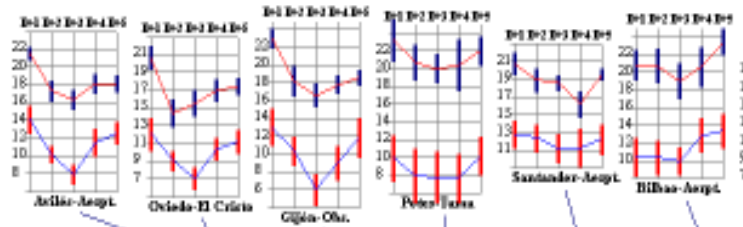


PROMETEO: Un Sistema Experto para el Pronóstico Meteorológico Local basado en Redes Neuronales y Cálculo de Analogías

ECMWF 0019991016(d+1..d+5) Realizado Sat Oct 10
PROMETEOv0.5 Grupo IAMET99



Rafael Cano

Instituto Nacional de Meteorología,
CMT/CAS, Santander



Antonio S. Cofiño

José M. Gutiérrez

Dpto. de Matemática Aplicada,
Universidad de Cantabria, Santander



Miguel A. Rodríguez

Instituto de Física de Cantabria,
CSIC/Universidad de Cantabria.

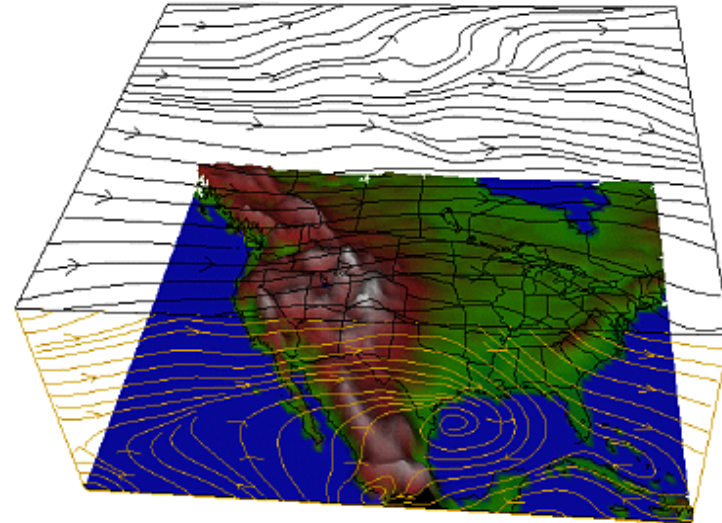


<http://ccaix3.unican.es/~gutierjm>

Investigación Aplicada en Meteorología

Los métodos actuales de predicción meteorológica a plazo corto y medio se basan en las salidas de los modelos de predicción numérica, integrando sistemas de EDP; por su parte, la predicción a plazo medio y largo se realiza mediante un “conjunto” de predicciones basadas en condiciones ligeramente perturbadas.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - \omega \frac{\partial u}{\partial p} - \frac{\partial \Phi}{\partial x} + fv + F_x \\ \frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - \omega \frac{\partial v}{\partial p} - \frac{\partial \Phi}{\partial y} - fu + F_y \\ \frac{\partial \Phi}{\partial p} = -\frac{RT}{p} \\ \frac{\partial T}{\partial t} = -u \frac{\partial T}{\partial x} - v \frac{\partial T}{\partial y} + \omega \left(\frac{\kappa T}{p} - \frac{\partial T}{\partial p} \right) + \frac{\dot{H}}{c_p} \\ \frac{\partial \omega}{\partial p} = -\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \end{array} \right.$$



Análisis e Implementación de Nuevas Técnicas Automáticas Inteligentes para el Problema de la Predicción Meteorológica.

