

# **Clase N°5 Teórico 2021. CIRCULACIÓN OCEÁNICA**

**Circulación oceánica de  
superficie**



Primero consideramos un modelo general de circulación atmosférica. Luego examinamos las corrientes oceánicas que transportan grandes volúmenes de agua superficial a través de grandes distancias en todo el mundo.

- La vida y los procesos físicos sobre el planeta Tierra están fuertemente afectados por los océanos, ya que el agua, ocupa aproximadamente el 70% de la superficie terrestre.

Los océanos son importantes en el intercambio de masa y energía dentro del sistema terrestre y entre la Tierra y nuestro sistema solar, particularmente con el sol.



- La circulación general de las aguas del océano se debe a los diversos procesos que afectan la densidad del agua, alterando la distribución de la masa en el océano, y la acción de los vientos sobre la superficie del agua. Además, la atracción del Sol y de la Luna hace variar el nivel del mar; todos estos fenómenos originan el movimiento del agua de los océanos.





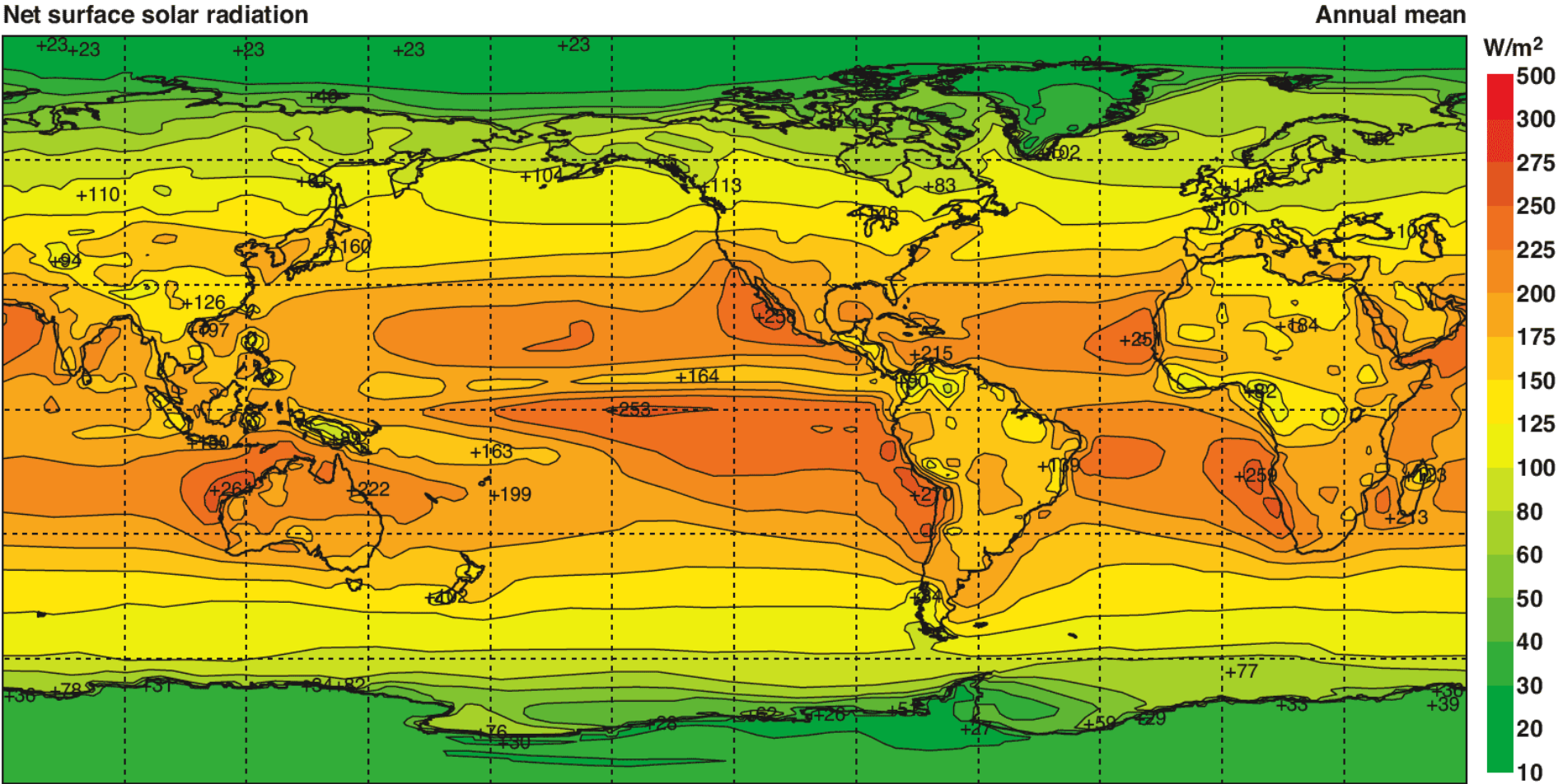
# La atmósfera y los océanos

- La atmósfera y los océanos no son independientes, sino que están íntimamente relacionados, es decir, el comportamiento de uno de estos sistemas influye sobre el otro.
- Cuando examinamos la atmósfera sobre los océanos, hay un enorme flujo de masa, de energía, y de impulso en la interfaz aire - mar, entre un sistema y otro. La superficie del océano es una superficie versátil e inestable, de una gran complejidad.



La energía solar genera diferencias de temperatura sobre la superficie terrestre y da origen a los vientos en la atmósfera. Estos, a su vez, son las causas principales del movimiento de las aguas superficiales del océano.

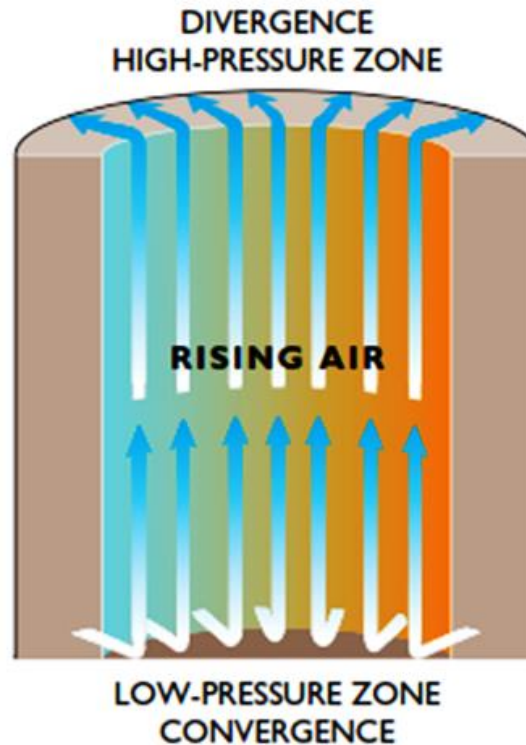
### INSOLACION ANUAL PROMEDIO



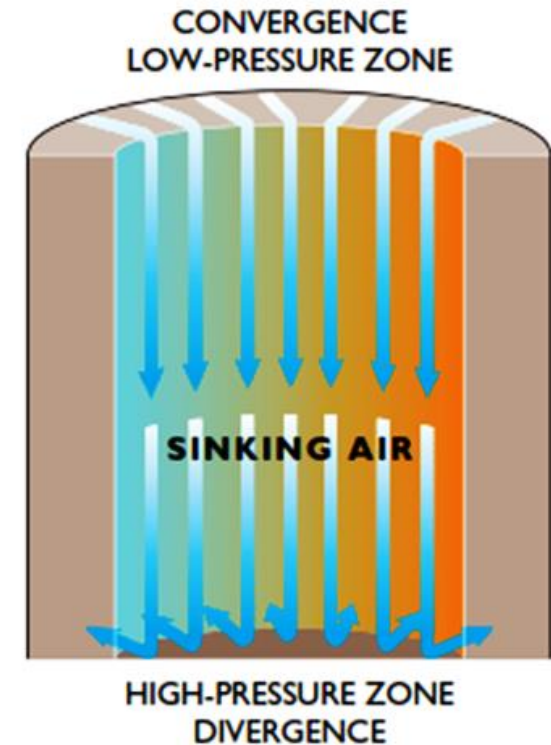


Los vientos soplan en respuesta a los gradientes de presión en la Tierra. La alta radiación solar en el ecuador produce aire caliente, que se eleva debido a su baja densidad, creando un cinturón en el ecuador de baja presión de aire. Este aire ascendente produce convergencia de los vientos superficiales y divergencia de vientos de altas capas de la atmósfera.

El aire es muy frío en las regiones polares entonces se hunde debido a su densidad, creando una zona de alta presión cerca de los polos norte y sur. El aire que se hunde en los polos está asociado con la divergencia de los vientos superficiales y la convergencia de los vientos en altas capas de la atmósfera.



(a) CALENTAMIENTO DE AIRE

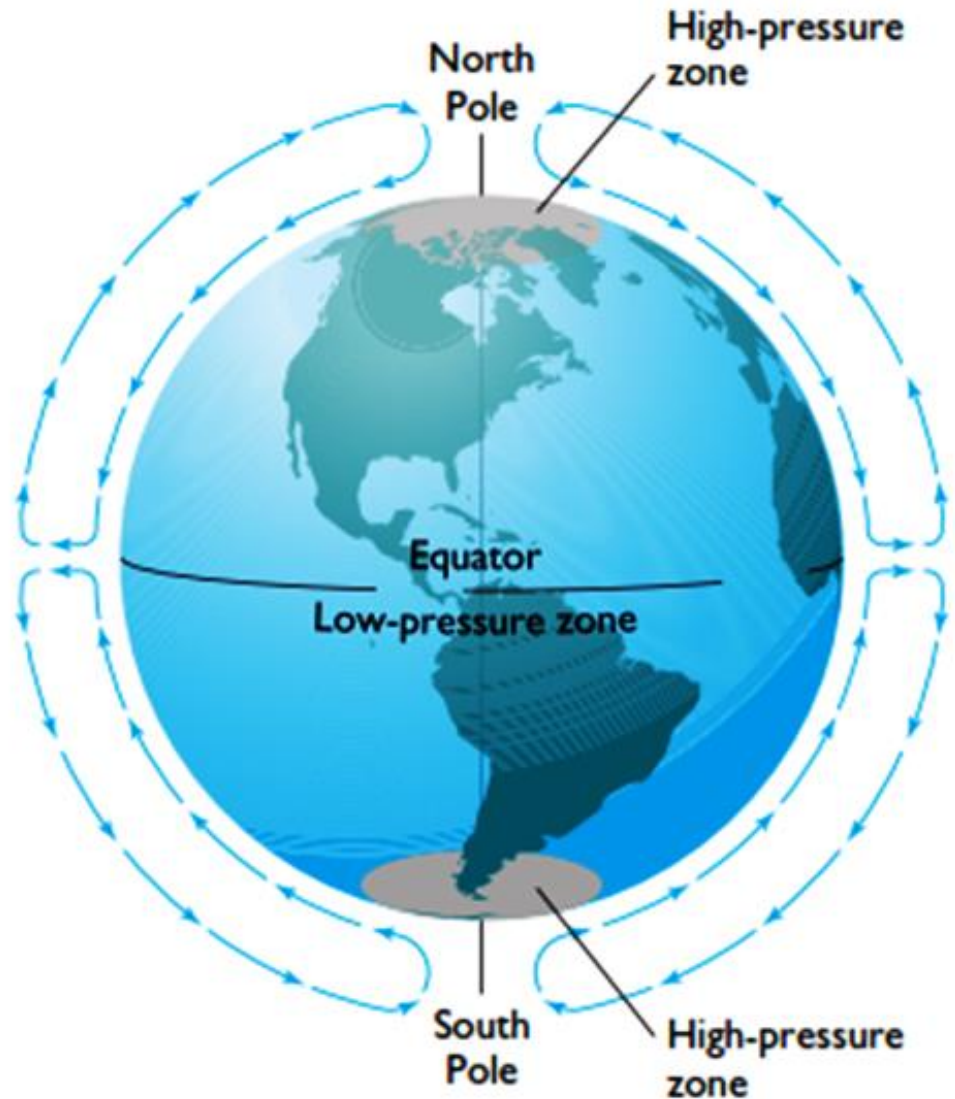


(b) ENFRIAMIENTO DE AIRE

Por lo tanto, esperaríamos que los vientos superficiales de la Tierra fluyan desde los polos norte y sur (zonas de alta presión) hacia el ecuador (zonas de baja presión). Los patrones de viento en este modelo son simples.

Pero no se parecen a los vientos reales de la Tierra, porque no se considero el efecto de la rotación de la tierra, que influye fuertemente en el movimiento de los fluidos.

