

La Corriente Circumpolar Antártica y su influencia en el clima

Los océanos influyen el clima de la Tierra por el almacenamiento y transporte de grandes cantidades de calor, humedad y dióxido de carbono. El calor absorbido por los océanos en un lugar puede ser llevado por las corrientes marinas a distancias de miles de kilómetros antes de ser liberado a la atmósfera. La liberación de calor desde los océanos a la atmósfera provoca movimientos en ésta que determinan a gran escala y lentamente los patrones de temperatura y precipitación que establecen el clima.

El océano Austral se localiza desde el Frente Sub-Antártico (aproximadamente entre las latitudes 50° y 60° S) hasta la costa del continente antártico. El océano Austral es el único cuyas aguas rodean todo el globo, lo cual es un elemento crucial para el motor calórico mundial. Los fuertes vientos, las bajas temperaturas y la dinámica del hielo marino antárticos, conducen patrones de corrientes que influyen fuertemente el clima de la Tierra.

El principal sistema de circulación del océano Austral es la Corriente Circumpolar Antártica (CCA), la cual fluye de oeste a este transportando un volumen de $\sim 130.000.000 \text{ m}^3/\text{s}$ (en el paso Drake) a lo largo de un camino de $\sim 23.000 \text{ km}$. Ésta se localiza principalmente entre el Frente Sub-Antártico y el Frente Polar (fig. 1). Los frentes son límites entre aguas con diferentes características oceanográficas. El Frente Sub-Antártico es una zona de divergencia de masas de agua y el Frente Polar de Convergencia, caracterizado además por un descenso brusco de la temperatura superficial de norte a sur.

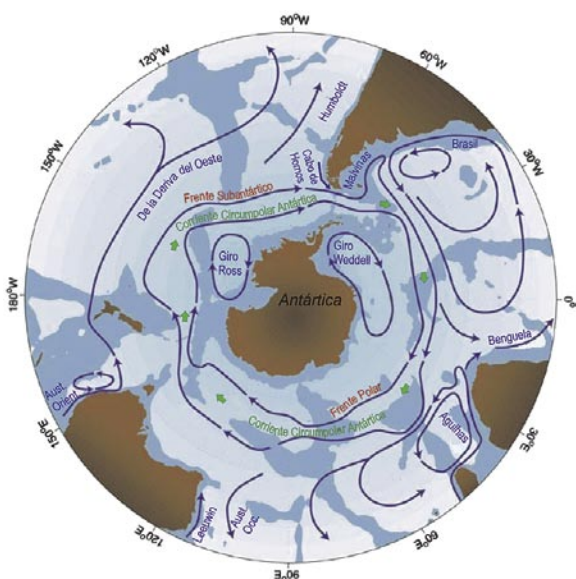


Figura 1. Localización de la Corriente Circumpolar Antártica (modificado de Rintoul et al., 2001). El área principal de esta corriente se ubica entre el Frente Sub-Antártico y el Frente Polar en el océano Austral. Se nombran otras corrientes importantes del hemisferio sur.

A pesar de que las velocidades de la CCA pueden considerarse normales ($\sim 0.5 \text{ m/s}$ en superficie), su ancho ($\sim 1000\text{-}2000 \text{ km}$) y su gran profundidad ($\sim 4 \text{ km}$) la convierten en la más grande del mundo. La CCA es un elemento importante para la circulación profunda global porque transporta agua intermedia y profunda entre los océanos Pacífico, Atlántico e Índico, y también contribuye significativamente para la circulación profunda en todas las cuencas. Por lo tanto, la CCA es una parte importante de la red mundial del transporte oceánico redistribuyendo el calor alrededor de la Tierra (fig. 2).

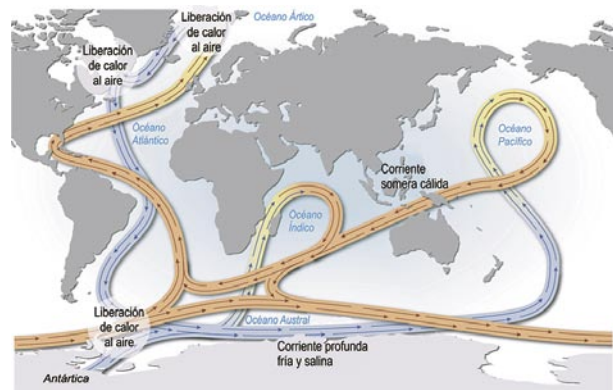


Figura 2. Patrón global de la circulación profunda o termohalina (modificado de UNEP/GRID-Arendal, 2007). La circulación profunda se asemeja a una correa transportadora que lleva agua superficial a las profundidades y viceversa. Una partícula de agua demora ~ 1000 años en dar una vuelta completa. Este sistema permite que el cambio climático sea llevado al interior de los océanos. Un desbalance de los flujos de calor y agua dulce, puede hacer colapsar la circulación termohalina con consecuencias graves en la climatología. Situaciones similares ya han ocurrido en el pasado.

La CCA es conducida principalmente por los vientos de Deriva del Oeste, que producen que el movimiento de la corriente sea oeste-este, pero además de este flujo superficial por viento, existe un flujo geostrofico debido a que la pendiente de la superficie del mar se inclina hacia el continente antártico y que por el efecto de Coriolis (desviación hacia la izquierda), el flujo neto también es oeste-este, extendiéndose el movimiento hacia mayores profundidades. Bajo la capa de influencia del viento, la distribución de densidad es tal que, en general, la fuerza del gradiente de presión horizontal y la fuerza de Coriolis se balancean y el equilibrio geostrofico se mantiene, haciendo que casi toda la columna de agua se mueva en una sola dirección.

