



# HIELO ANTÁRTICO

UN IR Y VENIR QUE NOS AFECTA A TODOS

EL CALENTAMIENTO GLOBAL HA DEJADO SENTIR SU INFLUENCIA HASTA EN EL MÁS FRÍO DE LOS CONTINENTES, COMO LO INDICAN GRANDES EXPERTOS: LOS PINGÜINOS.

**Texto y fotos:**  
**Miguel Rubio Godoy**

NACÍ EN 1968 y recuerdo que cuando era niño se conjeturaba acerca del calentamiento global; aunque quizá la impresión general era que quienes hablaban del tema era un grupito de científicos medio alarmistas. Hoy día es innegable que el cambio climático está con todos nosotros: los inuit de Canadá y los habitantes de Siberia lo ven en la desaparición del hielo ártico y el derretimiento del *permafrost*; los habitantes de los villorrios de América Latina y el sudeste asiático lo ven en las más frecuentes y letales tormentas e inundaciones; los europeos y norteamericanos lo ven en los glaciares que desaparecen, los extensos incendios forestales y las olas

de calor que han cobrado muchas vidas. Los científicos lo ven en los anillos de los árboles, el coral antiguo y las burbujas atrapadas en el hielo de Groenlandia y la Antártida. Estos registros históricos de clima, que abarcan millones de años, revelan que desde hace un milenio o más el mundo no ha estado tan caliente como en los últimos 50 años. Los registros precisos de temperatura se iniciaron en 1850, de acuerdo con ellos los tres años más calientes han ocurrido todos a partir de 1998; 19 de los 20 más calientes desde 1980. La Tierra probablemente nunca se ha calentado tan rápidamente como en los últimos 30 años —periodo en el que por las influencias

naturales sobre la temperatura global, como los ciclos solares y el vulcanismo, de hecho tendríamos que habernos enfriado.

## Ciclo de calentamiento

El calentamiento global ha dejado sentir su influencia hasta en el más frío de los continentes: la Antártida. En los últimos años se han desprendido pedazos enormes de los campos de hielo antárticos; quizás recuerden un “cacho” (del tamaño de Bélgica) que se separó del campo de hielo Ross hace un par de años. Los científicos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU (*Intergovernmental Panel on Climate*

Change, IPCC), reunidos a principios de este año en París, opinan que la variabilidad que se ha observado en la extensión de hielo antártico en los últimos años no permite afirmar con certeza que el continente se esté calentando paulatinamente. Sin embargo, el IPCC concluye que en el resto del planeta es innegable que ha aumentado la temperatura promedio, y que es *altamente probable* que el calentamiento global sea causado por las actividades humanas; eso de altamente probable se refiere al hecho de que para demostrarlo fehacientemente, tendrían que usar una máquina del tiempo.

Más recientemente, a principios de abril, en una reunión sobre el hielo polar que se realizó en la Universidad de Texas en Austin, expertos europeos y estadounidenses señalaron que observaciones realizadas con satélites muestran un rápido adelgazamiento en las capas de hielo de una bahía del Mar de Amundsen en la Antártida.

Otros expertos también aseveran que el cambio climático se ha dejado sentir en el continente helado: los pingüinos. Tuve la fortuna de estar en la península antártica en diciembre de 2005 y 2006, y es evidente a simple vista que algunas de las colonias de pingüinos más septentrionales han disminuido. Se puede argumentar que esta observación en años consecutivos cabría dentro de la variabilidad anual que no implica una tendencia definitiva. Pero lo que es incon-



trovertible es que a la vez que decrecen los glaciares de la península antártica, como el campo de hielo Larsen, los pingüinos cada vez viajan más al sur para anidar. No obstante, el hecho de que la Antártida permanezca fría y se hiele cada año no es cosa que sólo ataña a los pingüinos...

### Ciclos geológicos

A James Cook, el gran navegante inglés que a finales del siglo XVIII buscó sistemáticamente el entonces fabuloso continente *Terra Australis Incognita* —que aparecía en los mapamundis desde el siglo II, aunque nadie lo había visto— le quedó clarísimo que la extensión del hielo de los mares del sur

no era constante: conforme avanzaba el invierno, iba congelándose una superficie enorme del océano. Precisamente este mar sólido fue el que durante siglos impidió que los navegantes llegaran a las costas antárticas, y el causante del fracaso de varias de las expediciones al continente blanco.

