

PREMIO NOBEL DE FÍSICA 2021



"por sus contribuciones innovadoras a nuestra comprensión de los sistemas complejos"





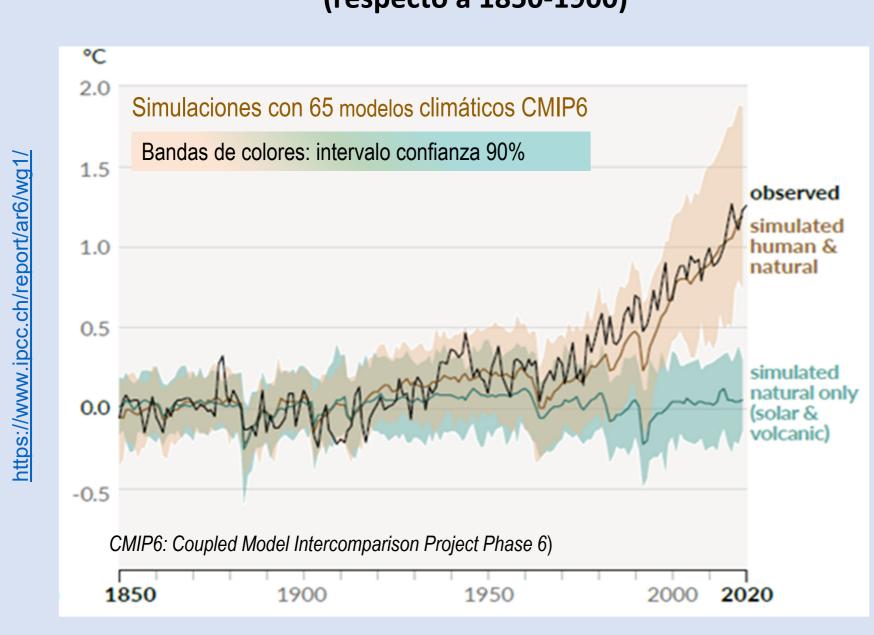
Manabe y Hasselmann: por la modelización física del clima en la Tierra, así como por haber cuantificado la variabilidad climática y predicho de forma fiable el cambio climático.



Syukuro Manabe

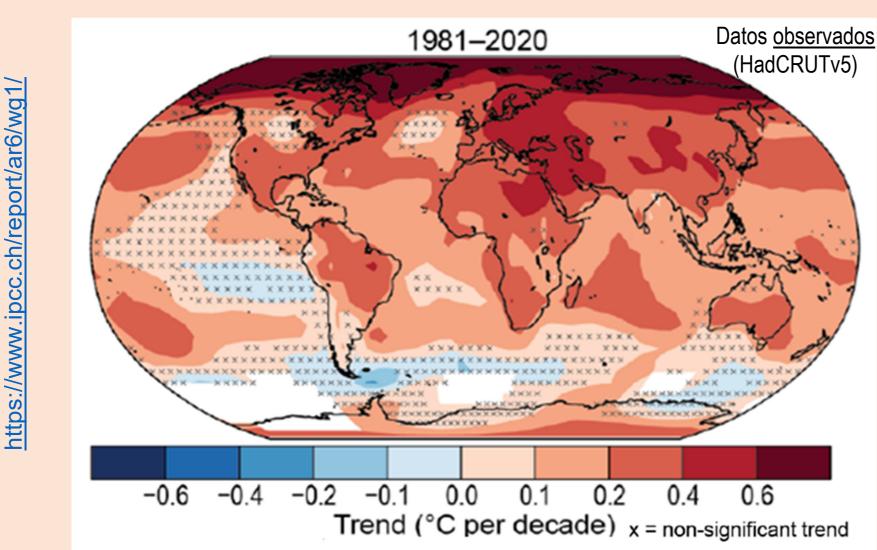
Klaus Hasselmann

CAMBIO en la temperatura media global en superficie (ΔT_s) (respecto a 1850-1900)



- El calentamiento observado en el planeta desde 1850 se reproduce sólo en las simulaciones que incluyen la <u>influencia humana</u>, en la que el calentamiento por emisión de "gases de efecto invernadero" (GEIs) está mitigado con el enfriamiento neto causado por aerosoles).
- A veces, los efectos de factores que producen enfriamiento (p.ej. aerosoles volcánicos) superan aquellos que causan calentamiento (p.ej. GEIs). Asimismo la variabilidad interna ha causado fluctuaciones añadidas en la T_s global.
- En la última década (2011-2020) $\Delta T_s \approx +1.1$ °C respecto al periodo 1850-1900.