Este efecto se llama desviación de Coriolis



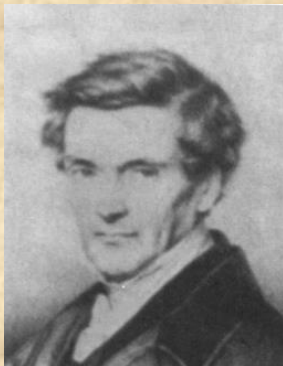
(c) SIMPLE AIR CIRCULATION ON A NONROTATING EARTH



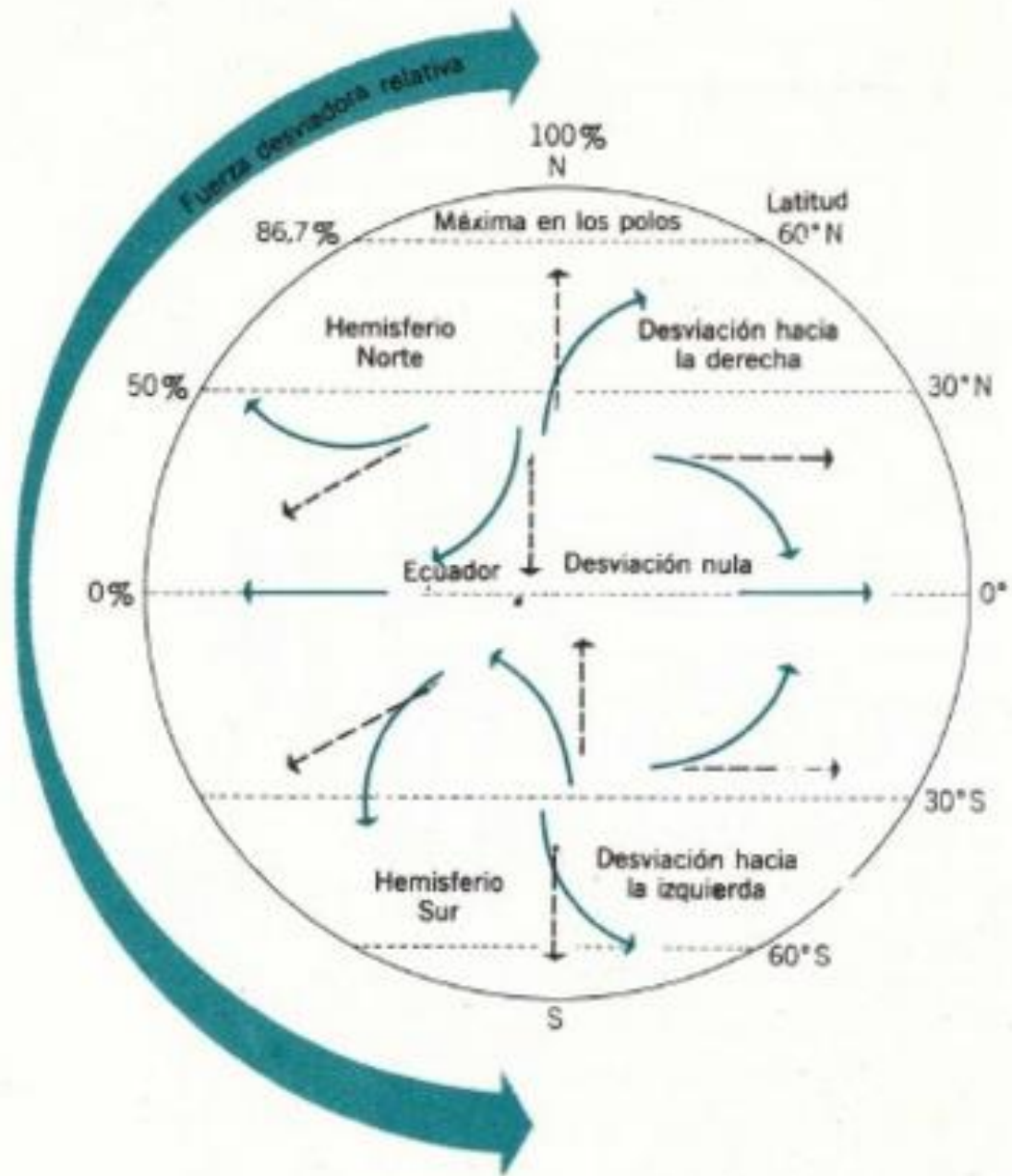
# Desviación/fuerza de Coriolis

La Tierra siempre gira en el ecuador a una velocidad ultrasónica de 465 m/seg. No nos damos cuenta de ello porque la atmósfera rota conjuntamente.

Es la desviación de un objeto cuando se mueve en línea recta sobre un sistema en rotación o giro".



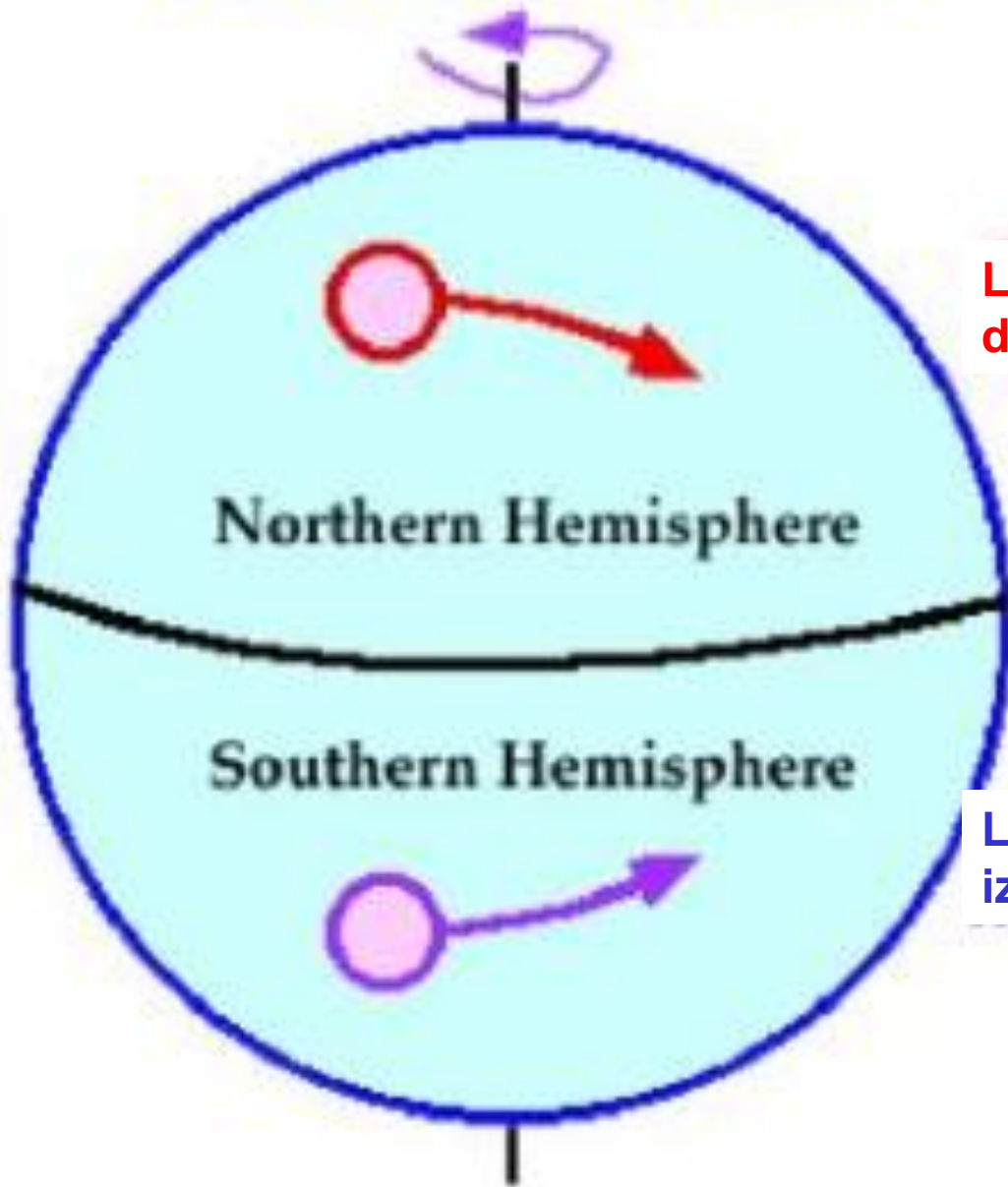
*Gaspard Gustave de Coriolis (1792 – 1843)*



**FIGURA 6.6.** Efecto desviador producido por la rotación terrestre.



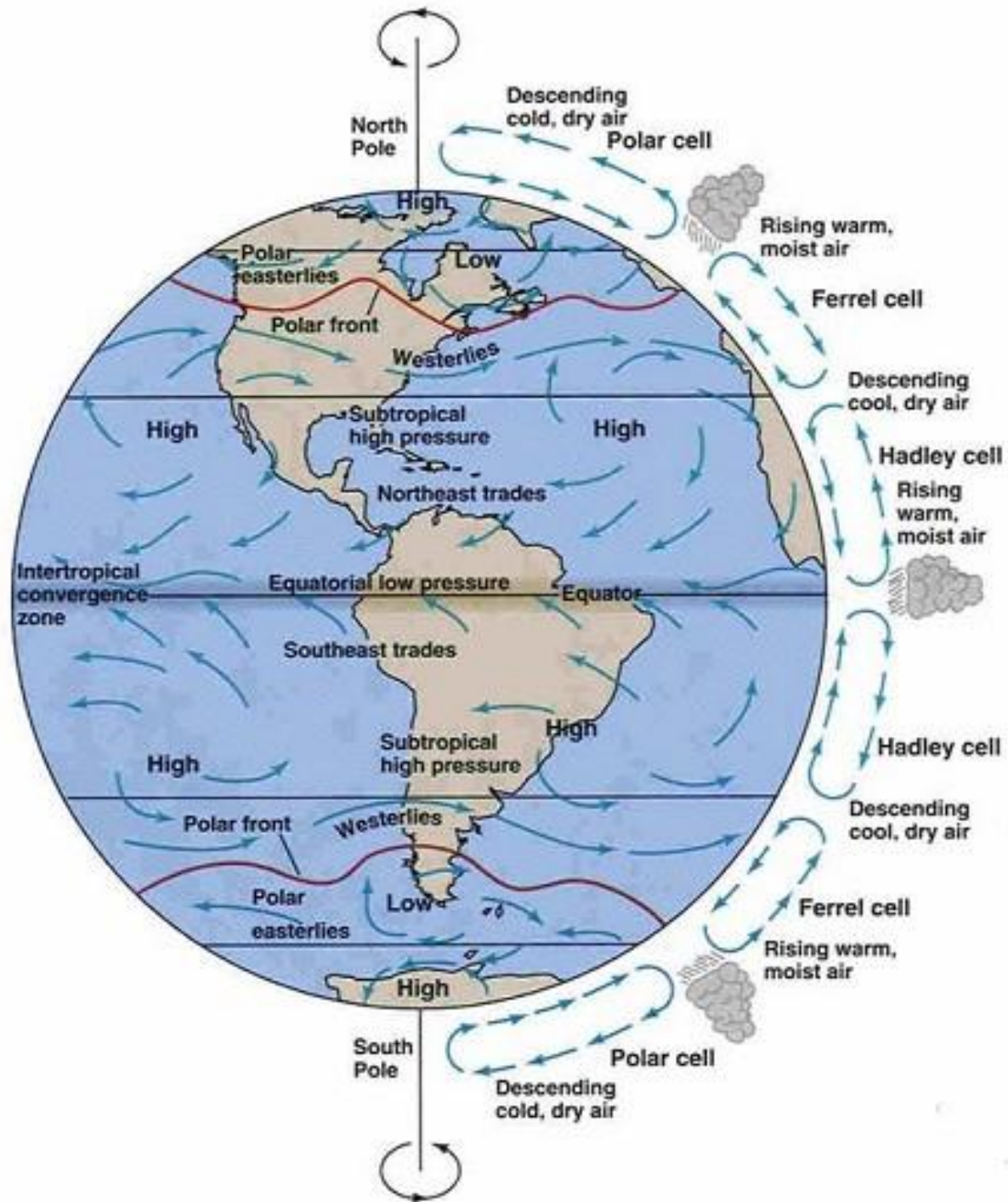
Due to the earth's rotation



Los objetos se desvían hacia la derecha en el hemisferio norte

Los objetos se desvían hacia la izquierda en el hemisferio sur

Cinturones de viento y sus direcciones.  
Atención en el ecuador.



- Formas de transferencia de energía entre océanos y atmósfera: radiación; evaporación y (condensación); intercambio directo de energía térmica por calentamiento e intercambio de energía mecánica provocado por presiones y los vientos de la atmósfera.

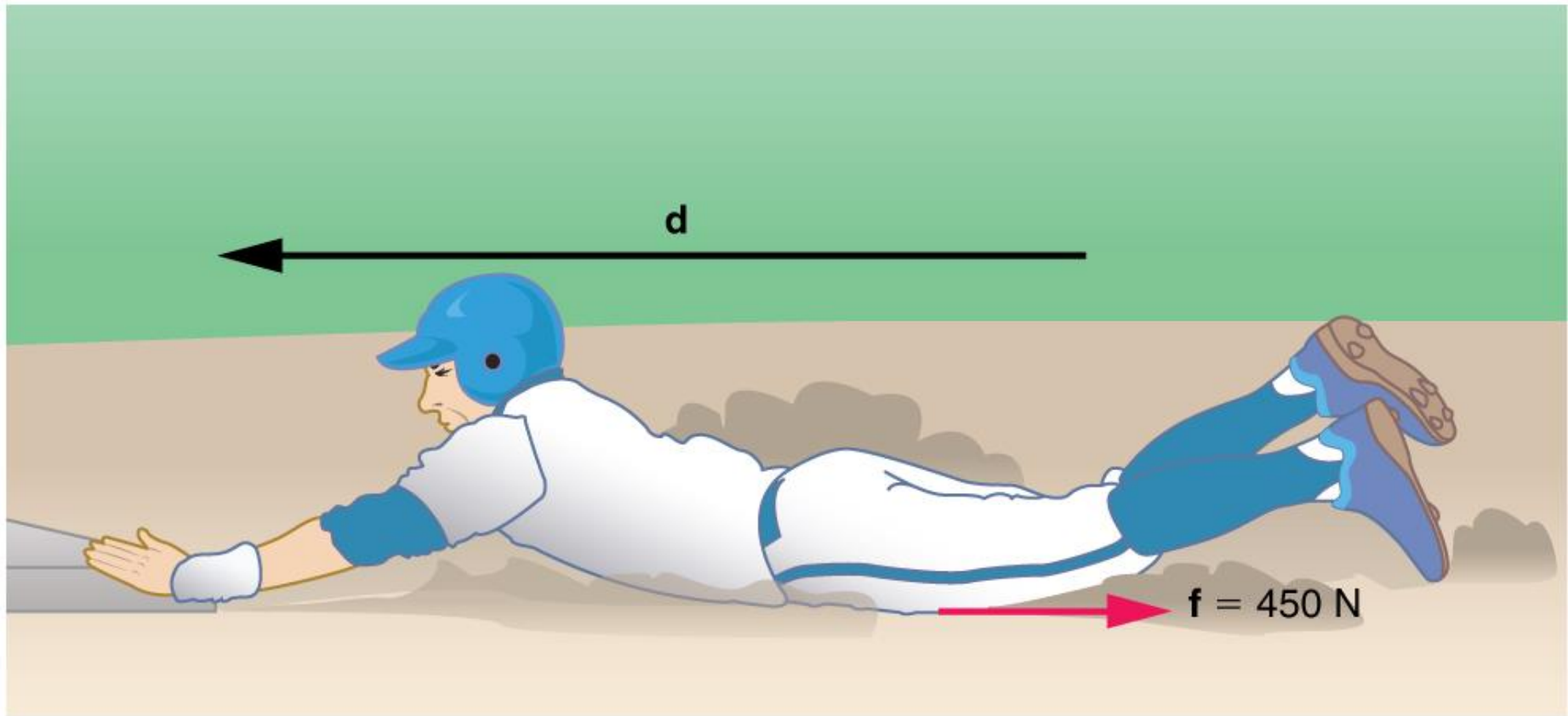
Las grandes corrientes oceánicas introducen cambios en el clima.

