

GF3003 Primavera 2010 Tarea 3

Repartida a través de u-cursos: 9/11-2010

Se devuelve (**impresa**): El día del examen. Si se entrega el día del control 3 tienen un punto base extra en cada pregunta.

N.B. Recuerda ser explícit@ y clar@ en cuanto al razonamiento y la presentación de tus resultados y respuestas. En particular, define los símbolos y resuelve primero simbólicamente y luego con números las ecuaciones. Controla que tus resultados sean razonables. En los ejercicios numéricos usa el número apropiado de cifras significativas. **Es muy recomendable saber hacer esta tarea antes del control 3.**

1) Gota de lluvia que cae y se evapora



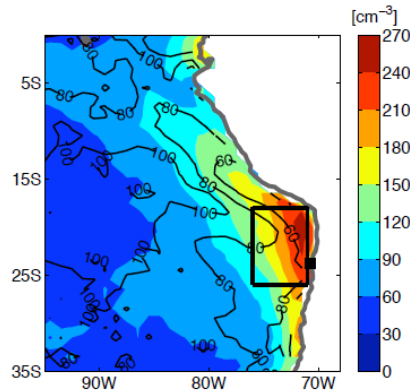
Considera una gota de lluvia de 1 mm que cae desde la base de una nube ubicada a 5 km sobre la superficie. ¿Cuál será el radio de la gota cuando llegue a la superficie y cuánto demorará en llegar a la superficie si la humedad relativa entre la base de la nube y la superficie es constante e igual a 60%? (Condición de subsaturación). Se cumple que:

$r \frac{dr}{dt} = -GS$ donde r es el radio de la gota en μm (decreciente), t denota el tiempo que transcurre, $G=700$ y S es la subsaturación. También, la velocidad terminal de una gota satisface: $v = 6 \times 10^3 r$, donde r está en metros y v en m/s.

2) Observación remota de gotas de nube

En el caso de gotas que son mucho mayores que la longitud de onda de la luz visible y para un espectro angosto de tamaño de gotas, el llamado radio efectivo de las gotas es aproximadamente igual al radio promedio de las gotas. El espesor óptico de la nube queda dado aproximadamente por: $\tau = 2\pi h r_{ef}^2 N$, donde h es el espesor de la nube y N es número de gotas por m^3 . Deriva expresiones aproximadas para:

- El contenido de agua líquida en kg/m^3 (LWC por su nombre en Inglés, *Liquid Water Content*) en términos de r_{ef} , N y la densidad del agua.
- LWC en términos de r_{ef} , N y el espesor óptico de la nube τ .
- Una expresión de la cantidad de agua disponible (LWP en kg/m^2 por su nombre en Inglés, *Liquid Water Path*) en términos de r_{ef} , τ y la densidad del agua.



La figura muestra el número de gotas por cm^3 (colores) y el agua disponible en kg/m^2 (isolíneas) costa afuera del centro-norte de Chile y sur del Perú de acuerdo al instrumento MODIS (http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod05.pdf) y discutido en Painemal y Zuidema (Atmos. Chem. Phys., 10, 6255–6269, 2010).

NB. David Painemal es un ingeniero eléctrico y MSc Meteorología egresado de la Facultad. Actualmente hace su doctorado en Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences University of Miami, Florida, USA (http://www.windows2universe.org/people/postcards/vocals/david_painemal.html)

3) Escala Sinóptica

En latitudes medias, para movimientos de escala sinóptica se tienen los siguientes valores típicos:

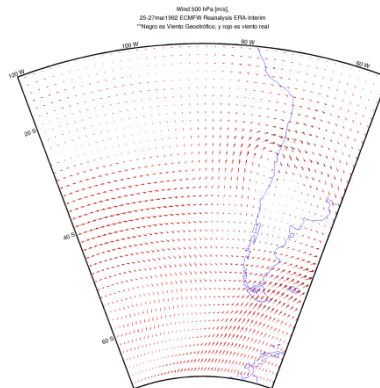
Variable	Símbolo (unidad)	Valor típico
Velocidad horizontal	U (m/s)	10
Velocidad vertical	W (cm/s)	1
Distancia/Largo	L (m)	10^6
Gradiente de presión horizontal	$\Delta P/\rho$ (m^2s^{-2})	10^3
Escala de tiempo	L/U (s)	10^5
Escala de profundidad	H (m)	10^4

