

PREDICTIBILIDAD ATMOSFÉRICA



Curso en Meteorología - 2022/2023

May 10, 2023

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 CAOS EN EL SISTEMA ATMOSFÉRICO
- 3 MODELOS ATMOSFÉRICOS
- 4 SISTEMAS DE PREDICCIÓN POR CONJUNTOS, **SPC**

A satellite image of Earth, showing a large brown landmass (likely South America) and a swirling white cloud pattern (likely a hurricane or cyclone) over the ocean. The word "INTRODUCCIÓN" is overlaid in the center.

INTRODUCCIÓN

CAOS EN EL SISTEMA ATMOSFÉRICO

PARADIGMA CLÁSICO VS CAOS

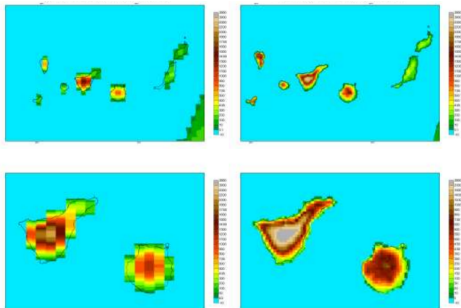
Paradigma clásico	Paradigma del caos
Sistemas dinámicos lineales	Sistemas dinámicos no lineales
Ecuaciones diferenciales lineales	Ecuaciones diferenciales no lineales
Sensibilidad acotada a las condiciones iniciales	Sensibilidad a las condiciones iniciales
Solución analítica	No existe solución analítica
El futuro de un sistema dinámico se puede calcular y predecir a partir del conocimiento de su estado anterior	El futuro de un sistema dinámico se puede calcular pero en general es impredecible a partir de un cierto horizonte: predecibilidad limitada en el tiempo
Determinismo	Determinismo formal, pero limitaciones en la predecibilidad
El comportamiento del todo se puede inferir como la suma de los comportamientos de las partes	La suma de las partes introduce comportamientos cualitativamente nuevos, emergen nuevas propiedades
Dualidad conceptual <i>orden vs caos</i>	Se profundiza y enriquece el concepto de <i>caos</i> : no es opuesto al orden, sino un distinto tipo o grado de orden.

MODELOS ATMOSFÉRICOS

- ESCALA GLOBAL
- ESCALA REGIONAL

TERMINOLOGÍA

- Espacio
 - Dominio
 - Celda
 - Resolución
 - Niveles
- Tiempo
 - Pasada
 - Rango



- Asimilación de datos
- Dinámica
- Parametrizaciones

ASIMILACIÓN DE DATOS



- Conservación del momento $\frac{dv_h}{dt} = -fk \times v_h - \frac{RT}{p} \nabla p$
- Conservación de la energía $\frac{dT}{dt} = \frac{RT}{C_p p} \frac{dp}{dt}$
- Conservación de la masa $\frac{dp}{dt} = \frac{p}{1 - \frac{R}{C_p}} \left(\nabla \cdot v_h + \frac{\partial w}{\partial z} \right)$
- Ecuación hidroestática $\frac{\partial p}{\partial z} = \frac{p}{RT} g$

- Método de diferencias infinitas o leap frog $\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f(x+\Delta x) - f(x-\Delta x)}{2\Delta x}$