Por ejemplo, el clima del norte de Europa se ve afectado y es menos riguroso gracias a la corriente cálida del Golfo, que lleva agua hacia el norte a lo largo de la costa oriental de América del Norte, atraviesa el Atlántico y llega a las cercanías del norte de Europa.



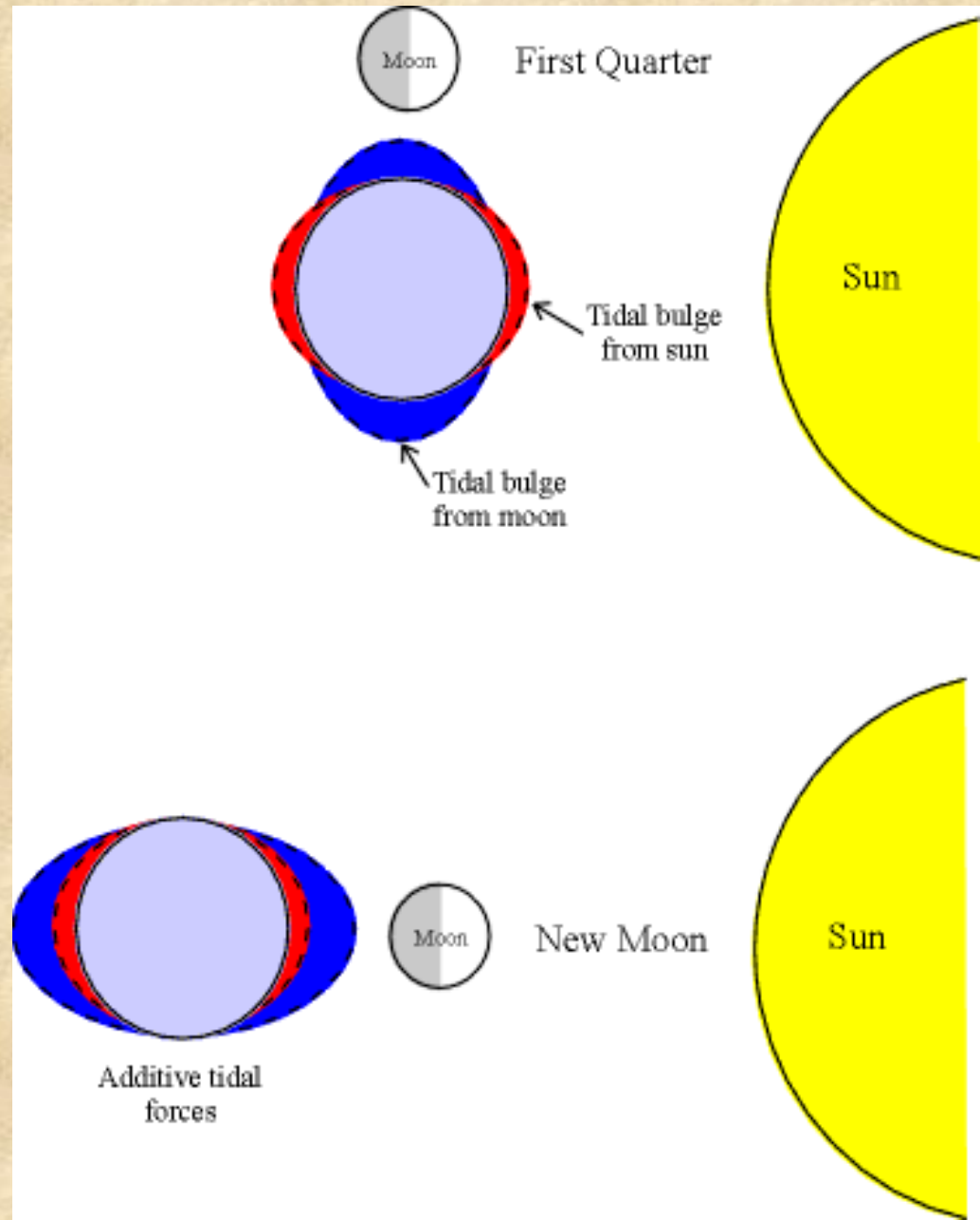


- Estas corrientes oceánicas tienen una magnitud determinada de masa y velocidad, y esa magnitud puede ser afectada por el rozamiento. Hay intercambio constante de movimiento entre la atmósfera y los mares, que permite que continúe la circulación marina mucho después de que la corrientes normalmente hayan perdido su velocidad.



# Corrientes de MAREAS

Ascenso y descenso del nivel del mar en forma periódica. Estas corrientes llamadas corrientes de marea, adquieren especial importancia en los sistemas costeros dado que en la costa se observa con mayor facilidad.





# Mareas extraordinarias



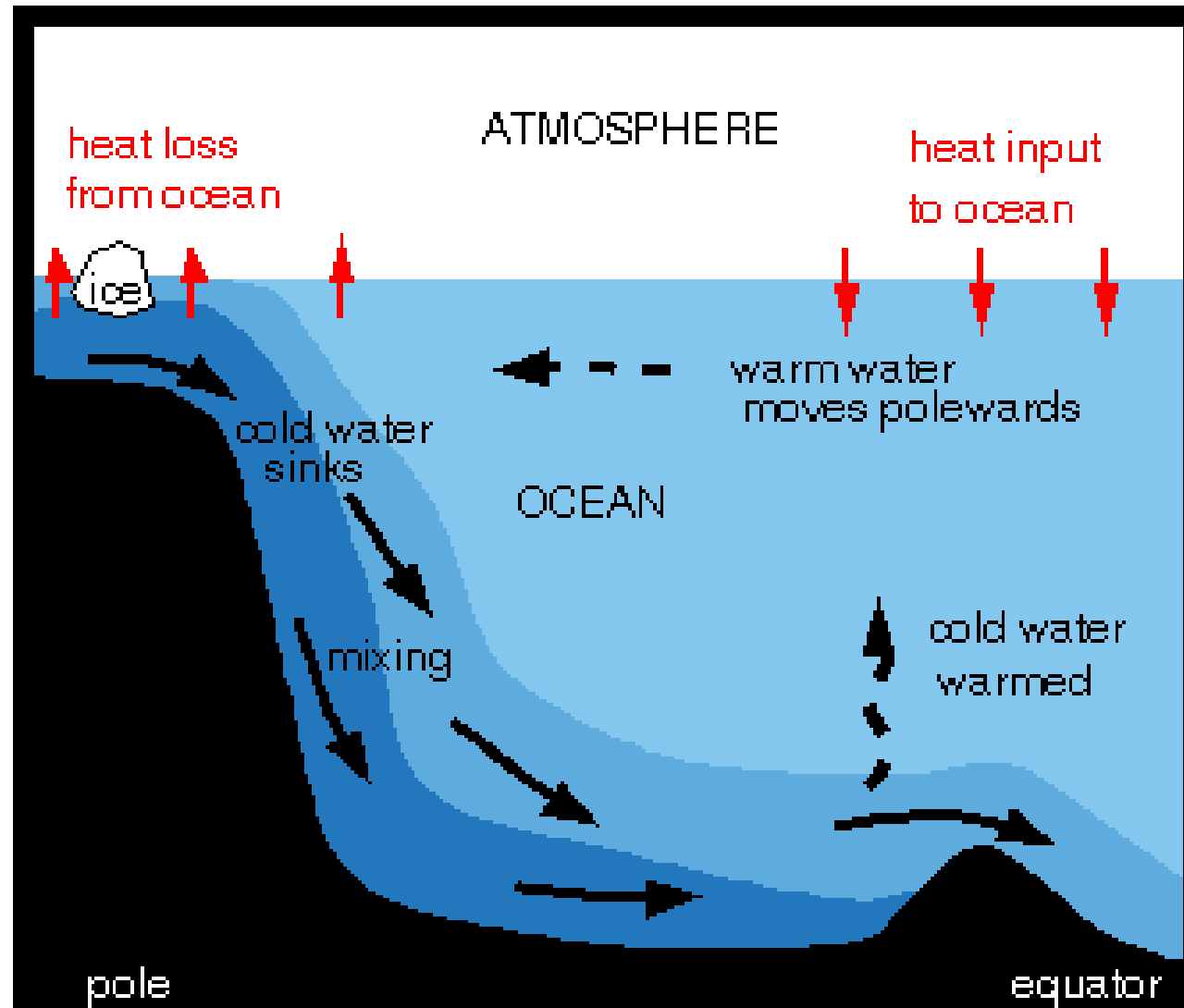


# Circulación térmica

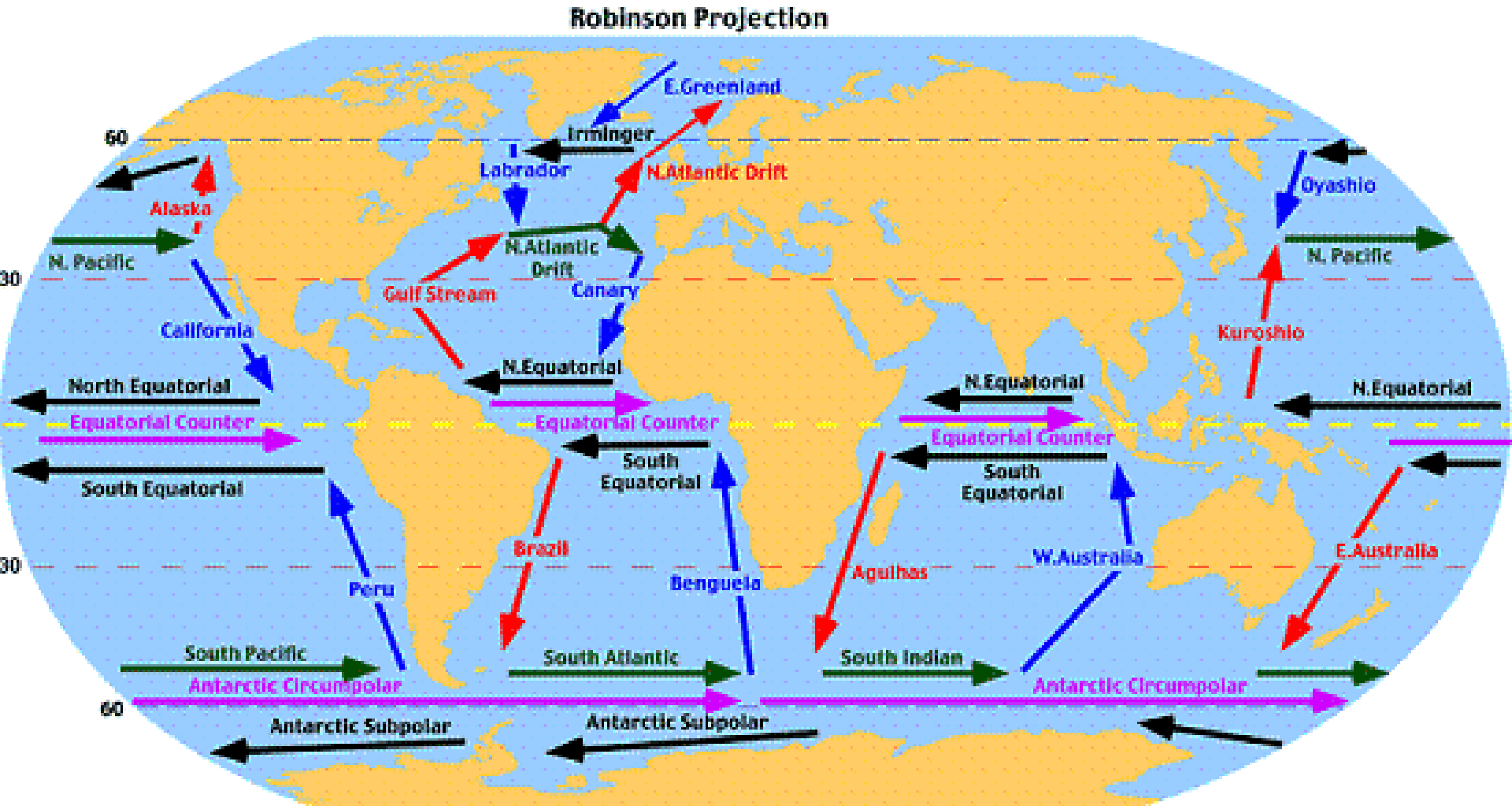
- La atmósfera y los océanos constituyen un motor térmico, es decir, la atmósfera y los océanos circulan gracias al calentamiento diferencial de la Tierra, entre los Polos y la región ecuatorial.
- La superficie del mar es calentada en alguna parte y enfriada en otra, estableciéndose así una circulación de origen térmico, desde la región que ha sido calentada hacia la de menor temperatura.
- Las grandes corrientes permanentes son aquellas que transportan enormes volúmenes de agua, debido a las diferencias de la densidad en la superficie, mantenidas por la acción de los procesos de calentamiento, y enfriamiento, dilución, escurrimiento, fusión del hielo, y concentración por evaporación o congelación.

- El agua que ha salido desde la zona de mayor temperatura, será reemplazada por agua de menor temperatura que ascenderá desde cierta profundidad; así queda establecida una circulación vertical que se cierra en la subsuperficie.

Si no hubiera continentes, el flujo resultante sería dominado por flujo zonales fuertes, con una mucho más débil componente convectiva. Excepto la corriente Circumpolar, estas tendencias de sistemas zonales son interrumpidas por los bordes continentales.



