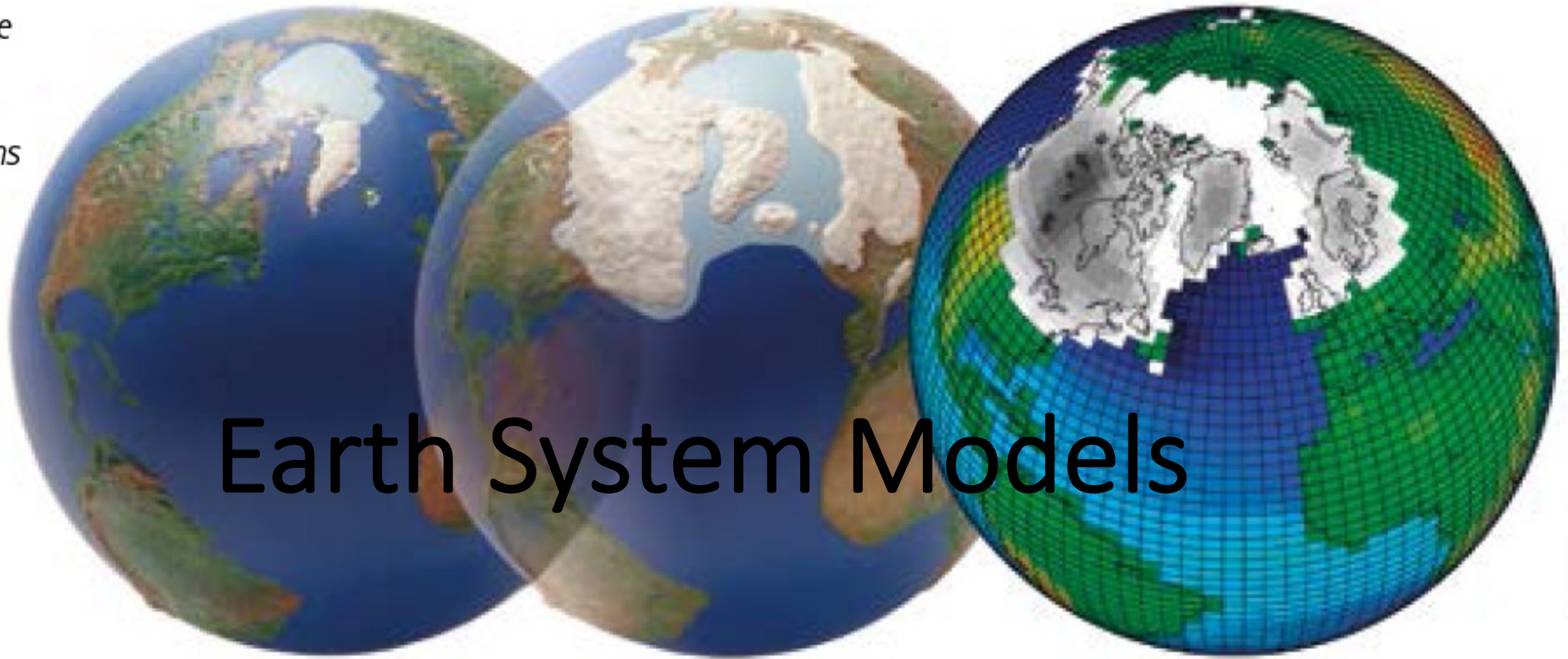


► *Vue d'artiste  
de la terre  
aujourd'hui et  
il y a 21 000 ans  
ainsi que sa  
modélisation*

© *Climat d'Hier  
à demain,*  
CNRS éditions  
(2000) et Cité  
des Sciences  
et de l'Industrie.