- Método espectral

$$f(\lambda, \mu, t) = \sum_{m,n} a_{m,n} Y_{m,n}(\lambda, \mu)$$

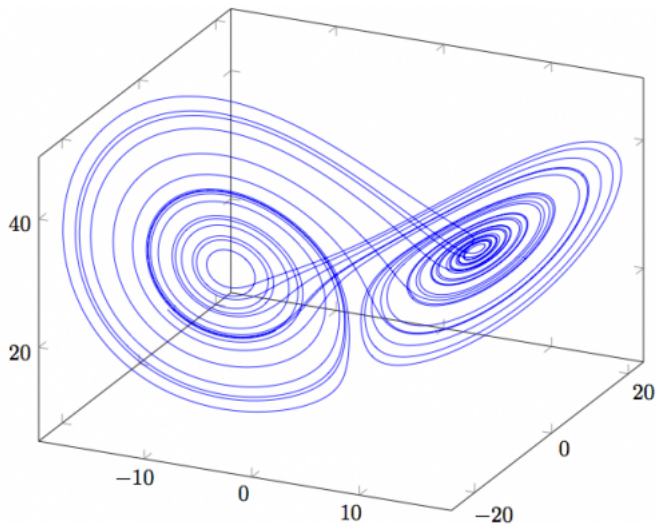
- Método de elementos finitos

Modelos no hidroestáticos

PARAMETRIZACIONES

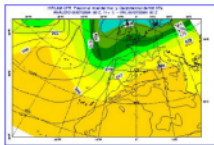


PREDECIBILIDAD



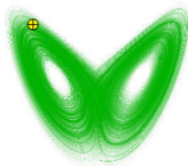
SISTEMAS DE PREDICCIÓN POR CONJUNTOS

MODELO DETERMINISTA

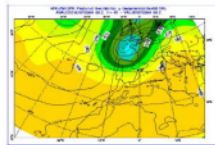


Una única entrada = CCII

$$X(t_0)$$

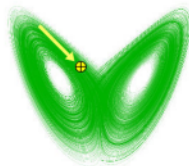


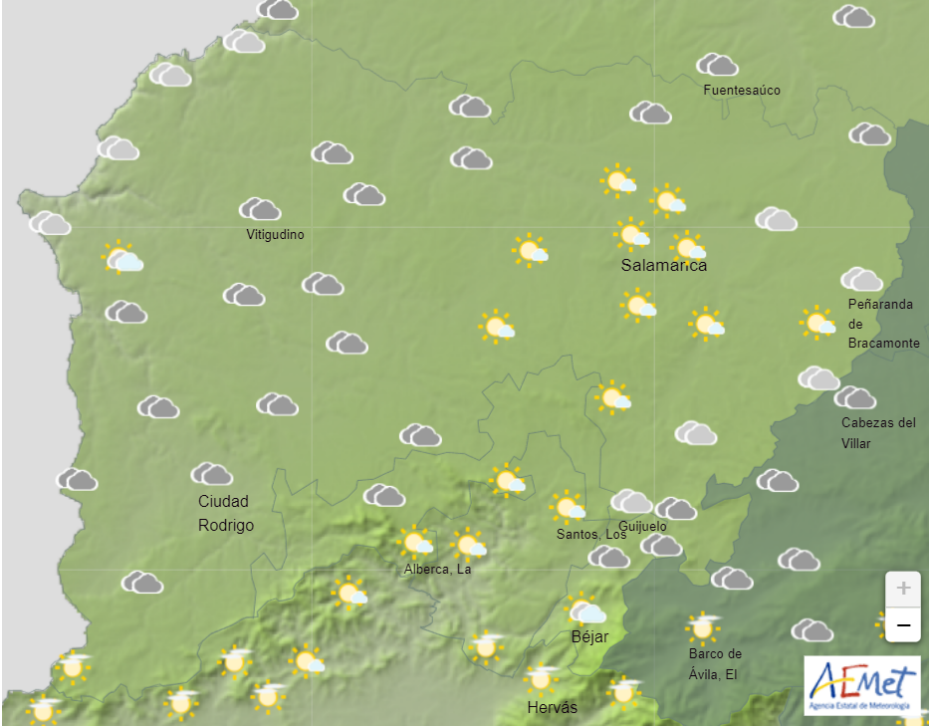
Modelo



Una única salida = predicción

$$X(t_0 + \Delta t)$$





¿POR QUÉ FALLAMOS
EN LAS
PREDICCIONES?