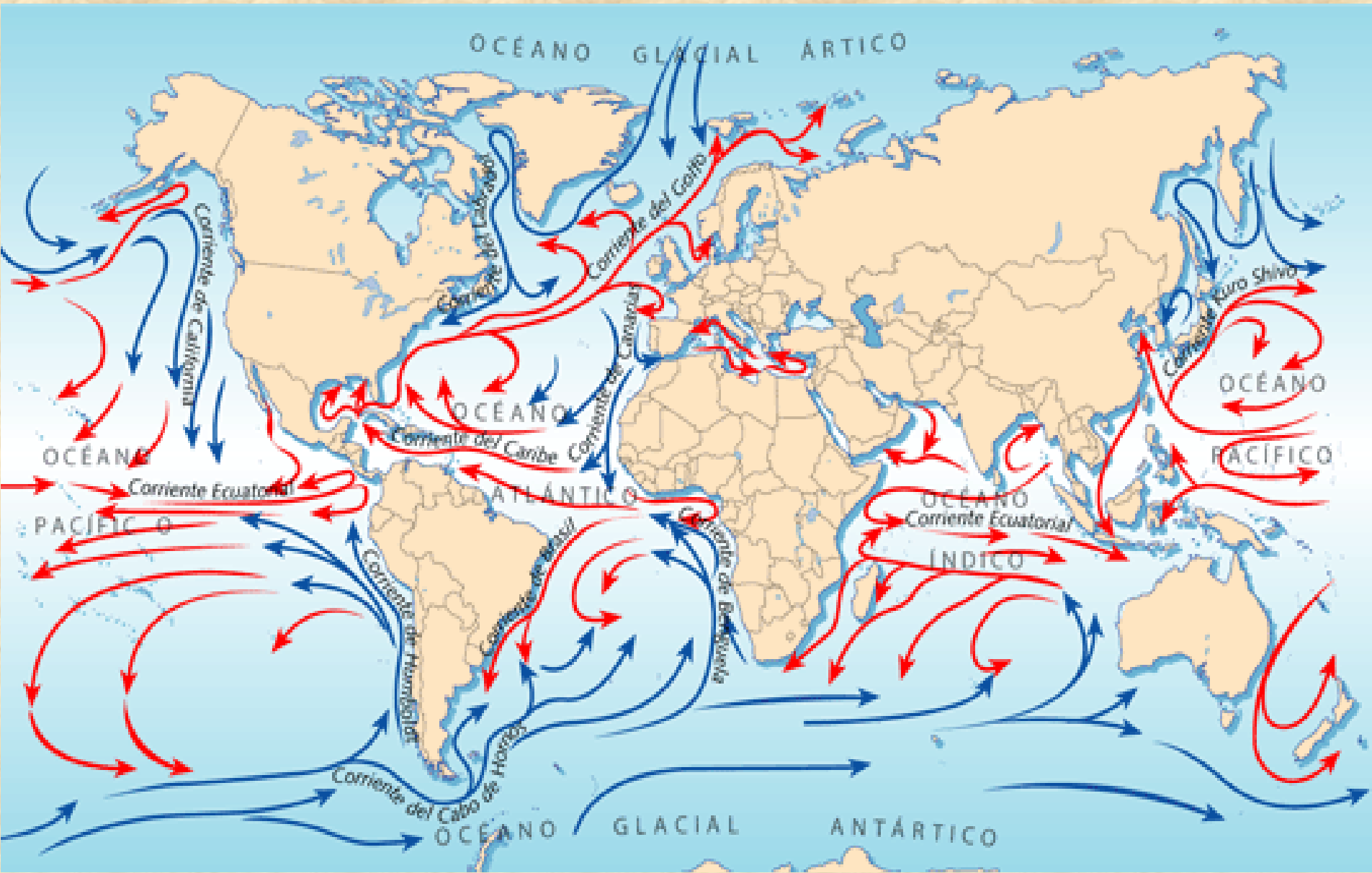
Las corrientes oceánicas son como ríos dentro de los océanos con límites relativamente bien definidos y a veces con una variabilidad estacional marcada, algunas semillas, plantas y animales son transportados grandes distancias por estas corrientes.





# Corrientes de superficie en océanos

(flechas azules=frías, flechas rojas=cálidas)

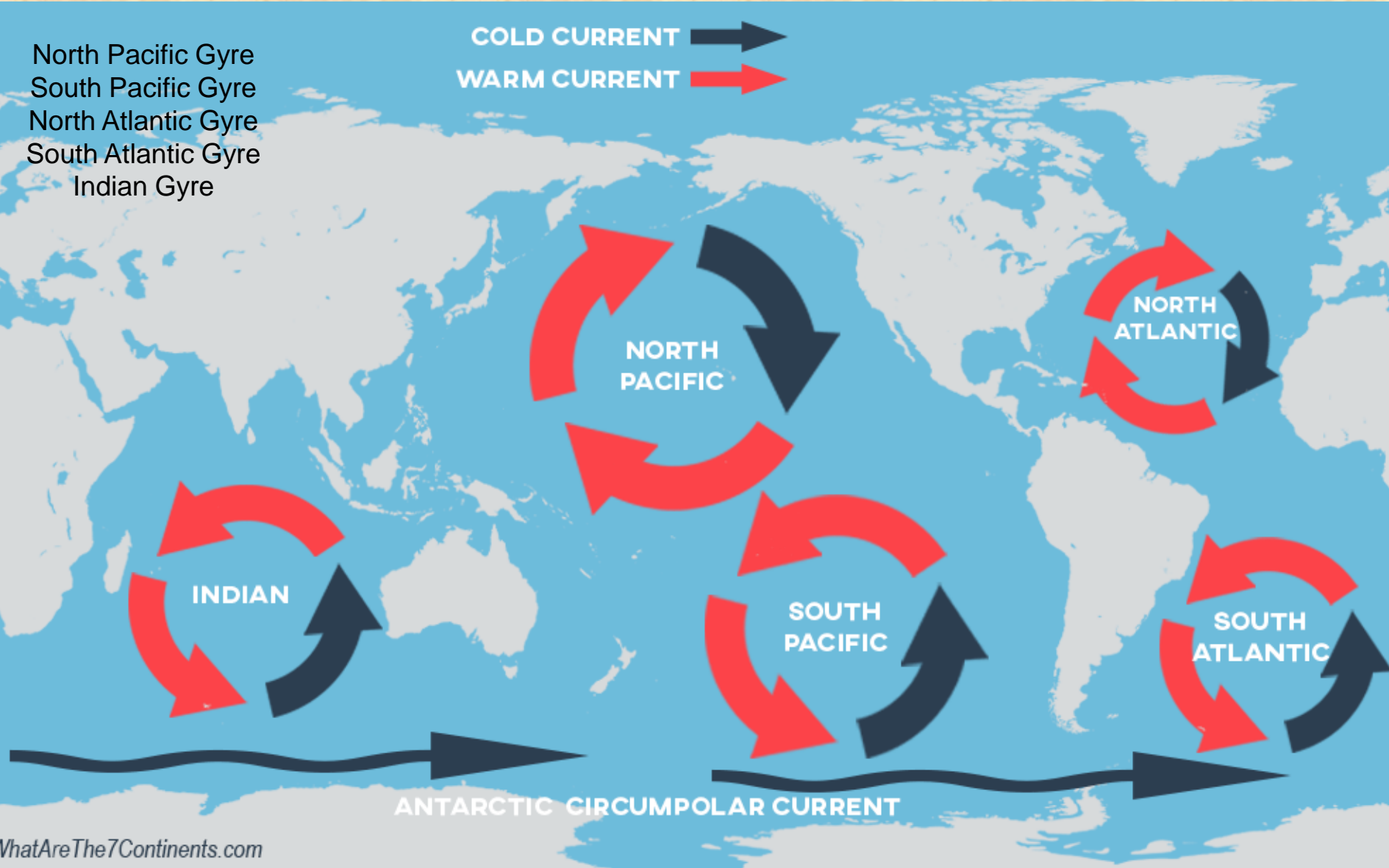


- Los vientos originan un transporte de agua, alterando la distribución y las corrientes existentes reflejan, en conjunto, un estado de equilibrio entre los efectos de los procesos termohalinos y del viento.
- La distribución no uniforme de la densidad resulta de los fenómenos mencionados, y no penetra a profundidades mayores de 500 metros, razón por la cual estas corrientes sólo son intensas en la capa superior del mar.
- Los sistemas de corrientes oceánicas corresponden, con bastante exactitud, a los tipos generales de vientos, siendo el patrón básico de aquellas un sistema cerrado, llamado giro.
- Cada océano presenta un giro de corrientes, centrado aproximadamente en las regiones subtropicales (cerca de los  $30^{\circ}$  N y  $30^{\circ}$  S ).

Los giros son grandes rotaciones circulares de agua causadas por el efecto de vientos y Coriolis. El término "giro" se usa para los oceánicos específicamente a los cinco grandes giros ubicados en los océanos del mundo. Estas son corrientes masivas

- North Pacific Gyre
- South Pacific Gyre
- North Atlantic Gyre
- South Atlantic Gyre
- Indian Gyre

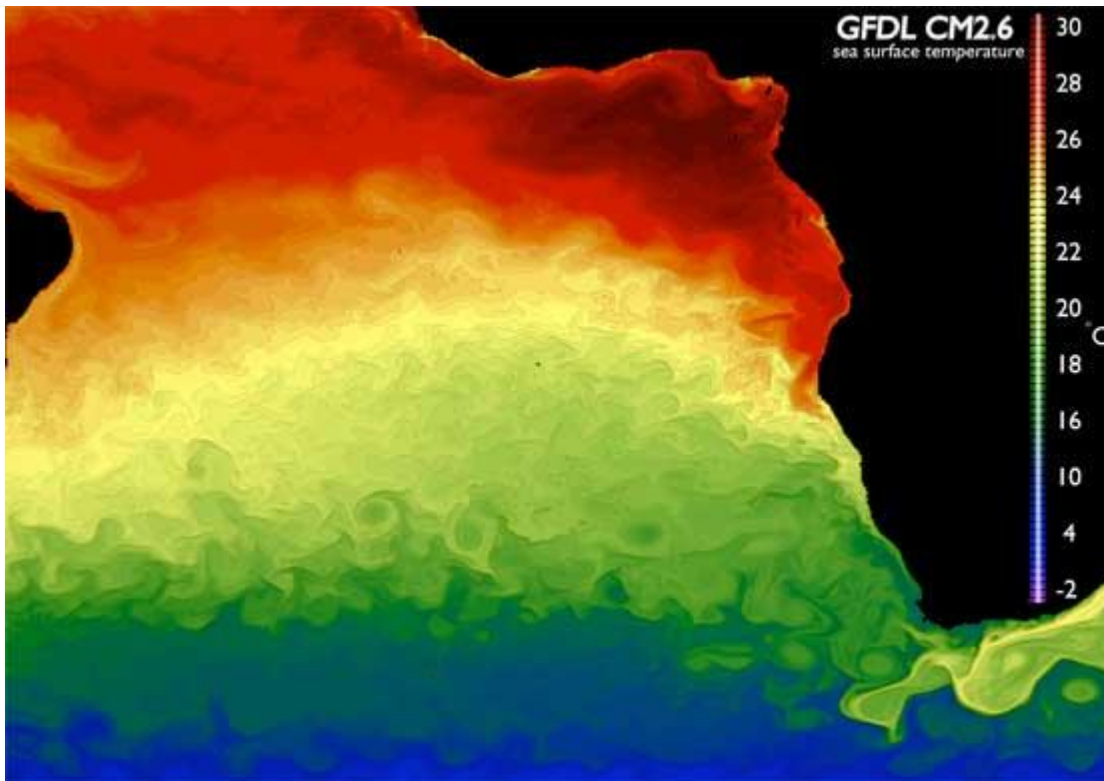
**COLD CURRENT** →  
**WARM CURRENT** →





- Sobre grandes áreas del océano existen vórtices, a menudo llamados “eddies” o variabilidad de mesoescala, con escalas horizontales típicas de menos de 100 km y escalas temporales del orden de un mes.

El campo de remolinos incluyen estructuras como filamentos, chorros y espirales. Se caracterizan por anomalías de temperatura, salinidad y flujo.



# Principales corrientes de superficie oceánicas

Los volúmenes desplazados por estas corrientes son enormes. Para cuantificarlos se utiliza como unidad el Sverdrup (Sv) que equivale a un flujo de un millón de metros cúbicos de agua por segundo. Valores típicos de caudales y/o velocidades, representativos de la magnitud de algunas de estas corrientes, son:



(1888 – 1957)  
Noruega

Corriente del Golfo: 55 Sv, 150-250 cm/s

· Corriente de Canarias: 2-16 Sv.

Corriente de Kuroshio: 65 Sv, 75-300 cm/s.

Corrientes Ecuatoriales: 10-30 Sv, 20-50 cm/s

Contracorriente Ecuatorial: 30 Sv, 40-60 cm/s

Corriente Circumpolar Antártica: 100 Sv, 25-30 cm/s

· Corriente del Artico: 1-3 cm/s



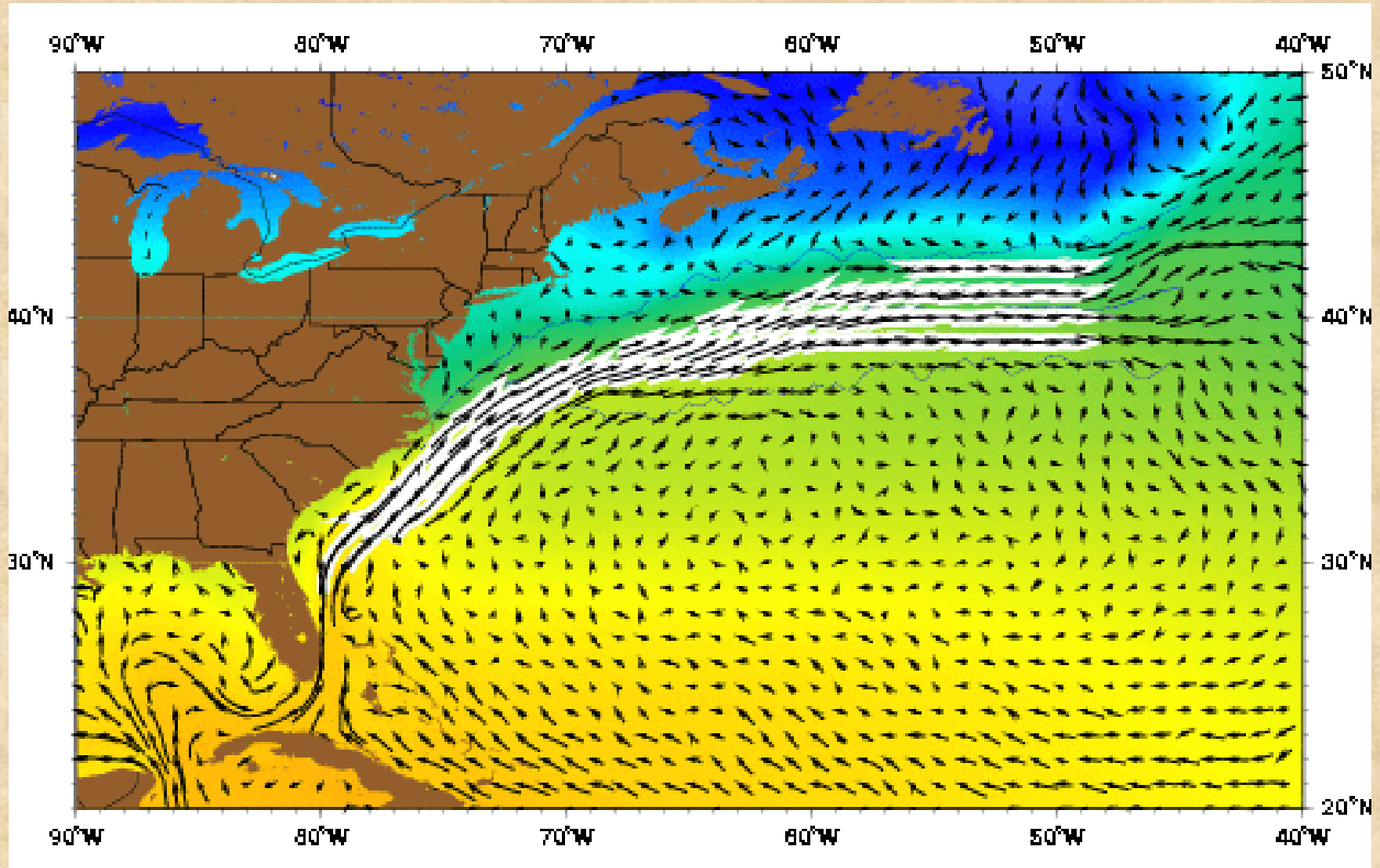
- **Corrientes del Atlántico Norte**

- Comprende el transporte de agua hacia el norte y al este con diversas ramas formado por la corriente de Florida, la corriente del Golfo y la del Atlántico Norte.
- La corriente del Golfo lleva agua de las cálidas zonas tropicales, desde el Océano Atlántico norte hacia el noreste, a través del océano, alcanzando el Mar de Noruega.



