

## ••• LAS GLACIACIONES Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL

Las glaciaciones son eventos de escala geológica (largos periodos de tiempo) donde la temperatura media del planeta ha descendido lo suficiente para producir grandes masas de hielo (glaciares) en latitudes más bajas de lo habitual. Estas glaciaciones han tenido dramáticos efectos en el pasado, produciendo, por ejemplo, reducción de los ecoespacios disponibles para la vida, descenso de los niveles de oxígeno en los océanos (la mortal anoxia), cambios en la distribución de organismos y la formación de puentes biogeográficos, como el del estrecho de Bering, que permitió la entrada del *Homo sapiens* en América.

El astrónomo yugoslavo Milutin Milankovitch, en la década de 1920, calculó las variaciones de insolación en la Tierra resultantes de cambios en los movimientos de traslación y de rotación de la Tierra y propuso un mecanismo astronómico para explicar los ciclos glaciales que constaba de tres factores: la inclinación del eje de rotación terrestre, la forma de la órbita terrestre y la precesión de los equinoccios. Apoyándose en esta teoría, el climatólogo y botánico alemán Wladimir Köppen sugirió que lo que conduce a una glaciación no es una sucesión de inviernos rigurosos, sino la reducción de la insolación en verano, que dificultaría la fusión de los hielos formados en el invierno.

La historia natural ha estado plagada de estos eventos, que han condicionado la existencia de vida sobre el planeta. Por lo menos, cinco grandes glaciaciones han ocurrido desde el origen de la Tierra, hace unos 4.500 millones de años. Durante el Cámbrico, en el límite Ordovícico-Silúrico, durante el Pérmico, a fines del Neógeno y el Pleistoceno, el hielo se apoderó de gran parte de la Tierra, provocando grandes extinciones que han quedado plasmadas en el registro fósil.

Las primeras evidencias de hielo continental antártico las hallamos durante el límite Eoceno-Oligoceno (hace unos 34 millones de años), debido principalmente a la desconexión de Australia y Antártica





(apertura del paso de Tasmania) y al descenso de los niveles de  $\text{CO}_2$  atmosféricos. Sin embargo, esto significó que las montañas del centro del continente se congelaran, permitiendo que un ambiente estepario se instalara donde antes había frondosos bosques.

El evento que congeló finalmente la totalidad de la Antártica fue la apertura del Paso de Drake, que hace unos 24 millones de años habría permitido la generación de una corriente marina que giraría en un circuito cerrado en torno a la Antártica, impidiendo la salida de masas de agua hacia ambientes más cálidos. A esta corriente se le llamó Circumantártica y produjo, entre otras cosas, la corriente fría de Humboldt, que convierte el clima de Chile centro-sur en templado y al desierto del norte en el más árido del mundo.

Durante los últimos 80 millones de años, la temperatura global del planeta ha ido en constante descenso. Pero desde el comienzo de la Revolución Industrial, el aumento de las emisiones de gases invernadero, unido a otros factores naturales, han revertido la drástica tendencia al enfriamiento, configurando el escenario de Calentamiento Global que ahora conocemos. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, en inglés) ha generado gráficos sobre temperatura global para los próximos años. En el escenario más cálido, a finales de este siglo tendremos una temperatura global similar al final de la era de los dinosaurios. En el escenario más conservador, es decir, más frío, en 300 años alcanzaríamos esa temperatura (unos  $7^\circ\text{C}$  más alta que en la actualidad). Vale la pena conocer cómo se comportaron los continentes, las masas de hielo y los seres vivos del pasado, pues nos podrían indicar claves para entender nuestro futuro.