SIMPLEZA EN EL CAOS

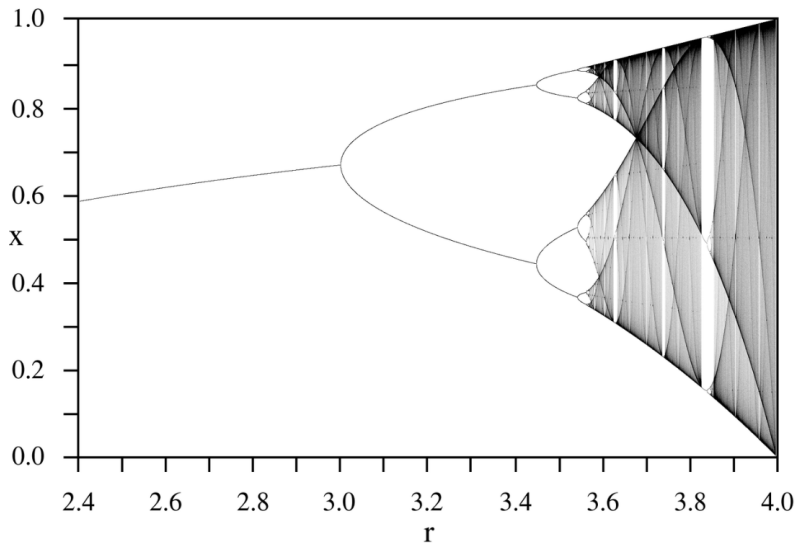
$$X_n = r X_0 (1 - X_0)$$

- $X_0 \equiv$ 'Población inicial'
- $X_n \equiv$ 'Población futura'
- $r \equiv$ 'Cuantificación de la velocidad de crecimiento de la población'

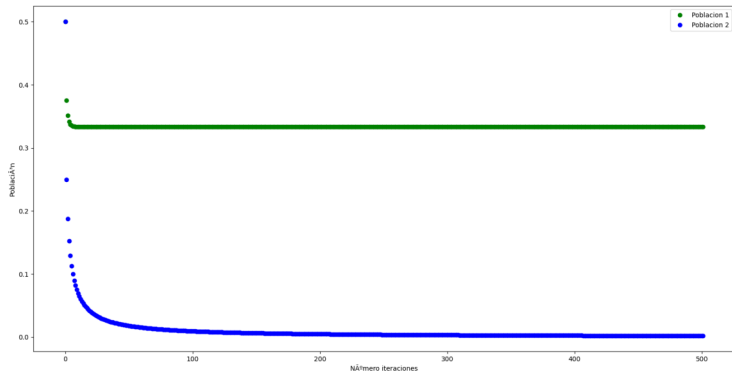
MODELO EN PYTHON

```
def poblacion(r, x_0, cota):  
    evolucion = [x_0]  
    x_p = r*x_0*(1-x_0)  
    evolucion.append(x_p)  
  
    while (abs(evolucion[len(evolucion)-1] - evolucion[len(evolucion)-2])> cota):  
        x = evolucion[len(evolucion) - 1]*r*(1-evolucion[len(evolucion)-1])  
        evolucion.append(x)  
  
        if len(evolucion)>500: break  
  
    return print(f'El valor de estabilización es {evolucion[len(evolucion) - 1]}'), len(evolucion), evolucion
```