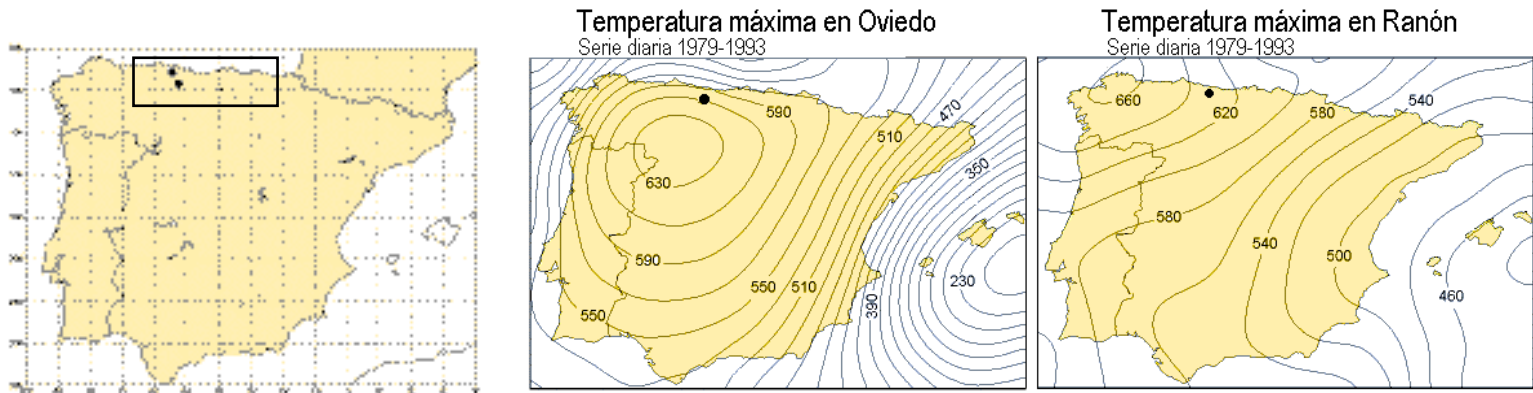
Convenio Universidad de Cantabria - Instituto Nacional de Meteorología

Mejora de resolución de las predicciones de los modelos

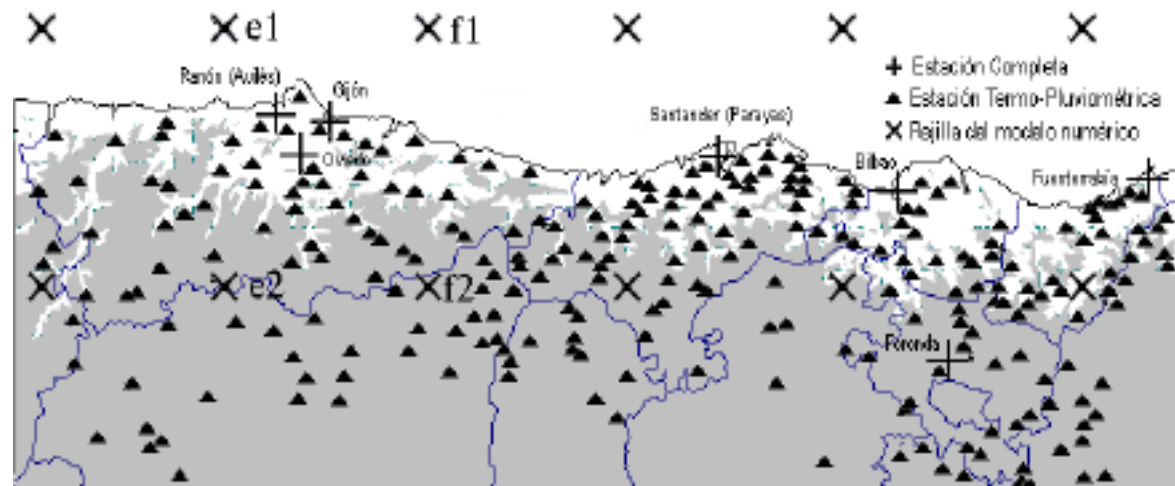
Técnicas de predicción robustas a la no linealidad de los modelos

Mejora de Resolución de los Modelos de Predicción Meteorológica

El tiempo de cómputo necesario para resolver los modelos numéricos hace que, hasta la fecha, el tamaño de rejilla no pueda ser reducido a resoluciones operativas para la predicción "local".



La red de observatorios del INM contiene las características climáticas particulares de distintas zonas.

