

Circulación forzada por el viento

Circulación General
Circulación General de la Atmósfera
Procesos Atmosféricos en Gran Escala

DCAO-FCEN-UBA

22 de agosto de 2024

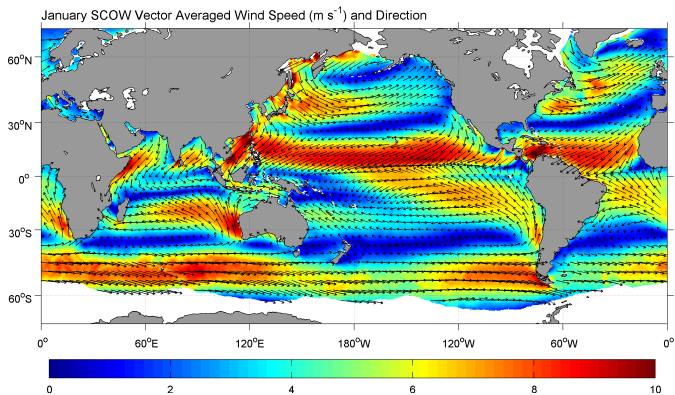
¿Cómo puede ser forzado el océano?

- Esfuerzo superficial del viento
- Flujos superficiales de calor y agua dulce
- Acción de la marea
- Interacción con los contornos y el fondo
- Planeta que rota bajo el efecto de la gravedad

¿Cómo puede ser forzado el océano?

- Esfuerzo superficial del viento
- Flujos superficiales de calor y agua dulce
- Acción de la marea
- Interacción con los contornos y el fondo
- Planeta que rota bajo el efecto de la gravedad

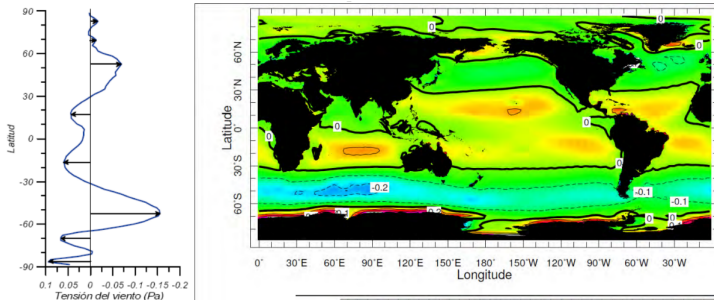
Dirección e intensidad del viento en superficie



Dirección e intensidad del viento (u, v) sobre la superficie del océano. C.M. Risien and D.B. Chelton (2008)

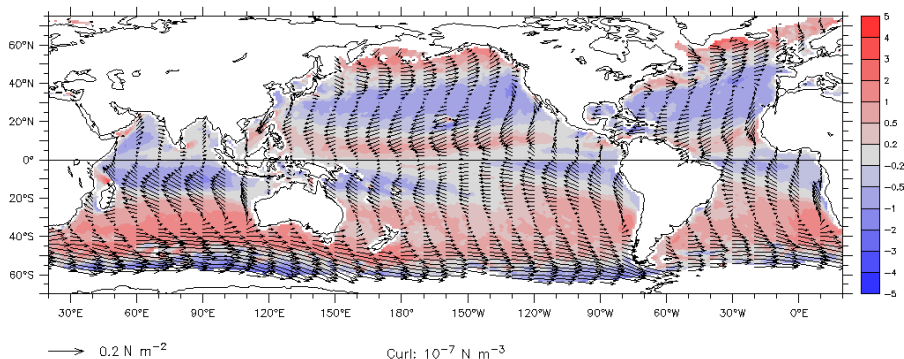
- Vientos oestes en latitudes medias
- Vientos alisos (estes) en latitudes bajas cercanas al Ecuador

Tensión superficial del viento



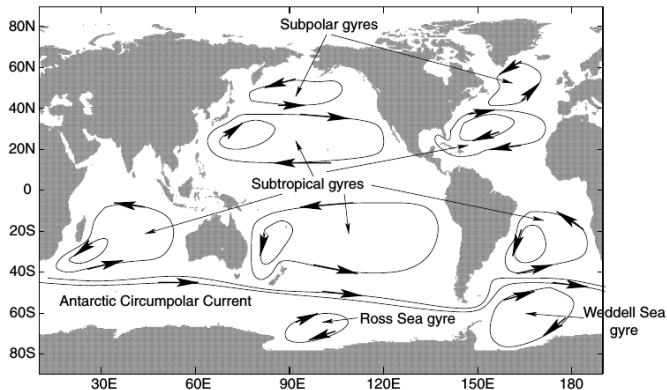
- Media climática (1/1949-7/2017) de la componentes zonal de la tensión del viento en superficie (en Pascales). Media zonal de la tensión del viento zonal.
- De forma simplificada, el perfil zonal de la tension del viento en latitudes medias es sinusoidal