TENDENCIA del cambio de Temperatura en superficie



- El aumento de la temperatura en superficie desde la década de 1970 no es igual en todas las regiones del planeta.
- La mayor parte continental del hemisferio norte extratropical ha experimentado un mayor ritmo de calentamiento que el promedio global.
- Máximo ritmo de calentamiento se observa en la región ártica.

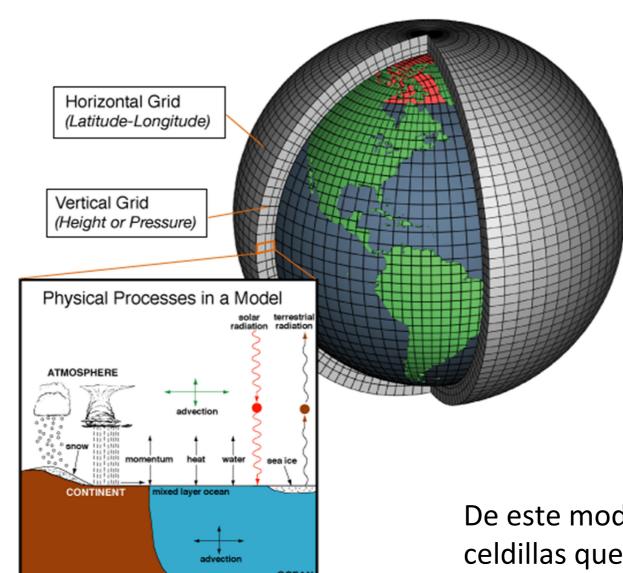


Giorgio Parisi: por el descubrimiento de la interacción entre el desorden y las fluctuaciones en los sistemas físicos, desde la escala atómica a la planetaria.

Sus trabajos sobre **resonancia estocástica** y descripción multifractal de la turbulencia son muy relevantes en la física del clima.



Modelo climático: conjunto de códigos informáticos que resuelven ecuaciones matemáticas que expresan principios y leyes científicas que gobiernan los procesos físicos y químicos que se producen en el Sistema Climático (incluyen por tanto, interacciones entre componentes del sistema climático y realimentaciones).

