4.2. La pérdida de calor en la esquina de este edificio de ladrillos es intensa en la unión del cristal del balcón y el muro, y también donde el cielo se une con las paredes.

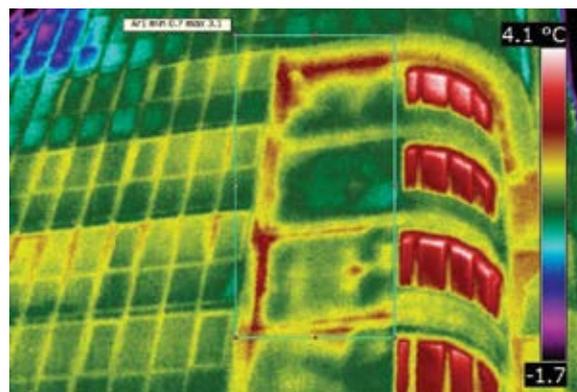
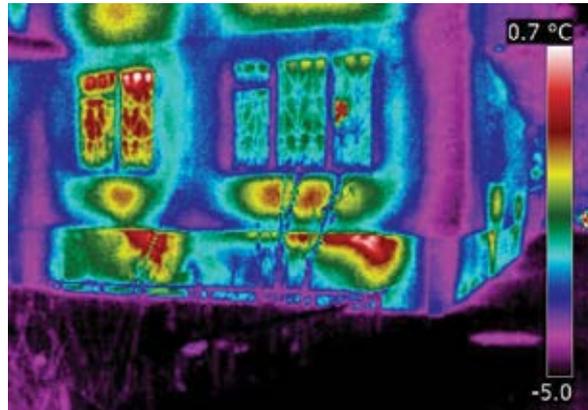


Fig. 3.4.3. Los puntos rojos corresponden al lugar donde los radiadores están fijos a la pared en este antiguo edificio de departamentos.



Aislamiento térmico para departamentos

- Los ventanales de diseño moderno, hechos de plástico o madera, ofrecen una excelente protección contra el frío y son fáciles de mantener y operar.
- Si no es posible reemplazar la ventana por una más moderna, se debe hacer el máximo esfuerzo por aislarla bien. Pasa una vela encendida o una pluma delgada por los marcos para identificar dónde hay corrientes de aire y llena los espacios por donde este se filtra. La mejor época para hacer esto es durante el otoño, puesto que el revoque no se fijará bien si hace demasiado calor o frío. Asegúrate de que el marco esté seco cuando lo apliques.
- Sella las ventanas antes del invierno. Una ventaja de los sistemas modernos de aislamiento es que las ventanas se pueden abrir y cerrar aún después de haber instalado los burletes para tapar las corrientes de aire.
- Si aún cuesta mantener la habitación cálida, usa cortinas gruesas en las ventanas.
- Puedes comprar una lámina reflectante de calor que se adhiera al interior del panel doble y refleje el calor hacia el departamento. Algunas de estas láminas se pueden retirar en el verano. Sin embargo, la lámina deja entrar solo el 80% de la luz del día y eso puede ser una pérdida crítica en departamentos con poca luz (es decir, los que están en el primer piso, miran hacia el sur, tienen un balcón que sobresale desde el piso superior o están cerca de la sombra de un árbol). Pero vale la pena considerar los pros y los contras: los adultos rara vez están en casa durante las horas de luz en el invierno y los niños y niñas están en la escuela o en otros lugares, de manera que una lámina reflectante puede tener más ventajas que inconvenientes.
- Si el frío ingresa por la puerta principal, lo mejor es reemplazarla, pero teniendo el cuidado de elegir a un buen instalador. La decisión respecto de qué puerta usar no es tan importante, pero la calidad de la instalación hará toda la diferencia para reducir la pérdida de calor, y también como aislamiento contra el ruido.
- Si no es posible cambiar la puerta, puedes mejorar el aislamiento pegándole una placa de poliestireno u otro material aislante, y luego cubriéndola con cuero sintético. También debes cerrar el espacio que queda bajo la puerta por donde se escapa el calor ya sea pegando un burlete para tapar corrientes de aire o levantando el umbral inferior bajo la puerta.
- Si hace frío dentro de un edificio entonces las paredes necesitan aislamiento. La mejor manera de aislar los muros externos es usando la tecnología de “fachada húmeda”, que consiste en fijar al muro un material aislante térmico (hecho de mineral o de lana de vidrio) y revestirlo con revoque o pintura.

- Otra forma de mantener el calor es mediante la disposición atenta de los muebles. Ubica los armarios en las paredes más frías; actuarán como barrera adicional contra el frío que penetra en la habitación. Los muebles no deberían impedir la circulación del aire tibio, de manera que no pongas mobiliario cerca del radiador.
- La forma más fácil y barata de aislar el piso es instalando linóleo sobre una base de fieltro. Sin embargo, no debes usar pegamento porque el fieltro perderá sus propiedades aislantes. Además, puedes poner una lámina de aislamiento o un material aislante especial debajo de la superficie de cualquier piso.
- La manera más evidente de mejorar la calidad de la calefacción de una habitación es reemplazando los radiadores antiguos por aparatos bimetálicos modernos. Esto se debe hacer antes de la temporada en que se necesita calefacción. Cuando compres radiadores nuevos, elige uno que tenga ajustes.
- Si no es posible reemplazarlos, se puede mejorar la eficiencia de los radiadores antiguos. Retira la pintura vieja, raspa la superficie y píntalos de un color oscuro; una superficie oscura y lisa irradia entre 5% y 10% más calor. También puedes tomar una plancha de contrachapado, pintarla con pintura plateada o cubrirla con una hoja metálica, y ubicarla detrás del radiador para que refleje el calor hacia la habitación en lugar de calentar el muro. También es importante mantener el radiador libre de polvo pues este impide la transferencia térmica. Asegúrate de que las cortinas y los muebles no estén obstruyendo el flujo de calor desde el radiador hacia la habitación.
- ¡No calefacciones tu habitación en exceso! Usa ropa más abrigada en lugar de sobrecalentar el aire.
- Cuando ventiles el departamento, hazlo rápido y de manera exhaustiva. Abre completamente las ventanas y la puerta para dejar circular el aire.



En la cocina

La cocina eléctrica es el aparato de mayor potencia de tu hogar: si todos los quemadores y el horno están encendidos, puede consumir hasta 20 kW de energía, 10 veces más que un calentador de agua eléctrico grande o una plancha.

- Recuerda que los fondos de cacerolas y sartenes que usas en la cocina deben ser suaves y gruesos. Cocinar comida en un sartén con el fondo cóncavo o disparejo tarda hasta un 40% más.
- El sartén debe tener el mismo tamaño que el quemador para evitar la pérdida de calor.
- ¡Usa tapa! El consumo de energía es 2,5 veces superior cuando cocinas en una cacerola sin tapa.
- A menudo puedes apagar el quemador de una cocina eléctrica unos cinco minutos antes de que la comida esté lista:

El calor residual completará el proceso de cocción.

- Con artefactos especiales (cafeteras, ollas de presión, multicookers) se puede preparar comida usando entre 30% y 40% menos energía que en una cocina tradicional, y en la mitad del tiempo.
- Si viertes agua sobre el cereal unas pocas horas antes de hacer gachas o papilla, se cocinará más rápido y contendrá más vitaminas. El alforfón se puede dejar remojando durante una hora, el arroz, durante más tiempo y los frijoles, porotos o arvejas, durante toda la noche. Esto también ahorra tiempo; si la comida se cocina más rápido no tienes que dedicar tiempo a vigilarla.

- No uses demasiada agua para hervir los alimentos.
- No llenes el calentador de agua hasta el borde si solo necesitas una taza.



Refrigeradores

El refrigerador es el electrodoméstico que consume más energía en el hogar, y la cuenta de la electricidad dependerá en gran medida de qué tan bueno sea y cómo lo uses. Un refrigerador moderno usa tres o incluso cinco veces menos energía que uno fabricado hace 20 años, del mismo tamaño y con las mismas características, especialmente si los sellos antiguos han perdido su flexibilidad y dejan entrar aire tibio. Para una familia ahorrativa de una o dos personas, un refrigerador nuevo puede reducir la cuenta de la electricidad en 1,5 veces.

- Antes de abrir el refrigerador, piensa qué necesitas sacar. Solo bastan unos pocos segundos para que el aire tibio de la habitación desplace al aire frío en su interior.
- Si el refrigerador es grande, es buena idea llenarlo con botes de mermelada y pepinillos; si el refrigerador está lleno, entra menos aire tibio al momento de abrirlo.
- ¡Nunca pongas alimentos calientes o tibios en el refrigerador! Y ubícalo lo más lejos que sea posible de radiadores, la cocina y la luz directa del sol.
- Asegúrate de que los contenedores con frutas y verduras frescas estén cubiertos al momento de ponerlos en el refrigerador para que la humedad no se evapore y se condense en las paredes.
- Si el refrigerador necesita descongelado manual, hazlo con frecuencia.



Iluminación

- Puedes ahorrar hasta un 40% de energía usando equipos de iluminación modernos.
- Poner focos que alumbren específicamente nuestro lugar de trabajo o lectura suele ser mejor que una lámpara con luz más intensa en el cielo de la habitación. Usa lámparas y accesorios de iluminación portátiles.
- Una superficie blanca y lisa refleja el 80% de la luz que recibe, mientras que una superficie verde oscuro refleja solo el 15%, y una negra solo el 9%. Cuando elijas muebles, papel mural y cortinas para una habitación, prefiere los colores más claros.
- Existe una manera muy simple y altamente efectiva de mejorar la eficiencia en la iluminación: limpiar el polvo de las bombillas y de las ventanas de manera regular.
- La mayor parte de la luz día ingresa a una habitación a través de la parte superior de la ventana, de manera que es muy importante no obstruirla.



Electrodomésticos

Es posible reducir el consumo de energía aprendiendo a usar mejor los electrodomésticos.

- Cuando elijas un equipo de audio, video o computadora nueva prefiere aquellos que consuman menos energía. Por cierto, las decisiones de compra de la familia las toman los adultos, pero puedes ayudarlos en la decisión comentándoles lo que sabes; es posible que lo consideren.

- Apaga todos los artefactos eléctricos cuando no los estés usando. Cuando apagas la TV usando una consola se va a modo “suspensión”; si bien este modo consume menos, sigue usando algo de energía.
- No dejes los cargadores de los dispositivos móviles enchufados permanentemente.
- Usa extensiones de alta calidad con cables de calibre grueso. Los cables delgados se calientan, lo que significa que se está perdiendo electricidad en forma de calor en lugar de energizar tu dispositivo.



Consumo de agua

- Normalmente toma duchas y solo baños de tina en ocasiones especiales.
- Diez gotas por minuto de una llave se convierten en 263 litros de agua en un año. Arregla la gotera.
- Existen distintos tipos de llaves. Las llaves con juntas de goma pueden filtrar con mayor frecuencia, pero esa pequeña pieza de goma es fácil de reemplazar. Por su parte, las llaves de bola o cerámica pueden durar mucho tiempo, pero solo si la tubería de agua cuenta con filtros ya que las partes bruñidas de esas llaves son muy sensibles a las partículas de sarro que contiene el agua. Las llaves de cerámica deben cerrarse con mucha delicadeza. Las llaves termostáticas, que aparecieron hace poco en el mercado, son más caras, pero ajustan la temperatura del agua con rapidez y precisión, lo cual reduce gastos innecesarios.
- Acostúmbrate a cerrar la llave cuando no necesitas que el agua esté corriendo. Algunas familias pelan papas y lavan con la llave corriendo, pero esto se puede hacer igual de bien usando cuencos y baldes. Lavar platos es más fácil si los lavas juntos y luego los enjuagas todos. Los fregaderos modernos suelen tener tapones, de modo que puedes usar el propio fregadero como lavatorio.