# Corriente del Golfo Representada por Mariano Global Surface Velocity Analysis (MGSSVA)

La CG es la frontera oeste del giro subtropical del Atlántico Norte. Transporta cantidades significativas de agua cálida. El corazón de esta corriente es de aproximadamente 90 Km de ancho y presenta velocidades pico de 2 m/s (5 nudos).





# Corriente Nor - Ecuatorial

Es el flujo oeste que forma parte del componente sur del giro del Atlántico norte. Se alimenta de la corriente de Canarias y sus aguas finalizan eventualmente en el Golfo de Stream, también vía corriente de las Antillas o completamente al Caribe vía la corriente de Guyanas (0,48 - 1,9 nudos 200 – 400 metros).



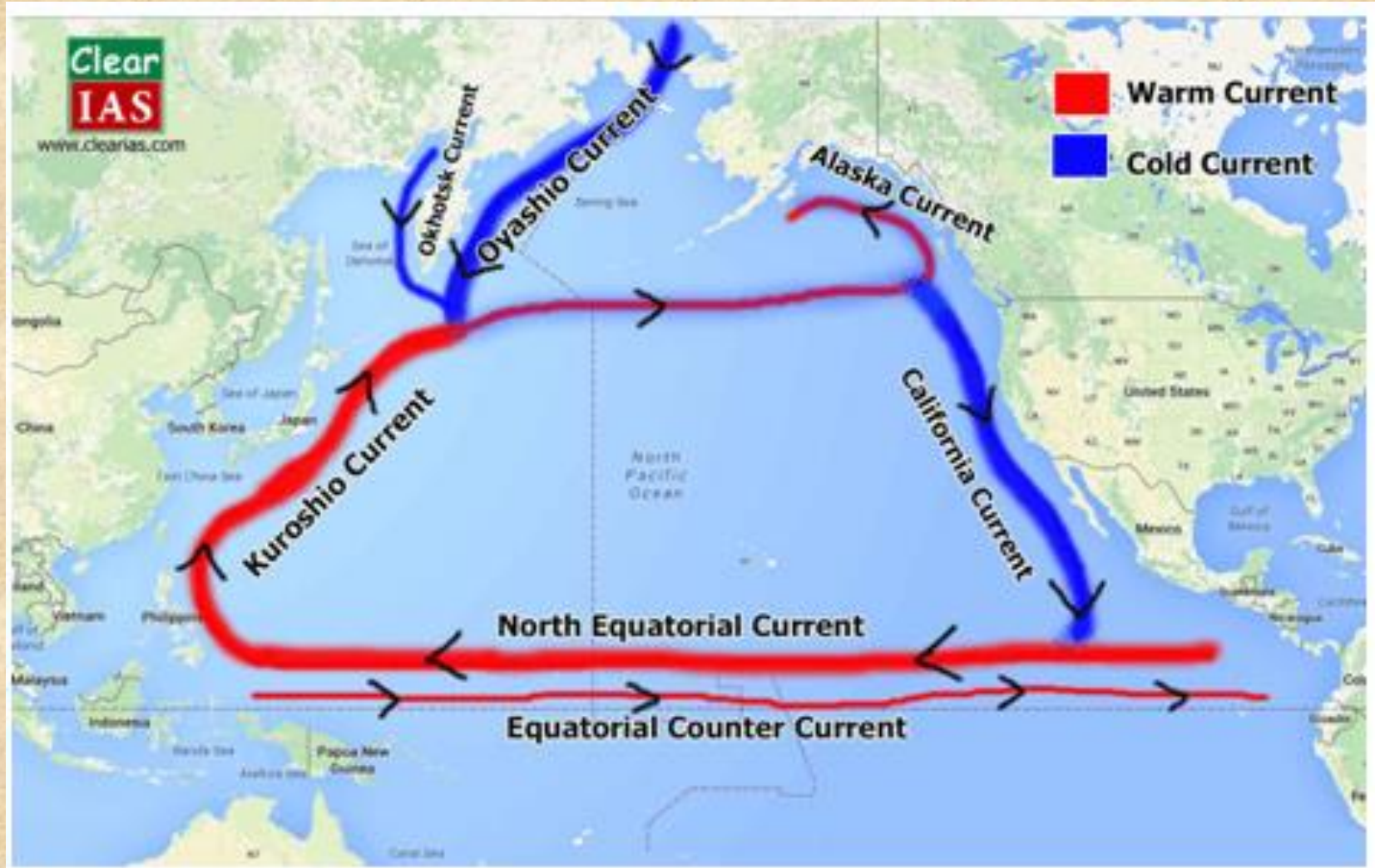
- **Corrientes del Pacífico Norte**

- En el Océano Pacífico hay una corriente, Kuro - Shivo, que lleva agua cálida hacia el norte desde el Japón, hasta las latitudes altas y hacia el este, en dirección a Alaska, mezclándose con la rama norte de la corriente de Oya - Shivo, de aguas frías, que proviene de la corriente de Alaska, y llega a las islas septentrionales del Japón.
- La corriente fría de California fluye a lo largo de las costas occidentales de América del Norte, y está asociada al fenómeno de surgencia que se manifiesta, de manera señalada, entre los 45° y los 35° de latitud norte.



# Corriente Kuroshio

La corriente de Kuroshio es una corriente cálida que viaja a una velocidad de 7 km por hora (16,2 nudos), un poquito mas rápido que un adulto corriendo. Esta fuerte corriente alcanza un ancho de 100 kilómetros y trasporta 50 millones de toneladas de agua por segundo, dependiendo del lugar.



# • Corrientes del Pacífico Sur

• En el Pacífico Sur se encuentra la corriente del Perú, que corre a lo largo de la costa occidental de América del Sur. Por la latitud, el clima debería corresponder a la zona intertropical; pero las aguas frías enfrían a su vez a la atmósfera

• . Está asociada a una surgencia muy marcada, frente al Perú, la cual es particularmente manifiesta entre los  $5^{\circ}$  y los  $15^{\circ}$  S; determinando este fenómeno la localización de una pesquería muy importante, desde el punto de vista económico.

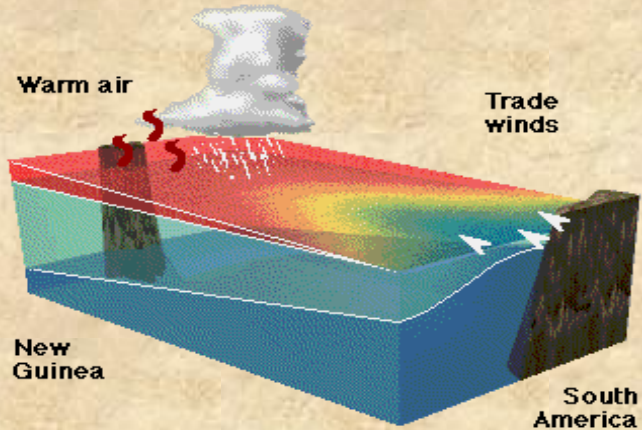
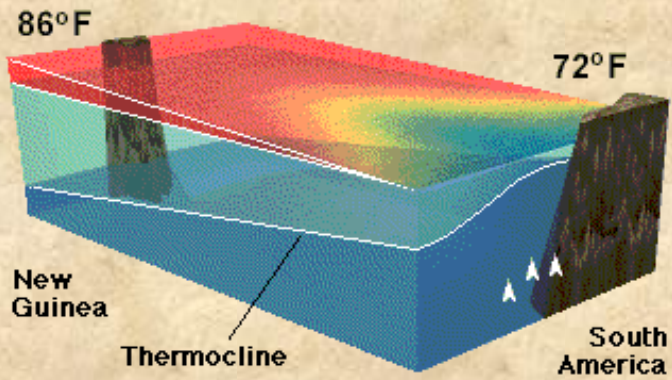
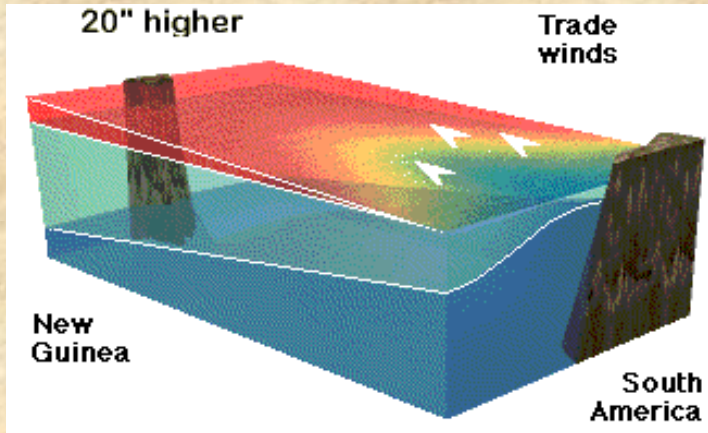
Hay ocasiones en las que esta corriente no llega a emerger y los vientos del norte llevan aguas calientes hacia el sur. Cuando esto sucede, una corriente cálida, reemplaza a la corriente de Humboldt. El Niño provoca un ascenso de la temperatura de las aguas superficiales de unos  $10^{\circ}\text{C}$ . Esto supone una disminución del plancton que se desarrolla en la corriente más fría.



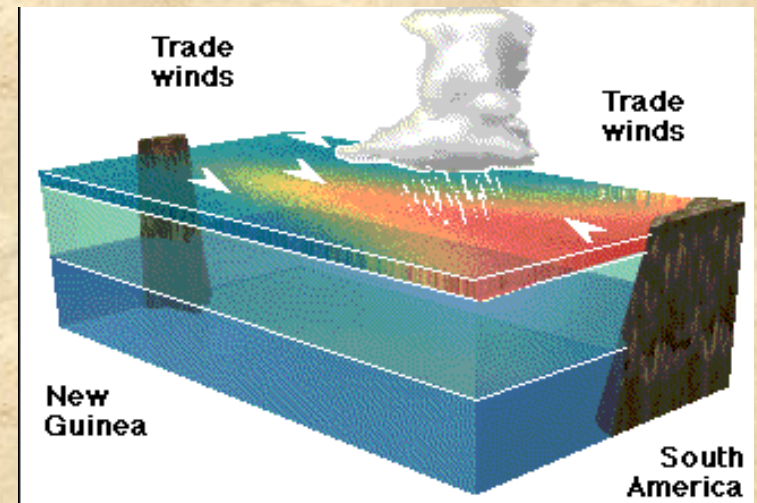
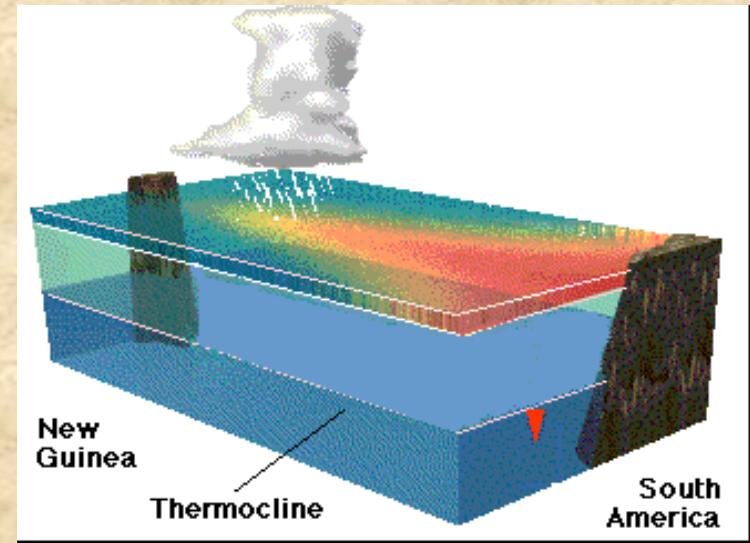
**Cold Humboldt Current off Coast of Peru**