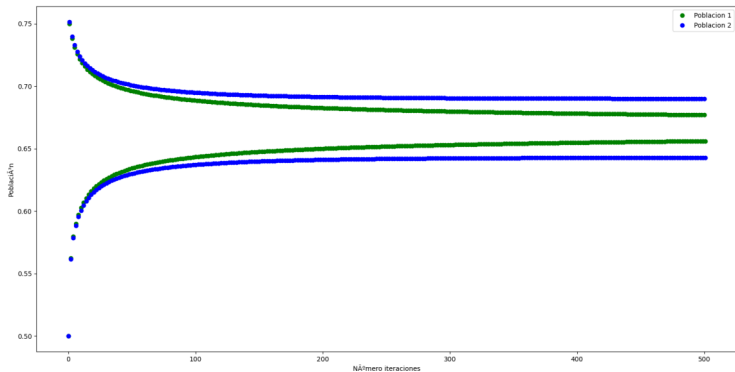
DINÁMICA DE POBLACIONES - CAOS



RÉGIMEN NO CAÓTICO



RÉGIMEN CAÓTICO

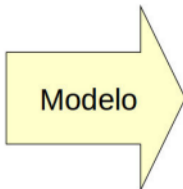
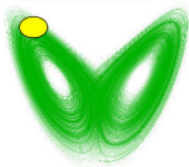


MODELO PROBABILISTA



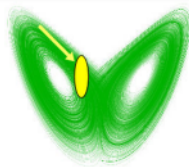
Una distribución de
entradas = PDF

$$\rho(t_0)$$



Una distribución de
salidas = PDF

$$\rho(t_0 + \Delta t)$$

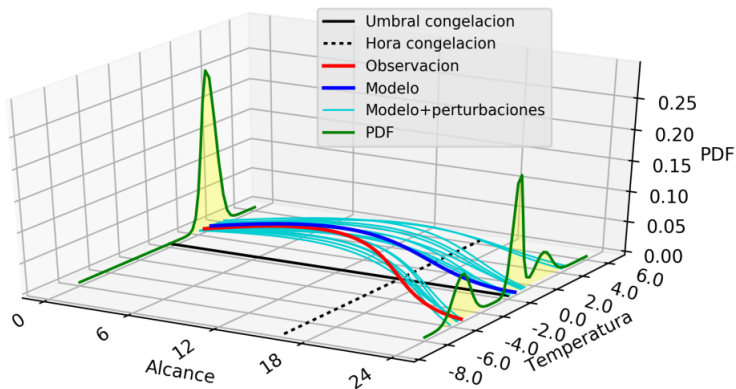


Ecuación de KOLMOGOROV

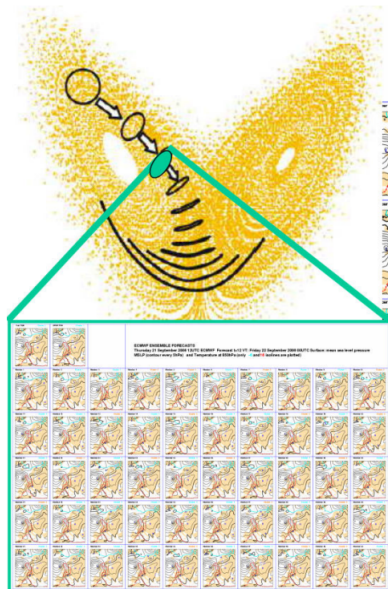
$$\partial_t \rho(x, t) = -\partial_x (\mu(x, t) \rho(x, t)) + \partial_x^2 (D(x, t) \rho(x, t))$$

- $\rho = \rho(x, t) \equiv$ 'Densidad de probabilidad.'
- $\mu = \mu(x, t) \equiv$ 'Función deriva.'
- $D = D(x, t) \equiv$ 'Coeficiente de difusión.'
- $\partial_i \equiv \frac{\partial}{\partial i}$

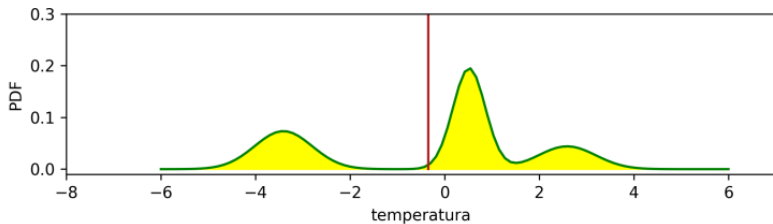
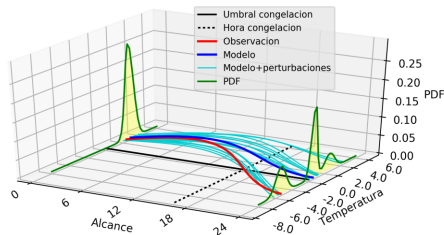
DETERMINISTA \Rightarrow SPC