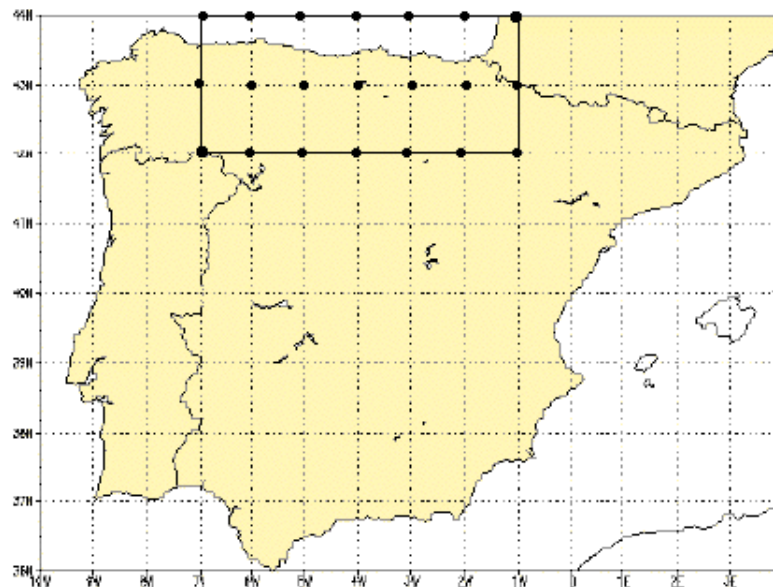


Base de Datos de Reanálisis ERA del Centro Europeo (ECMWF)

El Reanálisis del ECMWF proporciona una base de datos de salidas del modelo numérico.

Serie diaria **1979-1993**
a las **0, 6, 12 y 18** horas.

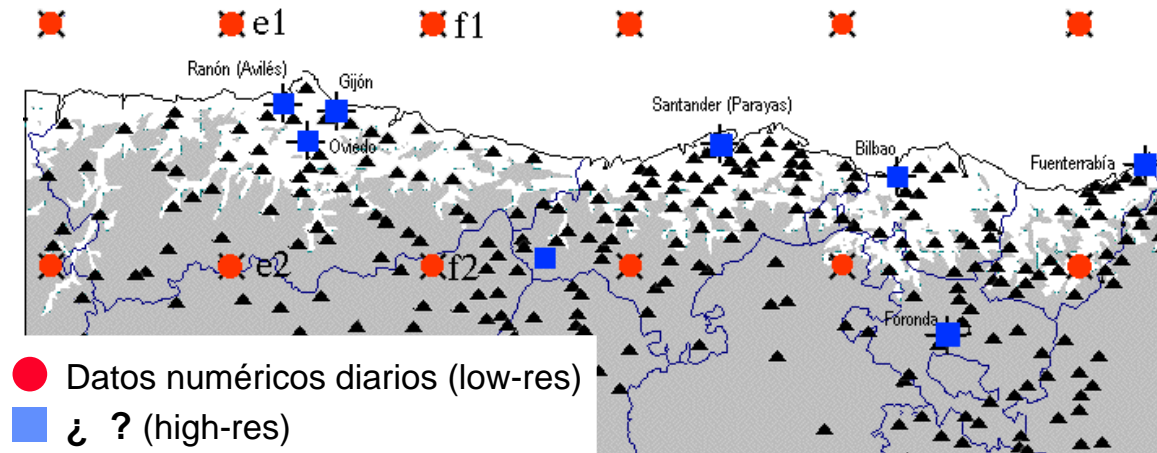
En cada uno de los nodos
•5 variables Z, T, U, V y H
•7 niveles de presión



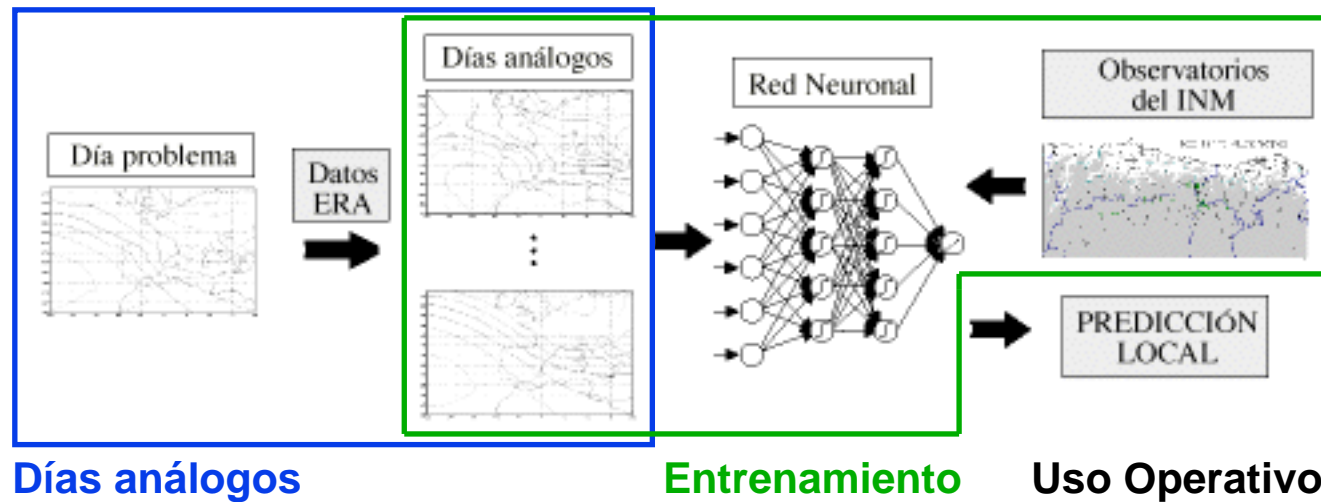
	Superficie	1000 mb	925 mb	850 mb	700 mb	500 mb	300 mb
Geop	1080	2142	8335	14953	29851	54508	89058
Temp	282	279	274	270	264	246	226
U	-8	-7	-4	0	8	23	55
V	5	4	4	2	-6	-15	-30
Hrel	278	83	81	88	57	56	50

