

Cambio climático

Gerardo Martín

Intro

Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity

SYUKURO MANABE AND RICHARD T. WETHERALD

Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, ESSA, Washington, D. C.

(Manuscript received 2 November 1966)

ABSTRACT

Radiative convective equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity is computed as the asymptotic state of an initial value problem.

The results show that it takes almost twice as long to reach the state of radiative convective equilibrium for the atmosphere with a given distribution of relative humidity than for the atmosphere with a given distribution of absolute humidity.

Also, the surface equilibrium temperature of the former is almost twice as sensitive to change of various factors such as solar constant, CO₂ content, O₃ content, and cloudiness, than that of the latter, due to the adjustment of water vapor content to the temperature variation of the atmosphere.

According to our estimate, a doubling of the CO₂ content in the atmosphere has the effect of raising the temperature of the atmosphere (whose relative humidity is fixed) by about 2C. Our model does not have the extreme sensitivity of atmospheric temperature to changes of CO₂ content which was adduced by Möller.

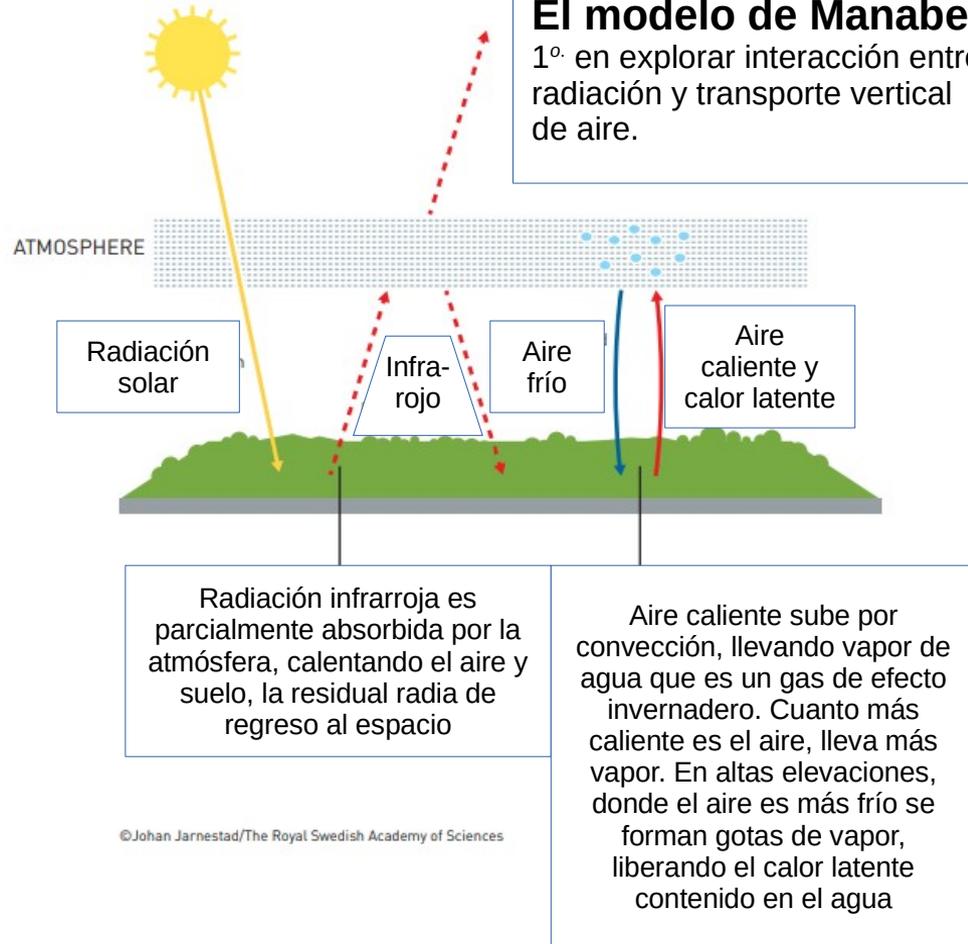
Intro

According to our estimate, a doubling of the CO₂ content in the atmosphere has the effect of raising the temperature of the atmosphere (whose relative humidity is fixed) by about 2C. Our model does not have the extreme sensitivity of atmospheric temperature to changes of CO₂ content which was adduced by Möller.

De acuerdo con nuestras estimaciones, duplicar la cantidad de CO₂ en la atmósfera, tiene el efecto de aumentar la temperatura atmosférica (cuya humedad relativa es constante) en aproximadamente 2°C. ...

El modelo de Manabe.

1^o en explorar interacción entre radiación y transporte vertical de aire.



Los mecanismos descritos por Manabe y
Weatherald ayudaron a inferir que la liberación de
gases en la atmósfera llevaría a un incremento de
temperaturas

Las bases para la predicción climática

QUARTERLY JOURNAL
OF THE
ROYAL METEOROLOGICAL SOCIETY

Vol. 82

APRIL 1956

No. 352

551.513.1 : 551.509.33 : 681.14

The general circulation of the atmosphere : a numerical experiment

By NORMAN A. PHILLIPS
The Institute for Advanced Study, Princeton, U.S.A.

