

# Comprendiendo la variabilidad climática

Por **Gail Littlejohn**

Traducido por Martha Suarez

Cuando hablamos acerca del cambio climático como un fenómeno común, a menudo olvidamos que el sistema planetario que gobierna el clima nunca es estático. Cuarenta y cinco millones de años atrás, el Ártico era lo suficientemente balsámico como para soportar árboles de coníferas y cedros de hasta treinta metros de alto y un metro de diámetro. Dieciocho millones de años atrás, la mayor parte de Canadá y el norte de los Estados Unidos se encontraban bajo hielo y en prácticamente toda Norteamérica existió un período, después del retiro de los glaciares, en que el clima fue más cálido que en la actualidad. De hecho, el cambio climático parece ser la regla, no la excepción. Aunque, evidentemente, la diferencia es que ahora son el clima y las actividades humanas lo que parece estar

desencadenando dichos cambios.

Determinando los efectos de la acción humana y prediciendo las consecuencias, los climatólogos a menudo se cuestionan las condiciones del pasado. Por ejemplo, algunas de las preguntas más usuales podrían ser: ¿Qué temperatura tenía la Tierra cuando, en el pasado, el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera era tan elevado? ¿Hasta qué altura llegaba el nivel del mar cuando la Tierra alcanzaba esas temperaturas tan elevadas que

se piensa que podrían alcanzarse de nuevo en el futuro? El hecho de conocer el pasado puede ayudarnos a comprender qué está ocurriendo en el presente, prever o, aún mejor, quizá prepararnos para lo que podría ocurrir en el futuro. Para los estudiantes que tratan de entender la reciente ciencia del cambio climático, es aún de más ayuda el conocer cómo los científicos adquieren e interpretan la información que tenemos acerca del pasado de la Tierra.



Gail Littlejohn

*Los paleobotánicos extraen un núcleo sedimentario del lago Wagner, cerca de Uxbridge, Ontario. El polen fósil que se encuentra en el lodo del fondo del lago revelará los cambios en la flora y en las condiciones climáticas desde la retirada de los glaciares.*

## ¿Cómo podemos conocer el clima del pasado?

Si los datos de los termómetros fueran lo único en lo que pudiéramos basarnos, nuestro conocimiento acerca del clima de la Tierra solamente podría alcanzar hasta 1860, cuando meteorólogos y marineros empezaron a tomar las temperaturas de todo el mundo de forma sistemática. Afortunadamente, los registros de las temperaturas no son los únicos vestigios del pasado historial climático. Todos

los organismos vivos dependen en algún grado de cierto rango de condiciones climáticas y se ha aprendido mucho del pasado a partir de la

evidencia del presente. La corteza sedimentaria, los anillos de troncos de árboles y las capas de hielo glacial son tres fuentes de información importantes.

## Las capas sedimentarias

Los enturbiados sedimentos del fondo de los océanos y lagos contienen partículas de

tierra, cenizas y restos de fósiles de criaturas acuáticas y plantas que han sido depositadas en capas a través del tiempo. Instalando un tubo dentro de estos sedimentos, los científicos extraen capas o cilindros de tierra largos que se pueden leer como a modo de línea cronológica; de forma que cada capa provee pistas acerca el clima local existente en el momento en que los sedimentos fueron depositados. Por ejemplo, los fósiles de polen encontrados en los sedimentos de un lago datados de hace más de 5.000 años dan evidencia tanto de la especie como del número de plantas que vivieron en la proximidad y, además, explorando las extensiones de tierra actuales y las comunidades de esas plantas podemos



*Izquierda: Pino bristlecone en el sur de California: los anillos de estos antiquísimos árboles revelan el comportamiento de las temperaturas y las precipitaciones de miles de años.*

*Derecha: La elevación de las sierras puede alterar el clima afectando al comportamiento de los vientos y las precipitaciones.*



inferir cómo era el clima en ese periodo. Se pueden obtener otras claves

analizando el tipo o el isótopo de oxígeno contenido en las conchas de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) de los organismos marinos enterrados en los sedimentos del océano. Durante los periodos glaciales en que una proporción más grande de la precipitación anual permanecía congelada en la tierra en vez de reciclarse de regreso al mar, un isótopo más ligero de oxígeno (oxígeno-16) se acumulaba en las capas de hielo. Mientras tanto, el agua del mar se enriquecía con una mayor cantidad de oxígeno (oxígeno-18), como el oxígeno que contenían las conchas de las criaturas marinas que vivían entonces.

### Los anillos de árboles

Los árboles con vida más viejos de la Tierra son los pinos (*pinus longaeva*) que crecen en las Montañas Blancas del este de California, uno de los cuales se estima que tiene 4.900 años vida. Contando y midiendo el ancho de sus anillos, los dendrocronologistas llevan el registro del crecimiento anual durante miles de años. De este modo pueden correlacionar dichos cambios con las condiciones ambientales

que posiblemente propiciaron el crecimiento.