## EL OCÉANO AUSTRAL

El océano Austral rodea al continente antártico y corresponde a los extremos sur de los océanos Pacífico, Atlántico e Índico. Sus 36 millones de kilómetros cuadrados de extensión casi duplican al tamaño del océano Ártico. Su límite norte no está claramente definido porque sus aguas se mezclan con los otros grandes océanos, el Pacífico, Atlántico e Índico. Sin embargo, los oceanógrafos suelen considerar la llamada Convergencia Antártica, Frente Polar o Frente Subtropical, como dicha delimitación. La Convergencia es una zona de transición, en forma de anillo, que separa las aguas subantárticas frías y ricas en nutrientes de aquellas más cálidas, más salobres y pobres en nutrientes, como son las aguas subtropicales. Aunque la posición de la Convergencia varía con la longitud, se mantiene aproximadamente en los 40° Sur para gran parte del océano Austral. De acuerdo a esta definición, este océano ocupa alrededor del 10 por ciento de toda la extensión oceánica global.

Se ha comprobado que una cadena de montañas submarina une la península Antártica con los archipiélagos Shetland del Sur, Orcadas del Sur, Sandwich del Sur, Georgia del Sur y Tierra del Fuego.

El océano Austral se caracteriza por albergar los vientos más huracanados y las olas más inmensas del planeta. En él también se origina la corriente marina más extensa conocida, la Circumpolar Antártica, que transporta entre 135 y 145 millones de metros cúbicos de agua por segundo, de oeste a este, a lo largo de 20 mil km. alrededor del continente. Si bien la velocidad de esta corriente no es extraordinaria -unos 0,5 m. por segundo, en la superficie- la gran profundidad (4 km.) y anchura (100 a 200 km.) que la caracterizan, la llevan a transportar un volumen masivo de líquido. Ese flujo de agua es equivalente a 150 veces el flujo combinado de todos los ríos del planeta.

Este océano tiene aspectos singulares en varios sentidos. En primer lugar, es considerado por los expertos como el centro del sistema de circulación oceánico mundial, por cuanto conecta las aguas de las cuencas de los tres océanos mayores. En otras palabras, cualquier alteración que en él se produjese, repercutiría invariablemente en el resto del mundo.

Por otra parte, es un océano que varía en extensión pues parte de su superficie se congela en cierta época del año. Es decir, en invierno y primavera es cuando el hielo cubre más de la mitad del área marina, al sur de los 60 grados sur, alcanzando su máxima extensión en septiembre. A partir de entonces, el hielo comienza a fundirse para recobrar su avance en las primeras semanas de marzo.

Típicos del paisaje antártico son ciertas especies de cinturones de hielo marino que se forman cerca de la playa y que en bahías estrechas y abrigadas suelen persistir durante todo el



año. Más afuera, el cambiante hielo resquebrajado conocido como "pack-ice", se abre y cierra intermitentemente entre los abundantes témpanos, respondiendo al oleaje y al fuerte viento. Sus aguas se desplazan incansables de una zona a otras, recorriendo miles y miles de kilómetros. Son las corrientes marinas, verdaderos "ríos" que se desplazan a distintas profundidades y que influyen en forma decisiva en su área de trayecto.

Ocurre además una interacción entre el océano y las costas que le rodean, interacción que también se manifiesta entre ellos y los factores del clima. En el caso del Océano Austral, esa influencia mutua entre las masas de agua y sus vecinos atmósfera-continente resulta aún más notoria. Así se tiene, por ejemplo, que los fortísimos vientos y las muy bajas temperaturas ambientales -lo cual produce formación y fusión de hielo- provocan un intercambio vigoroso de propiedades entre una masa de agua y otra que se encuentra contigua.

El hielo continental que, tras formar barreras en la costa, se desprende en largas masas, denominadas témpanos tabulares,

inicia junto con su peregrinaje su lento derretimiento al ser permanentemente lamido por aguas algo más cálidas. Este derretimiento o fusión obviamente irá influyendo en el contenido de sales (salinidad) de las aguas que lo contienen.

