

El clima, su estudio y bases de datos

L. Fita¹

¹*Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), IRL IFAECI UBA -
CONICET - CNRS - IRD, C. A. Buenos Aires, Argentina*

iJHITdD, C. A. Buenos Aires, 5 Noviembre 2024

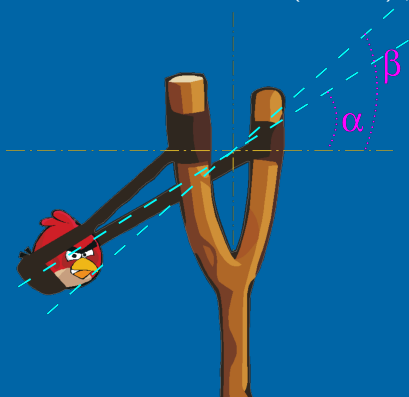
Sistema Climático

- El sistema climático, altamente no lineal interacción de diversos flúidos energetizados por el sol

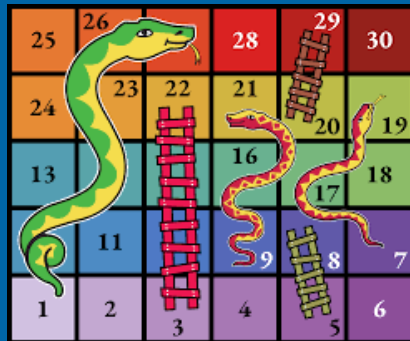
Sistema Climático

- El sistema climático, altamente no lineal interacción de diversos flúidos energizados por el sol

$$f(x_0 + \delta x) \neq f(x_0) + f(\delta x)$$



Lineal

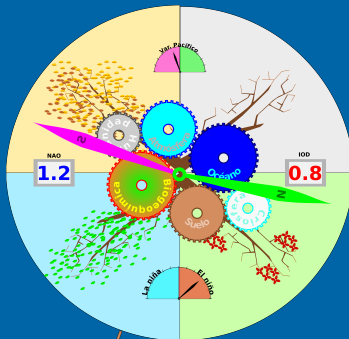


No-lineal

repetir mismas tiradas ± 1

Sistema Climático

- El sistema climático, altamente no lineal interacción de diversos flúidos energizados por el sol
- Distintas características cada componente (velocidad respuesta, tamaño, ...):



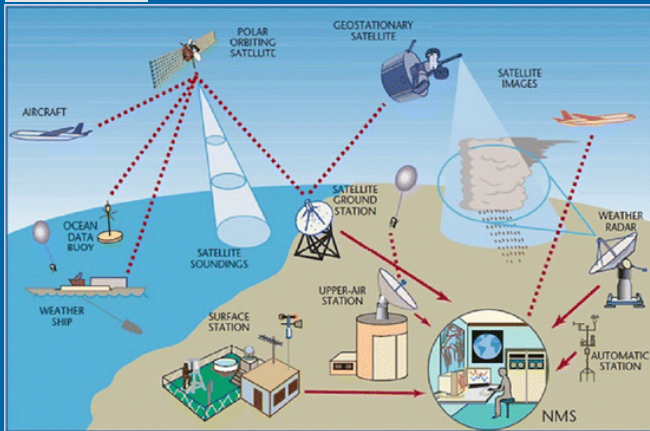
Observaciones

- El sistema climático se mide con múltiples instrumentales
OMM-GOS:

Observaciones

- El sistema climático se mide con múltiples instrumentales

MMM-GOS :



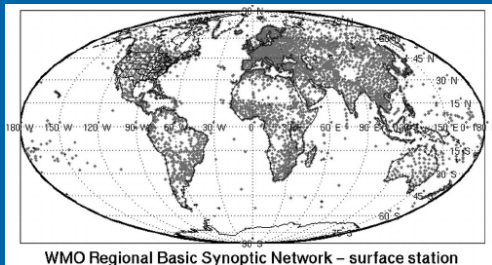
Sene, K. (2016)

Observaciones

- El sistema climático se mide con múltiples instrumentales
OMM-GOS :
- Estaciones de superficie:** estaciones fijas en un punto superficial: temperatura, viento, humedad, precipitación, (frec. 10' a 6H)
17,500



gob.ar



Liu, Chian-Yi y otros (2014)

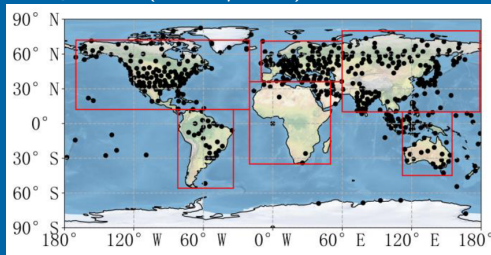
- ¡ Todas las estaciones del mundo caben en una cancha de fútbol !