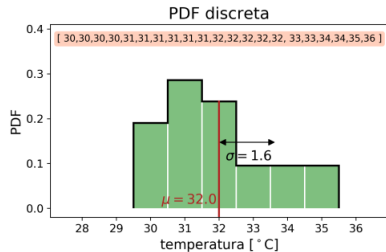
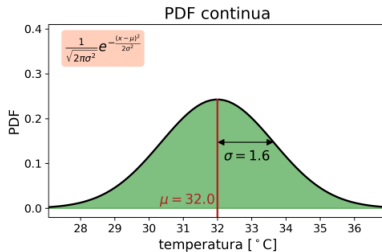
DETERMINISTA \Rightarrow SPC



DETERMINISTA \Rightarrow SPC



DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS



PARÁMETROS DE CENTRALIZACIÓN Y DISPERSIÓN

Varianza muestral. Caso discreto

$$\overline{\sigma}^2 = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \sum_i^N (x_i - \bar{x})^2$$

Varianza muestral. Caso continuo

$$\overline{\sigma}^2 = \int_I (x_i - \bar{x})^2 \rho(x) dx$$

PARÁMETRO DE CENTRALIZACIÓN

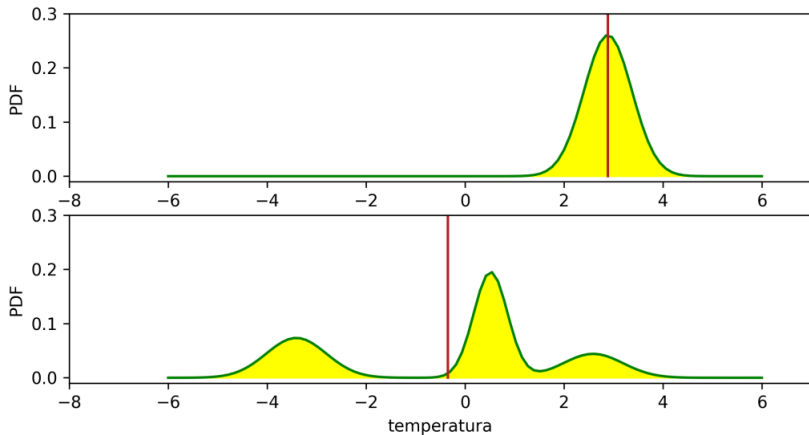
Media Muestral. Caso discreto

$$\bar{x} = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_i^N x_i$$

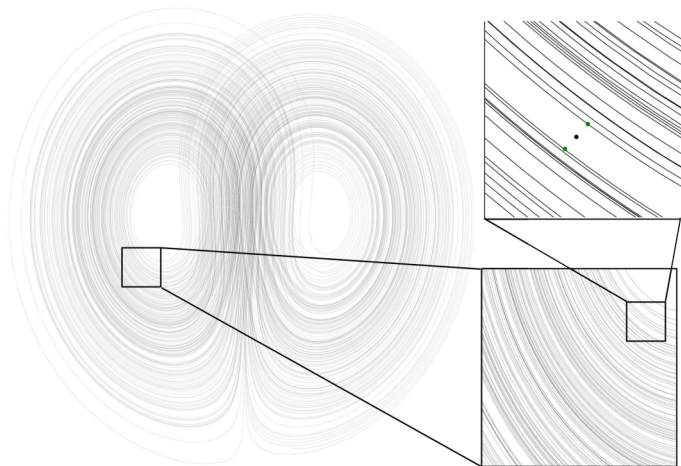
Media Muestral. Caso continuo

$$\bar{x} = \int_I x \rho(x) dx$$

Problemas con la media muestral

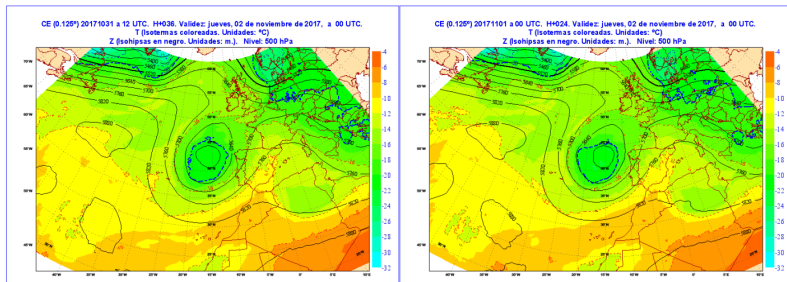


Problemas con la media muestral

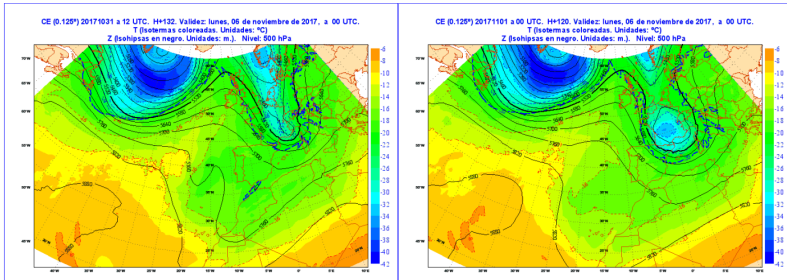


ALTERNATIVA A LOS SPC

PREDICCIONES CONSISTENTES

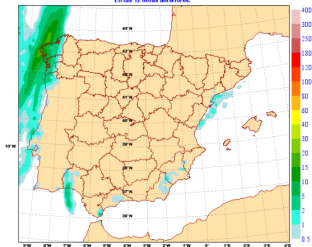


PREDICCIONES NO CONSISTENTES

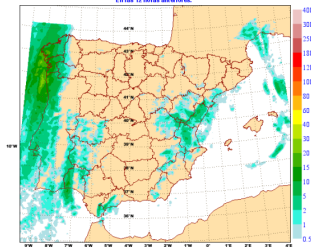


MODELOS DISTINTOS PARA MISMO INSTANTE

CE (6.129) 20171031 a 12 UTC, H=036, Válido: jueves, 02 de noviembre de 2017, a 00 UTC.
Precip. total en mm (coloreado). Nieve (equivalente en agua: líneas de 0.1, 2, 10, 20, 40 y 100 mm)