Todas las aguas oceánicas contienen plantas microscópicas que pululan en su superficie y las cuales en su conjunto reciben el nombre de "fitoplancton". También, en ese mismo ámbito, existe vida animal microscópica, a la que se denomina "zooplancton". Hay unas 170 especies de fitoplancton, en su mayoría algas unicelulares. Este fitoplancton es el equivalente a los árboles y al pasto que se observa en la tierra: es el que atrapa, para el océano, la energía solar a través del fenómeno de la fotosíntesis. El zooplancton se alimenta del fitoplancton, tal como los herbívoros consumen pasto y hojas en tierra firme. Las dos formas más importantes de zooplancton son los eufáusidos y los copépodos, ambos crustáceos microscópicos. Tanto el fitoplancton como el zooplancton se encuentran en la base de la cadena alimentaria. Todas las demás formas de vida de los océanos, desde esponjas a ballenas, dependen de su existencia.

## ••• EL CLIMA

Se sabe positivamente que la región sudpolar ejerce una influencia considerable en la escala de tiempo -que incluye desde meses hasta décadas- utilizada para las investigaciones climáticas a nivel mundial. Ello se debe a que la Antártica -según los estudiosos del tema- hace las veces de "sumidero" del calor del hemisferio sur, especialmente por la enorme cantidad de hielo allí depositado. Esa capa dinámica de hielo es importante desde el punto de vista del clima, puesto que cualquier inestabilidad en su flujo habitual puede provocar un efecto drástico tanto en el propio clima como en el nivel del mar de todo el mundo.

En cuanto al comportamiento climático del continente mismo, se puede dejar sentado que se caracteriza por tres aspectos claramente definidos: bajas temperaturas permanentes, escasa precipitación pluviométrica en la gran meseta interior y fuertes e incesantes vientos.

La Antártica experimenta dramáticos efectos estacionales por el ángulo de inclinación de la Tierra. Es el continente más frío del mundo: la temperatura de pleno verano en el Polo Sur llega a ser similar a la de pleno invierno, en el Polo Norte. Tal es así que en la estación antártica soviética "Vostok" se registró la temperatura más baja medida alguna vez en la Tierra:  $-89,2^{\circ}\text{C}$  (nótese, bajo cero) el 21 de julio de 1983, superando la marca anterior de  $-88,3^{\circ}\text{C}$  medida en la misma base el 24 de agosto de 1960. En pleno Polo Sur, en la base norteamericana Amundsen-Scott, es común registrar temperaturas que sobrepasan los  $-50^{\circ}\text{C}$  (que es la temperatura promedio anual para el continente antártico). Así, por ejemplo, en septiembre de 1995 se registraron  $-78,2^{\circ}\text{C}$  como si fuera algo apenas fuera de lo normal.

La Antártica recibe el menor porcentaje de precipitaciones del mundo, por lo que se considera el continente más seco. Es el continente más ventoso del mundo, llegando a más de 320 km/hora.

Se distinguen 2 grandes tipos de clima:

- **Desértico Polar.** Se da en el 98% del continente antártico, principalmente en la zona del plateau polar. La temperatura media es de  $-49^{\circ}\text{C}$  y las precipitaciones son siempre sólidas y no caen al año más de 5cms., valor mucho más bajo que varias regiones desérticas del mundo. Las precipitaciones van disminuyendo de la costa al interior, casi desapareciendo en el polo.







- Polar Oceánico. Se da sólo el 2% del continente antártico, principalmente en la costa. Las temperaturas son bajas y con suaves veranos cortos, pero con una alta humedad. Las temperaturas oscilan entre 8 a  $-30^{\circ}\text{C}$  y promedio anual siempre es inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ . Las isotermas (líneas de igual temperatura) aumentan gradualmente a medida que se avanza hacia el Norte, para quedar en una media anual del aire de casi  $5^{\circ}\text{C}$  en la zona de la Convergencia. Las precipitaciones son abundantes tanto líquidas como sólidas y 10 meses del año está cubierta por nieve. Presenta las peores condiciones atmosféricas estando prácticamente todos los días cubiertos. Se presentan los vientos katabáticos, que vienen del interior descendiendo del hielo a grandes velocidades.