# Condiciones normales



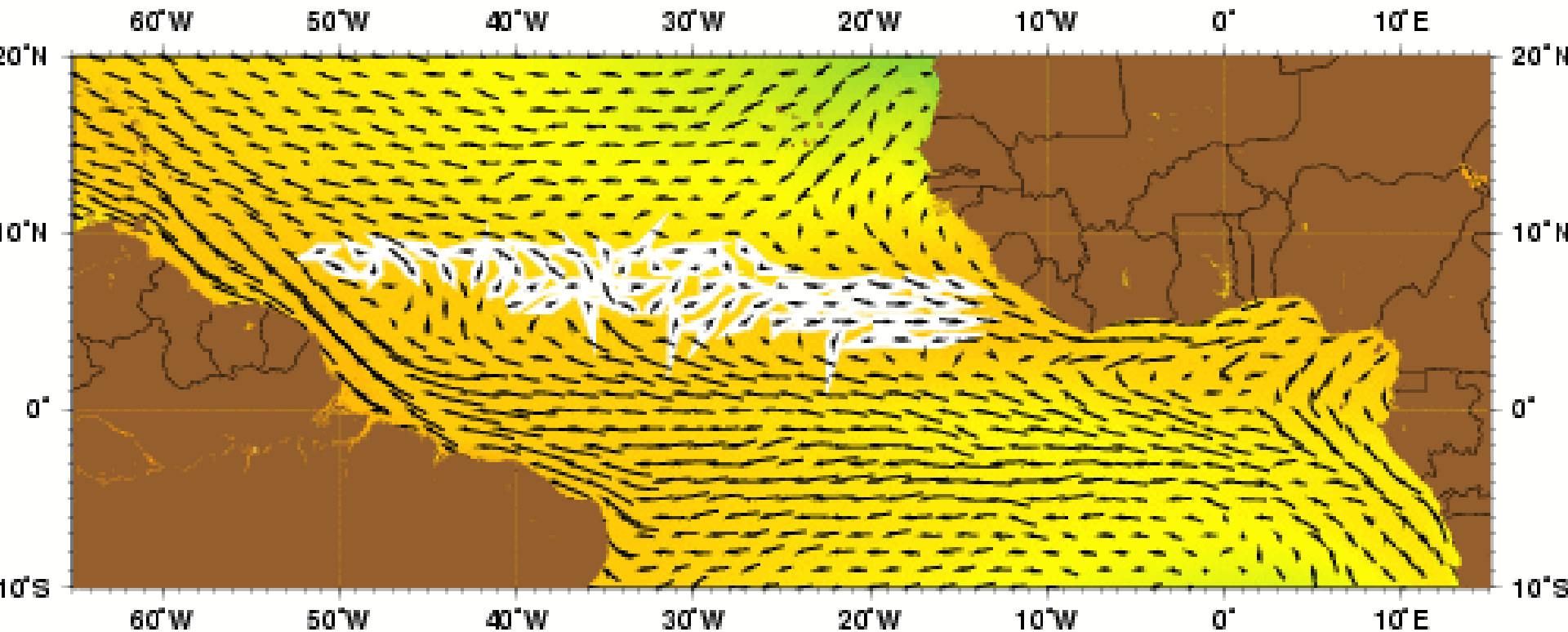
# Condiciones de el niño



# Contra corriente Nor - Ecuatorial

La NECC del Atlántico consiste en el transporte de agua hacia el este entre 3° y 9° N, con ancho 300 km. Posee extrema estacionalidad. El caudal máximo hacia el este se alcanza al final del verano y el otoño del HN, mientras que la contracorriente se sustituye por el flujo hacia el oeste a finales del invierno y primavera. Aproximadamente 30-40 Sv (40-60 cm<sup>3</sup>/s)(0,97 nudos).

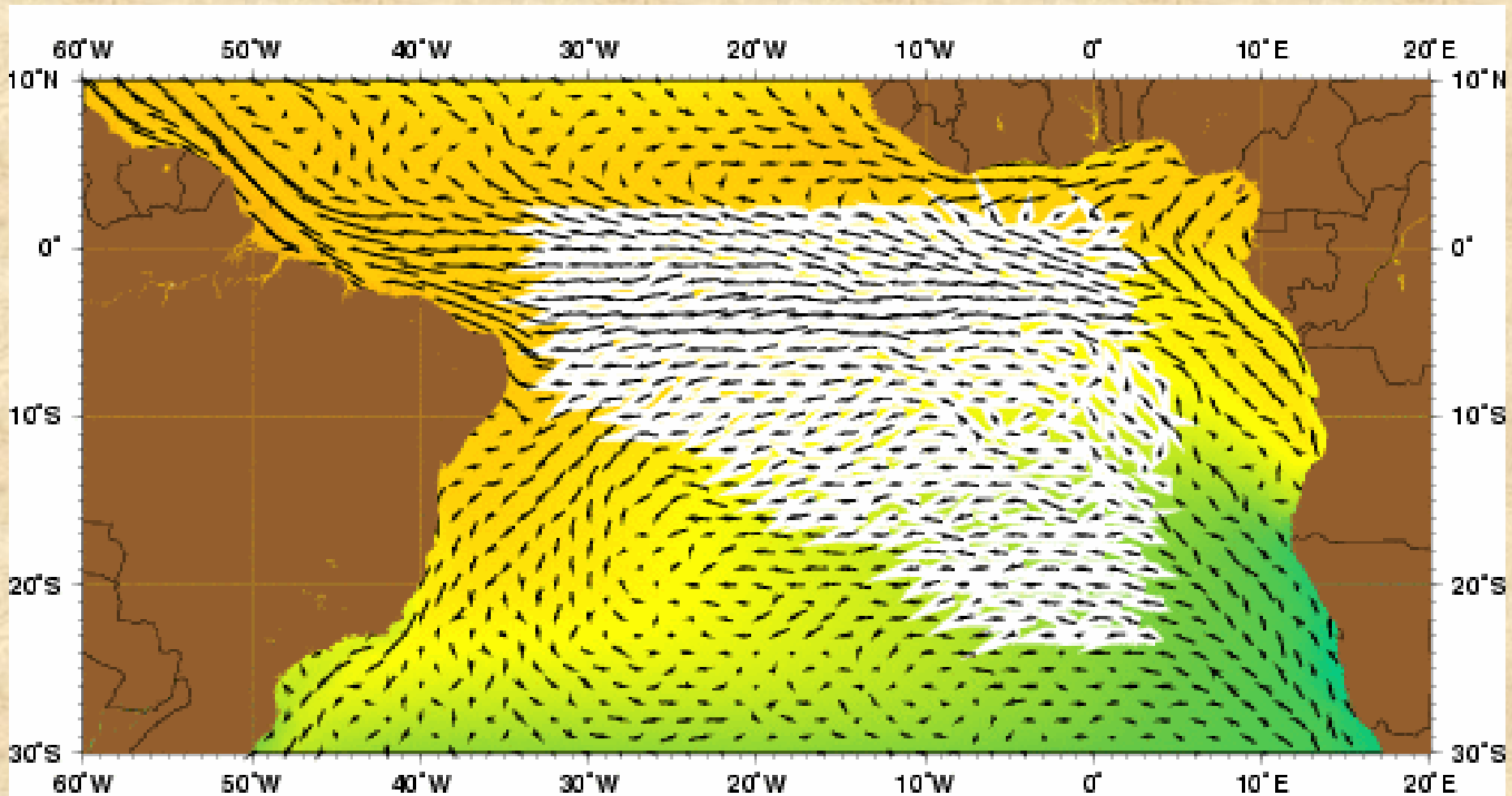
Mientras que la variabilidad de la NECC Atlántico está dominada por el ciclo anual. Su fuerza es notablemente mayor en años posteriores de El Niño en el Pacífico tropical, Físicamente, esto implica que la alteración en el Océano Pacífico impulsa cambios en la fuerza del viento sobre el Atlántico ecuatorial.



# Corriente Sur - Ecuatorial

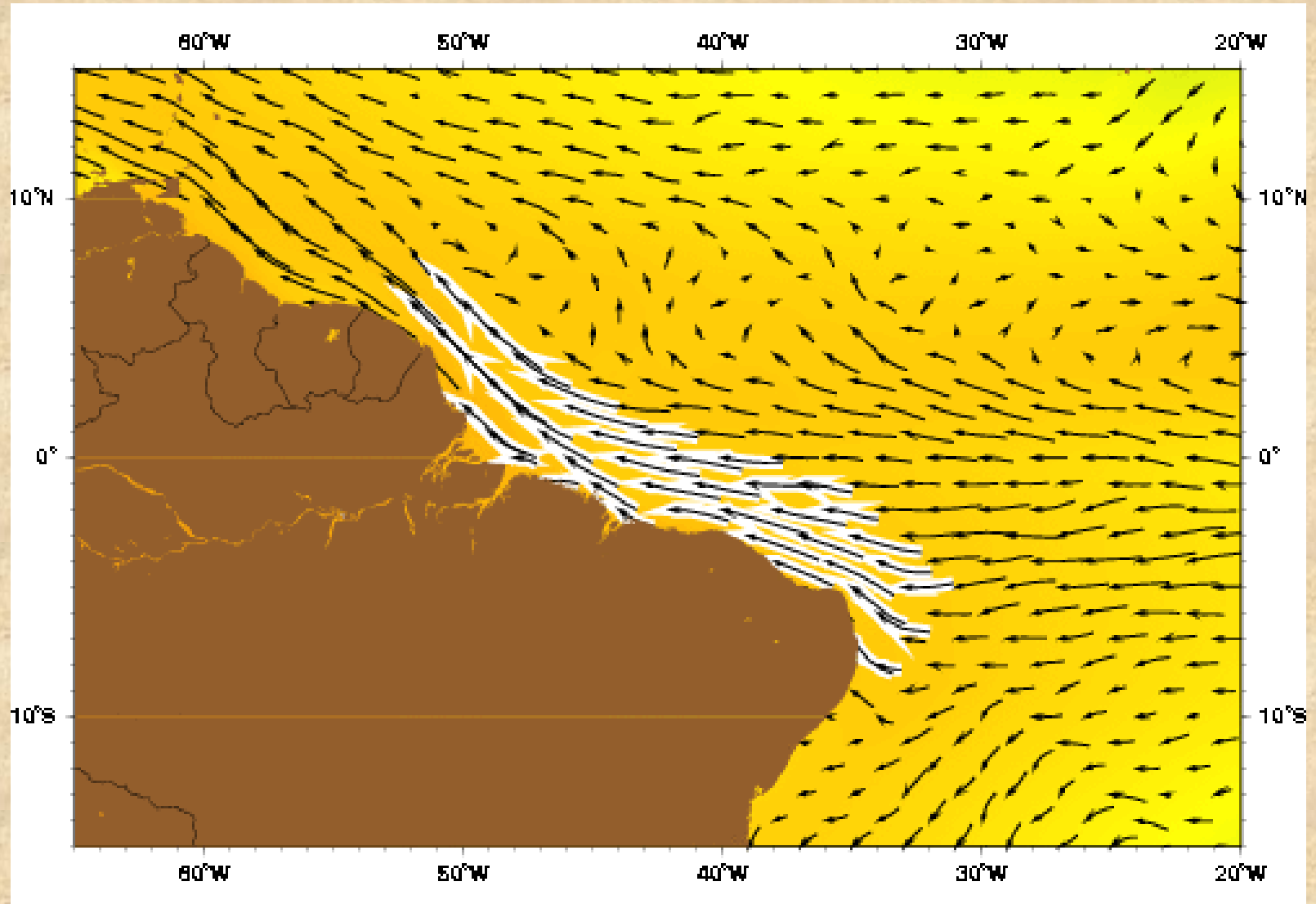
La CSE es una ancha corriente que corre hacia el oeste. Es la primera gran corriente de superficie que contribuye a la circulación del Atlántico.

Su profundidad nominal es de 100 m. Su influencia hacia el norte es cerca de 4°N, mientras que el brazo sur se encuentra usualmente entre 15-25°S, dependiendo la época del año.



# Corriente del Norte de Brasil

La CNB cálida es una corriente que corre contra el continente muy bien estabilizada, que transporta aguas templadas originarias del noroeste Atlántico a lo largo de la costa del Brasil cruzando el ecuador y dentro del hemisferio norte.

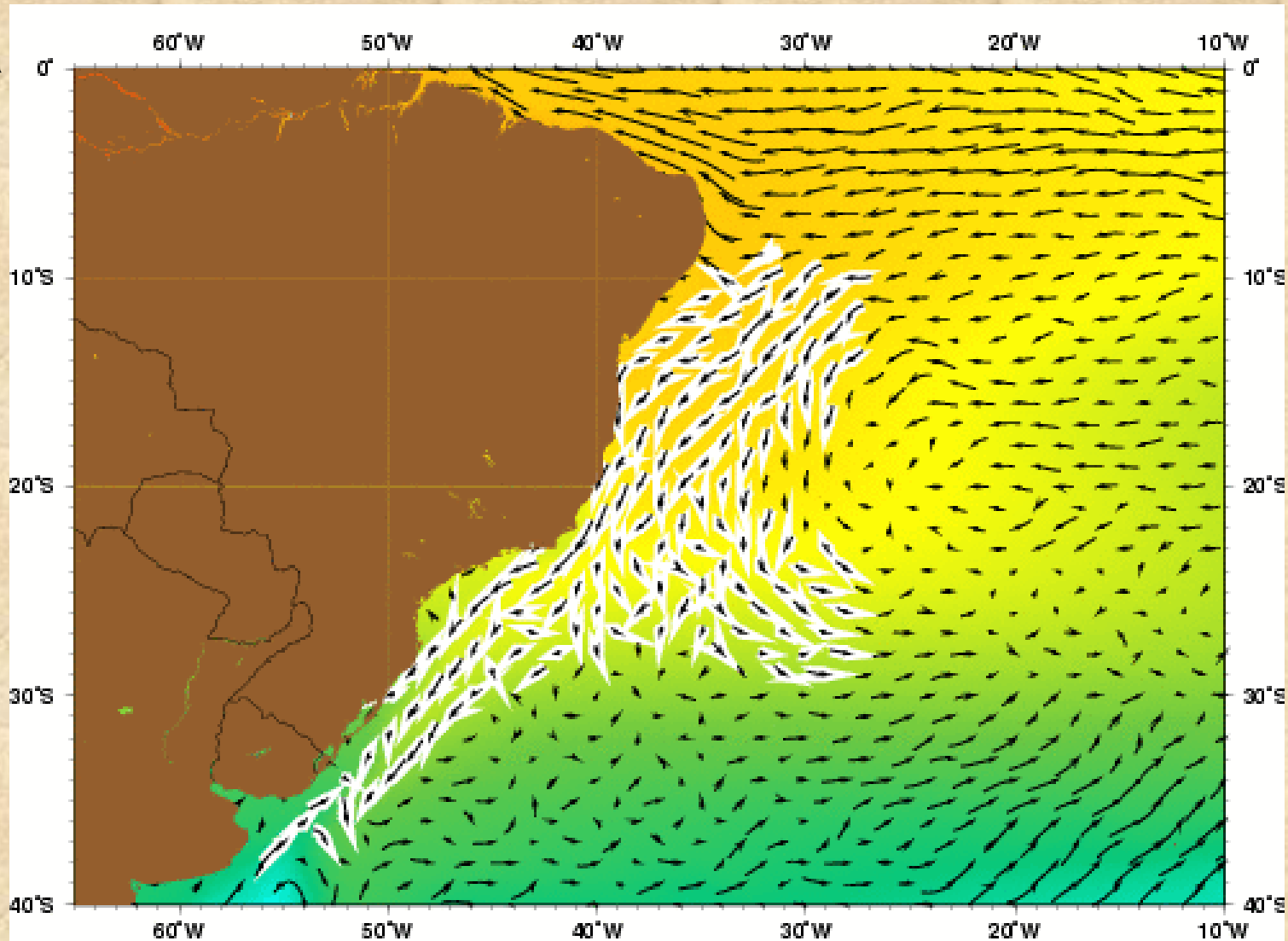




# Corriente del Brasil

La CB transporta agua subtropical tibia por la costa de Brasil desde los 9°S hasta los 38° S. Superficie hasta 600 metros. Fluye hasta 33 – 38 sur y choca con la corriente de Malvinas (zona de confluencia Brasil-Malvinas).