# Earth System Models

© D. Swingedouw

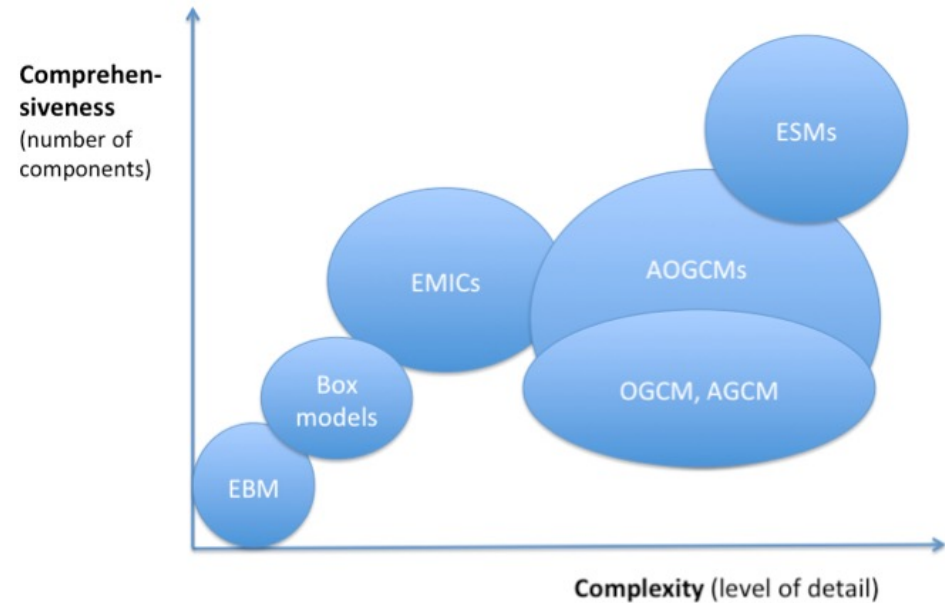
Fabrice Lambert  
Instituto de Geografía  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
Lambert@uc.cl

# Estructura del Curso

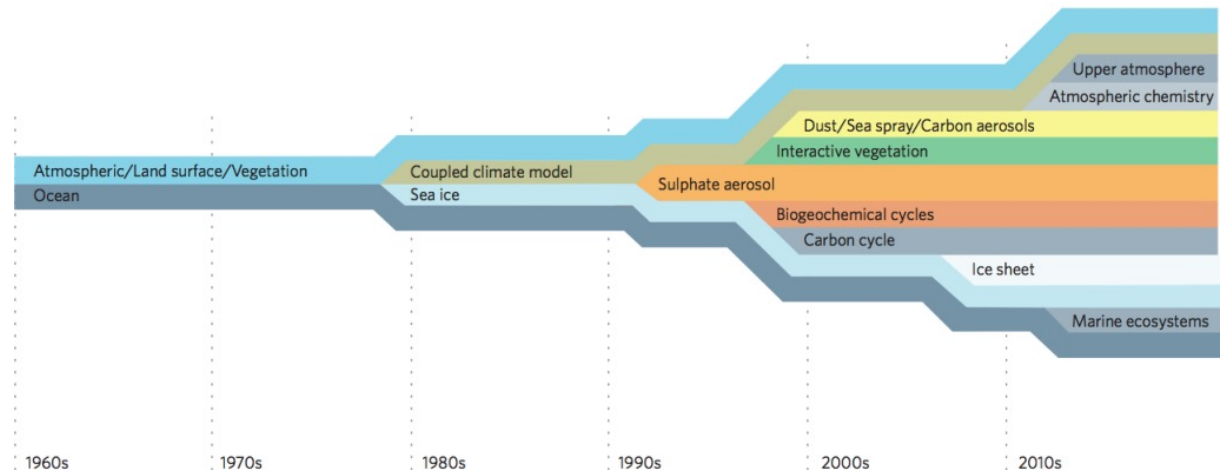
- Introducción: F. Lambert
- Teoría CESM 2.1.3 : N. Cosentino
- Práctica CESM 2.1.3: F. Riquelme
- Recursos GitHub: <https://github.com/nlhpc-training/CES-2703>