Lavado y planchado



- Cuando lavas ropa en la lavadora no es necesario calentar al agua a 90 °C y usar el ciclo completo; eso solo se requiere cuando hay prendas muy sucias. En el caso de la ropa de cama y prendas no tan sucias, es suficiente con un ciclo económico (todas las máquinas tienen la opción de lavados rápidos o económicos). Además, los detergentes modernos contienen enzimas que garantizan un lavado adecuado, incluso a temperaturas bajas. Un lavado de ese tipo consume alrededor de 10 veces menos energía que un ciclo de media hora a 90 °C.
- Espera hasta que tengas una carga completa antes de usar la máquina; es antieconómico lavar solo un par de jeans.
- Asegúrate de que las prendas que vas a lavar estén repartidas de manera pareja en el tambor de la máquina. De lo contrario, la lavadora no podrá hacer que este gire rápido. Si la carga está pareja, la máquina hará menos esfuerzo, el ciclo de lavado tardará menos tiempo y las piezas de la lavadora durarán más.
- Cuando planches ropa, clasifícala según su material: puedes partir con temperaturas más bajas y luego pasar a prendas que requieran más calor; las prendas pequeñas pueden quedar para el final, una vez que apagues la plancha.
- Algunas cosas no necesitan planchado; basta con colgarlas ordenadamente en colgadores.



Reciclar y reutilizar

Estamos acostumbrados a ver muchas cosas a nuestro alrededor, pero estas no aparecen de la nada. Todo lo que usamos ha sido producido usando energía y gracias al trabajo de mucha gente. Los desechos de la producción de cosas y los vertederos cada vez más grandes empeoran nuestras condiciones de vida y tienen un efecto negativo sobre el clima.

- Antes de comprar algo nuevo, piensa si realmente lo necesitas. Tal vez solo lo necesitas durante corto tiempo y bien valdría la pena pedirlo prestado a otra persona.
- Cuida las cosas para que duren más.
- Si tienes algo que ya no usas, piensa si puede serle útil a otra persona. Podemos llevar juguetes o ropa que ya no usamos o ya no nos queda a un jardín de infantes o un orfanato, o simplemente regalarlo a otros niños y niñas que conozcamos. Existen sitios en Internet donde las personas ofrecen cosas que ya no necesitan de manera gratuita, y otras personas las quieren. Cajas o tubos de envases pueden convertirse en algo nuevo, las muñecas y juguetes viejos se pueden recuperar y hay personas que saben cómo reparar un electrodoméstico en mal estado y hacer que funcione de nuevo.
- Puedes donar libros viejos que ya no volverás a leer a la biblioteca o llevarlos a lugares de intercambio que se han vuelto populares en el último tiempo. Existen estantes especiales en algunas librerías o bibliotecas dónde puedes llevar un libro de tu propiedad y cambiarlo por otro que otra persona dejó ahí.
- Si algo está totalmente roto, el material del cual está hecho se puede reciclar. Puedes revisar en Internet si en tu pueblo o ciudad hay puntos de recolección de objetos reciclables. Puede que tengas suerte y que exista uno de esos lugares justo donde vives. También puedes poner carteles para juntar a tus vecinos y reciclar residuos y artículos de los que se quieran deshacer; o unirte a tus amigos o conversar con los maestros en la escuela. Juntos, puede que junten suficiente plástico, papel o metal para que el viaje al centro de reciclaje valga la pena.
- Lleva tus propias bolsas cuando vayas a comprar de modo que no tengas que tomar bolsas nuevas de la caja (deja eso para cuando realmente lo necesites). Las bolsas de compra plásticas están disponibles gratuitamente en las tiendas, y a veces son convenientes y necesarias, pero le puedes decir a la cajera que no las necesitas. Varios países están incorporando ahora un cobro por las bolsas plásticas, lo que hace que valga la pena andar con tus propias bolsas.
- Tiene sentido comprar productos que se usan a diario y se pueden guardar durante mucho tiempo (detergente, champú, algunos cereales, etc.) en envases grandes a granel. Recuérdales a tus padres que hagan eso.

Fardos de reciclaje de metal.



Cuadro 3.4.1. Comparación entre papel producido 100% de pulpa virgen y papel hecho de materiales reciclados (por tonelada de papel).

	Papel hecho 100% de pulpa virgen	Papel hecho 100% de materiales reciclados	Ahorro
Madera	3 toneladas	0 toneladas	3 toneladas
Energía	11.140 kW-h	6.450 kW-h	4.690 kW-h
Emisiones de gases de efecto invernadero	2.581 kg de CO ₂	1.625 kg de CO ₂	956 kg de CO ₂
Agua de desecho	72.000 l	39.100 l	33.100 l
Desechos sólidos	1.033 kg	506 kg	528 kg

Si ahorramos una tonelada de papel, también ahorramos 13 toneladas de petróleo, 4.100 kW-h de electricidad y 32 toneladas de agua. La producción e impresión de una hoja de papel A4 genera 28 g de CO₂, y copiar solo una hoja A4 produce 380 g de CO₂.

Ahorro de energía en la producción usando materiales reciclados

Aluminio – 95%
Zinc – 60-70%
Papel – 64%

Cobre – 70-85%
Magnesio – 95%
Plástico – 80-88%

Plomo – 60-80%
Acero – 70%
Vidrio – 68%

Así que puedes reducir tu huella de carbono consumiendo menos energía y no desperdiciando energía y agua, absteniéndote de comprar cosas que no necesitas y artículos con envases excesivos, reciclando tus residuos, caminando y andando en bicicleta cuando sea posible, y comprando alimentos producidos en tu localidad. Y, por último, recuerda que nuestros principales aliados para ayudar al clima son las plantas. Cuídalas, y planta nuevas cada vez que puedas.



Preguntas

1. Hace frío afuera y la calefacción no está funcionando adentro. ¿Qué consejos son más útiles para mantenerse temperado dentro de la casa y por qué?

- 1) Usa un suéter grueso y calcetines;
- 2) Pon una alfombra bajo tus pies;
- 3) Come algo;
- 4) Bebe té caliente;
- 5) Enciende un calefactor eléctrico;
- 6) Baila, salta o corre;
- 7) Enciende fuego en la cocina o chimenea;
- 8) Toma un baño caliente;
- 9) Siéntate en el sol.

2. ¿Qué es más barato tomar una ducha o un darse un baño de tina?

3. ¿Sirve la instalación de medidores de agua para ahorrar energía?
¿Por qué?

4. ¿Consumimos energía cuando usamos agua en un edificio de departamentos? ¿Qué tipo de energía usamos?

5. ¿Qué haces actualmente en tu casa para ahorrar energía?

6. ¿Qué cosas importantes tienes que recordar al momento de usar el refrigerador?



Actividades

Actividad 1. Dibuja una tabla con cuatro columnas. Usa la primera columna para registrar situaciones de consumo ineficiente de energía que observas a tu alrededor (en la calle, en la casa, en la escuela). En la segunda columna, explica cómo se podría, en todos esos casos, ahorrar o consumir de manera más eficiente la energía. En la tercera columna, registra los casos donde has visto un consumo eficiente de energía. Y en la cuarta columna, registra una ocasión para cada día en la que tú hayas usado energía de manera más eficiente haciéndole un favor al planeta. Compara tu tabla con la de tus compañeros de clase. Escribe un informe sobre los resultados.

Actividad 2. Revisa todas tus cosas (preferentemente en compañía de tu padre o madre), descubre de dónde vienen y marca el lugar en un mapamundi. Pon las cosas que compraste o que te regalaron y que no usas en un grupo aparte. Calcula desde dónde viajaron para llegar hasta tu casa. Ahora puedes hacer un cuadro (diagrama, mapa) de lo que descubriste, mostrando dónde se fabricaron las cosas, qué uso les das (necesaria, innecesaria, útil de vez en cuando, sirve para reciclar, sirve para hacer otra cosa, etc.).

Actividad 3. La clase se divide en siete equipos; cada equipo hace un sorteo para representar a un grupo focal: estudiantes menores; estudiantes mayores; amas de casa; pensionados; empresarios; políticos; maestros. Cada equipo tiene que desarrollar un proyecto para promover ahorros de energía y eficiencia energética para su grupo focal. Tú debes:

- 1) pensar en uno o varios eslóganes para una campaña de información;
- 2) diseñar un afiche para estimular el ahorro de energía en tu grupo;
- 3) elaborar un programa que ayude a tu grupo focal a comprender los principios del ahorro de energía para llevarlos a cabo.

Pon ideas originales en tu programa, desde un show de títeres hasta la publicación de un libro, pasando por propuestas para la reforma del Estado (dependiendo del grupo focal).

Una vez presentados los proyectos, los mejores afiches se exhiben en la escuela.



3.5. | Cooperación mundial frente al cambio climático y desarrollo sostenible

Hasta fines de los años setenta, los únicos que mostraban algún interés en el cambio climático eran los científicos. En 1979 se llevó a cabo la primera Conferencia Mundial sobre el Clima, ocasión en la que se presentaron numerosos informes con pruebas de que la actividad humana ejerce un impacto considerable sobre el clima. En primera instancia, el tema atrajo la atención de los periodistas, luego del público en general y, por último, de los gobiernos.

En 1988, las Naciones Unidas reconocieron al cambio climático como uno de los desafíos mundiales más urgentes que enfrenta la humanidad.

Algunos de los científicos más destacados del mundo comenzaron a abordar el tema.



En 1988, se constituyó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el cual fue convocado para revisar las pruebas científicas disponibles y demostrar de qué manera la actividad humana afecta al clima.

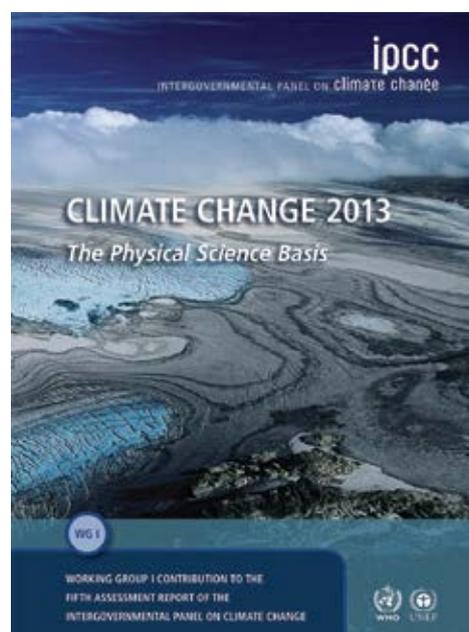
El primer informe del IPCC fue publicado en 1990 y confirmó que la amenaza del cambio climático era real, además de establecer que existía una conexión directa entre la actividad humana y los procesos de la atmósfera del planeta. Desde entonces, el IPCC ha publicado otros cuatro informes –el último de ellos en 2013– donde se evalúa el cambio climático a la luz de las investigaciones científicas más recientes realizadas por expertos del mundo entero.

La mayoría de los científicos concuerdan en que podemos y debemos encontrar formas de combatir el cambio climático. Esto solo será posible si los países de todo el mundo trabajan de manera mancomunada; y la mejor forma de hacerlo es bajo el alero de las Naciones Unidas.

En 1992, durante una conferencia especial de las Naciones Unidas de nivel internacional, los países acordaron sobre la necesidad de cooperar en torno al tema del clima. A partir de este acuerdo se redactó un documento internacional conocido como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).



