

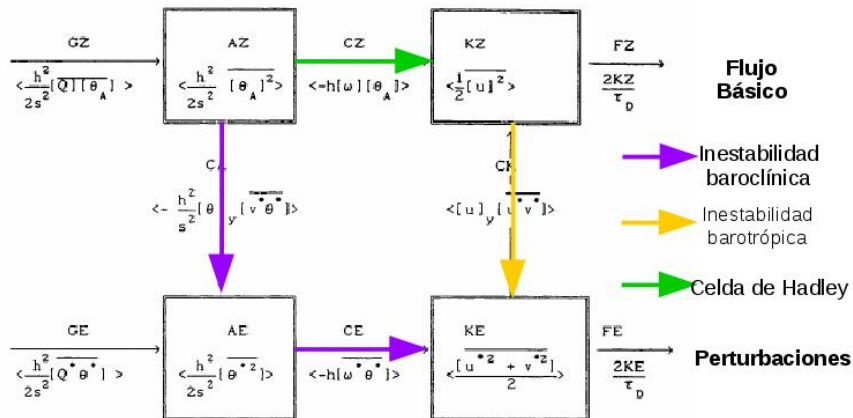
Energía

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

DCAO-FCEN-UBA

20/10/2023

Ciclo de energía de Lorenz



Dado que hay términos de energía que no son considerados en el ciclo de Lorenz, en esta práctica vamos a analizar la evolución de la energía cinética de las perturbaciones siguiendo el trabajo de **Orlanski y Katzfey (1991)**. La ecuación que describe su evolución es:

$$\frac{\partial K_e}{\partial t} + V_m \bullet \nabla K_e + v \bullet \nabla_3 K_e = -(v \bullet \nabla \phi) + (-v \bullet (v \bullet \nabla_3 V_m)) + (v \bullet \overline{(v \bullet \nabla_3 v)}) - diss_e$$

Término advectivo por el flujo medio y por las perturbaciones

Trabajo de la fuerza de presión

Conversión de K_z a K_e (barotrópica)

=0

El término del trabajo de la fuerza de presión puede reescribirse de la siguiente forma:

$$-v \bullet \nabla \phi = -\nabla \bullet (v\phi) + \phi \nabla \bullet v$$

Dispersión de energía cinética

Conversión de A_e a K_e (baroclínica)

El término de dispersión de energía cinética se asocia a la redistribución de la energía cinética de un sistema, y, dado que el viento geostrófico es no divergente, es posible observarla a través de los flujos ageostróficos de geopotencial, definidos como

$$v_{ag} \phi$$

De esta forma, en esta práctica vamos a analizar las contribuciones de la advección, la conversión baroclínica, la dispersión de energía cinética y la conversión barotrópica a los cambios temporales de la energía cinética de las perturbaciones.

Energía en el modelo FMS Shallow Water

¿Cómo se pueden calcular estos términos a partir de las salidas del modelo?

$$\begin{aligned}
 u &= u_z + u_e & u_z &= [u] \\
 v &= v_z + v_e & v_e &= u - u_z \\
 \eta &= \eta_z + \eta_e
 \end{aligned}$$

El subíndice z representa el flujo medio (promedio zonal de las variables) y el subíndice e las perturbaciones (anomalías respecto al flujo medio zonal). **Usar la corrección para el estado básico visto en la práctica 2.**

Recordar que $\eta = \left(\frac{h}{g} - H \right)$

donde H es la altura de la superficie libre (h_0 en el *namelists*) dividido por la gravedad para que quede en metros.

Suponemos $\rho = 1 \text{ kg/m}$ y $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Energía Cinética

$$K = \frac{\rho H}{2}(u^2 + v^2) \text{ (Instantánea)}$$

$$K_z = \frac{\rho H}{2}(u_z^2 + v_z^2) \text{ (del flujo medio)}$$

$$K_e = \frac{\rho H}{2}(u_e^2 + v_e^2) \text{ (de las perturbaciones)}$$

Energía Potencial

$$A = \frac{\rho g}{2}(\eta^2 + H^2) \text{ (Instantánea)}$$

$$A_z = \frac{\rho g}{2}(\eta_z^2 + H^2) \text{ (del flujo medio)}$$

$$A_e = \frac{\rho g}{2}(\eta_e^2) \text{ (de las perturbaciones)}$$

Términos de la ecuación de energía cinética de las perturbaciones

Advección total

$$Adv = - \left(u_z \frac{\partial K_e}{\partial x} + v_z \frac{\partial K_e}{\partial y} + u_e \frac{\partial K_e}{\partial x} + v_e \frac{\partial K_e}{\partial y} \right)$$

Conversión de K_z a K_e (barotrópica)

$$C(K_z, K_e) = -\rho H \left(u_e^2 \frac{\partial u_z}{\partial x} + u_e v_e \frac{\partial u_z}{\partial y} + u_e v_e \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_e^2 \frac{\partial v_z}{\partial y} \right)$$

Dispersión de energía cinética

$$Disp = -\rho g H \nabla \bullet (\eta_e V_e)$$

Conversión de A_e a K_e (baroclínica)

$$CBaroc = \rho g H \eta_e \nabla \bullet V_e$$

Cálculo del flujo ageostrófico de geopotencial

En el sistema de aguas someras, el flujo ageostrófico de geopotencial lo podemos calcular como:

$$\mathbf{F}_{ag} = \mathbf{V}_{age} \eta_e$$

El viento geostrófico se puede calcular como:

$$u_g = -\frac{1}{f} \frac{\partial h}{\partial y}$$

$$v_g = \frac{1}{f} \frac{\partial h}{\partial x}$$

Para obtener la anomalía zonal del viento ageostrófico que necesitamos para calcular \mathbf{F}_{ag}

$$u_{age} = u_e - u_{ge}$$

$$v_{age} = v_e - v_{ge}$$

Bibliografía recomendada

- Clase 5 Teórica Atmósfera.
- Orlanski I. y Katzfey, J. (1991) The Life Cycle of a Cyclone Wave in the Southern Hemisphere. Part I: Eddy Energy Budget, Journal of Atmospheric Sciences, 48(17), 1972-1998.