Pero aparte de documentar el riguroso clima de las regiones australes, los exploradores pioneros también reportaron que en el fin del mundo había una asombrosa abundancia de vida silvestre: ballenas, focas, pingüinos, aves marinas y peces. Ante tanta riqueza de animales, cabía preguntarse de qué se alimentaban en un sitio tan inhóspito (para el ser humano). Y justo es decir que también fueron algunos de los exploradores pioneros de principios del siglo XIX quienes reconocieron que el color ocre que a menudo se observaba en la parte baja del hielo, se debía a las altas concentraciones de plantas unicelulares, y que éstas probablemente eran la base de una rica cadena alimenticia.

### Ciclos biológicos

Hoy sabemos que efectivamente, como en otros ecosistemas marinos, en la base de las cadenas alimenticias antárticas se halla el fitoplancton; es decir, una serie de organismos microscópicos capaces de llevar a cabo la fotosíntesis.

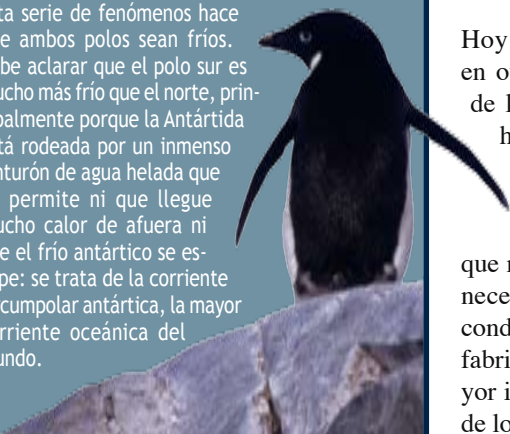
El fitoplancton tiene la ventaja de que mientras haya luz solar, los elementos necesarios para sintetizar alimento y las condiciones ambientales adecuadas, puede fabricar su propia comida y crecer sin mayor impedimento, lo cual hace las delicias de los animales que se lo comen, incluidos

### Frío en extremo

Todos sabemos que los polos de nuestro planeta están helados, pero ¿te has preguntado por qué son fríos?, ¿o si siempre tienen la misma cantidad de hielo?

En realidad, los polos son fríos por varios motivos, que se suman. El primero es que el Sol no calienta igual en todos lados porque el eje de rotación de la Tierra está inclinado y por eso la luz solar incide sobre la superficie terrestre con un ángulo sesgado. En el ecuador, donde los rayos solares caen en ángulo más o menos recto recorriendo la distancia más corta en la atmósfera y perdiendo menos calor (energía) en el camino, se alcanza la máxima intensidad solar; digamos que se alcanza un 100% de irradiación solar. Si viajamos 30° hacia el Norte o el Sur, lo que equivaldría aproximadamente a la latitud del norte de Chihuahua y Sonora, o a la frontera entre Brasil y Uruguay, sólo se recibe un 86% de la irradiación solar. A los 60° N, en Oslo, sólo reciben 50%; en el hemisferio sur no hay tierra tan austral en ningún continente, salvo la Antártida. Finalmente, si viajamos hasta los 80° N/S, que equivalen a Groenlandia y al campo de hielo Ross en la Antártida, sólo llega 17.4%. Pero si el eje de rotación no estuviera inclinado, los extremos de la Tierra nunca recibirían luz.

De la escasa irradiación que llega a los polos, la mayor parte se pierde, pues el hielo y la nieve reflejan 85% de la luz incidente de vuelta a la atmósfera. Por si fuera poco, en las altas latitudes ocurren los llamados día y noche polares; esto es, permanece claro u oscuro, respectivamente, durante semanas o incluso meses, dependiendo de la latitud. Y se pierde más energía durante la noche polar de la que se logra acumular en el día polar. Esta serie de fenómenos hace que ambos polos sean fríos. Cabe aclarar que el polo sur es mucho más frío que el norte, principalmente porque la Antártida está rodeada por un inmenso cinturón de agua helada que no permite ni que llegue mucho calor de afuera ni que el frío antártico se escape: se trata de la corriente circumpolar antártica, la mayor corriente oceánica del mundo.



los bichos microscópicos del zooplancton. La desventaja es que al ser microscópico, el fitoplancton no puede moverse a voluntad y está a merced de las corrientes y, en el caso del Océano del Sur, de los hielos. La combinación de estos dos aspectos (condiciones adecuadas para el crecimiento del fitoplancton y su ubicación) determina qué zonas oceánicas son ricas y cuáles no. Cuando la combinación de corrientes marinas, topografía de la costa y variabilidad de contornos del lecho marino resultan en la concentración de fitoplancton en lugares con las condiciones ideales para crecer, se producen florecimientos de plancton realmente espectaculares: en ocasiones hay tanto plancton que el mar de cerca se ve lechoso, y de muy lejos también: algunos florecimientos son tan extensos que se pueden ver desde los satélites.