United Nations
Framework Convention on
Climate Change



Esta Convención sobre el Clima solo dispuso de medidas generales destinadas a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello, en 1995, durante la primera Conferencia de las Partes de la Convención (es decir, los países que la habían firmado), se tomó la decisión de elaborar otro documento internacional para regular aquellas medidas concretas que las Partes debían tomar entrando el siglo XXI.



Si bien las negociaciones para elaborar este nuevo texto fueron muy complejas y arduas, los países lograron llegar a acuerdo. En diciembre de 1997, en Japón, se adoptó un nuevo tratado internacional denominado Protocolo de Kioto, en honor a la ciudad donde se firmó el acuerdo.

El Protocolo de Kioto fue revolucionario porque contenía compromisos por parte de los países desarrollados de no superar un cierto nivel de emisiones de gases de efecto invernadero en el período comprendido entre 2008 y 2012, en relación con el año 1990 que fue tomado como línea base.

Por ejemplo, la Unión Europea se comprometió a reducir sus emisiones en 8%, Japón en 6%, y Rusia y Ucrania a no superar sus niveles de emisiones de 1990.

Estados Unidos, país con la mayor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero del mundo, participó activamente en las negociaciones del Protocolo, pero luego se negó a firmar en 2001.

De ese modo, a fines de 2012 había dos tratados internacionales vigentes: la Convención sobre el Clima, un documento internacional que define la estrategia general para que la humanidad luche contra el cambio climático; y el Protocolo de Kioto, que establece compromisos específicos de los países industrializados, como la Unión Europea, y aquellos con economías en transición, como Rusia y Ucrania.

El plazo de los compromisos asumidos por los países industrializados y en transición venció a fines de 2012 y se requirió realizar una nueva ronda de negociaciones para el siguiente período, la que comenzó en 2013. Ese año, los países desarrollados acordaron compromisos adicionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero entre 2013 y 2020, prometiendo reducciones más sustanciales que las anteriores.

Sin embargo, por diversos motivos, varios países han cambiado su actitud hacia el Protocolo de Kioto y Estados Unidos, Canadá, Japón, Nueva Zelanda y Rusia no se plegaron a los acuerdos para 2013–2020. Su argumento es que el mundo ha cambiado desde los años noventa y ahora casi la totalidad del aumento en las emisiones no proviene de los países desarrollado si no de las principales naciones en desarrollo (China, India, Brasil, Sudáfrica y otras), cuyas emisiones no están reguladas por el Protocolo de Kioto.



Podemos distinguir varias etapas en los esfuerzos que ha hecho la humanidad para enfrentar el cambio climático:

- 1992 – Convención sobre el clima, cuando los países acordaron formular medidas planificadas para devolver las emisiones a los niveles de los años noventa;
- 2008-2012 – El primer período de compromisos del Protocolo de Kioto, donde 37 países desarrollados y la Comunidad Europea se comprometieron a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a un promedio de 5% respecto de los niveles de 1990;
- 2013-2020 – El segundo período de compromisos del Protocolo de Kioto, donde los países desarrollados se comprometieron a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en por lo menos 18% respecto de los niveles de 1990. Sin embargo, la composición de países en el segundo período de compromiso es diferente a la del primer período;
- 2015 – Adopción del Acuerdo de París que incluye contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) de los países que fijan medidas ambiciosas a largo plazo para poner fin a las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Después de 2020 – El Acuerdo de París entra en vigencia.



En diciembre de 2015, los países se dieron cita en París para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático cuyo fin era alcanzar un nuevo acuerdo universal sobre el clima que rigiera para todos los países a partir del año 2020. En la antesala del encuentro en París, los países presentaron sus compromisos climáticos denominados “contribuciones determinadas a nivel nacional” (NDC), que definían sus metas nacionales a mediano y largo plazo de reducción de las emisiones. El objetivo es que la temperatura promedio no supere los 2 °C por sobre los niveles preindustriales.

La Conferencia de París abordó un amplio abanico de desafíos que plantea el cambio climático y la manera de enfrentarlos, incluida la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, la adaptación a los impactos del cambio climático, y el apoyo tecnológico y financiero para materializar dichas medidas. Sin embargo, este Acuerdo solo constituye un marco legal de las medidas contra el cambio climático con posterioridad al año 2020, y en los próximos años se tomarán decisiones más detalladas sobre su implementación.

La cooperación internacional efectiva puede ayudar al mundo a seguir una vía que no supere los 2 °C y a adaptarse a los cambios climáticos que ya están sucediendo como resultado de las emisiones pasadas y actuales. También puede ayudar a los países a aprovechar las muchas oportunidades y beneficios asociados con la transición a economías con bajas emisiones de carbono y resilientes al clima.

Esta cooperación internacional en torno al cambio climático está estrechamente vinculada con la otra inquietud fundamental de la humanidad, a saber: ¿cómo conseguir desarrollo sostenible para la prosperidad mundial? El desarrollo sostenible requiere medidas que se refuercen mutuamente en tres ámbitos: económico, social y ambiental, y el cambio climático impacta a las tres.



Durante la Asamblea General de las Naciones Unidas de septiembre de 2015, 193 países adoptaron la Agenda de Desarrollo 2030 y 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El objetivo 13 apunta a “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos” (Fig. 3.5.1).



OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Fig. 3.5.1. 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.



Muchos otros ODS también se relacionan con el cambio climático, por ejemplo, el objetivo 7, “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”.

En nuestro mundo moderno de progreso tecnológico, alrededor de 1.300 millones de personas, 80% de las cuales viven en zonas rurales, no tienen acceso a electricidad. Estas personas, que son las más pobres del mundo, corresponden a más del 18% de los 7.000 millones de seres humanos que habitan actualmente en el planeta.

Incluso más personas, alrededor de 3.000 millones, usan biomasa tradicional (madera o leña) para cocinar y calentarse. Según la Organización Mundial de la Salud, los contaminantes emitidos a la atmósfera a partir de la combustión de biomasa en cocinas ineficientes pueden estar provocando la muerte prematura de 1,5 millones de personas todos los años; o más de 4.000 diariamente. La cifra es superior a la cantidad de personas que mueren cada día producto del paludismo, la tuberculosis y el SIDA combinados. Estas personas extremadamente pobres viven en África, al sur del desierto del Sahara (el más grande del mundo) y también en el sur de Asia y América Latina.

Este problema ha sido denominado “pobreza energética”.

Suministrar servicios de energía limpios, eficientes, asequibles y confiables es el aspecto clave de la prosperidad mundial, y con el consumo eficiente de los recursos energéticos podemos combatir el cambio climático. A la inversa, una política climática bien focalizada promueve el consumo racional y eficiente de los recursos energéticos.

Los cambios en la forma de pensar y en la conducta de familias e individuos son muy importantes para la materialización de estas medidas. Todos podemos hacer un aporte personal para reducir el impacto del cambio climático adoptando patrones de consumo más sostenibles – como por ejemplo andar en bicicleta y comer una dieta saludable alta en frutas y verduras de estación y producidas a nivel local– reducir la cantidad de desechos que eliminamos, reutilizar materiales cuando sea posible y ahorrar electricidad y agua.

Actividades

Actividad 1. En este conjunto de actividades te puedes entrenar en el rol de un negociador internacional. Lee los “Diez consejos para un negociador internacional” y apréndetelos de memoria.

Diez consejos para un negociador internacional

1. Concéntrate en el tema que se está discutiendo. No te desvíes. No busques vías laterales ni te cambies a otros temas.
2. Trata de encontrar y distinguir la idea clave; y concéntrate en el contenido, no en la forma.
3. Parafrasea lo que la otra persona ha dicho y comprueba que entendiste bien (“Si estoy en lo correcto, tú quieres decir que...”, “¿Entiendo bien y dijiste...?”).
4. Haz preguntas.
5. Respeta el silencio de tu interlocutor; no te apures para llenar las pausas en la conversación.
6. Interpreta la información tanto desde el punto de vista de tu propia cultura como desde aquel de una cultura extranjera.
7. Intenta no interpretar la conducta de otros según lo que tú harías.
8. No te apures en emitir evaluaciones y juicios de valor.
9. Aprende a reconocer los mensajes no verbales de la persona con la que estás conversando (expresiones faciales, gestos, postura, entonación, etc.).
10. No saques conclusiones apresuradas basándote en un solo gesto o señal.

Es interesante verificar que una de las estrategias más productivas a la hora de tratar con personas de otras culturas es simplemente imitarlas. Reproducir la forma en que se comporta tu contraparte en las negociaciones aumenta considerablemente la posibilidad de conseguir un resultado positivo para ambas partes. De manera que ser un camaleón te puede ayudar a triunfar en las negociaciones internacionales. De todas formas, la cortesía, el respeto por tu interlocutor y su cultura y la comunicación abierta pueden hacer maravillas. Lo mismo sirve para la vida cotidiana.

Actividad 2. Juego

Imagina que eres parte de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y vas a conversar sobre los problemas que tienen los distintos países en relación con el cambio climático.

Prepara un breve discurso de bienvenida para que lo lea tu jefe o jefa de Estado a todos los participantes de la Conferencia. El discurso debe mencionar:

- el clima y los principales recursos naturales de tu país;
- cómo viven los habitantes de tu país;
- los principales sectores de la economía de tu país;
- el impacto del cambio climático en la naturaleza, la gente y la economía;
- qué espera tu país que se consiga en esta Conferencia.

Después del discurso de bienvenida, los participantes expresan sus opiniones respecto de cómo impedir los impactos negativos del cambio climático sobre el medioambiente y los habitantes de los países que forman parte de la Conferencia.

Al final del juego, los participantes eligen a un ganador o ganadora; es decir, el estudiante que más haya contribuido a la discusión y quien abordó los temas más relevantes, interesantes y bien argumentados.

Actividad 3.

Eres un funcionario gubernamental de un pequeño Estado insular en la región del Pacífico. Estás elaborando una propuesta para postular a apoyo financiero internacional que ayude a tu país a superar los efectos negativos del cambio climático. Reflexiona sobre los siguientes aspectos en tu propuesta de financiamiento:

- 1) ¿Cuáles de los efectos previstos del calentamiento global representan la principal amenaza para tu país?
- 2) ¿Qué se puede hacer si el aumento en los niveles del mar amenaza con sumergir completamente tu isla?
- 3) ¿A cuáles organizaciones internacionales y Estados acudirás en busca de ayuda?
- 4) ¿Cómo piensas preservar la cultura de tu país si tu isla desaparece bajo el mar?



Orientaciones pedagógicas

para el uso de la herramienta
Caja del clima en las escuelas



parte
4

4. | Orientaciones pedagógicas para el uso de la herramienta Caja del clima en las escuelas

La Caja del clima es una herramienta de aprendizaje interactivo sobre el cambio climático dirigido a estudiantes de escuelas primarias y secundarias, y a sus maestros de ciencias naturales y estudios ambientales. Los materiales han sido elaborados por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) con el apoyo de Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), el Ministerio de Recursos Naturales y Medioambiente de Rusia y The Coca-Cola Company. La Caja del clima continúa la serie de recursos de aprendizaje para escolares, que ya han sido elaborados y presentados por el PNUD y sus colaboradores: La caja sobre el mar Negro y El pequeño baúl del tesoro del lago Baikal.

Objetivos de la Caja del clima:

- informar a los estudiantes sobre el mundo que los rodea, las interrelaciones entre los seres humanos y el medio ambiente;
- promover las ideas de la conservación y el respeto por la naturaleza;
- instalar una cultura ambiental de consumo responsable en las generaciones de jóvenes para que desarrollen habilidades de ahorro de energía y recursos.
- ayudar a los maestros a preparar y dirigir lecciones sobre temas relacionados directa o indirectamente con el cambio climático.