- Haciendo un análisis de escala y despreciando el efecto de fricción, demuestra que a escala sinóptica, las ecuaciones de movimiento atmosféricas se reducen a un balance geostrófico en la horizontal y un balance hidrostático en la vertical. Explica en qué consisten estos equilibrios.
- Demuestra que para el sistema anterior, si se conserva la derivada temporal, se obtiene un sistema de pronóstico dado por:

$$\frac{du}{dt} = f(v - v_g)$$

$$\frac{dv}{dt} = -f(u - u_g)$$

donde \mathbf{g} denota el viento determinado por el balance geostrófico y el sistema se define para condiciones iniciales y de borde apropiadas. Sabiendo que el viento geostrófico aproxima al viento real con un 10% a 15% de error en los niveles libres de fricción, ¿qué dificultades conllevaría hacer un pronóstico con estas ecuaciones?



4) Presión como coordenada vertical y viento geostrófico

Demuestra que usando el logaritmo natural de la presión como coordenada vertical (balance hidrostático), el viento geostrófico se puede calcular para cualquier superficie isobárica como:

$$\bar{\mathbf{v}}_g = \frac{1}{f} \hat{\mathbf{z}} \times \bar{\nabla}_p \phi$$

donde ϕ es el campo geopotencial, f el parámetro de Coriolis y $\bar{\nabla}_p$ denota el gradiente horizontal a presión constante.

5) Pseudofuerzas y sus efectos

Un proyectil es lanzado verticalmente desde un punto sobre la superficie terrestre, con rapidez vertical inicial w_0 .



a) Muestra que en ausencia de fricción, el proyectil aterrizará a una distancia:

$$D = \frac{4w_0^3 \Omega}{3g^2} \cos \phi$$

al oeste del punto en que fue lanzado el proyectil. ϕ es la latitud, g es la aceleración de gravedad y Ω es la rapidez angular de la Tierra ¿A qué se debe este desplazamiento?

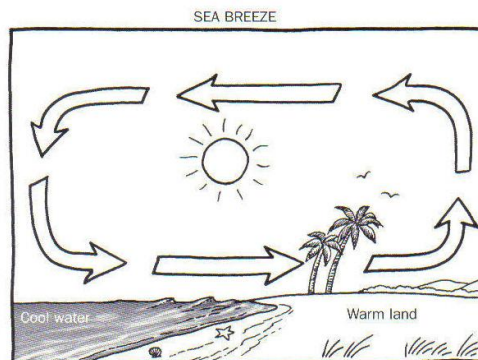
b) Calcula el desplazamiento para un proyectil lanzado en el Ecuador con una rapidez inicial de 500 m/s.

6) Viento térmico

- En una estación meteorológica dada, el viento geostrófico a 1000 hPa sopla desde el noreste a 10 m/s. A 700 hPa el viento sopla desde el oeste (270°) a 30 m/s. La subsidencia presente en la región produce calentamiento adiabático con una tasa de $3^\circ\text{C}/\text{día}$ en la capa comprendida entre 1000 y 700 hPa. El calentamiento diabático es despreciable. Estima la tasa temporal de cambio del espesor de la capa. La estación está ubicada en 43°N . ¿Qué pasa si la estación estuviera ubicada en 43°S ?
- La temperatura media de una capa entre 750 y 500 hPa decae hacia el este en 3°C por cada 100 km. Si el viento geostrófico a 750 hPa es 20 m/s desde el sudeste, ¿cuál es la rapidez y dirección del viento geostrófico a 500 hPa? Considera $f = -10^{-4} \text{ s}^{-1}$. Cuantifica la advección media de temperatura en la capa.

7) Brisa marina y terrenal

- En zonas costeras, durante el día, es característico observar una circulación del aire como la que se presenta en el esquema de la figura. Explica en términos de gradientes de presión la circulación esquematizada (Dibuja isóbaras e isotermas aproximadas para esta situación). Averigua la extensión vertical y horizontal característica de las brisas marinas.



- El viento en estas condiciones sopla desde las zonas de alta presión a las de baja presión sin desviarse, ¿por qué no es perceptible el efecto de Coriolis?
- Describe la circulación en horas de la noche. Considera condiciones despejadas y recuerda que el agua tiene una capacidad térmica mucho mayor que la del aire.