(Manuscript received 17 October 1955)

El modelo de Phillips

- Experimento de predicción numérica
 - Hidrodinámica de fluidos en rotación:
 - Calentamiento en zonas periféricas (trópicos)
 - Enfriamiento en el centro (polos)
 - Fricción con superficie
 - Asumen que la tierra es plana

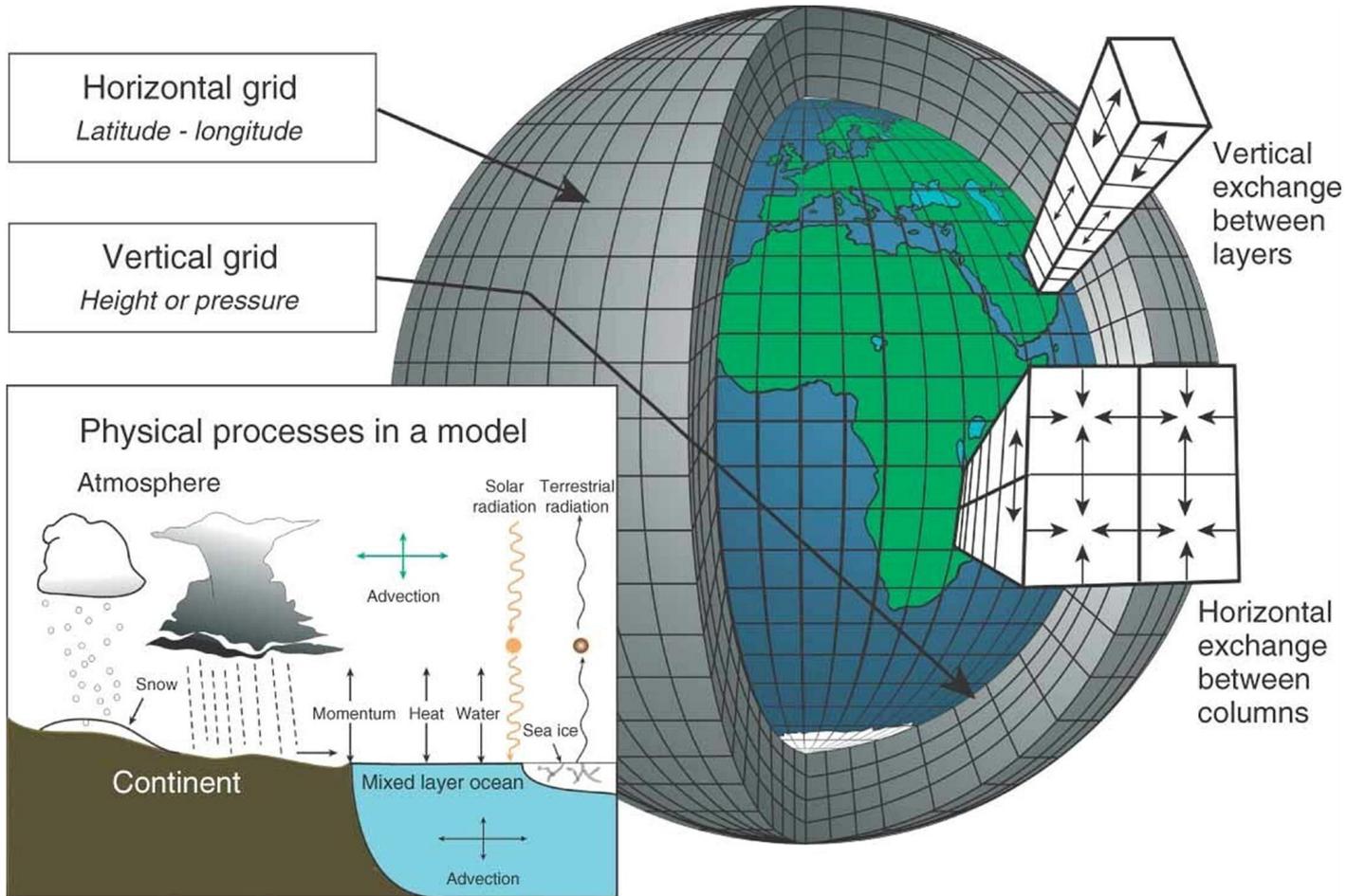
$$\frac{\partial u}{\partial t} + V \cdot \nabla_u - f_v = \frac{\partial \phi}{\partial x} + A_v \nabla_u^2 + g \frac{\partial \tau_x}{\partial p}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + V \cdot \nabla_v - f_u = \frac{\partial \phi}{\partial y} + A_v \nabla^2 v + g \frac{\partial \tau_y}{\partial p}$$

$$\nabla \cdot V + \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0$$

$$\frac{1}{c_p T} \frac{dQ}{dt} = \frac{d \ln \theta}{dt} = \left(\frac{\partial}{\partial t} + V \cdot \nabla + \omega \frac{\partial}{\partial p} \right) \ln \theta$$

x, y, p	Distancia al este, norte y elevación (presión)
u, v, w	tasas de cambio de x, y, p
Φ	latitud
V	Velocidad horizontal
f ($2 \Omega \sin(\Phi)$)	Parámetro de Coriolis (y rotación de la tierra)
A_v	Viscosidad del medio
τ_x, τ_y	Fricción de superficie de contacto
T, Θ	Temperatura, y temperatura potencial
dQ/dt	Tasa de calentamiento por unidad de masa



Esquema del proceso representado por Phillips 1956.