La herramienta de aprendizaje interactivo Caja del clima contiene:

- Un texto de estudio ilustrado para estudiantes con material didáctico, actividades interactivas e individuales y preguntas sobre el tema del cambio climático;
- Orientaciones pedagógicas sobre cómo usar la herramienta en lecciones con niños y niñas de distintas edades;
- Una Prueba sobre el clima que consiste en un juego de cartas;
- Un mapa titulado “Cambio climático: Impacto negativo del cambio climático sobre el medioambiente y los humanos a menos que hagamos todo lo posible para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero”.
- Un póster titulado “Cambio climático; cómo reducir tu huella de carbono”.

Texto de estudio de la Caja del clima

El texto de estudio está compuesto por tres secciones: “El problema del cambio climático”; “Cómo afecta el cambio climático al mundo natural y a los seres humanos. ¿Podemos adaptarnos a las inevitables consecuencias de este fenómeno?”; y “Cómo mitigar el cambio climático peligroso?”. El texto ayuda a los estudiantes a desarrollar conocimientos y habilidades para distinguir los distintos tipos de climas y zonas naturales; explica la relación que existe entre los componentes geográficos de los sistemas naturales; enseña a distinguir, describir y explicar las características fundamentales de los componentes geográficos y los fenómenos meteorológicos, y cómo estos pueden cambiar como resultado de los impactos naturales y producidos por la humanidad; explica el uso de fuentes de energía alternativas; enseña formas de comportarse en caso de fenómenos meteorológicos extremos; y guía sobre el uso prudente de los recursos en el hogar, la escuela y al aire libre. La información que ofrece cada sección del libro puede ser un complemento útil para muchos aspectos de los programas educacionales.

Las tablas de las páginas 240–251 muestran cómo conectar la Caja del clima al currículum nacional. Estas orientaciones pedagógicas están claramente enfocadas en el programa educacional ruso. Sin embargo, contienen información valiosa que puede ser útil para el currículum de otros países, muchos de los cuales tienen un formato parecido.

El texto de estudio contiene gran cantidad de datos interesantes e informativos sobre anomalías naturales, ejemplos de las consecuencias de los impactos del cambio climático sobre las zonas costeras, las regiones montañosas y árticas, los bosques, las ciudades y los países. En base a ese material, permite a los estudiantes analizar la información de manera independiente para construir hipótesis y predicciones sobre los procesos y los fenómenos naturales que tienen importancia para la región donde viven.

Las orientaciones pedagógicas ayudarán a los maestros a entregar a sus alumnos una comprensión científica del mundo que los rodea y a desarrollar sus habilidades intelectuales y su deseo por aprender. Por su parte, el texto de estudio permite a los estudiantes ver el mundo desde el punto de vista de un astrónomo, un geógrafo o un ecólogo. Las coloridas y atractivas ilustraciones, tablas y gráficos ayudan a consolidar la comprensión de la evolución (estableciendo conexiones con el fenómeno del cambio climático en el pasado y la actual forma de nuestro planeta), las diferencias espaciales en los procesos de formación de clima, las características geográficas de los complejos naturales de los distintos continentes y océanos, las prácticas de conservación, las causas naturales y humanas de los problemas medioambientales, las medidas para preservar el mundo natural y proteger a las personas de los desastres naturales y provocados por el hombre, el efecto invernadero y la biodiversidad, y la huella de carbono que los seres humanos dejamos en la Tierra.

Las preguntas y las actividades son una oportunidad para poner este conocimiento en práctica.

El texto de estudio se puede usar en el trabajo con estudiantes a partir de los ocho años, pero es especialmente adecuado para estudiantes entre 10–13 años, tanto como parte de currículo principal como para actividades extracurriculares.

Se aconseja a los maestros que usen los materiales del texto considerando los temas en los que los estudiantes están trabajando en ese momento, y en sus necesidades, intereses y habilidades. Algunos escolares encontrarán que todo el texto es de su interés, mientras que otros pueden sentirse atraídos por datos particulares, ilustraciones o ideas para hacer experimentos. Creemos con optimismo que cada estudiante encontrará algo nuevo e interesante en el libro. Por lo tanto, sugerimos a los maestros adoptar un enfoque creativo hacia la herramienta de trabajo, usando los materiales en iniciativas fuera de la sala de clases y extracurriculares, las que pueden ser actividades al aire libre, acciones medioambientales, semanas temáticas, competencias y cuestionarios, y círculos de estudios.

El equipo de autores espera sinceramente que la herramienta de trabajo de la Caja del clima anime a estudiantes, maestros y padres a cambiar su estilo de vida en pro de mayor conciencia ambiental.

Programas de educación

Educación primaria

- Programa de educación Escuela 2100. El mundo que nos rodea. A.A. Vahhrushev, D.D. Danilov, A.S. Rautian y otros.
- Programa de educación Armonía. El mundo que nos rodea. O.T. Poglazova.
- Programa de educación para escuelas rusas. El mundo que nos rodea. A.A. Pleshakov.

Educación secundaria

- Ciencias naturales. Grado 5. A.A. Pleshakov, N.I. Sonin

- Biología. Grados 6–9. N.I. Sonin, V.B. Zakharov, E.T. Zakharova
- Biología. Grados 10–11. I.B. Agafonov, V.I. Sivoglavov
- Geografía. Grados 6–9. V.P. Dronov y otros
- Geografía. Grados 10–11. V.P. Maksakovsky
- Química. Grados 8–11. O.S. Gabrielyan
- Física. Grados 7–9. A.V. Peryshkin, E.M. Gutnik
- Física. Grados 10–11. L.E. Gendenshtein
- Medio ambiente, salud y seguridad. Grados 5–9. I.K. Toporov

EDUCACIÓN PRIMARIA			
Sección del texto de estudio Caja del clima	El mundo que nos rodea		
	Programa Escuela 2100	Programa Armonía	Programa de educación para escuelas rusas
Parte 1. El problema del cambio climático			
1.1. Clima y tiempo atmosférico	<p>Clase 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Clima y tiempo atmosférico • Tema: Zonas naturales <p>Clase 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: El aire, sus propiedades y contenidos 	<p>Clase 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Distintos tipos de nubes <p>Clase 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Fenómenos naturales y naturaleza • Tema: La temperatura y cómo se mide • Actividad al aire libre: Observar los cambios naturales que trae el otoño • Tema: Pronóstico meteorológico • Actividad al aire libre: Observar los cambios naturales que trae el invierno • Tema: Cambios en el agua y el cielo durante el invierno • Actividad al aire libre: Observar los cambios naturales que trae la primavera • Tema: Cambios en el agua y cielo durante la primavera • Tema: Cambios en el agua, el cielo, las plantas y los animales durante el verano. Reglas para cuidarse durante las vacaciones de verano <p>Clase 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Áreas naturales de Rusia • Tema: El entorno natural donde vivo 	<p>Clase 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: La temperatura y el termómetro • Tema: ¿Qué es el tiempo atmosférico?
1.2 Tipos de clima y zonas climáticas	<p>Clase 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Zonas climáticas • Tema: El clima en la Tierra • Tema: Zonas del medioambiente natural 	<p>Clase 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: El severo Ártico • Tema: La tundra vulnerable • Tema: Los desiertos ardientes • Tema: Las montañas • Tema: Áreas naturales de Rusia • Tema: Eurasia, su naturaleza y sus pueblos • Tema: África y su naturaleza. Investigadores de África • Tema: América. Descubrimiento de América. América del Norte y América del Sur • Tema: Australia, sus singulares plantas y animales • Tema: Antártica, su descubrimiento por los exploradores rusos, su difícil entorno 	<p>Clase 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Distribución del calor solar en la Tierra y su impacto sobre la naturaleza • Tema: Zonas naturales de nuestro país: desiertos del Ártico, tundra, bosques, estepas, desiertos, subtropicos • Tema: Características naturales de cada zona • Tema: De qué manera depende la economía de las condiciones naturales. Los problemas medioambientales de cada zona natural

EDUCACIÓN PRIMARIA

Sección del texto de estudio Caja del clima	El mundo que nos rodea		
	Programa Escuela 2100	Programa Armonía	Programa de educación para escuelas rusas
1.3. ¿Cómo cambió el clima en el pasado y por qué?	-	Clase 4 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: La ciencia de la astronomía. Tierra – un planeta en el sistema solar • Tema: El Sol y las estrellas. La influencia del Sol en la Tierra • Tema: Gira mundial 	-
1.4. El cambio climático en la actualidad	-	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Los seres humanos como parte de la naturaleza Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: El aire y su contenido • Tema: El movimiento del aire. Cómo se usa el aire 	Clase 4 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Pasado y presente a través de los ojos de un ecologista. Comprender los problemas medioambientales modernos del planeta
Parte 2. Cómo afecta el cambio climático al mundo natural y a los seres humanos ¿Podemos adaptarnos a las inevitables consecuencias de este fenómeno?			
2.1. ¿Cómo afecta el cambio climático al tiempo atmosférico?	-	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Tormentas eléctricas. Mantenerse seguro durante una tormenta eléctrica • Tema: Cuerpos y fenómenos naturales • Tema: El agua en la Tierra. Los océanos y los mares. Mantenerse seguro en el mar Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Fenómenos naturales excepcionales. Mantenerse seguro durante fenómenos atmosféricos extremos. • Tema: Cambios en el cielo y el agua durante el verano. Mantenerse seguro durante las vacaciones de verano 	-
2.2. ¿Cómo afecta el cambio climático a plantas y animales?	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Zonas del medioambiente natural 	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Eurasia. Estudios sobre Asia. El mundo natural del continente y su pueblo • Tema: África y su mundo natural • Tema: El mundo natural de los continentes del Sur y del Norte • Tema: El hostil mundo natural del continente 	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Cuáles son los diferentes tipos de plantas que existen: árboles, arbustos y praderas. ¿Cómo se distinguen? • Tema: Cuáles son los diferentes tipos de animales que existen: insectos, peces, aves y bestias. ¿Cómo se distinguen? • Tema: El Libro Rojo de Rusia: Reconocer distintas plantas y animales; medidas para su protección Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Las plantas y su diversidad • Tema: Reproducción y

EDUCACIÓN PRIMARIA

Sección del texto de estudio Caja del clima	El mundo que nos rodea		
	Programa Escuela 2100	Programa Armonía	Programa de educación para escuelas rusas
2.3. ¿Cómo afecta el cambio climático a los bosques?	-	Clase 4 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Rusia, país de bosques • Tema: El entorno natural donde vivo 	Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Conexiones en la naturaleza • Tema: El suelo y su composición. Seres vivos del suelo. Comprender cómo está formado el suelo y el papel que juegan los seres vivos
2.4. ¿Cómo afecta el cambio climático a los recursos hídricos?	Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Cuerpos y sustancias • Tema: El agua y sus propiedades 	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: El agua en la Tierra. Océanos y mares • Tema: El valor de los ríos para las personas • Tema: Reservas de agua dulce. El río y sus componentes • Tema: La importancia del agua para la vida en el planeta. Contaminación de los espacios acuáticos Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Estructura y propiedades de las sustancias • Tema: El ciclo del agua en la naturaleza 	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Aire y agua, su importancia para plantas, animales y seres humanos • Tema: Contaminación del aire y del agua. Proteger el aire y el agua de la contaminación • Tema: Plantas silvestres y cultivos. Plantas de interior y cómo cuidarlas Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: El agua y sus propiedades. Los tres estados del agua. El ciclo del agua en la naturaleza
2.5. ¿Cómo afecta el cambio climático a la agricultura?	-	-	-
2.6. ¿Cómo afecta el cambio climático a las regiones	-	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: La superficie de la Tierra. Continentes y océanos 	-
2.7. ¿Cómo afecta el cambio climático a las regiones montañosas?	Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Rocas y minerales 	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Variedades de montañas • Tema: Volcanes. Mantenerse seguro en las montañas • Tema: La naturaleza de las montañas 	-
2.8. ¿Cómo afecta el cambio climático a la región del Ártico?	-	Clase 4 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Zonas naturales. El hostil Ártico 	-
2.9. ¿Cómo afecta el cambio climático a las ciudades y a la salud humana?	-	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: ciudades rusas. Ciudades con un millón de habitantes • Tema: Los habitantes de la ciudad y del campo. Problemas de la ciudad moderna 	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: La ciudad donde vivimos y sus principales características
2.10. ¿Cómo afecta el cambio climático a los problemas sociales?	-	-	-