# Tipos de Modelos

- Modelos simples (EBM, Box, EMICs) incluyen pocos procesos, pero pueden correr rapidamente y simular miles de años
- Modelos complejos (GCM, ESM) incluyen muchos procesos con muchos detalles y retroalimentaciones, pero necesitan alto poder computacional (simulaciones <1000 años)



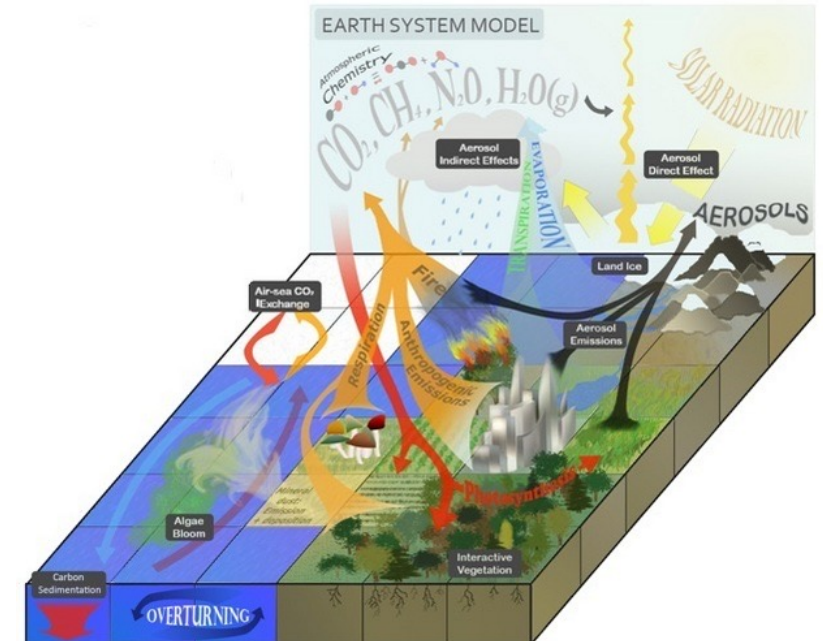
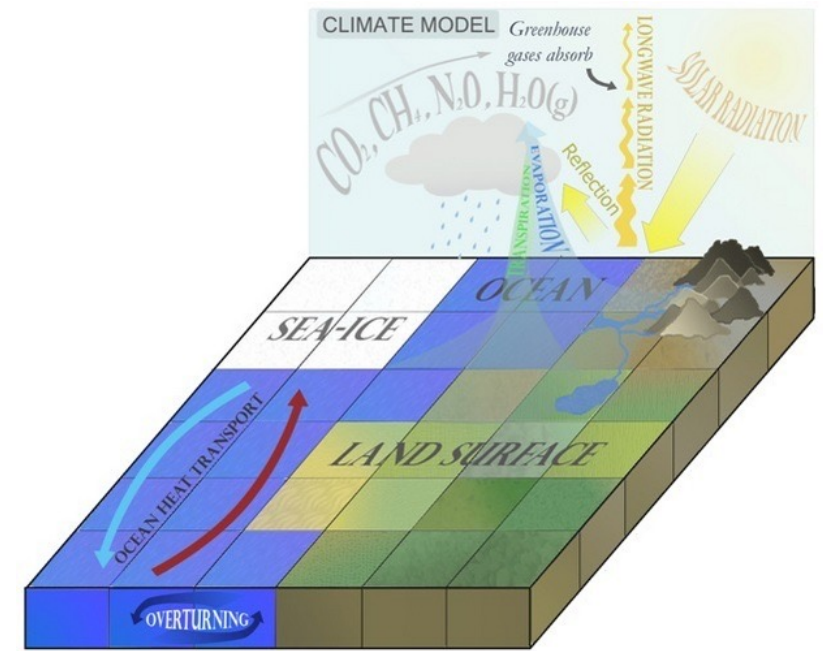
IPCC AR2, 1997