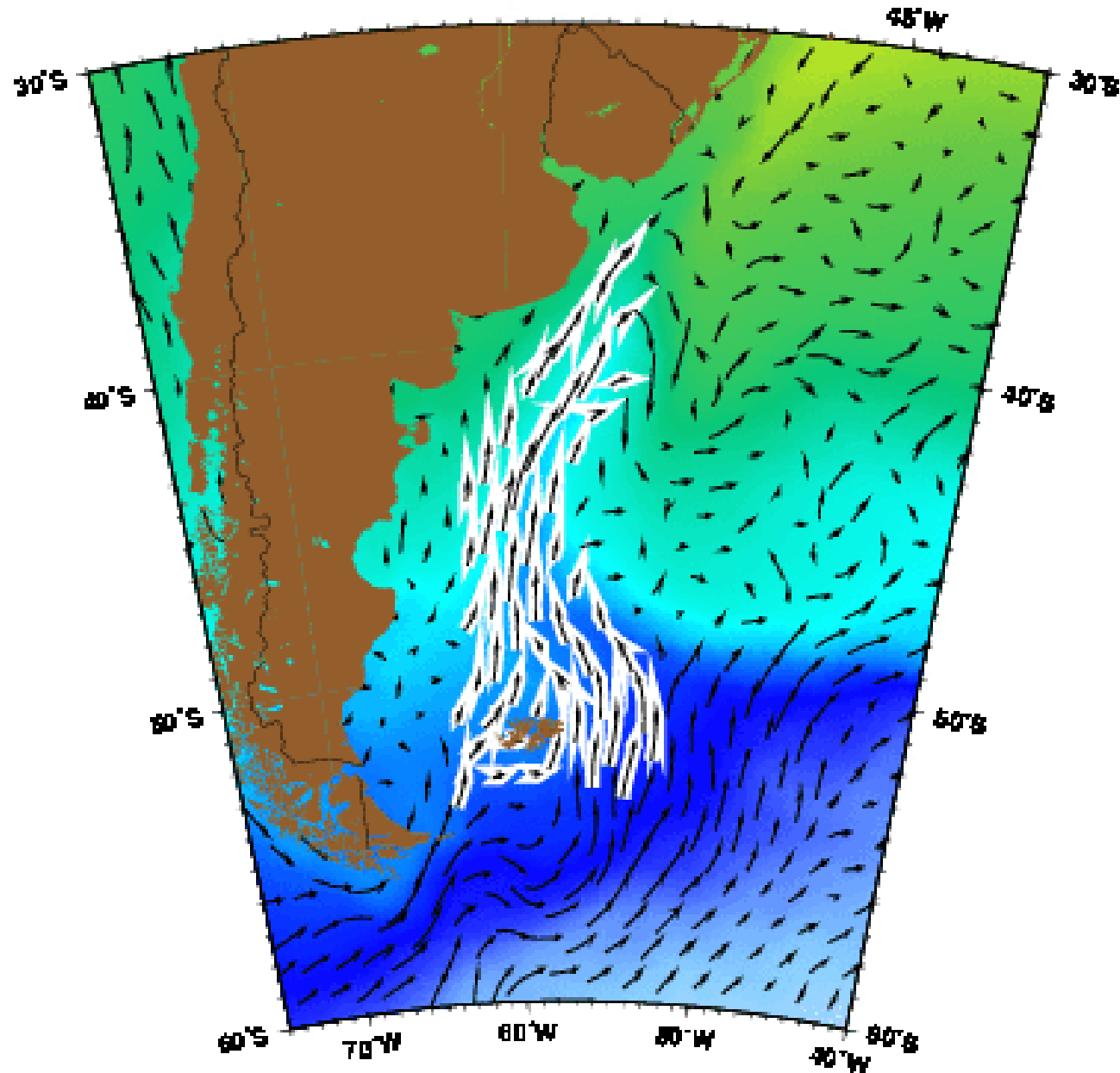
Velocidades de 5 a 6 Sv en superficie hasta 20°S. A los 33°S puede alcanzar velocidades de 20 Sv. Temperatura promedio 18 – 28°C. Salinidades de 35,1 a 36,2. a los 20°S alcanza salinidades de 37,0.



# Corriente de Malvinas

La CM es una rama de la corriente circumpolar y fluye hacia el norte a lo largo de la plataforma continental Argentina hasta alcanzar la corriente del Brasil frente al estuario del Río de la Plata. 100 Km de ancho, temperatura promedio 6°C, velocidad muy variable 10-12 Sv (0,55 nudos).

El límite norte esta marcado por la corriente cálida de Brasil



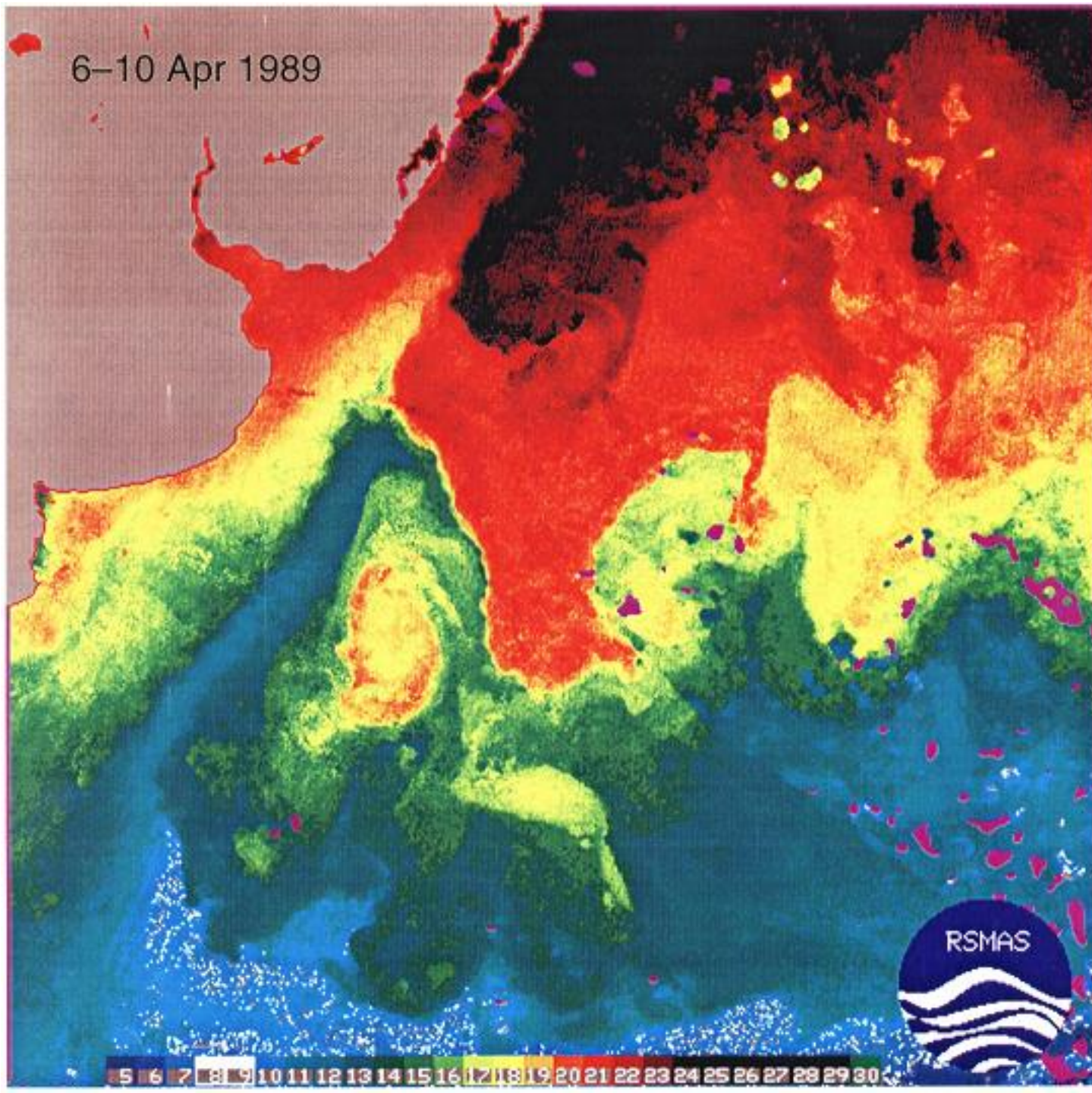
- **Corriente de Malvinas**

- La corriente fría de Malvinas fluye hacia el noreste, a lo largo de la costa argentina y uruguaya, sobre el talud continental, desde su origen, como una rama de la corriente Circumpolar Antártica, hasta los 36° S; su ancho aproximado es de 100km.
- El borde oeste de la corriente de Malvinas es, prácticamente, paralelo a la isobata de 200 metros, y es limitado por las aguas de la plataforma continental.
- El borde norte del agua fría es limitado por el agua cálida de la corriente de Brasil, y su borde este se extiende adyacente a las aguas cálidas que son mezcladas periódicamente por meandros y por eddies de núcleo caliente, asociados con la corriente de Brasil.



6–10 Apr 1989

La confluencia entre el agua cálida con la corriente del Brasil, y el agua fría asociada con la corriente de Malvinas, ocurre entre los  $37^{\circ}$  y  $39^{\circ}$  S, siendo la posición media de esta confluencia en la circulación superficial cerca de los  $39^{\circ}$  S

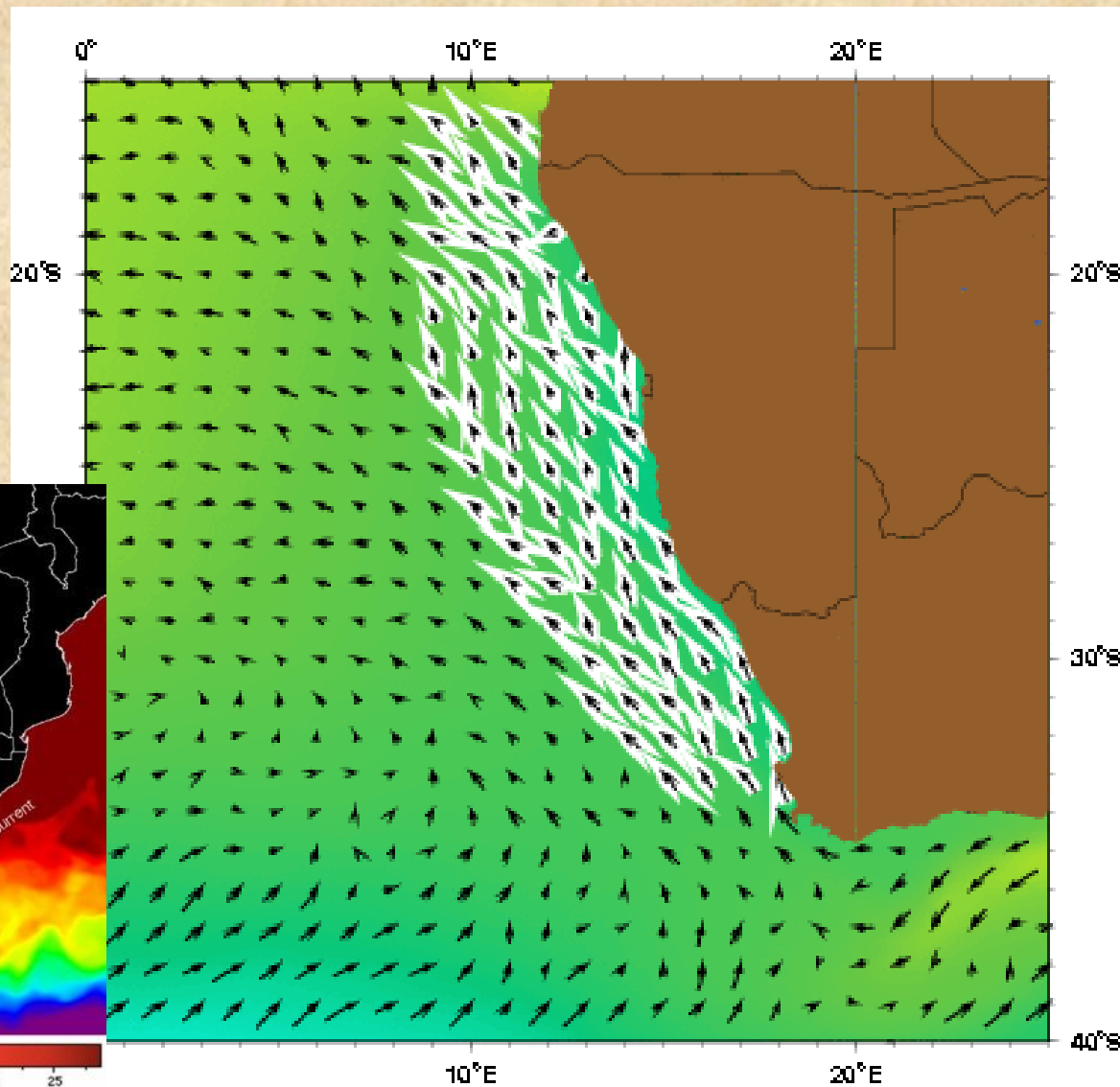




# Corriente de Benguela

La BC es una corriente oceánica fría que se dirige al norte paralela a la costa oeste del África Austral (Sudáfrica, Namibia, Angola). Es el límite oriental del giro subtropical Atlántico.