EDUCACIÓN PRIMARIA

Sección del texto de estudio Caja del clima	El mundo que nos rodea		
	Programa Escuela 2100	Programa Armonía	Programa de educación para escuelas rusas
Parte 3. ¿Cómo mitigar el cambio climático peligroso?			
3.1. Fuentes de energía "verde" 3.1.1. ¿Qué es la energía? 3.1.2. Principales fuentes de energía	Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Energía como Fuente de movimiento • Tema: Las distintas manifestaciones de la energía • Tema: Electricidad, luz solar y caídas de agua son fenómenos energéticos 	-	-
3.1.3. Combustibles fósiles	Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Turba, carbón mineral, petróleo y gas natural – combustibles fósiles y su origen 	-	-
3.1.4. Energía nuclear	-	-	-
3.1.5. Fuentes de energía renovable	-	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: El movimiento del aire. Cómo se puede usar el aire. 	-
3.1.6. Ventajas y desventajas de las distintas fuentes de energía	-	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: El Sol – El planeta más cercano a la Tierra Clase 3 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Minerales y combustibles fósiles, su exploración y explotación • Tema: Combustibles fósiles. Problemas ambientales asociados a su producción y transporte 	-
3.2. Eficiencia energética y ahorro de energía 3.2.1. Transporte amigable con el medioambiente 3.2.2. Electrodomésticos y aparatos eléctricos	-	Clase 2 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Tipos de transporte. Contaminación del aire y del agua provocada por el transporte 	-
3.2.3. Construcción verde. Edificios pasivos y activos 3.2.4. Ciudades verdes	-	Clase 4 <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Materiales de construcción 	-

EDUCACIÓN PRIMARIA

Sección del texto de estudio Caja del clima	El mundo que nos rodea		
	Programa Escuela 2100	Programa Armonía	Programa de educación para escuelas rusas
<p>3.3. Huella de carbono</p> <p>3.4. ¿Cómo puedo ayudar al planeta? Reducir tu huella de carbono</p>	<p>Clases 2-4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Aprender a resolver tareas cotidianas • Tema: Cómo vivir en armonía con la naturaleza • Tema: Nuestro pequeño planeta Tierra 	-	-
<p>3.5. Cooperación mundial frente al cambio climático y desarrollo sostenible</p>	-	-	-

EDUCACIÓN SECUNDARIA

EDUCACIÓN SECUNDARIA						
Sección del texto de estudio Caja del clima	Ciencias Naturales	Geografía	Biología	Química	Física	Medio ambiente, salud y seguridad
Parte 1. El problema del cambio climático						
1.1. Clima y tiempo atmosférico	Clase 5 • Tema: Tiempo atmosférico (características principales del tiempo atmosférico). Clima	Clase 6 • Tema: Calentamiento y la temperatura del aire • Tema: La dependencia de la temperatura de la latitud • Tema: Humedad atmosférica. Vapor de agua y humedad • Tema: Precipitaciones • Tema: Presión atmosférica. Medir la presión atmosférica • Tema: Tiempo atmosférico. Componentes del tiempo atmosférico. Masas de aire • Tema: Clima. Mapas climáticos	-	-	Clase 7 • Tema: Presión atmosférica	-
1.2 Tipos de clima y zonas climáticas	-	Clase 7 • Tema: La atmósfera y el clima en la Tierra • Tema: Zonas climáticas y condiciones meteorológicas típicas para cada continente: África, Australia, América del Sur, América del Norte, Antártica, Eurasia Clase 8 • Tema: Clima y recursos climáticos	-	-	-	-
1.3. ¿Cómo cambió el clima en el pasado y por qué?	-	Clase 6 • Tema: Corrientes marinas. Causas e impactos sobre el mundo natural. Interacción con la atmósfera y la tierra • Tema: El caparazón de roca de la Tierra • Tema: Movimiento de las placas litosféricas Clase 7 • Tema: Los océanos Clase 8 • Tema: Estructura geológica	Clase 9 • Tema: ¿Cómo apareció y se desarrolló la vida en épocas pasadas?	-	Clase 11 • Tema: Elementos de astronomía	-

EDUCACIÓN SECUNDARIA

Sección del texto de estudio Caja del clima	Ciencias Naturales	Geografía	Biología	Química	Física	Medio ambiente, salud y seguridad
1.4. Cambio climático en la actualidad	Clase 5 <ul style="list-style-type: none"> Tema: El impacto del tiempo atmosférico en el estado de los organismos y en la salud humana 	Clase 6 <ul style="list-style-type: none"> Tema: Los seres humanos y la atmósfera, influencia mutua 	Clase 9 <ul style="list-style-type: none"> Tema: La biosfera y el ser humano. El papel que juega el ser humano en la biosfera Tema: Recursos naturales y su uso Tema: Temas ambientales y su impacto sobre nuestra vida Clases 10-11 <ul style="list-style-type: none"> Tema: Los principales problemas ambientales (a nivel mundial) de los tiempos modernos 	-	-	Clase 5 <ul style="list-style-type: none"> Tema: Los seres humanos y el lugar donde viven; seguridad humana
Parte 2. Cómo afecta el cambio climático al mundo natural y a los seres humanos ¿Podemos adaptarnos a las inevitables consecuencias de este fenómeno?						
2.1. ¿Cómo afecta el cambio climático al tiempo atmosférico?	Clase 5 <ul style="list-style-type: none"> Tema: Huracanes y tornados 	Clase 6 <ul style="list-style-type: none"> Tema: El ser humano y la atmósfera 	-	-	-	Clase 6 <ul style="list-style-type: none"> Tema: Desastres naturales y cómo protegernos Clase 7 <ul style="list-style-type: none"> Tema: Fenómenos naturales peligrosos e inusuales y cómo protegernos Clases 5-8 <ul style="list-style-type: none"> Ejercicios prácticos para desarrollar técnicas de respuesta a los desastres

EDUCACIÓN SECUNDARIA

Sección del texto de estudio Caja del clima	Ciencias Naturales	Geografía	Biología	Química	Física	Medio ambiente, salud y seguridad
2.2. ¿Cómo afecta el cambio climático a plantas y animales?	<p>Clase 5</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Diversidad biológica, su empobrecimiento y formas de conservarla Tema: Causas de la disminución en la biodiversidad Tema: Preocupación gubernamental y pública sobre la conservación de especies raras y amenazadas de plantas y animales (Libro Rojo) 	<p>Clase 7</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: El mundo animal y vegetal (en cada tema de los continentes) <p>Clase 8</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: La diversidad de los componentes naturales 	<p>Clase 7</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Diversidad de plancton, su importancia para la naturaleza y para la vida humana Tema: La importancia de los mamíferos para la naturaleza y para la vida humana. Proteger animales valiosos <p>Clase 9</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Las consecuencias biológicas de la adaptación <p>Clases 10-11</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Conservación de la biodiversidad para el desarrollo sostenible de la biosfera. ¿Por qué se extinguen las especies? 	-	-	-
2.3. ¿Cómo afecta el cambio climático a los bosques?	-	<p>Clase 7</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Zonas naturales en los continentes <p>Clase 8</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Bosques 	<p>Clase 6</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Comunidades naturales y ecosistemas. La estructura y la conexión de las comunidades naturales <p>Clase 9</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: La circulación de sustancias en la naturaleza 	-	-	<p>Clase 7</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Desastres naturales y cómo proteger a las personas – incendios forestales
2.4. ¿Cómo afecta el cambio climático a los recursos hídricos?	-	<p>Clase 6</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Aguas continentales <p>Clase 7</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: El papel que juega el agua en darle forma al entorno Tema: El papel que juega el agua en la vida en la Tierra <p>Clase 8</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Aguas continentales, la riqueza de Rusia 	<p>Clase 8</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Tipos de enlaces químicos. Enlaces covalentes Tema: Sustancias puras y mezclas <p>Clase 11</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: enlaces químicos covalentes polares Tema: El papel que juega el agua en las reacciones químicas 	<p>Clase 6</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Compuertas, acueductos Tema: Barcos y botes 	-	<p>Clase 6</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Desastres naturales y cómo proteger a las personas – inundaciones

EDUCACIÓN SECUNDARIA

Sección del texto de estudio Caja del clima	Ciencias Naturales	Geografía	Biología	Química	Física	Medio ambiente, salud y seguridad
2.5. ¿Cómo afecta el cambio climático a la agricultura?	-	<p>Clase 8</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: La economía <p>Clase 10</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Geografía de la agricultura y pesca • Tema: Regiones y países 	-	-	-	-
2.6. ¿Cómo afecta el cambio climático a las regiones costeras?	-	<p>Clase 7</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sección: La hidrosfera • Tema: Los océanos del mundo. El papel que juega la hidrosfera en la vida de la Tierra. Interacción entre el océano y la tierra 	-	-	-	<p>Clase 7</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Emergencias por causas naturales y provocadas por el hombre – huracanes
2.7. ¿Cómo afecta el cambio climático a las regiones montañosas?	-	<p>Clase 6</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sección: La litósfera de la Tierra • Tema: Formación del relieve del terreno • Tema: Montañas. Zonas con clima de altura 	-	-	-	<p>Clases 5-6</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Situaciones peligrosas con causas naturales – terremotos y desprendimientos de tierra
2.8. ¿Cómo afecta el cambio climático a las regiones del Ártico?	-	<p>Clase 6</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Glaciares, permafrost <p>Clase 8</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Desiertos del Ártico, tundra • Tema: Lagos. Glaciares 	-	-	-	<p>Clase 6</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Situaciones peligrosas en el entorno natural – avalanchas, tormentas de nieve
2.9. ¿Cómo afecta el cambio climático a las ciudades y a la salud humana?	-	<p>Clase 10</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Urbanización como proceso mundial 	-	-	-	<p>Clase 8</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Medio ambiente y seguridad – salud pública
2.10. ¿Cómo afecta el cambio climático a los problemas sociales?	-	<p>Clase 10</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Aspectos geográficos de los problemas humanos a nivel mundial 	-	-	-	<p>Clase 8</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tema: Emergencias provocadas por el hombre y sus consecuencias

EDUCACIÓN SECUNDARIA

Sección del texto de estudio Caja del clima	Ciencias Naturales	Geografía	Biología	Química	Física	Medio ambiente, salud y seguridad
Parte 3. ¿Cómo mitigar el cambio climático peligroso?						
3.1. Fuentes de energía "verde"					Clase 8 • Tema: Energía interna y cómo se puede cambiar	-
3.1.1. ¿Qué es la energía?	-	-	-	-		
3.1.2. Principales fuentes de energía						
3.1.3. Combustibles fósiles				Clase 9 • Tema: El carbono, sus propiedades físicas y químicas • Tema: Fuentes naturales de hidrocarburos. Petróleo y gas natural, y cómo se utilizan Clase 10 • Tema: Petróleo • Tema: Gas natural • Tema: Carbón	Clase 8 • Tema: Energía de combustibles. Por unidad de calor a partir de la combustión	-
3.1.4. Energía nuclear	-	-	-	-	Clase 11 • Tema: Energía nuclear atómica	-
3.1.5. Fuentes de energía renovable	-	Clase 10 • Tema: Principales tipos de consumo de los recursos naturales	-	-	Clase 9 • Tema: Generación de energía Clase 11 • Tema: Tipos de centrales eléctricas alternativas	-