### Actividad

*Los estudiantes tienen que examinar cortes transversales ("trozos de árbol") para determinar la edad en que el árbol fue cortado y observar las variaciones en la anchura de los anillos, pues indican el año en el que las condiciones climáticas fueron óptimas para esta especie. Si sabe cuándo y dónde se cortaron esos árboles, trate de correlacionar la anchura de los anillos con información meteorológica como las temperaturas anuales y las lluvias que registraron durante la vida del árbol.*

### El hielo glacial

Las capas de hielo extraídas de los glaciares de Groenlandia y la Antártica han proveído información acerca del cambio climático y de las concentraciones de gases atmosféricos del

pasado. Analizando las proporciones de diferentes isótopos de oxígeno en cada nivel del hielo, los científicos han determinado cómo fueron las temperaturas cuando se formó el hielo y, analizando las burbujas de aire fósil atrapado en el hielo, pueden medir la concentración de dióxido de carbono existente en aquel momento. Las impurezas del hielo también pueden proveer información relevante: las capas de cenizas y polvo, por ejemplo, pueden reflejar la actividad volcánica y vientos fuertes.

## ¿Cuál es la causa del cambio climático?

Todavía queda mucho por aprender acerca de la compleja influencia recíproca de las fuerzas biogeofísicas que generan un cambio más significativo en el clima. Los siguientes son algunos de los movimientos más importantes en éste proceso de largo plazo.

### La posición de la Tierra

La posición de la Tierra en relación con el

sol determina la distribución de la radiación solar alrededor del globo terráqueo a través de las estaciones. En 1941 un científico serbio llamado Milánkovich investigó más allá de dichas variaciones estacionales y descubrió que existen tres cambios cíclicos de larga duración en la posición de la Tierra que tienen una influencia mayor en el clima. El primer ciclo de Milánkovich consiste en un cambio en la forma de la órbita de la Tierra, el cual cada 100.000 años desplaza la Tierra más allá del Sol en el perihelio (el punto más cercano del año), originando, de este modo, un clima más frío. El segundo ciclo, de aproximadamente 41.000 años de duración, es el cambio en la inclinación del eje de la Tierra (de 22 a 25 grados) que, recientemente, está en un punto medio de 23,5 grados. Cuando la inclinación es mayor, las regiones polares reciben más radiación solar en verano y menos en invierno, una situación que podría dar lugar a una variación extrema en las temperaturas estacionales. En último lugar, existe un tercer ciclo con 21.000 años de

duración, el cual, cada 58 años, avanza el perihelio en un día. En la actualidad, la Tierra está situada más cerca del Sol el 4 de enero pero, 10.500 años atrás, estaba más cerca del Sol el 4 de julio. Los inviernos del norte posiblemente podrían haber sido más fríos, pero los veranos hubieran sido más cálidos. Se piensa que probablemente dicho incremento en la temperatura durante el verano sea la causa de la fusión de las grandes capas de hielo de Norteamérica.

#### Actividad

Los estudiantes tienen que crear un globo terráqueo en miniatura, dibujando los hemisferios, continentes, meridianos y latitudes en pelotas de espuma. Insertad un lápiz en el polo sur de cada pelota como eje de rotación. En un cuarto oscuro, rotad el globo cerca de la luz de un foco para observar cómo los cambios en la forma de su órbita (de elíptica a casi

circular), en el eje de rotación (de 20 a 25 grados) y en la fecha del perihelio (el día en que la Tierra está situada más cerca del Sol) podrían afectar a la cantidad de luz que recibe cada región.

#### El movimiento tectónico

Aunque las placas tectónicas de la Tierra están siempre en movimiento, la mayoría de nosotros es consciente de ello solamente ante un terremoto. No obstante, si observamos la forma de los continentes del mundo, es fácil imaginarlos como piezas dispersas de un rompecabezas gigante que se ha roto. Esto es

exactamente lo que se cree que ha ocurrido alrededor de 200 millones de años atrás, cuando un gran supercontinente llamado Pangea ("toda la tierra") se separó. La subsecuente reorganización de las masas terrestres pudo haber alterado el clima debido a los cambios en las rutas de las corrientes marinas que distribuyen el calor alrededor del globo terráqueo.