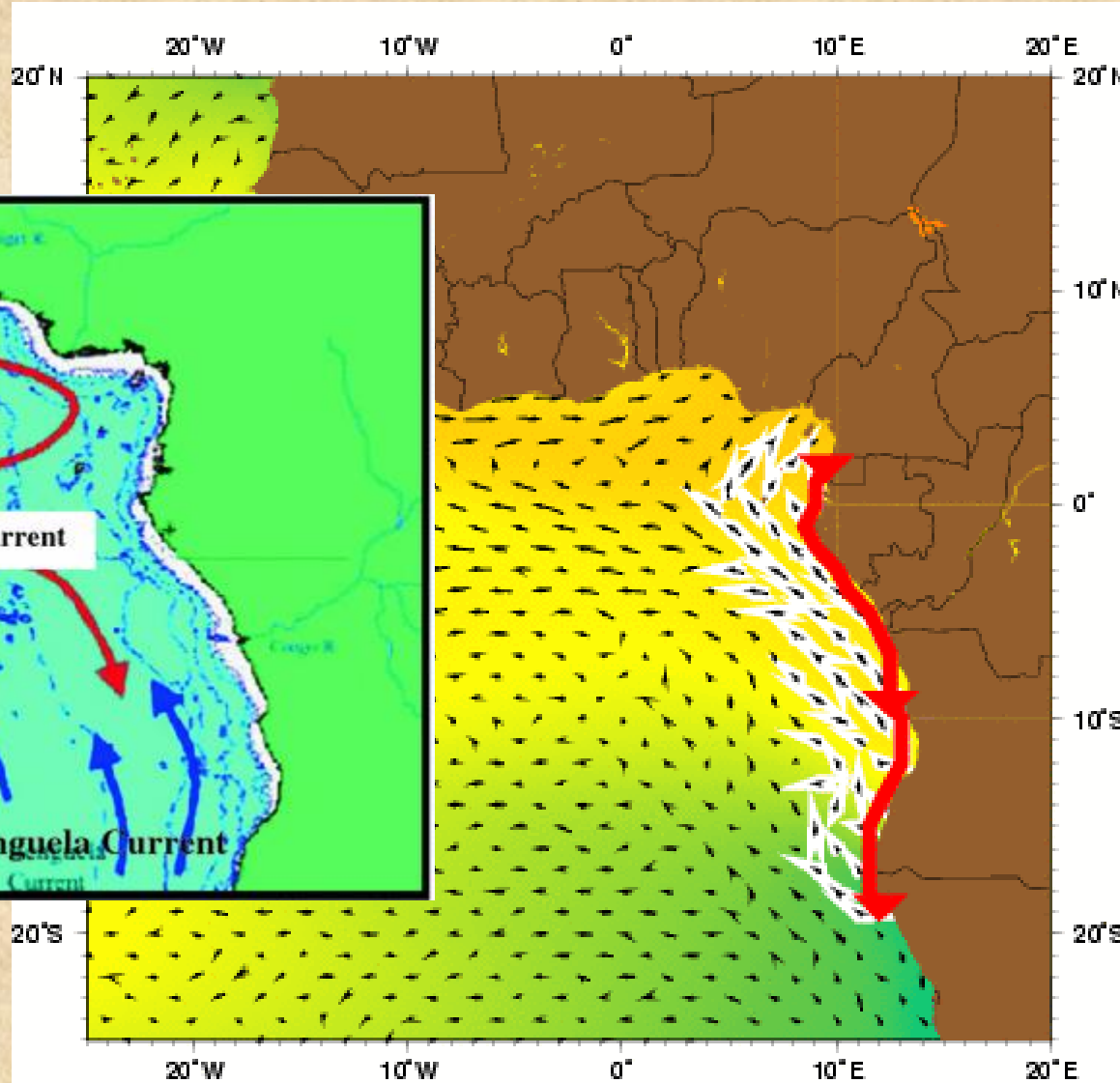
Conforme se acerca el ecuador se va calentando y derivando hacia el oeste por la fuerza de Coriolis y por la propia conformación de la costa africana originando la corriente ecuatorial del Sur. Velocidad varía con la estación del año en promedio 13 sv (1 nudo)



# Corriente de Angola

La AC forma la sección oriental de un giro ciclónico en el Golfo de Guinea. Es un flujo rápido, estrecho y estable que alcanza profundidades de 250-300 m y cubre la plataforma como el talud continental. Velocidades de  $9^{\circ}$  S- $16^{\circ}$  S a lo largo de la costa ( $50 \text{ cm s}^{-1}$ ) (0,97 nudos).

Variabilidad estacional en la velocidad. Temp mayor a  $24^{\circ}\text{C}$  y salinidad mayor a 36,4 psu.

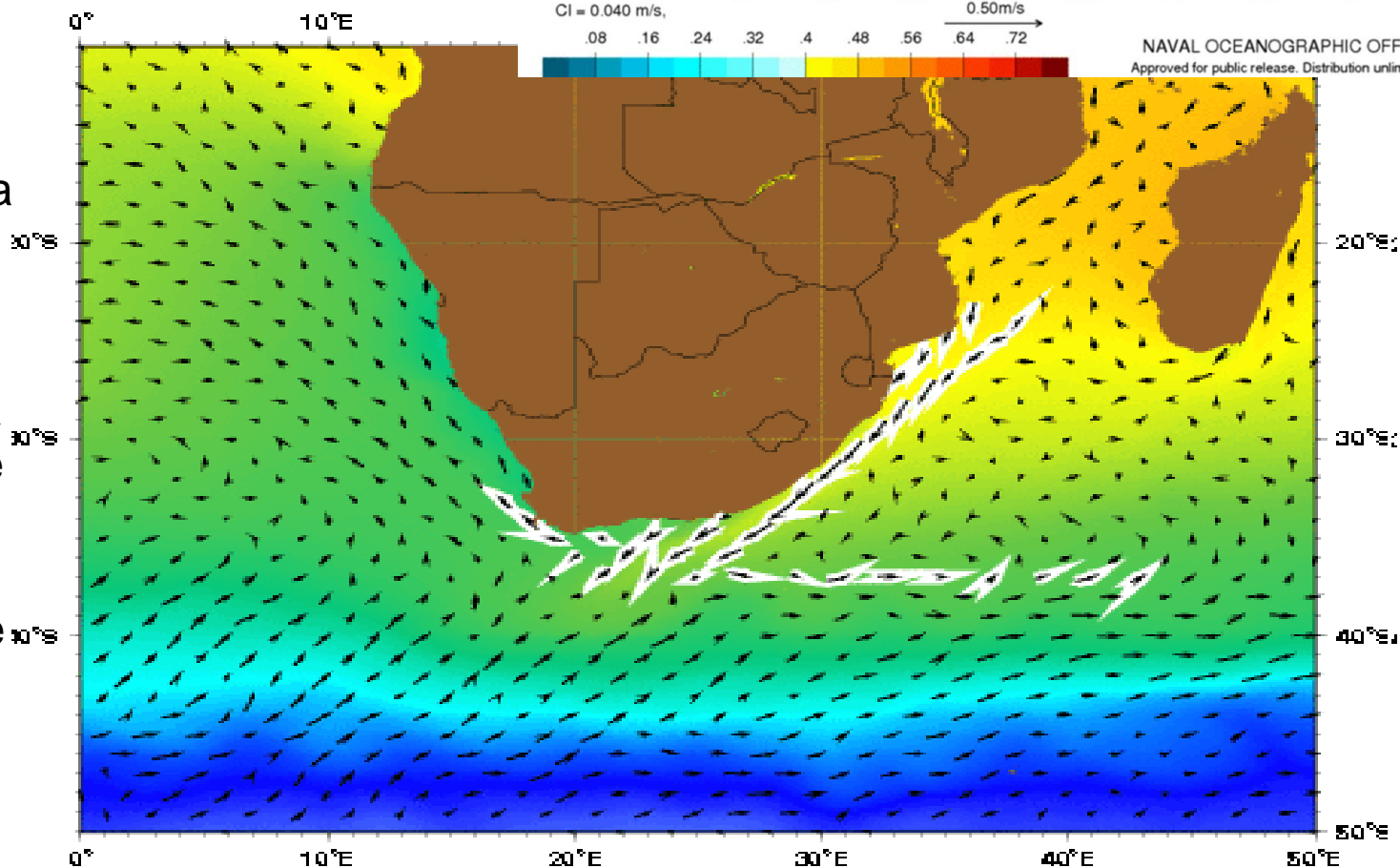
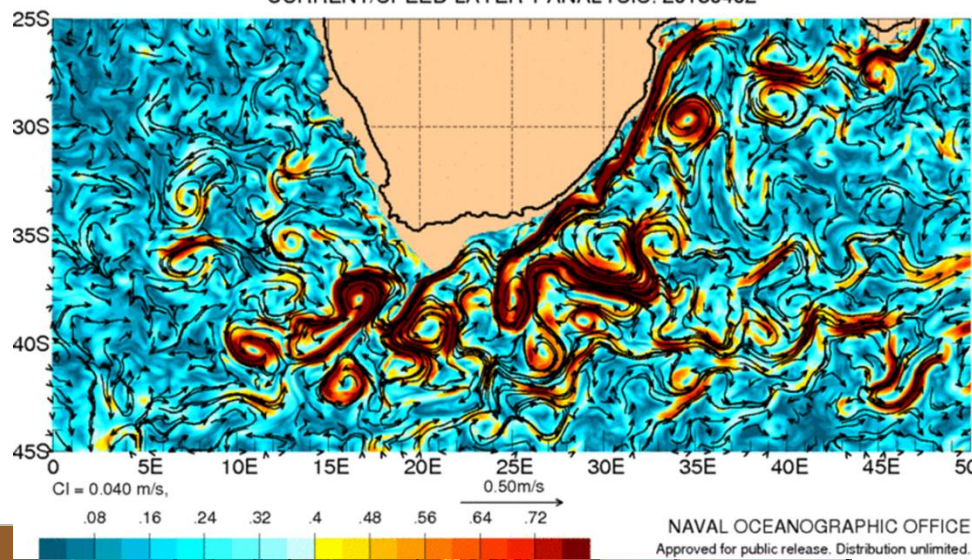


A  $15^{\circ}$ S, la corriente de Angola converge con la corriente de Benguela formando un Frente.

# Corriente de Agulhas

La corriente de Agulhas es la corriente límite occidental del sur del Océano Índico. Fluye por la costa este de África de  $27^{\circ}$  S a  $40^{\circ}$  S. Es bastante rápida (200 cm/s)(3,8 nudos). Transporta 67 Sv.

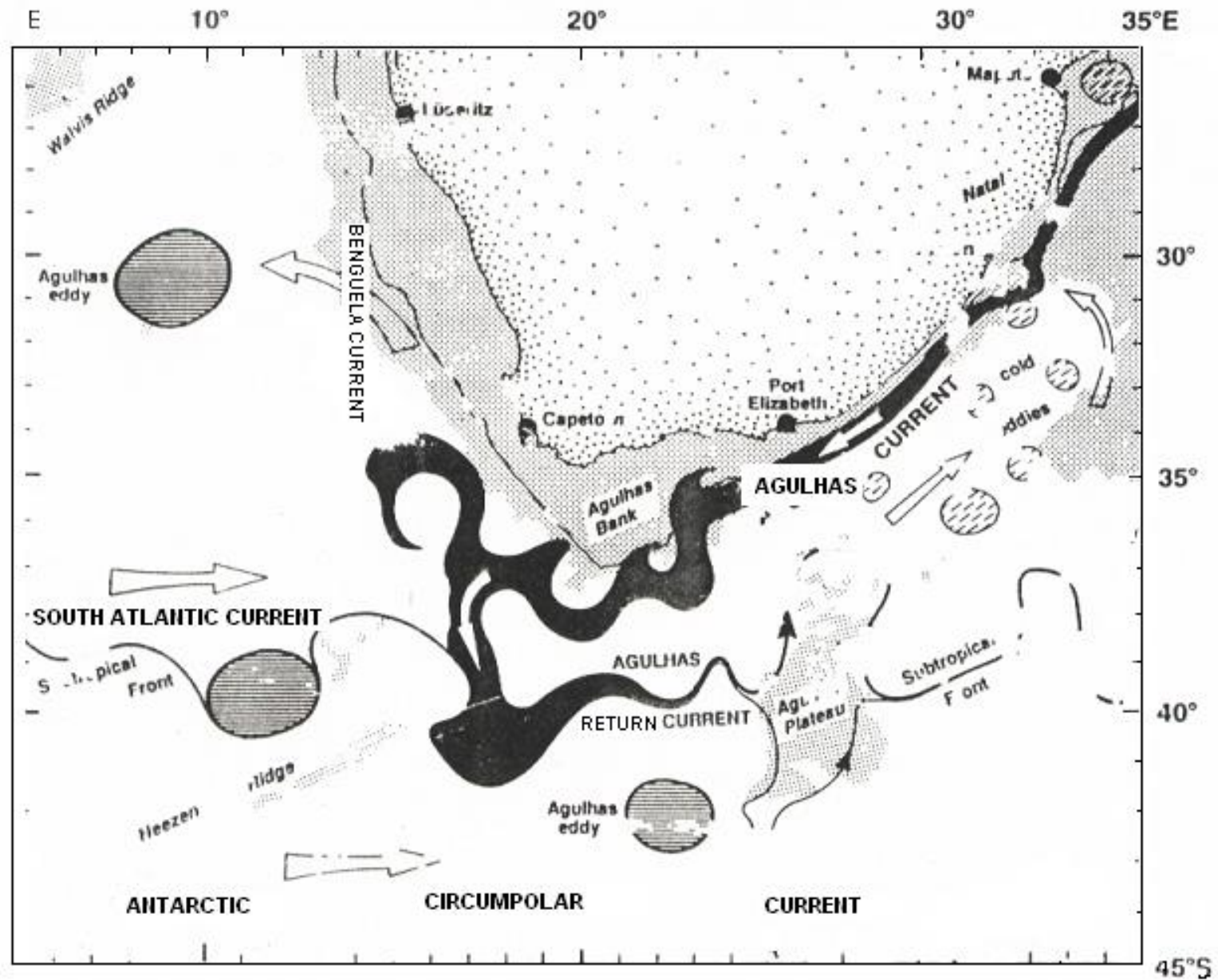
Cuando llega al extremo sur de África, comienza a girar hacia el oeste. Cuando llega al Océano Austral, se refleja o retrocede sobre sí misma y fluye hacia el este como la Corriente de retorno de Agulhas.



NAVAL OCEANOGRAPHIC OFFICE  
Approved for public release. Distribution unlimited.



# Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean



# CORRIENTE CIRCUMPOLAR ANTÁRTICA

Transporta agua desde el oeste, hacia el este, alrededor de la Antártida, mostrando desviaciones asociadas a características geográficas y topografía de fondo. También conocida como viento del oeste fluye de oeste a este en el Océano Antártico que rodea la Antártida. ACC es una de, si no la mayor, la corriente oceánica más grande en 125 Sv. La ACC se extiende desde la superficie hasta profundidades de 2000-4000 m. y puede ser ancho como 2000 km; El principal impulsor de esta corriente masiva hacia el este es un fuerte viento del oeste. La ACC conecta los océanos: Pacífico, Atlántico, Índico y Sur.