EDUCACIÓN SECUNDARIA							
Sección del texto de estudio Caja del clima	Ciencias Naturales	Geografía	Biología	Química	Física	Medio ambiente, salud y seguridad	
3.1.6. Ventajas y desventajas de las distintas fuentes de energía	-	-	-	<p>Clase 9</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Fuentes naturales de hidrocarburos. <p>Petróleo y gas natural, y cómo se utilizan</p> <p>Clase 10</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Petróleo Tema: Gas natural Tema: Carbón 	<p>Clase 9</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Generación de energía <p>Clase 11</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Tipos de centrales eléctricas alternativas Tema: Energía nuclear atómica 	-	
3.2. Eficiencia energética y ahorro de energía				<p>Class 10</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Licores 	<p>Clase 8</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Motores térmicos Tema: Eficiencia energética. La segunda ley de la termodinámica <p>Clase 10</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Termodinámica. Motores térmicos 	-	
3.2.1. Transporte amigable con el medioambiente			<p>Clases 10-11</p> <p>Tema: Formas de resolver los problemas ambientales</p>				
3.2.2. Electrodomésticos y aparatos eléctricos							
3.2.3. Construcción verde. Edificios pasivos y activos		<p>Clase 9</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Geografía de la esfera social. Economía del sector habitacional y recreativo 			<p>Clase 9</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Generación de energía <p>Clase 11</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Centrales eléctricas alternativas 	-	
3.2.4. Ciudades verdes							

EDUCACIÓN SECUNDARIA

Sección del texto de estudio Caja del clima	Ciencias Naturales	Geografía	Biología	Química	Física	Medio ambiente, salud y seguridad
<p>3.3. Huella de carbono</p> <p>3.4. ¿Cómo puedo ayudar al planeta? Reducir tu huella de carbono</p>	-	-	<p>Clase 9</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Conservación de la naturaleza y uso racional de los recursos naturales <p>Clases 10-11</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Cómo comportarse en el entorno natural. Conservación de la naturaleza y uso racional de los recursos naturales 	<p>Clase 8</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Fenómenos físicos y químicos. Reacciones químicas <p>Clase 9</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Halógenos Tema: Sales de ácido nítrico Tema: Sustancias biológicamente importantes - proteínas, grasas y carbohidratos Tema: Contaminación química del medioambiente y sus consecuencias <p>Clase 10</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Proteínas Tema: Ácidos nucleicos Tema: Medicamentos <p>Clase 11</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Estado líquido y sólido de la materia 	<p>Clase 9</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Energía <p>Clase 11</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Tipos alternativos de energía 	-
<p>3.5. Cooperación mundial frente al cambio climático y desarrollo sostenible</p>	-	<p>Clases 10-11</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Aspectos geográficos de los problemas humanos mundiales en el pasado y el presente, y formas de resolverlos 	<p>Clases 10-11</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Las consecuencias de la actividad humana para el medioambiente 	<p>Clase 9</p> <ul style="list-style-type: none"> Tema: Relaciones entre organismo y ambiente 	-	-

| Listado de ilustraciones

- Portada. Fotografía: BigRoloImages, Shutterstock.com.
- P. 5. Fotografía: gentileza de T.Stocker.
- P. 9. Fotografía: J. Swanepoel, Shutterstock.com.
- P. 11. Fig. 1.1.: NASA, <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>
- P. 13. Fig. 1.1.1.: Peel, M. C., Finlayson, B. L., and McMahon, T. A. Mapa mundial actualizado según la clasificación del clima de Köppen-Geiger (Asia Central). Recuperado de Wikipedia. Fotografía (abajo): Shutterstock.com.
- P. 14. Fig.: Shutterstock.com.
- P. 15. Fig. 1.2.1.: Wikipedia.
- P. 17. Fotografía (arriba): R. Loesche, Shutterstock.com. Fotografía (centro): Semork, Shutterstock.com. Fotografía (abajo): apdesign, Shutterstock.com.
- P. 18. Fotografía (arriba): A. Latsun, Shutterstock.com. Fotografía (centro): rdonar, Shutterstock.com. Fotografía (abajo): Susan R. Serna, Shutterstock.com.
- P. 19. Fotografía: axily, Shutterstock.com.
- P. 20. Fig. 1.2.2.: I. Frolov, Arctic and Antarctic Institute. Fig. 1.2.3.: J. Sullivan, Wikipedia. Fig. 1.2.4.: NASA. Fig. 1.2.5.: T. Skambos, National Research Centre for Snow and Ice, Estados Unidos.
- P. 23. Palabras cruzadas: Elaboración de las traductoras en base a la versión en inglés.
- P. 24. Fig. (izquierda): M. Anton, Public Library of Science, publicado en Wikipedia. Fotografía (derecha): H. Grobe, Wikipedia. Fig. 1.3.1.: A.O. Kokorin, E.V. Smirnova, D.G. Zamolodchikov. Cambio climático. Texto para maestros de secundaria. - Moscú: WWF, 2013. 220 pp.
- P. 25. Fotografía (izquierda y arriba a la derecha): M. Dunn, Oficina del Programa sobre el Clima de NOAA, Expedición NABOS 2006. Fotografía (abajo a la derecha): L. Koenig, NASA.
- P. 26. Fig. 1.3.3.: A. Alekperov. Fig. 1.3.4.: <http://school-collection.lyceum62.ru>.
- P. 27. Fig.: Catmando, Shutterstock.com.
- P. 28. Fig. 1.3.5.: J. Hansen and M. Sato, 2011: Paleoclimate implications for human-made climate change. In *Climate Change: Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects*. Berger, Andre; Mesinger et al. - Springer, 2012. - 270 pp. <http://www.springer.com/>.
- P. 29. Fig. 1.3.6.: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC. T. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. www.ipcc.ch. Fig. 1.3.7.: R. Blakey, <http://www.cpgeosystems.com>.
- P. 31. Fig. 1.3.8.: https://research.britishmuseum.org/research/collection_online/collection_object_details.aspx?objectId=3080225&page=53&partId=1&searchText=1853%2C0611.84. Fotografía: A. Jack, Shutterstock.com.
- P. 32. Fig. 1.3.9.: <http://earthobservatory.nasa.gov/>. Fotografía: Y. Kumsri, Shutterstock.com.
- P. 35. Fig. 1.4.1.: Organización Meteorológica Mundial (WMO), 2017: https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414. Fig. 1.4.2.: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC. / T. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. www.ipcc.ch.
- P. 36. Fig. 1.4.3.: <http://climate.nasa.gov/evidence/>.
- P. 37. Fig. 1.4.4.: J. Hansen y M. Sato, 2011: Paleoclimate implications for human-made climate change. En: *Climate Change: Inferences from Paleoclimate and Regional Aspects*. Berger, Andre; Mesinger et al. - Springer, 2012. - 270 pp. <http://www.springer.com/>.
- P. 38. Fig. 1.4.5.: A.O. Kokorin, E.V. Smirnova, D.G. Zamolodchikov, Cambio climático. Texto para maestros de secundaria. - Moscú: WWF, 2013. - 220 pp.
- P. 39. Fig. 1.4.6.: Organización Meteorológica Mundial, 2017: https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414. Fig. 1.4.7. NASA, <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>.
- P. 40. Fig. 1.4.8.: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC. / T. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. www.ipcc.ch.
- P. 41. Fig. 1.4.9.: D. Belyukin, <http://www.belukin.ru/>
- P. 42. Fotografía: A. Tikhonov, Shutterstock.com.
- P. 44. Fotografía: H. Grobe, Wikipedia.
- P. 45. Fotografía: scenery2, Shutterstock.com.
- P. 47. Fotografía (arriba a la izquierda): P. Steib, Shutterstock.com. Fotografía (arriba a la derecha): Wutthichai, Shutterstock.com. Fotografía (abajo a la izquierda): Siriporn-88, Shutterstock.com. Fotografía (abajo a la derecha): P. Litovchenko.
- P. 48. Fig. 2.1.: A. Alekperova, V. Berdin, Y. Dobrolyubova, Y. Kalinicheva, A. Kokorin.
- P. 49. Fig. 2.1.1.: V. Kantor.
- P. 50. Fig. 2.1.2.: NASA image by J. Schmaltz, LANCE/EOSDIS Rapid Response, <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=86539>.
- P. 51. Fotografía (arriba a la izquierda): <http://earthobservatory.nasa.gov/>. Fotografía (arriba a la derecha): T. Shoemake, Shutterstock.com. Fotografía (abajo a la izquierda): D. Bertonceli, Shutterstock.com. Fotografía (abajo a la derecha): B. Sosnovy, Shutterstock.com.
- P. 52. Fotografía (arriba a la izquierda): R.A. Mansker, Shutterstock.com. Fotografía (arriba al centro): ChameleonsEye, Shutterstock.com. Fotografía (arriba a la derecha): Sitio web del Presidente de la Federación Rusa, kremlin.ru. Fotografía (abajo a la izquierda): W. Dias / Agencia Brasil, Wikipedia. Fotografía (abajo a la derecha): B. Dyakovsky, Shutterstock.com.
- P. 53. Fotografía (izquierda): R. Bayer, Shutterstock.com. Fig. 2.1.3.: R. Stockli and R. Simmon a partir de datos del MODIS Land Science Team, NASA, <http://earthobservatory.nasa.gov/>.
- P. 54. Fotografía: D.J. Rao, Shutterstock.com.
- P. 55. T. Th. Walther, Wikipedia.
- P. 57. Fotografía: ChameleonsEye, Shutterstock.com.
- P. 58. Collage: A. Alekperova.
- P. 59. Fig. (arriba): <http://34374.info/wp-content/uploads/2011/07/nils.jpg>. Fotografía (izquierda): S. Tulinov. Fotografía (derecha): Simm, Wikipedia.
- P. 60. Fotografía (arriba): M.M. Karim, Wikipedia. Fotografía (abajo): MarcusVDT, Shutterstock.com.
- P. 61. Collage: A. Alekperova, en base a ilustraciones de Wikipedia.