Y hablando de “condiciones ideales” para el crecimiento del plancton, el hielo de las aguas antárticas cada año produce circunstancias inmejorables; y hielo alrededor de la Antártida hay mucho. La mayor parte del año, la superficie del mar austral está cubierta por una capa de hielo que puede alcanzar varios metros de espesor, aunque el promedio es cerca de un metro. El congelamiento empieza en marzo y alcanza su máximo en septiembre, y vaya que es un máximo: la Antártida tiene una superficie de poco más de 12 millones de km<sup>2</sup> (o seis veces el área de México) pero la superficie de mar congelado alcanza 20 millones de km<sup>2</sup>. Debajo del hielo, aparte del fitoplancton, habitan comunidades de bacterias y protozoarios (animales unicelulares), que durante 8-10 meses del año, mientras el mar está congelado, son la única fuente de alimento de los crustáceos herbívoros —copépodos, krill y anfípodos—, así como algunos peces.

En general, durante el invierno los habitantes microscópicos de la cara inferior del

hielo la pasan bien, pues en esta helada y gigantesca morada se hallan tan dispersos que hay pocos animales que los molesten, y los escasos depredadores también están dispersos bajo este inmenso desierto nívico. Pero al irse derritiendo el hielo, decrece paulatinamente el tamaño del escondite y en sitios particulares se concentran los microbios y sus depredadores en cantidades fabulosas. Además, la fusión del hielo favorece al plancton pues forma una delgada capa de agua un poco menos salobre sobre un mar rico en nutrientes, lo que es ideal para su crecimiento. Y, por si fuera poco, a medida que avanza el verano austral, aumenta la cantidad de horas con Sol, y con ello la cantidad de tiempo que el fitoplancton puede llevar a cabo la fotosíntesis y crecer. En pocas palabras, en el verano austral en ciertos lugares alrededor de la Antártida se concentran todos los bichos escondidos debajo del hielo durante casi todo el año y además se dan florecimientos espectaculares de fitoplancton: estos sitios son unos de los más ricos en biomasa en todo el planeta; y no es sorprendente entonces que en ellos se den de las mayores concentraciones de animales que llegan a disfrutar del festín.

A diferencia de las cadenas alimenticias o tróficas de regiones templadas o tropicales, que tienen muchos eslabones, las cadenas antárticas presentan pocos componentes: al fitoplancton se lo comen algunos herbívoros como el krill, y a éste se lo empacan directamente los animales grandes como los peces, los pingüinos y las ballenas. El krill es un grupo de cerca de 80 especies de crustáceos parecidos al camarón. Según ciertas estimaciones, probablemente hay una mayor biomasa de krill antártico (*Euphasia superba*) que la de cualquier otra especie animal en la Tierra. A mí me ha tocado navegar entre bancos

de krill, y el mar literalmente hierve con estos bichos.

El ciclo geológico de las estaciones hace que el continente antártico se vista cada año con una cantidad estratosférica de hielo y luego se desvista; y este inconstante hielo y su posición geográfica regulan los ciclos biológicos de varios animales: determinan cuándo y dónde empiezan a reproducirse los pingüinos (véase “Las extrañas aves de Gondwana”, *¿Cómo ves?* No. 92) y las focas; dictan cuándo empiezan su migración las ballenas que acuden a aguas australes a literalmente atragantarse de krill todo el día; establecen cuándo y dónde se pueden resguardar y recuperar las poblaciones de fitoplancton, krill y demás bichos de la base de las cadenas tróficas. Los ciclos vitales de estos animales, los comidos y los comedores, están perfectamente acoplados pues han evolucionado a lo largo de millones de años de crecimiento y decrecimiento del hielo austral. Pero la importancia del periódico ir y venir del hielo antártico va mucho más allá del polo sur y sus inmediaciones: afecta a todo el planeta.

### Ciclos globales

Para formar hielo antártico, se tiene que congelar el mar que rodea al continente. Es obvio que el agua de mar es salada, pero lo reitero pues para nuestra historia este hecho es crucial, pues el hielo no contiene sal... ¿dónde quedó la bolita? Al irse cristalizando el agua marina, los minerales disueltos en ella se excluyen y en el hielo queda agua dulce.