Rotor de la Tensión superficial del viento



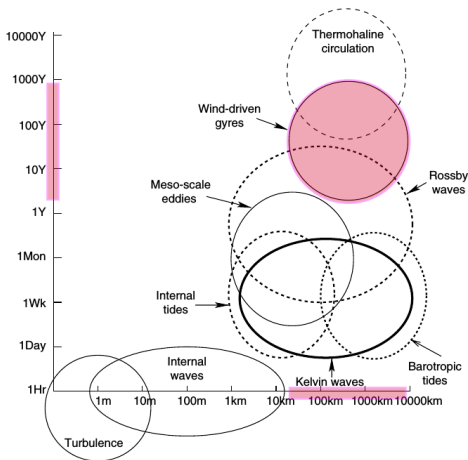
- Media climática del rotor de la tensión del viento en superficie.
- Notar el signo del campo del rotor de la tension del viento y su relacion con el perfil meridional de la tension del viento zonal

Circulación oceánica superficial



- Giros subpolares \Rightarrow ciclónicos
- Giros subtropicales \Rightarrow anticiclónicos
- Corriente circumpolar antártica \Rightarrow inducida por la banda de oestes en el HS

Circulación oceánica superficial



Escalas espacio-temporales de los movimientos oceánicos

Teorías lineales de circulación

- Sverdrup (1947)
- Stommel (1948)
- Munk (1950)

Sverdrup (1947)

"Wind-driven currents in a baroclinic ocean, with application to the Equatorial Currents of the Eastern Pacific" Sverdrup, 1947

- Los gradientes horizontales de presión son balanceados por la fuerza de Coriolis
- Tanto las velocidades horizontales como los gradientes horizontales de presión se anulan a una cierta profundidad debajo de la superficie
- La fuente de energía del sistema es el rotor de la tensión del viento

Sverdrup (1947)

Ecuaciones de movimiento

$$-\rho f v = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial \tau_x}{\partial z}$$

$$\rho f u = -\frac{\partial P}{\partial y}$$

Integración en z

$$f M_y = -\frac{\partial P}{\partial x} + \tau_x$$

$$f M_x = -\frac{\partial P}{\partial y}$$

Descomposición del transporte

$$M = M_E + M_G$$

$$M_{Ex} = 0$$

$$-M_{Ey} = \frac{1}{f} \tau_x$$

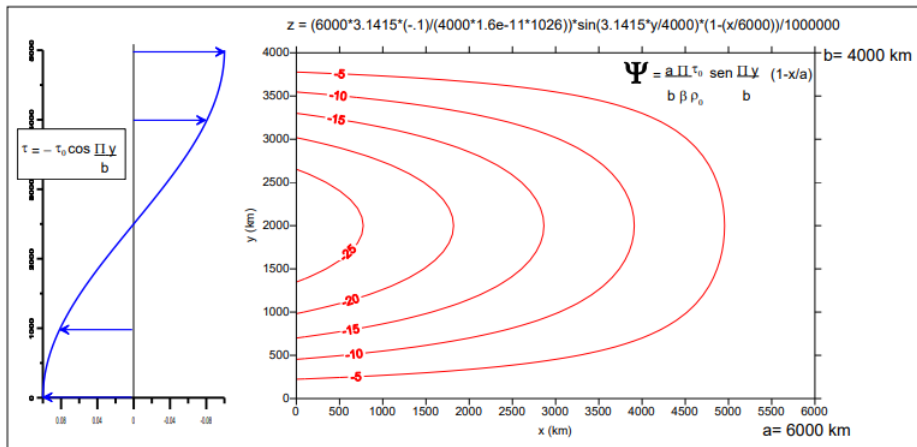
$$M_{Gx} = -\frac{1}{f} \frac{\partial P}{\partial y}$$

$$-M_{Gy} = -\frac{1}{f} \frac{\partial P}{\partial x}$$

Continuidad

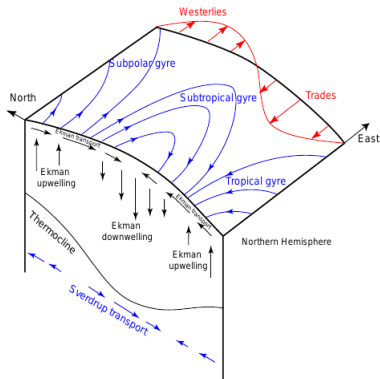
$$\frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial M}{\partial y} = 0 \Rightarrow \beta M_y = -\frac{\partial \tau_x}{\partial y}$$

Sverdrup (1947)



Circulación del balance de Sverdrup en el HN

Sverdrup (1947)



- Los vientos del oeste y los alisios fuerzan convergencia en la capa de Ekman \Rightarrow Ekman downwelling en latitudes medias
- Ekman upwelling en latitudes bajas y altas
- Transporte de Sverdrup meridional hacia el Ecuador