- P. 62. Fotografía: Kletr, Shutterstock.com.
- P. 63. Fotografía (primera): Xocolatl, Wikipedia. Fotografía (segunda): N. Tomura, Wikipedia. Fotografía (tercera): Wilson44691, Wikipedia. Fotografía (cuarta): D. Bogdanov, Wikipedia.
- P. 64. Fotografía (arriba): jamon jp, Wikipedia. Fotografía (abajo): P. Kapitola, Servicio Estatal de Fitosanidad, Bugwood.org.
- P. 65. Fotografía (primera): Fraan, Fotografiabucket.com. Fotografía (segunda): Smithsonian National Museum of Natural History. Fotografía (tercera): Vlad61, Shutterstock.com. Fotografía (cuarta): S. Baron, Wikipedia.
- P. 66. Fotografía (primera): S. Uryadnikov, Shutterstock.com. Fotografía (segunda): martinhlavacek79, Shutterstock.com. Fotografía (tercera): Argus fin, Wikipedia. Fotografía (cuarta): D. Charman, <http://blogs.exeter.ac.uk/antarcticpastclimate/2013/01/20>. Fotografías (quinta): edmon, Shutterstock.com.
- P. 67. Fotografía (arriba): elitravo, Shutterstock.com. Fotografía (abajo a la izquierda): M. Opp, Wikipedia. Fotografía (abajo al centro): Silky, Shutterstock.com. Fotografía (abajo a la derecha): freestock.ca.
- P. 68. Fotografía (primera): Lorcel, Shutterstock.com. Fotografía (segunda): MarkVanDykeFotografiagraphy, Shutterstock.com. Fotografía (tercera): G. Yim, Shutterstock.com. Fotografía (cuarta): L. Galuzzi
- P. 69. Fotografía (arriba): S. Myatyashev, <http://stasmat.livejournal.com/15402.html?thread=77610>. Fotografía (abajo a la izquierda): Departamento Forestal Rothaargebirge. Fotografía (abajo a la derecha): M. Manske, Wikipedia.
- P. 70. Fotografía (primera): SNEHIT, Shutterstock.com. Fotografía (segunda): <http://www.destination360.com/north-america/us/utah/zion-national-parklodg-ing>. Fotografía (tercera): <http://www.taganay.org>. Fotografía (cuarta): A. Martynova, Shutterstock.com.
- P. 71. Fotografía: http://pohod.h12.ru/FOTOAlbum/Taganay/f_t_21.jpg.
- P. 72. Fotografía (izquierda y derecha): <http://www.laparios.com/>.
- P. 73. Fotografía: UICN
- P. 76. Fig. 2.3.1.: Fuente: MA 2005. Mapa diseñado por Emmanuelle Bournay, París.
- P. 77. Fig. 2.3.2.: <http://blog.pershyn.name/2011/09/2011.html>.
- P. 78. Fig. 2.3.3 y 2.3.4.: D. Zamolodchikov.
- P. 79. Fig. 2.3.5.: Shiyatov, 2009. Fotografía (abajo): El Misti, Wikipedia.
- P. 80. Fig. 2.3.6.: J.F. Stuefer, Wikipedia.
- P. 81. Fig. 2.3.7.: Fishlin et al., 2007.
- P. 82. Fig. 2.3.8.: www.rosleskhoz.gov.ru. Fig. 2.3.9.: D. Zamolodchikov.
- P. 83. Fig. 2.3.10.: D. Zamolodchikov.
- P. 84. Fig. 2.3.11.: D. Zamolodchikov.
- P. 85. Fig. 2.3.12 and 2.3.13.: V. Kaganov. Fig. 2.3.14.: D. Zamolodchikov.
- P. 86. Fig. 2.3.15.: D. Zamolodchikov.
- P. 87. Fig. 2.3.16.: V. Kaganov. Fig. 2.3.17.: D. Zamolodchikov.
- P. 88. Fig. 2.3.18.: D. Zamolodchikov. Fig. 2.3.19.: El estado de los boques de Papua Nueva Guinea, 2008.
- P. 89. Fotografía: A. Fedorov, Shutterstock.com.
- P. 90. Fig. 2.3.20 y 2.3.21.: D. Zamolodchikov.
- P. 94. Fotografía (arriba): T. Spider, Shutterstock.com. Fig. 2.4.1.: <http://www.astronet.ru/db/msg/1224153>.
- P. 95. Fotografía (arriba): S. Tulinov. Fotografía (abajo a la izquierda): L. Nunes, Wikipedia. Fotografía (abajo a la derecha): G. Paire, Shutterstock.com.
- P. 96. Fig. 2.4.2.: PNUMA, <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article155.html>.
- P. 97. Fig. 2.4.3.: Empresa Unitaria del Estado Federal, NPO Lavochkina. Fig. 2.4.4.: Wikipedia (izquierda). N. Palmer, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), <http://flickr.com/Fotografias/38476503@N08/5641586406> (derecha).
- P. 98. Fig. 2.4.5.: E. Harrison, Revista National Geographic, Volumen 31 (1917), página 272 (izquierda). Rjruiiii, Wikipedia (derecha). Fig. 2.4.6.: Katvic, Shutterstock.com. Fig. 2.4.7.: Informe sobre suministro de agua de Evaluación Nacional del Clima, EE.UU. <http://nca2014.globalchange.gov/report>.
- P. 99. Fig. 2.4.8.: A. Bezlepkin. Fig. 2.4.9.: Octal, Wikipedia.
- P. 100. Fig. 2.4.10.: BK Bates et al. Climate change and water resources. IPCC Technical Paper. – Ginebra 2008.
- P. 102. Fotografía: N. Palmer, Wikipedia.
- P. 103. Fotografía (arriba): V. Salman, Shutterstock.com. Fotografía (abajo): Ratikova, Shutterstock.com.
- P. 104. Fotografía (arriba a la izquierda): R. Jary, Shutterstock.com. Fotografía (arriba a la derecha): Gleizes, Greenpeace. <http://www.greenpeace.org/>. Fotografía (abajo): I. Strukov, Shutterstock.com.
- P. 105. Fotografía (arriba): J. Tran, Shutterstock.com. Fotografía (abajo): A. Bondarets, Shutterstock.com.
- P. 106. Fotografía (desde la izquierda): D. Henry, Shutterstock.com. Fotografía (derecha): Stasis Fotografía, Shutterstock.com.
- P. 108. Fotografía: B. Jevtic, Shutterstock.com.
- P. 109. Fotografía: zstock, Shutterstock.com.
- P. 110. Fotografía (izquierda): S. Tulinov. Fotografía (derecha): JaySi, Shutterstock.com.
- P. 111. Fig. 2.6.1.: R. Rowley, J. Kostelnick, D. Braaten et al. Risk of rising sea level to population and land area. 2007. Fotografía: Z. Pereira da Mata, Shutterstock.com.
- P. 112. Fotografía: R. Whitcombe, Shutterstock.com. Fig. 2.6.2.: Wikipedia. Fig. 2.6.3.: A. Kolotilin, WWF Rusia.
- P. 113. Fotografía (arriba): N. Mitchell, Shutterstock.com. Fig. 2.6.4.: Evaluation report 'Key environmental and socio-economic effects of climate change in permafrost areas: a forecast based on synthesis of observations and modelling'. Ed. O. Anisimov. - SPb.: State Hydrological Institute, 2009. Fig. 2.6.5.: M. Grigoriev (ibid). Fotografía (abajo): LippertFotografiagraphy, Shutterstock.com.
- P. 114. Fotografía: AlinaMD, Shutterstock.com. Fig. 2.6.6.: <http://peakwatch.typepad.com/.a/6a00d83452403c69e20154358c6598970c-pi>.
- P. 115. Fig. 2.6.7.: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC./ T. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. www.ipcc.ch. Fig. 2.6.8.: gráfico: <http://oceanadapt.rutgers.edu/>, dibujo del mero del mar Negro: Encyclopaedia Britannica, <http://global.britannica.com/media/full/530475/132944>.

- P. 116.** Fotografía (desde la izquierda): ermess, Shutterstock.com. Fotografía (derecha): withGod, Shutterstock.com.
- P. 118.** Fotografía: S. Ilyas, Wikipedia.
- P. 119.** Fotografía: momanuma, Shutterstock.com.
- P. 120.** Fig. 2.7.1.: A. Alekperova and Yu. Dobrolyubova a partir de materiales de <http://900igr.net/datai/geografija>. Fotografía: D. Pichugin, Shutterstock.com.
- P. 121.** Fig. (arriba): Wikipedia. Fotografía (abajo): A. Egorov, Shutterstock.com.
- P. 122.** Fig. 2.7.2.: Servicio Mundial de Monitoreo de Glaciares (WGMS). Fig. 2.7.3.: Wikipedia.
- P. 123.** Fig. 2.7.4.: Servicio Mundial de Monitoreo de Glaciares (WGMS). Fig. 2.7.5.: M. Hältle, Universidad de Zurich, Servicio Mundial de Monitoreo de Glaciares (WGMS). Fig. 2.7.6.: NASA. Fig. 2.7.7.: NASA.
- P. 124.** Fig. 2.7.8.: Y. Dobrolyubova. Fig. 2.7.9.: Archivo del Parque Nacional Los Glaciares.
- P. 125.** Fig. 2.7.10.: V. Kantor. Fotografía (izquierda): A. Gl, Shutterstock.com. Fotografía (derecha): M. Topchiy, Shutterstock.com. Fig. 2.7.11. A. Alekperova, Y. Dobrolyubova, G. Tushinskaya.
- P. 126.** Fotografía (arriba): M. Topchiy, Shutterstock.com. Fotografía (centro): V. Kantor. Fotografía (abajo): L. Gridinoc, Wikipedia.
- P. 127.** Fotografía (izquierda): ANA Perú. Fotografía (derecha): Dtarazona, Wikipedia.
- P. 128.** Fig. 2.7.12.: NASA. Fig. 2.7.13.: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC, 2007. M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof et al. - Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE.UU.. Fotografía: Pikoso.kz, Shutterstock.com.
- P. 129.** Fotografía: D. Lynch, Shutterstock.com.
- P. 131.** Reproducción de fotografía: Wikipedia.
- P. 133.** Fotografía: S. Dobrolyubov.
- P. 134.** Fig. 2.8.1.: <http://www.athropolis.com/map2.htm>.
- P. 135.** Fotografía (izquierda): Gazprom, <http://media.gazprom-neft.ru/pictures/production/category688/category689/AVD43214.jpg.htm>. Fotografía (derecha): Vlada Z, Shutterstock.
- P. 136.** Fig. 2.8.2.: National Snow and Ice Data Center (USA), http://nsidc.org/data/seaice_index/.
- P. 137.** Fig. 2.8.3.: Polar Research Center. <http://psc.apl.washington.edu/wordpress/research/projects/arctic-sea-ice-volume-anomaly>. Fig. 2.8.4.: A. Kokorin, WWF Rusia.
- P. 138.** Fotografía: J. McDonald, Shutterstock.com. Fig. 2.8.5.: C. Accardo, AP Fotografía/NOAA.
- P. 139.** Fotografía: D. Pilipenko, Shutterstock.com.
- P. 140.** Fig. 2.8.6.: J. Shaw, <http://www.johnshawFotografia.com/>.
- P. 141.** Fig. 2.8.7.: N. Shiklomanov. Evaluation report: 'Key environmental and socio-economic impacts of climate change in permafrost areas: a forecast based on synthesis of observations and modelling'. Ed. O. Anisimov. SPb.: Instituto Hidrológico del Estado, 2009. Fig. 2.8.8.: ibid. Fig. 2.8.9.: D. Drozdov, ibid.
- P. 142.** Fig. 2.8.10.: V. Romanovsky, ibid. Fig. 2.8.11.: M. Grigoriev, ibid. Fig. 2.8.12.: V. Romanovsky, Past and Present and Future Changes in Permafrost and Implications for a Changing Carbon Budget. Environmental Science Seminar Series, 2008, American Meteorological Society.
- P. 143.** Fig. 2.8.13. y 2.8.14.: N. Shiklomanov, Evaluation report: Key environmental and socio-economic impacts of climate changes in permafrost areas: a forecast based on the synthesis of observations and modelling. Ed. O. Anisimov. SPb.: Instituto Hidrológico del Estado, 2009.
- P. 144.** Fotografía (izquierda): G. Baturova (izquierda); Fotografía (derecha): A. Walk, Wikipedia.
- P. 145.** Fotografía: S. Dobrolyubov.
- P. 148.** Fig. 2.9.1.: F. Schmidt, Ellen J. Beer et al. (eds.), Berns grosse Zeit. Fotografía (abajo): KPG_Payless, Shutterstock.com.
- P. 149.** Fig. 2.9.2.: A. Alekperova e Y. Dobrolyubova a partir de materiales de las Perspectivas Mundiales de Urbanización 2014 -Aspectos destacados. - ONU, 2014. Tabla 2.9.1.: A. Alekperova a partir de Ciudades del Mundo en 2016, UN. http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2016_data_booklet.pdf
- P. 150.** Fig. 2.9.3.: Pjt56, Wikipedia. Fotografía (izquierda): 1000 Palabras, Shutterstock.com. Fotografía (derecha): P. Rogat, Shutterstock.com.
- P. 151.** Fig. 2.9.4.: US Global Change Research Program (USGCRP), 2009. Reproducción de la pintura (abajo): Wikipedia.
- P. 152.** Fig. 2.9.5.: Centre for Health Research School of Medicine, http://climatehealthcluster.org/wp-content/uploads/2013/06/Bambrick_Hilary_080813.pdf.
- P. 153.** Fotografía: ChameleonsEye, Shutterstock.com.
- P. 154.** Fig. 2.9.6.: B. Revich. Fotografía (desde la izquierda): SW_Stock, Shutterstock.com. Fotografía (derecha): A. Ruzhin, Shutterstock.com.
- P. 155.** Fig. 2.9.5.: A. Haynes et al. Climate change and human health impacts, vulnerability and adaptation. Actas de la Conferencia Mundial sobre Cambio Climático, Moscú 2003. - Moscú, 2004.
- P. 157.** Fotografía: D. Bertoneceli, Shutterstock.com.
- P. 158.** Fotografía (arriba a la izquierda): WorldWide, Shutterstock.com. Fotografía (arriba al centro): P. Date, Shutterstock.com. Fotografía (arriba a la derecha): g-stockstudio, Shutterstock.com. Fotografía (abajo): Kzenon, Shutterstock.com.
- P. 159.** Fig. 2.10.1.: Wikipedia.
- P. 160.** Fotografía (desde la izquierda): S. DCruz, Shutterstock.com. Fotografía (derecha): G. Paire, Shutterstock.com.
- P. 161.** Fotografía (arriba): H. Conesa, Shutterstock.com. Fotografía (abajo): P. HaSon, Shutterstock.com.
- P. 162.** Fig. 2.10.2.: T. Hakala, Shutterstock.com. Fig. 2.10.3.: S. Gulec, Shutterstock.com. Fig. 2.10.4.: R. Whitcombe, Shutterstock.com.
- P. 163.** Fotografía: VVO, Shutterstock.com.
- P. 164.** Fig. 2.10.5.: Informe del PNUD, Diseño de una nueva ruta baja en carbono para el desarrollo. - Moscú: PNUD, 2009.
- P. 167.** Pavel L. Fotografía, Shutterstock.com.
- P. 169.** Fig. 3.1.1.: a partir de materiales de keelingcurve.uesd.edu.
- P. 170.** Fotografía: wang song, Shutterstock.com.
- P. 171.** Fig. 3.1.2.: A. Alekperova, E. Gracheva, Yu. Dobrolyubova.
- P. 172.** Fotografía: huyangshu, Shutterstock.com.
- P. 173.** Fig. 3.1.3.: A. Alekperova. Fotografía: N. Vinokurov, Shutterstock.com.