En el caso de la Antártida, justo en el borde del hielo creciente se acumula agua muy fría y muy salada, que se hunde por ser muy densa. Y si consideramos que cada año se congela suficiente agua marina para cubrir de hielo 20 millones de km<sup>2</sup>, estamos hablando de muchísima agua súper fría, súper salada, súper densa. Por ser la Antártida un continente, tiene una plataforma continental que la rodea y baja poco a poco a las profundidades marinas. Al llegar al fondo marino, la mega salmuera de la que hablamos empuja al agua que ahí estaba; los oceanógrafos la han bautizado como Agua Antártica de Fondo (*Antarctic Bottom Water*, ABW). Y el ABW desempeña un papel central en la circulación y mezcla de los océanos del planeta.

Si dibujamos un mapamundi con el continente blanco en el centro, vemos que está completamente rodeado por océanos: inmediatamente está el Océano del Sur, y más o menos pasando el paralelo 60°, se hallan los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico. Así pues, la mega salmuera antártica empuja hacia el norte agua profunda en estas cuencas oceánicas, y no vuelve a emerger hasta que topa con las plataformas continentales: por ejemplo, la masa de agua gélida que recorre el fondo del Océano Atlántico emerge cuando choca con el “chipote” occidental de África en el Golfo de Guinea. Después de la colisión sufre una metamorfosis radical, pues de ser agua helada y profunda, con los

poderosos rayos solares ecuatoriales, parte de la ABW se convierte en una corriente más somera y caliente: la famosa corriente del Golfo. Claro que es difícil decir dónde empieza un ciclo, pero se puede afirmar que de no existir el influjo periódico de ABW en los grandes océanos, muchos de los ciclos que conocemos como corrientes se modificarían considerablemente, y con ello el clima global.

El agua domina los ciclos globales: las corrientes marinas determinan en gran medida el clima de los continentes —y me refiero al clima en toda su extensión: temperatura, presión atmosférica, precipitación, etc.—. Desde hace siglos el ser humano ha intentado comprender y predecir el clima; hoy sabemos que la misma dinámica de fluidos gobierna los procesos físicos en los océanos y en la atmósfera, el océano de gases en el que vivimos. Pero aunque la dinámica de los procesos marinos y atmosféricos sea la misma, las escalas son muy diferentes. Por ejemplo, uno de los enormes remolinos atmosféricos que llamamos tormentas ciclónicas (huracanes en América, tifones en Asia) puede tener un diámetro de 1 000 km y durar una semana. En contraste, un gran remolino oceánico, llamado giro, puede alcanzar un diámetro de 200 km, pero dura meses o años; en ocasiones, los giros incluso aparecen en las cartas de navegación. La enorme diferencia en escalas se debe a que el agua tiene una capacidad calórica casi 4 000 veces mayor a la del aire; es decir, se necesita 4 000 veces más energía para calentar  $x$  grados el mismo volumen de agua que de aire, por eso los procesos que involucran agua se dan a muy largo plazo. Particularmente si

consideramos que el mar en realidad es muy profundo: 88% de todos los océanos tiene una profundidad menor a un km, y 76% de entre tres y seis km. Por ello, en principio los cambios de temperatura tardarían siglos o milenios en ejercer un efecto detectable sobre los océanos, sin embargo ya estamos viendo cambios de este tipo...

### ¿Ciclo vicioso?

Katrina y Catarina, un par de primas, demuestran que la temperatura oceánica promedio ha aumentado. La primera es el infame huracán que destruyó Nueva Orleans y dominó los noticieros en el verano de 2005. Sin duda Katrina fue una tormenta de antología, pero no inesperada: todos los años hay huracanes en la cuenca del Golfo de México y el Mar Caribe. En contraste, el huracán Catarina que azotó Brasil en marzo de 2004, salió de la nada: en el Atlántico Sur no hay huracanes, porque la temperatura superficial de este océano es tan fría que no puede engendrarlos... Catarina es el primer y único huracán jamás documentado en el Atlántico Sur. Esto implica que el cambio climático ha empezado a trastornar los ciclos globales.

Pero, ¿estamos atrapados en un ciclo vicioso? ¡No! Todos podemos contribuir a nuestra escala a detener el calentamiento global. Si lo logramos, todos los habitantes del planeta saldremos beneficiados, incluidos los pingüinos. 🐧

---

Miguel Rubio Godoy es licenciado en investigación biomédica básica por la UNAM y doctor en biología por la Universidad de Bristol, Inglaterra. Es investigador del Instituto de Ecología, A.C. y colaborador habitual de esta revista.