En las 12 horas anteriores.



HRR (0.69) 20171031 a 12 UTC, H=036, Válido: jueves, 02 de noviembre de 2017, a 00 UTC.
Precip. total en mm (coloreado). Nieve (equivalente en agua: líneas de 0.1, 2, 10, 20, 40 y 100 mm)
En las 12 horas anteriores.



INDICE DE PREDICCIÓN EXTREMA


¿SON UNA BUENA
APROXIMACIÓN LOS
SPC?

¿Qué esperamos de ellos?

- Una estimación de la distribución de densidad del estado atmosférico.
- Obtener diferentes escenarios atmosféricos.
- El promedio del SPC no es necesariamente una situación meteorológica, ni es el objetivo de la predicción probabilista.

¿Qué esperamos de ellos?

- Información explícita, cuantitativa y detallada sobre la dispersión atmosférica, que está vinculada con la incertidumbre y, por ende, con la predecibilidad.
- Evaluar el potencial de fenómenos adversos y fenómenos extremos.

A man with short dark hair and a black t-shirt is sitting behind a dark counter. He is looking towards the right. On the counter in front of him is a white sign with black text. To the right of the sign, the word 'VENTAS' is visible on the counter surface. In the background, there are shelves with various items, possibly books or products, and a doorway leading to another area.

PROHIBIDO
PREGUNTAR
MUCHAS
COSAS

VENTAS