## •••• PRECIPITACIÓN

---

Para sorpresa de muchos, en el continente que guarda la mayor reserva de agua del planeta, la precipitación es escasa, no estacional y cae mayoritariamente en forma de nieve. La zona de la Península e islas adyacentes es la más húmeda, en tanto que en la costa propiamente continental -menos húmeda- suelen caer entre 200 y 250 mm. de lluvia durante el año.

En general, la precipitación media anual para toda la Antártica es de 100 mm., principalmente en forma de nieve, con un equivalente de agua de apenas 30 mm. Lo anterior justifica que se considere a este continente como uno de los desiertos más secos del orbe. Por su parte, la zona del Mar de Ross es la más seca de todo el continente antártico.

En cuanto a humedad del aire, la zona de la Península mantiene una media superior al 80%, en tanto que en la costa continental, al igual que en las cadenas montañosas interiores y en los llamados "valles secos" ("dry valleys"), la media es inferior a ese porcentaje.

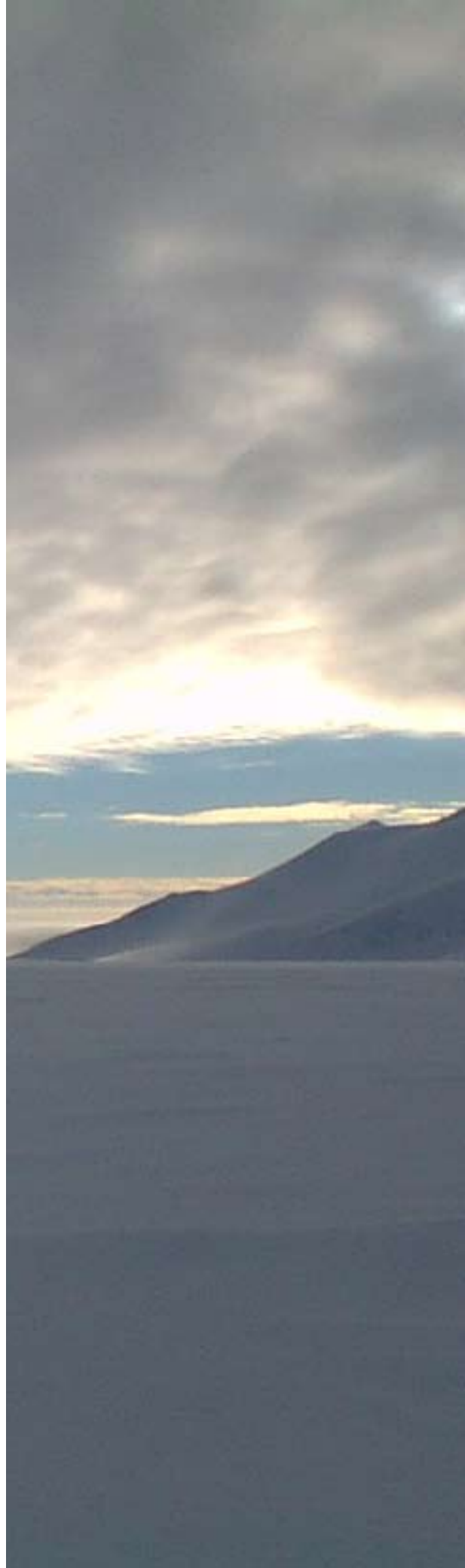
## •••• VIENTOS

---

La colosal capa de hielo que cubre prácticamente todo el continente, no sólo hace las veces de "espejo" con la escasa radiación solar de esas latitudes -refracta el 90% de ella- sino que además es una fuente poderosa de aire frío, el cual, adquiriendo la forma de fuertes vientos, baja hacia la costa, barriéndola. Sin embargo, los vientos prevaecientes soplan en forma permanente desde el Oeste.