Jakob, 2014, Nature Climate Change

# Modelos Climáticos y del Sistema Terrestre

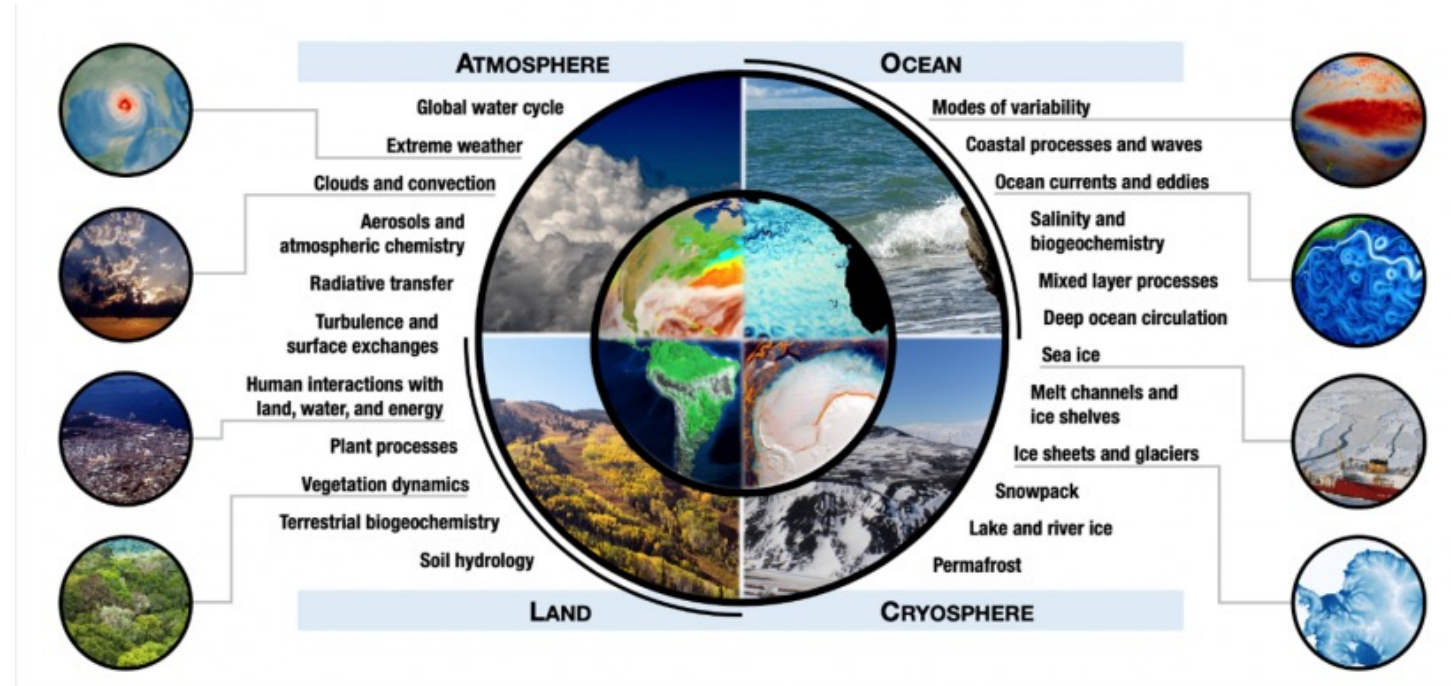
- Modelos Climáticos simulan la física de la atmósfera, océanos y superficie terrestre (radiación, transporte de masa, transporte de energía, etc.).
- Modelos del Sistema de la Tierra (ESM) incluyen además las interacciones con la biósfera y los procesos (bio-geo)químicos en la atmósfera, los océanos y la superficie terrestre.