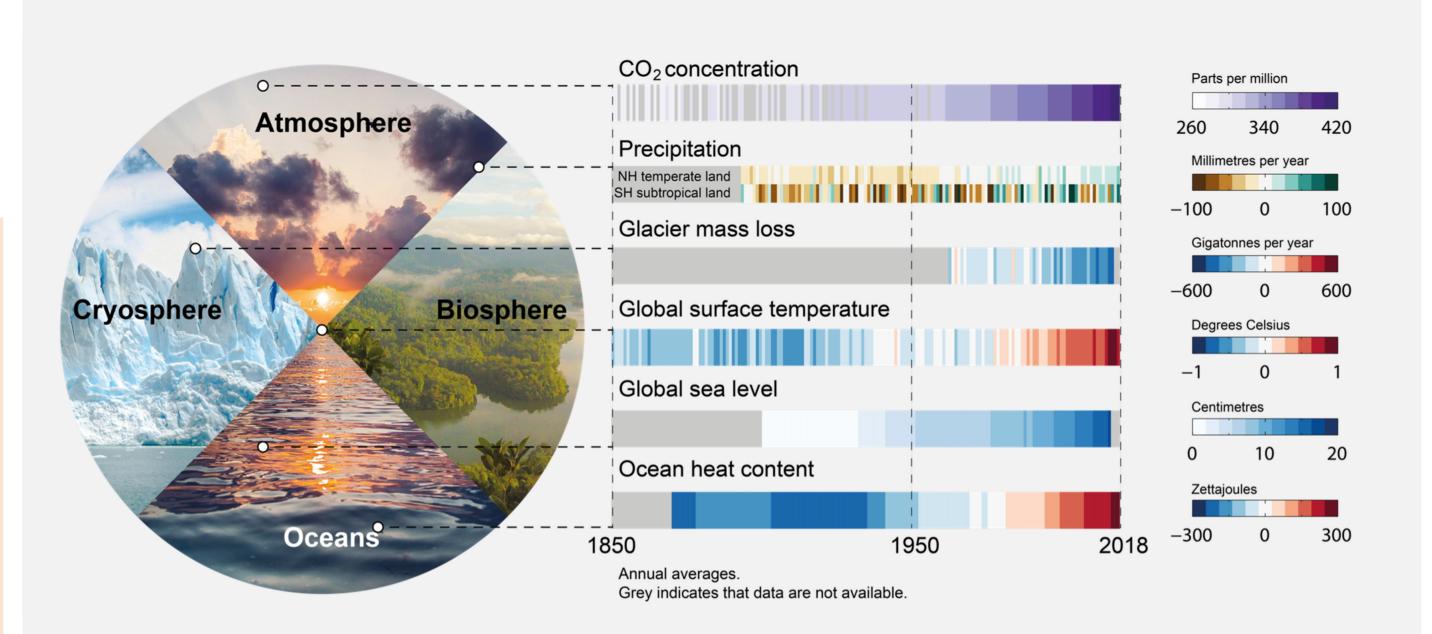


¿Cómo se resuelven las ecuaciones?

- Se divide el sistema climático en multitud de celdillas 3D.
- Se asignan unos valores iniciales a las variables climáticas en cada celdilla.
- Se aplican **métodos numéricos** para calcular en cada celdilla cuánto cambiarán los valores de las variables tras un cierto "paso de tiempo" (≈30 min),... y así se continua hasta completar el periodo de la simulación.

De este modo se simula la evolución del clima en cada una de las celdillas que componen el sistema climático (atmósfera, océano, criosfera, suelos y biosfera).

Figura: https://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/climate_model/modeling_schematic.html



Cambios observados desde 1850 (comienzo del periodo observacional) en seis variables clave del clima, expresados como anomalía media anual (respecto a un periodo de referencia, distinto según variable), excepto para la Concentración de CO₂ y pérdida de masa glaciar que son valores absolutos.

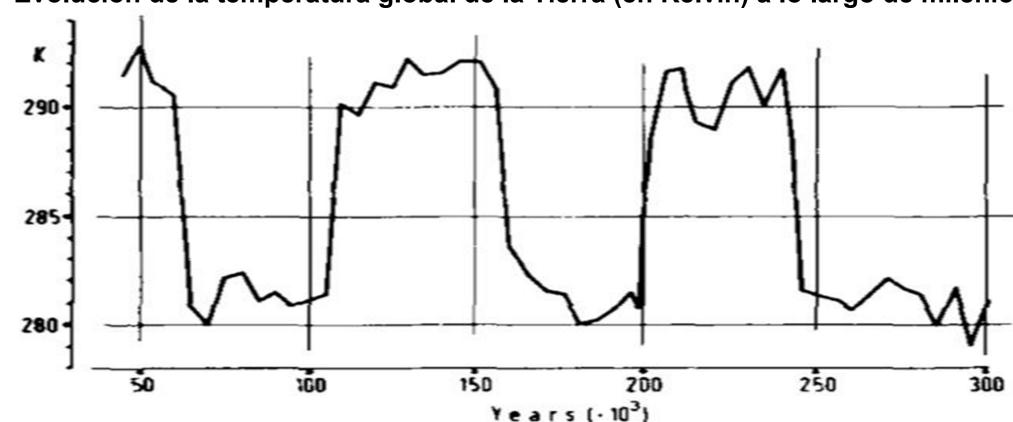
Periodos de referencia en el cálculo de anomalías:

1961-1990: Precipitación, Temperatura del aire en superficie y Contenido de calor en océanos. 1900-1929: Cambio en el nivel del mar.

Más detalles sobre fuentes de datos en Figura 4, Cap1, IPCC 2021 https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

Resonancia estocástica en el cambio climático: el ruido introducido por la dinámica interna de océanos y atmósfera, combinado con los cambios periódicos del flujo de energía que nos llega del Sol, induce grandes variaciones de la temperatura global





R. Benzi, G. Parisi, A. Sutera, and A. Vulpiani, Stochastic resonance in climatic change, *Tellus*, 34, 10-16 (1982)







. Fidel González Rouco Encarnación Serrano Mendoza Mercedes Martín Benito