Los entendidos explican lo anterior afirmando que en el interior del casquete polar existe un centro de alta presión; el aire al llegar allí es súper enfriado y, por lo tanto, obligado a desplazarse hacia el exterior, hacia una especie de "cinturón" de baja presión. En su trayectoria, el aire -ya convertido en viento- es desviado hacia la izquierda, merced a una fuerza conocida como de Coriolis, por el matemático francés que la describió en 1835. Es característico que donde existen hondonadas, canales o glaciares, este viento tome la dirección de su eje, aumentando la velocidad al pasar por lugares estrechos.

Las ventiscas -asociadas a sistemas frontales- son bastante comunes en toda la zona de la Península Antártica, incluyendo los archipiélagos vecinos. Con una duración que puede variar de algunas horas a varios días, estas ventiscas suelen alcanzar velocidades de 50 nudos o más (casi 100 km. por hora o más).



## •••• NUBOSIDAD

En la misma área peninsular se observan variados tipos de nubes, pero la más típica es la llamada "stratus", que tiene forma de una capa extensa que cubre todo el cielo a bajas alturas. Los períodos de cielo completamente despejado difícilmente duran más de 24 horas.

## •••• ARCHIVO CLIMÁTICO

En síntesis, y como se ha mencionado al inicio de este capítulo, la Antártica es determinante no sólo en el clima del hemisferio sino en el de todo el mundo. Sin embargo, esta verdadera "fábrica" de climas que es la Antártica ha tenido diversos "altibajos" en el curso de la historia.

Lo sorprendente es que esa trayectoria ha quedado "archivada" en la capa de hielo que cubre el continente. En efecto, la nieve que por acumulación la ha formado, no siempre ha tenido la misma composición. De la profundidad de la capa que se estudie se puede deducir su antigüedad y hay capas que contienen finos depósitos de polvo, polen y hasta de ceniza volcánica. Con respecto a esto último, se ha localizado ceniza que en su oportunidad -en el año 1803- fue expulsada por el cráter del legendario volcán llamado Krakatoa, ubicado en Indonesia, a miles de kilómetros de allí.

De los estudios efectuados sobre cortes de la capa de hielo se ha deducido, por ejemplo, que hace unos veinte mil años un período "primaveral" invadió el planeta. Ante este fenómeno, se fundió el espeso manto de hielo que cubría el globo y el hombre -por entonces un ser primitivo- se vio obligado a refugiarse en cavernas a considerable altura con respecto al nivel actual del mar.

El clima cálido -entre los años 4.000 A. C. y 2.000 A. C., aproximadamente- elevó la temperatura en muchos más grados que en la actualidad, con lluvias torrenciales muy abundantes.

No obstante, entre los años 400 A. C. y 100 A. C., estas condiciones comenzaron a variar en forma rápida.

La actividad humana, soportando condiciones -sobre todo en Europa- de aridez extrema, se transformó en las primeras migraciones de pueblos bárbaros hacia la costa mediterránea. Empero, un poco más tarde, alrededor del año 1.000 de nuestra era, el clima volvió a tornarse benigno y el hielo se replegó hacia los polos. En seguida, se afirma, ha habido otros "pequeños accidentes", como una breve "edad de hielo" que se habría desarrollado más o menos entre 1650 y 1850, pero en general el clima parece no haber tenido grandes variaciones, aunque estudios más modernos realizados a nivel mundial, podrían determinar lo contrario.

## •••• VISIBILIDAD

Diversos fenómenos, tales como lloviznas, nevadas y ventiscas, reducen frecuentemente la visibilidad horizontal. Igualmente esta reducción suele ocurrir a veces a causa de nieblas de diversos tipos y orígenes, a pesar del fuerte viento.



Esta somera revisión a lo que puede ser la historia del clima terráqueo ha quedado "archivada" -según los expertos- en las sucesivas capas que conforman la cubierta de hielo antártico.