# ESMs incluyen varios Módulos para los Componentes del Sistema de la Tierra

- Módulos individuales para
  - Atmósfera
  - Océanos
  - Criósfera
  - Biósfera
  - Pedosfera
- Interacción entre módulos con un “coupler” que transmite datos

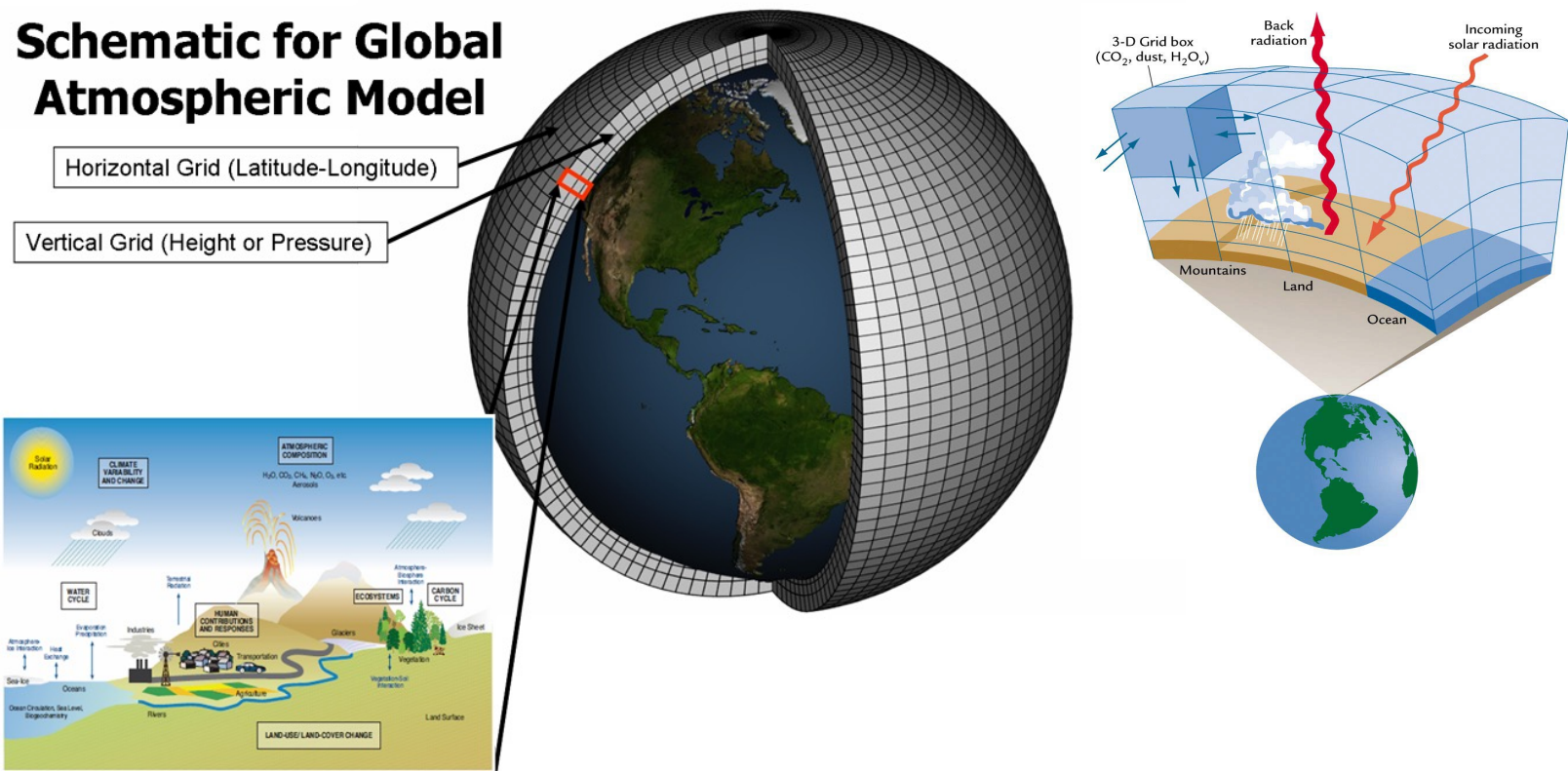


US Dept. of Energy

# Módulos pueden correr individualmente con condiciones de borde prescritas

- Condiciones de borde para un módulo atmosférico:
  - Superficie del océano (Temp. Salinidad, hielo marino etc.)
  - Topografía (capas de hielo)
  - Vegetación
  - ...