- P. 174.** Fig. 3.1.4.: Key World Energy Statistics 2017, IEA. www.iea.org. Fotografía: K. Black, Wikipedia.
- P. 175.** Fotografía: gentileza de Greenpeace. Fig. 3.1.5.: <http://www.world-nuclear.org/>.
- P. 176.** Fig.: A. Alekperova. Fotografía: overcrew, Shutterstock.com.
- P. 177.** Fotografía (arriba): KPG Payless2, Shutterstock.com. Fotografía (abajo): M. Lisner, Shutterstock.com.
- P. 178.** Fotografía (arriba): wellFotografía, Shutterstock.com. Fig. 3.1.6.: Dinga, Shutterstock.com.
- P. 179.** Fotografía (arriba): CSIRO, <http://www.scienceimage.csiro.au/pages/about/>. Fotografía (abajo): Northern Railways, <http://www.nr.indianrailways.gov.in/>.
- P. 180.** Fotografía (arriba): Chixoy, Wikipedia. Fotografía (abajo): <http://www.abengosolar.com/>.
- P. 181.** Fotografía (arriba): Y. Dobrolyubova. Fotografía (centro): gentileza de Greenpeace. Fotografía (abajo): D. Dixon, colección del Proyecto Geograph: <https://www.geograph.org.uk/Fotografía/2391702>.
- P. 182.** Fig. 3.1.7.: Wikipedia (ambas fotografías).
- P. 183.** Fotografía: Arnold C., Wikipedia. Fig. 3.1.8.: Wikipedia.
- P. 184.** Fig. 3.1.9. M. Grmek, Wikipedia. Fig. 3.1.10.: Le Grand Portage, Wikipedia. Fig. 3.1.11.: Wikipedia.
- P. 185.** Fotografía (ambas arriba): <http://oceanrusenergy.ru/Gallery>. Fotografía (abajo): Dani 7C3, Wikipedia.
- P. 186.** Fotografía (arriba): S. Tulinov. Fig. 3.1.12.: gentileza de Greenpeace.
- P. 187.** Fotografía: Wikipedia.
- P. 188.** Fotografía (arriba): Wikipedia. Fotografía (abajo a la izquierda): K. Stuchelova, Shutterstock.com. Fotografía (abajo al centro): images72, Shutterstock.com. Fotografía (abajo a la derecha): Bildagentur Zoonar GmbH, Shutterstock.com.
- P. 189.** Fig. 3.1.13.: RSabbatini, Wikipedia. Fig. 3.1.14.: Natecull, Wikipedia. Fotografía (primera arriba): indogolotus, Shutterstock.com. Fotografía (segunda abajo): Dickelbers, Wikipedia.
- P. 190.** Fotografía: Hestemoj, Wikipedia.
- P. 196.** Fig. 3.2.1.: A. Alekperova.
- P. 197.** Fotografías (ambas): A. Alekperova.
- P. 199.** Fig. 3.2.2.: Energy Efficiency in Russia: Hidden Reserves. - Moscow: CENEF, WB, IFC, 2008. Fotografía (izquierda): Arnold Paul, Wikipedia. Fotografía (centro): US Federal Emergency Management Agency, Wikipedia. Fotografía (derecha): V. Dyakov, Wikipedia.
- P. 200.** Fig. 3.2.3.: A. Alekperova a partir de materiales de la Agencia Francesa del Medioambiente y la Administración de la Energía (ADEME), 2005.
- P. 201.** Fig. 3.2.4.: MK Products, Wikipedia. Fig. 3.2.5: ENEA.
- P. 202.** Fig. 3.2.6.: <https://lufthansa.myclimate.org/en>. Fig. 3.2.7.: E. Smirnova.
- P. 203.** Fotografía: NRMA Motoring and Services, Wikipedia.
- P. 204.** Fig. 3.2.8.: Fotografía (izquierda): Wikipedia. Fotografía (derecha): Floydian, Wikipedia.
- P. 205.** Fotografía (arriba a la izquierda): P. van der Sluijs. Fotografía (arriba a la derecha): Sacramento Seersucker Ride, <http://flickr.com/Fotografías/56052306@N06/17107186918>. Fotografía (abajo): eheday, Wikipedia.
- P. 206.** Fig. 3.2.9.: A. Alekperova y Y. Dobrolyubova en base a materiales de Wikipedia. Fig. 3.2.10.: Wikipedia.
- P. 207.** Fig. 3.2.11.: PNUD, 2011.
- P. 208.** Fotografía (arriba): Wikipedia. Fig. 3.2.12.: Consejo para la Construcción Verde de Finlandia, <http://figbc.fi/en/building-sector/>.
- P. 209.** Fotografía (arriba): gentileza de Greenpeace. Logos: Wikipedia. Fotografía (abajo): A. Hodge, <http://www.usgbc.org/>.
- P. 210.** Fig. 3.2.13.: gentileza de E. Gracheva. Fotografía (abajo): Oficina del Primer Ministro británico, <https://www.gov.uk>. P. 211. Fotografía (arriba): www.sidwell.edu. Fotografía (abajo): <http://www.activehouse.info/cases/home-life>.
- P. 212.** Fotografía: Wikipedia.
- P. 213.** Fotografía (primera y segunda): J. Seifert, Wikipedia. Fotografía (tercera): US Navy National Museum of Naval Aviation. Fotografía (cuarta): NASA.
- P. 214.** Fotografía (arriba): G. Jones, Wikipedia. Fotografía (abajo): ecstaticist, Wikipedia.
- P. 217.** Fotografía (izquierda y centro): Wikipedia. Fotografía (derecha): Gentileza de Greenpeace.
- P. 218.** Fotografías: <http://www.climate-kic.org/>, <http://wmsbf.org/>, <http://memoenglish.ru/>, <http://originalcarbon.com/why-offset/>, <http://www.environment.in.th/>
- P. 219.** Wikipedia
- P. 221.** Fig. 3.4.1. y 3.4.2.: F. Urban, Cómo calentamos la calle // Boletín de Bienes Raíces, 18 de enero de 2012. <http://www.bn.ru/articles/2012/01/18/89218.html>.
- P. 222.** Fig. 3.4.3.: F. Urban, How we heat the street // Urban, Cómo calentamos la calle // Boletín de Bienes Raíces, 18 de enero de 2012. <http://www.bn.ru/articles/2012/01/18/89218.html>.
- P. 226.** Fotografía: Wikipedia.
- P. 227.** Fotografía: C. Hutchingson, Wikipedia.
- P. 228.** Fig. 3.4.4.: A. Alekperova, V. Berdin, Yu. Dobrolyubova, Y. Kalinicheva, A. Kokorin.
- P. 231.** Fotografía (arriba a la izquierda): Yu. Dobrolyubova. Fotografía (arriba a la derecha): Wikipedia. Logo: Wikipedia. Portada: www.ipcc.ch.
- P. 232.** Fotografía (arriba): T. Yamanaka - AFP/Getty Images, disponible en <http://global.britannica.com/event/Kyoto-Protocol>. Fotografía (abajo): P. Souza, Fotografía oficial de la Casa Blanca, publicada en Wikipedia.
- P. 233.** Logo: <http://www.cop21paris.org/about/cop21>. Fotografía: ONU, <http://www.un.org/sustainabledevelopment>.
- P. 234.** Imagen (arriba): <http://hssmi.org/research-themes/sustainable-manufacturing/>. Fig. 3.5.1.: https://onu.org.gt/wp-content/uploads/2015/11/S-SDG-Poster_A4.jpg.
- P. 237.** Fotografía: E. Harrison, Wikipedia.



Vladimir Berdin, Yulia Dobrolyubova, Ekaterina Gracheva, Pavel Konstantinov, Natalia Ryzhova,
Elena Smirnova, Dmitry Zamolodchikov

Caja del clima
Herramienta de aprendizaje interactivo
sobre el cambio climático

Texto de estudio

Aprobado para su impresión en 2019. Formato 60x84/8. Hojas de impresión estándar 6,7.
Hojas de impresión condicional 27,9. Papel offset. Impresión en offset.
1.000 ejemplares. Orden N1257

RA ILF publications
Office 1, Building 1, 10 Bolshoi Kondratyevsky Lane, 123056, Moscow

©PNUD, 2019

CAJA DEL CLIMA

Herramienta de aprendizaje interactivo sobre el cambio climático



Con apoyo financiero de la Federación de Rusia

Coca-Cola



Al servicio de las personas y las naciones