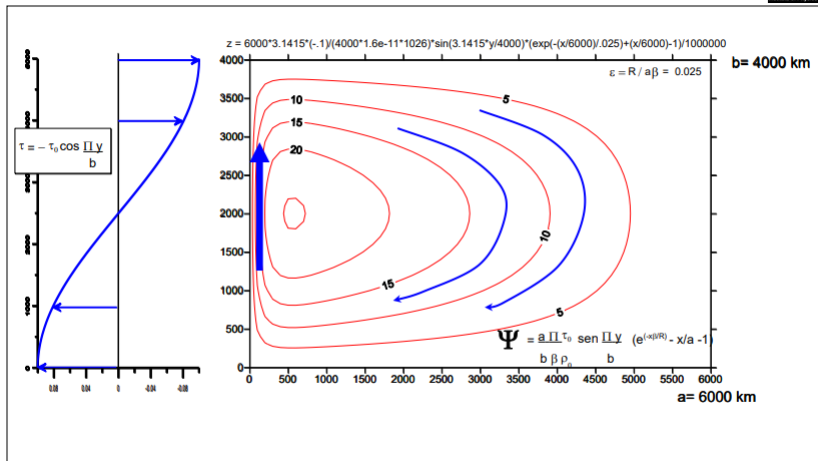
Circulación del balance de Sverdrup en el HN

Stommel (1948)

"The westward intensification of Wind-driven ocean currents" Stommel, 1948

- Cuenca oceánica rectangular bajo la influencia del esfuerzo del viento
- Fricción de fondo proporcional a la velocidad del fluido \Rightarrow cambio de vorticidad planetaria balanceado por la fricción de fondo.
- Gradientes horizontales de presión causados por cambios en la superficie libre y la fuerza de Coriolis

Stommel (1948)



Solución de Stommel para el HN con plano β

Stommel (1948)

- El cambio de f con la latitud genera una CBO a partir de la generación vorticidad planetaria
- En el BO el input de vorticidad del viento y la vorticidad planetaria es balanceada con fricción
- En el interior de la cuenca el balance es entre el viento y el término de vorticidad planetaria

$$\beta v - (\nabla \times \tau_s) + K\xi = 0$$

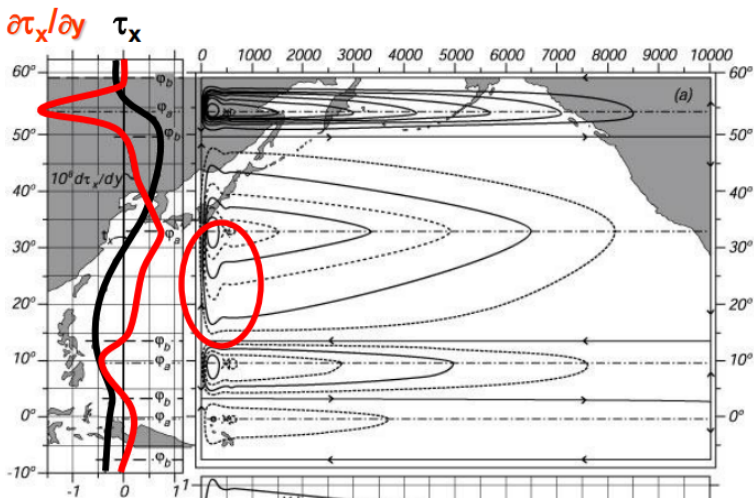
$$\xi = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}; K \text{ coeficiente de fricción}$$

Munk (1950)

On the wind-driven ocean circulation Munk, 1950

- Se basa en los modelos de Sverdrup y Stommel
- Agrega coeficientes constantes de fricción lateral eddy
- Integra las ecuaciones de movimiento hasta una profundidad de no movimiento y reescribe los términos utilizando función corriente

Munk (1950)



Solución de Munk

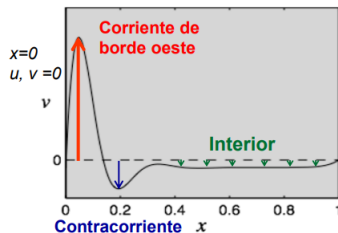
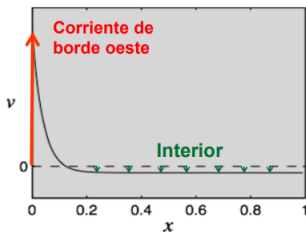
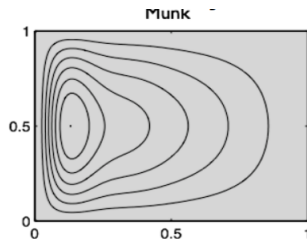
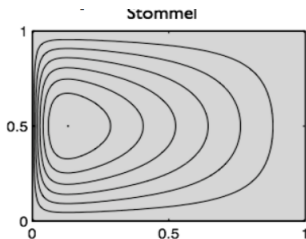
Munk (1950)

- En el BO se genera una CCBO, producto del coeficiente de fricción lateral
- En el interior de la cuenca el balance es entre el viento y el término de vorticidad planetaria

$$\beta \frac{\partial \psi}{\partial x} - (\nabla \times \tau_s) - A_H \nabla^4 \psi = 0$$

$$\xi = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}; A_H \text{ coeficiente de fricción lateral}$$

Stommel y Munk comparacion



Solución de Stommel y Munk en el HN

Preguntas?