Similarmente, el levantamiento de las montañas, los rangos

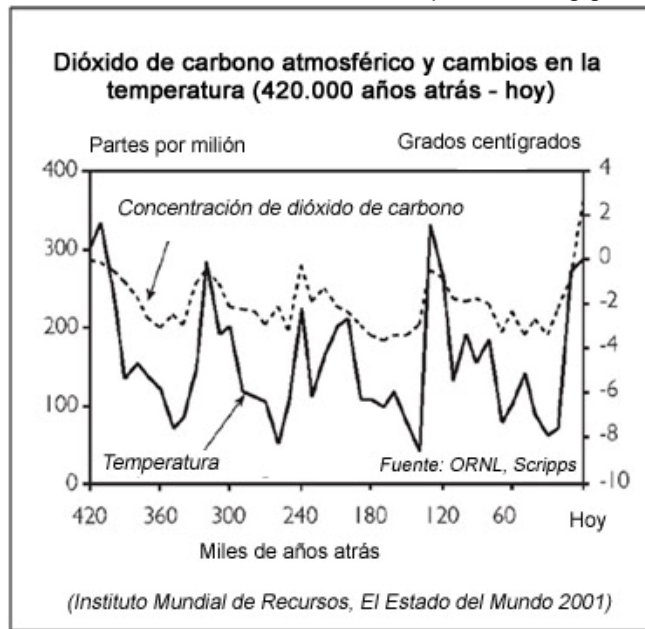
en las temperaturas terrestres y los patrones de precipitación alteran los movimientos del viento.

#### Actividad

Cortad las formas de los continentes y repartidlos por el aula para observar cómo, en la antigüedad, se organizaron en forma del supercontinente Pangea. Discutid si en la actualidad la colocación de los continentes ha podido impedir la distribución del calor de la zona ecuatorial.

#### Los cambios en el hielo y en las cubiertas de nieve

Las extensas cubiertas de nieve y hielo tienen un efecto congelador; no sólo porque la nieve sea fría, sino porque además refleja la energía solar en vez de absorberla. El enfriamiento implica una acumulación continua de más hielo y nieve, lo que genera aún más



energía solar reflejada que, por consiguiente, conlleva un enfriamiento mayor. Este fenómeno recibe el nombre de “efecto de retroalimentación positiva” y, con el tiempo, puede acelerar el cambio climático. Una curva de efecto positivo similar tiene lugar durante los calentamientos: cuanto más hielo y nieve se derrita, la radiación absorbida será mayor y volverá a ser liberada en forma de calor a las superficies de la Tierra nuevamente expuestas. Por lo tanto, este calor continuo produce un descongelamiento aún más intenso.

### **Demostración**

*Congelad varias piedrecitas del mismo tamaño, color y forma en un refrigerador. Sacadlas y reservad una sin envolver, envolved otra en papel de aluminio y el resto en papel de varios colores, incluyendo el blanco y el negro. Colocad las piedras en una ventana expuesta al Sol durante 30 minutos; después, desenvolvedlas y repartidlas por el aula. (Las piedras deben mantener la temperatura el suficiente tiempo para que cada uno de los alumnos las pueda tocar). Relacionad los resultados con experiencias tales como sentir el calor que absorbe una chaqueta negra en un día soleado u observad los lugares en que la nieve se derritió rápidamente, como alrededor del tronco de un árbol o una hoja en un banco de nieve. Si, como los científicos creen, la temperatura media en el lejano norte está incrementando a más velocidad que en cualquier otra parte de la Tierra, ¿qué consecuencias podría acarrear en el futuro?*

### **La actividad volcánica**

Los volcanes en erupción lanzan tremendas cantidades de partículas de materia y gases sulfúricos (que forman aerosoles) a la atmósfera. Tales partículas y aerosoles resguardan la Tierra de la radiación solar

reflejando la luz que penetra y devolviéndola al espacio. Asimismo, la mayoría de las erupciones volcánicas tienen en la superficie terrestre un efecto refrigerador a corto plazo. De cualquier manera, las erupciones más grandes podrían iniciar un efecto de retroalimentación positiva que podría amplificar la tendencia de enfriamiento que ya había sido delineada.

### **Los cambios en la concentración de los gases de efecto invernadero**

Los análisis de las burbujas de aire de las capas de hielo han revelado una estrecha correlación entre la temperatura y el dióxido de carbono atmosférico durante los pasados 420,000 años (ver gráfica), pero no puede describirnos los mecanismos de las fluctuaciones pasadas. Un modelo atmosférico puede sugerir que las altas concentraciones de dióxido de carbono originan el calentamiento que genera el efecto invernadero. A pesar de que jamás podremos dar respuesta a cuestiones del pasado como: ¿qué existió primero: el huevo o la gallina?, es claramente evidente que las actividades humanas que han incrementado los gases invernadero (especialmente la quema de combustibles fósiles y la deforestación) son responsables de los cambios climáticos que se observan y prevén en el presente.

*Gail Littlejohn es co-editor de la revista "Green Teacher" en Toronto, Ontario.*

*Martha Suárez es profesora bilingüe en Nuevo León, México.*