Características del sistema

- Es caótico
 - pequeñas diferencias en condiciones iniciales resultan en grandes diferencias en comportamiento del sistema
- Causas:
 - No linealidad
 - Complejidad y número de factores que interactúan

El caos

Ejemplo de sistema caótico

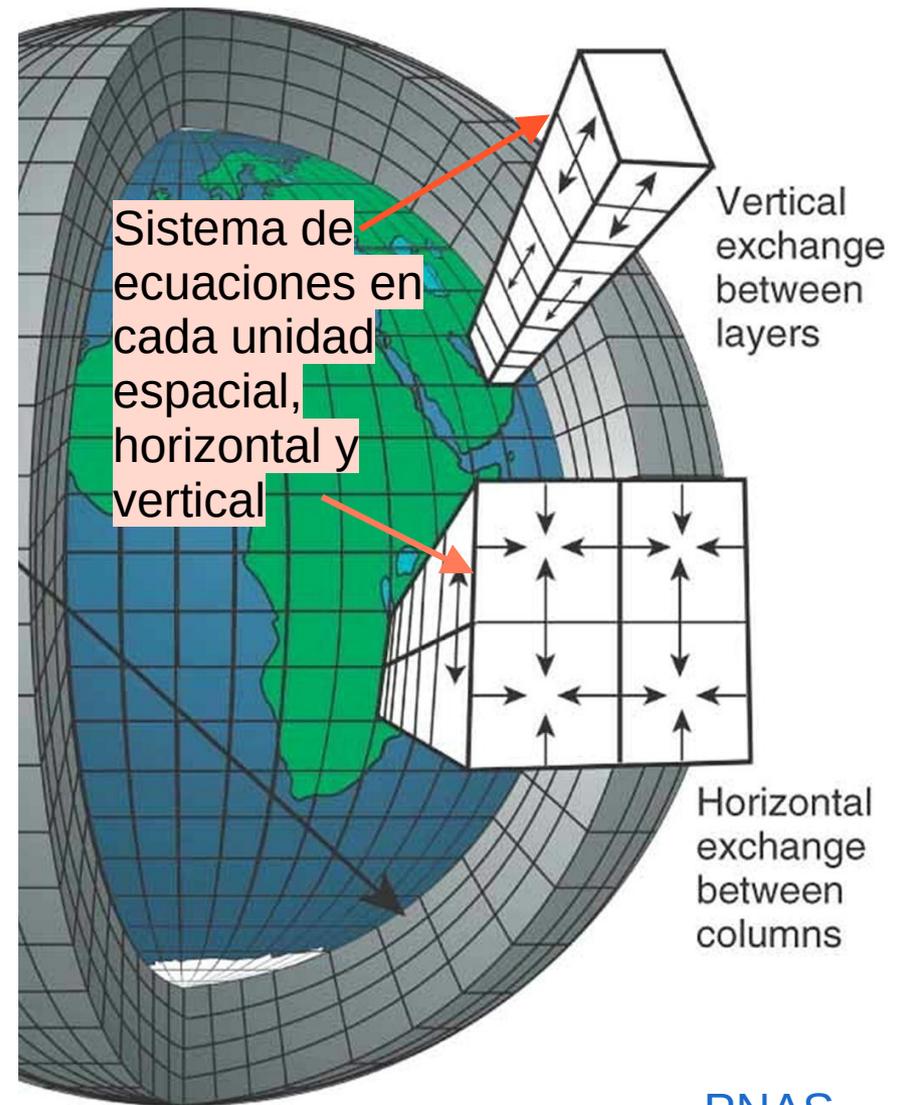
- Péndulo doble
- Popularmente conocido como efecto mariposa:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= -ax + yz \\ \frac{dy}{dt} &= -b(y - z) \\ \frac{dz}{dt} &= -xy + cy - z\end{aligned}$$

Ejercicio de simulación del efecto mariposa

Implementación de un modelo de circulación global

- Modelo de Lorenz es caótico
- MCG es caótico pero consta de miles de ecuaciones
 - Derivadas parciales para cada movimiento entre compartimentos



Ejemplo de modelo de ecuaciones diferenciales parciales

Modelo para formación de olas en 2 dimensiones: seno-Gordon

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + D \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \text{sen } u$$

Ecuación diferencial de 2o orden

Sistema de ecuaciones diferenciales de 1er orden

$$\frac{du}{dt} = v$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + D \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \text{sen } u$$

Tutorial de simulación de ecuaciones diferenciales parciales

El sistema del clima terrestre es sumamente
complejo:
Caos, muchos factores, grandes escalas, alta
incertidumbre

¿Qué hacer ante ello?