Observaciones

- El sistema climático se mide con múltiples instrumentales
OMM-GOS:
- Sondeos verticales:** globos sonda midiendo la vertical: temperatura, viento, humedad, presión (frec. 6/12 H) 1,000



criticasur



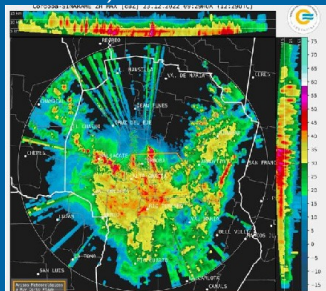
Qiao, Yale y otros (2023)

Observaciones

- El sistema climático se mide con múltiples instrumentales
OMM-GOS:
- Radares:** observación 3-dimensional desde la superficie: reflectividad
→ precipitación, viento (frec. 10', res. 5 m)

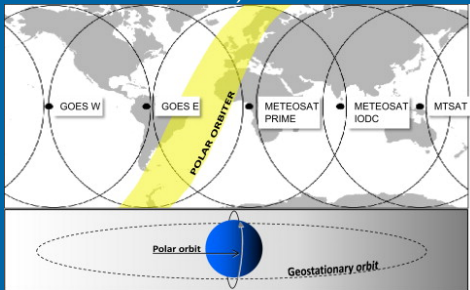


SMN, gov.ar



Observaciones

- El sistema climático se mide con múltiples instrumentales **MMM-GOS**:
- **Satélites**: equipos orbitando la tierra: reflectividad a distintas frecuencias de onda (visible, IR, ...)
 - Geoestacionario: Satélite sincronizado con la rotación terrestre, fijo en el cielo (frec. 5', res. 0.5 a 3 km)
 - Polar: Satélite sincronizado con el sol, no fijo en el cielo (frec. 12 H, res. 5 a 500 m)



Climatología

- La **climatología** describe el comportamiento del **valor medio** del sist. climático
- La **predicción meteorológica** a corto plazo aporta información sobre el **estado exacto** del sist. climático en el futuro cercano
- El detalle de la predicción depende del alcance temporal

Meteorología $\neq$ Climatología



Corto plazo



Estacional



Cambio climático

alcance

3 días

3 meses

50 años

predicción

valor instantaneo

promedio mensual

promedio 30 años

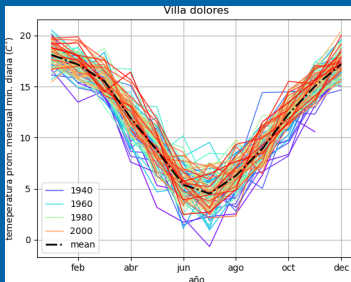
ejemplo

56 horas

próximo verano

invierno medio

- **Variabilidad climática:** El sist. climático se repite con distintos ciclos:
 - diurno: noche/día cada 24 horas
 - estacional: 4 estaciones / año
 - Pero estos ciclos no son exactamente iguales respecto al anterior



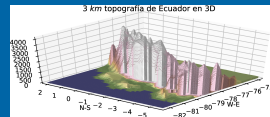
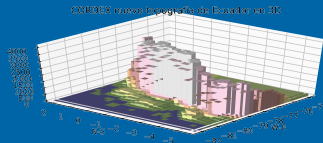
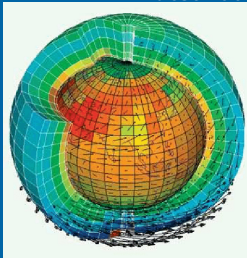
- Fenómenos extremos: eventos distintos al comportamiento medio.
 - ¿Cuanto de 'raro' es respecto a los extremos anteriores?
 - ¿Es más fuerte y frecuente debido al cambio climático?

Modelado

- El modelado numérico quiere describir **numéricamente** el sist. climático

Modelado

- El modelado numérico quiere describir **numéricamente** el sist. climático
- Modelos **dinámicos**:
 - **Discretización** espacio/temporal de las ecuaciones que describen su dinámica



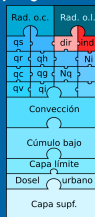
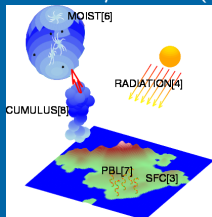
Charnay, Benjamin. (2014)

- Basados en leyes físicas
- Resuelven las ecuaciones de Navier-Stokes en 3D de las componentes climáticas

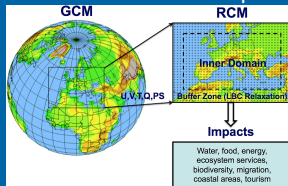
L. Fita

Modelado

- El modelado numérico quiere describir **numéricamente** el sist. climático
- Modelos **dinámicos**:
 - Dinámica / Física (distintas complejidades)



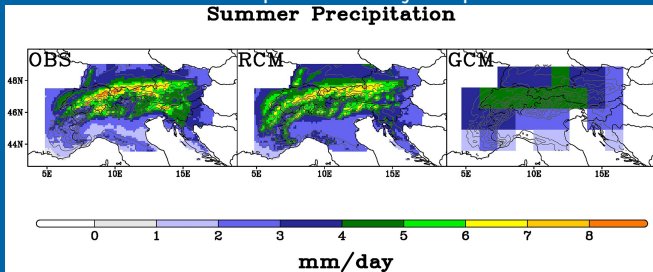
- Modelos distintas escalas espaciales: Globales, regionales, ...