EL ORIGEN DE LA CCA Y LA GLACIACIÓN ANTÁRTICA

Para entender los posibles cambios climáticos futuros es necesario conocer los eventos en el pasado. Las variaciones del clima terrestre o el cambio climático natural se producen

por varios factores a diferentes escalas temporales. Dentro de los factores que se asocian a los cambios producidos por fenómenos del mismo planeta, los movimientos tectónicos y la presencia de corrientes marinas han jugado un importante papel en el paleoclima a gran escala. En el caso de la Antártica, la glaciación más intensa comenzó rápidamente hace 34 Ma (millones de años) en un intervalo geológico conocido como el límite Eoceno-Oligoceno, que separa uno de los intervalos más calientes del más frío de los pasados 65 Ma. Se cree que el nacimiento de la CCA fue el factor más importante para la glaciación antártica.

Las variaciones climáticas en el pasado han sido inferidas principalmente por estudios geoquímicos de muestras de foraminíferos bentónicos en sedimentos marinos profundos, a través de la determinación de sus isótopos de oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$). Estos resultados sumados a los geofísicos asociados a la tectónica de placas, han permitido inferir que la separación de Australia y Sudamérica del continente antártico, abrió pasarelas oceánicas que forzaron la creación de nuevos sistemas de corrientes en el hemisferio sur con flujos oeste-este, a diferencia de los sistemas primarios que tenían flujos norte-sur en el Pacífico, Atlántico e Índico. Una consecuencia de este nuevo patrón de circulación fue el enfriamiento de la región antártica por aislamiento térmico, a través de una reducción de la transferencia de calor entre el Ecuador y el Polo Sur, permitiendo que el hielo marino se formara. Posteriormente, el enfriamiento permitió la formación de grandes plataformas permanentes de hielo, aunque se cree que el primer enfriamiento fue suficiente para hacer crecer extensivamente el hielo continental.

El nacimiento de la CCA y su asociación con la glaciación antártica han sido apoyados además por simulaciones utilizando el modelo de circulación general de los océanos (MCGO); sin embargo, estas simulaciones no han considerado el efecto atmosférico. Nuevas simulaciones han encontrado que la glaciación antártica ha sido posible más bien gracias a una reducción de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera durante el Cenozoico, la cual contribuyó a la formación de pequeños y muy dinámicos casquetes de hielo que se expandieron rápidamente sobre los plateau antárticos más altos, que fueron expandiéndose cada vez más en el tiempo a medida que se enfriaba la Tierra, por lo que según esto, la creación de la CCA tendría sólo un rol secundario, situación que está actualmente bajo discusión científica.

EL FUTURO DE LA CCA ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO

La CCA así como otros procesos o fenómenos naturales de la Tierra, cambian constantemente según la dominancia de ciertos factores astronómicos, atmosféricos, geológicos, etc. Dada la cantidad de factores, se hace difícil predecir el futuro de la CCA relacionado con los cambios climáticos, además que las simulaciones actuales no consideran varios factores que podrían ser esenciales en un momento dado como: la incorporación de corrientes en chorro, remolinos, la existencia de los frentes, etc.

No es necesario discutir que el océano Austral y el sistema de corrientes asociado actúan como un moderador del clima mundial, ya sea por su contribución de aguas frías superficiales o por el hundimiento del calor y de CO_2 , que además contribuye con la circulación profunda o termohalina. Sin embargo, cambios rápidos del clima inducidos por el hombre como, por ejemplo, la incorporación de gases de invernadero a la atmósfera y el consecuente aumento de la temperatura global, pueden afectar el actual patrón de la CCA y su influencia climática tal como se conoce y a diferentes escalas temporales.

Mediciones oceanográficas realizadas durante las últimas décadas en el océano Austral, muestran que las temperaturas del agua de mar en profundidades intermedias (~700-1000 m) han aumentado en -0.17°C desde los años '50. Este calentamiento ha sido más rápido que el promedio de los océanos globales y la zona más afectada es precisamente el área de la CCA, donde las razones de cambio son comparables a aquéllas de la atmósfera sobre el océano Austral. También, se ha observado un cambio parecido en aguas sub-superficiales (~200-900 m) de la CCA en el sector del Índico del océano Austral (de 0.004°C a 0.012°C por año). La consecuencia directa de estos cambios es el desplazamiento o cambio de posición de los frentes oceanográficos del océano Austral y, por lo tanto, los límites de la CCA, los cuales estarían moviéndose hacia el Polo Sur. En el caso del sector del Índico, el desplazamiento de la CCA ha sido de ~50 km considerando los últimos 32 años.

A pesar de las numerosas simulaciones computacionales, datos oceanográficos-meteorológicos y los análisis de muestras de perforaciones en sedimentos marinos, es difícil determinar cómo se modificará la CCA con el calentamiento global inducido por el hombre. Según las tendencias conocidas del cambio climático y sabiendo la importancia del océano Austral sobre el clima del planeta, parece obvio sostener que es necesario detener el efecto invernadero causado por el hombre y dejar que la naturaleza por sí sola conduzca los cambios.

GLOSARIO

Flujo geostrófico. *Movimiento de agua (corriente) definido por la asunción de un balance exacto entre el gradiente de presión horizontal (densidad) y el efecto de Coriolis.*

Efecto de Coriolis. *Es una "fuerza" aparente que actúa sobre el movimiento de las partículas debido a la rotación de la Tierra. Ésta causa que el movimiento de los cuerpos se desvíe hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur. La "fuerza" es proporcional a la velocidad y latitud de los objetos en movimiento.*

DR. CRISTIÁN RODRIGO

Oceanógrafo, Inach.