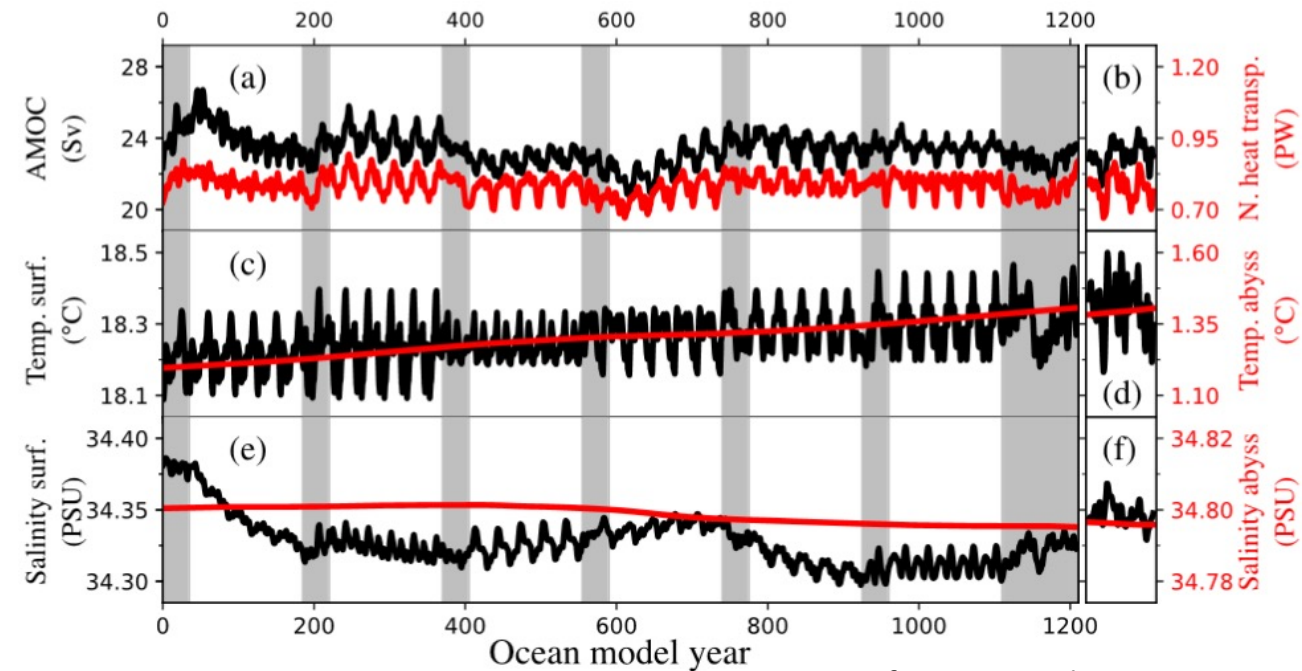
## Schematic for Global Atmospheric Model



Fuente: Wikipedia

# Simulaciones con ESMs

- spin-up
  - Período de equilibración para permitir que el sistema climático entre en equilibrio con los forzamientos
  - Duración: Hasta que el modelo sea en equilibrio (sin variabilidad larga o tendencias)
  - En general condiciones pre-industrial (año 1850)
- Control:
  - Inicia después del spin-up
  - En general condiciones pre-industrial (año 1850)
  - Duración: al menos 500 años (CMIP)
  - Experimento permite determinar la variabilidad no forzada del modelo
  - Experimento contra el cual se comparan las simulaciones con perturbaciones



Lofverstrom et al., 2020