F. Giorgi, (2019)

Modelado

- El modelado numérico quiere describir **numéricamente** el sist. climático
- Modelos **dinámicos**:
 - Grandes necesidades de cálculo y almacenaje
 - Menor resolución espacial → mejor representación

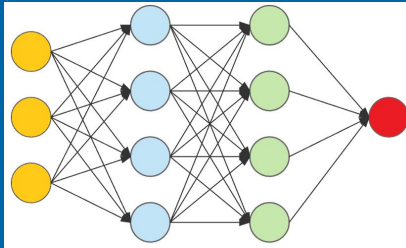


F. Giorgi, (2019)

- Menor resolución espacial mayores costes computacionales
- Útiles para entender los **procesos** climáticos

Modelado

- El modelado numérico quiere describir **numéricamente** el sist. climático
- Modelos **estadísticos**:
 - Basados en relaciones matematico-estadísticas
 - Estiman relaciones entre variables físicas del sist. climático entrenado con datos previos
 - Menor necesidades de cálculo (una vez '*entrenados*')
 - Nuevos paradigmas: Int. Art., redes neuronales, conocimiento profundo, ...



Modelado

- El modelado numérico quiere describir **numéricamente** el sist. climático
- Buen modelo: representa valores medios, extremos y captura variabilidad climática
 - Simulaciones por periodos temporales largos (≥ 30 años)
 - Conjunto de simulaciones con múltiples modelos distintos: captura **robusta** variabilidad
 - Mejor resultados resolución más fina (actualidad < 5 km)

¿Conjunto simulaciones baja resolución
vs
Única simulación a alta resolución?

Bases de datos

- El estudio del clima requiere de datos por un **largo** periodo de tiempo ($\simeq 20/30$ años)

Bases de datos

- El estudio del clima requiere de datos por un **largo** periodo de tiempo ($\simeq$ 20/30 años)
- **observaciones**: Las distintas bases de datos dependen del sensor

Bases de datos

- El estudio del clima requiere de datos por un **largo** periodo de tiempo ($\simeq$ 20/30 años)
- **observaciones**: Las distintas bases de datos dependen del sensor
 - Superficie: valores 'puntuales' 0D, series muy largas (> 50 años), poca densidad, baja frecuencia
 - Sondeos: valores 1D, series cortas, bajísima densidad, muy baja frecuencia
 - Sensores remotos: valores 2D/3D, series cortas (desde 1982), varias frecuencias (10' a 12 horas, 1 cada 15 días), alta res. espacial
 - Regrillados: combinación de datos puntuales para generar datos 2D

Bases de datos

- El estudio del clima requiere de datos por un **largo** periodo de tiempo ($\simeq$ 20/30 años)
- **observaciones**: Las distintas bases de datos dependen del sensor
- **Modelos**: Datos continuos en todo el espacio y tiempo:

Bases de datos

- El estudio del clima requiere de datos por un **largo** periodo de tiempo ($\simeq$ 20/30 años)
- **observaciones**: Las distintas bases de datos dependen del sensor
- **Modelos**: Datos continuos en todo el espacio y tiempo:
 - Dinámicos
 - **CMIP**: Datos de modelos climáticos globales, múltiples periodos / escenarios, múltiples modelos, baja resolución (0.5 a 2.5°)
 - **CORDEX**: Datos de modelos climáticos regionales, pocos periodos / escenarios, pocos modelos, mayor resolución (25 a 50 km)
 - **NCAR-SAAG**: Datos 1 modelo climático regional (WRF) 2000-2021 clima presente y 'futuro' toda América del Sur a 4 km resolución
 - Estadísticos
 - Datos múltiples fuentes de múltiples generaciones puntuales o 2D por múltiples periodos de tiempo

Bases de datos

- El estudio del clima requiere de datos por un **largo** periodo de tiempo ($\simeq 20/30$ años)
- **observaciones**: Las distintas bases de datos dependen del sensor
- **Modelos**: Datos continuos en todo el espacio y tiempo:
- Los datos de modelado pueden ser corregidos de sus errores utilizando las observaciones como referencia

Bases de datos

- El estudio del clima requiere de datos por un **largo** periodo de tiempo ($\simeq 20/30$ años)
- **observaciones**: Las distintas bases de datos dependen del sensor
- **Modelos**: Datos continuos en todo el espacio y tiempo:
- Los datos de modelado pueden ser corregidos de sus errores utilizando las observaciones como referencia
- Los tamaños de los datos no son menores:
 - CMIP 6 $\simeq 30$ PTB (1 PTB = 1000 PB = 1,000.000 GB)
 - Generación diaria de datos NASA: 100 TB / día
 - 30 años toda América del Sur a 20 km: 40 TB

¡ Se hace necesaria una coordinación centralizada del almacenamiento / análisis de datos !

¡ Gracias por su atención !