Tabla 1: Ejemplo de la estructura de los datos en la base de datos ERA (2 de Enero de 1979).

El Sistema Experto PROMETEO. Esquema



Para un día problema dado, tenemos los valores del modelo numérico en la rejilla low-res. El problema es extrapolar los valores a una rejilla high-res.



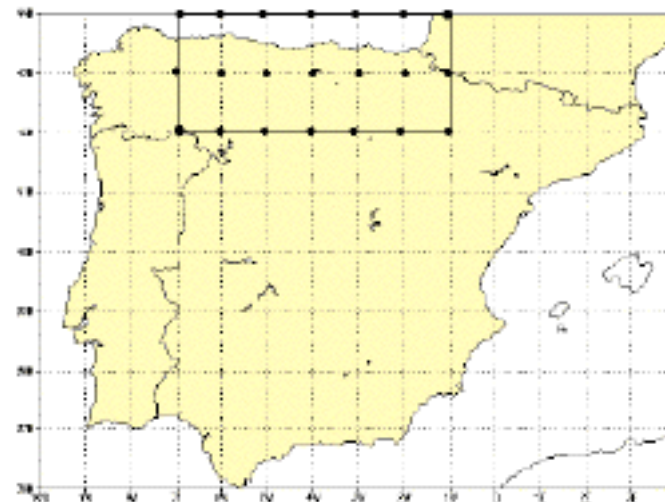
El Sistema Experto PROMETEO. Selección de Análogos

El Reanálisis del ECMWF

proporciona una base de datos de salidas del modelo numérico.

Serie diaria **1979-1993**
a las **0, 6, 12 y 18** horas.

En cada uno de los nodos
•**5 variables** Z, T, U, V y H
•**7 niveles** de presión



	Superficie	1000 mb	925 mb	850 mb	700 mb	500 mb	300 mb
Geop	1080	2142	8335	14953	29851	54508	89058
Temp	282	279	274	270	264	246	226
U	-8	-7	-4	0	8	23	55
V	5	4	4	2	-6	-15	-30
Hrel	278	83	81	88	57	56	50

Tabla 1: Ejemplo de la estructura de los datos en la base de datos ERA
(2 de Enero de 1979).

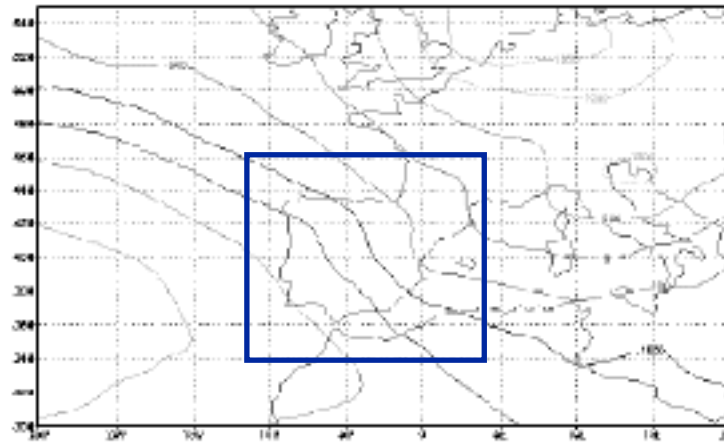
Días con patrón climático análogo

Componentes principales

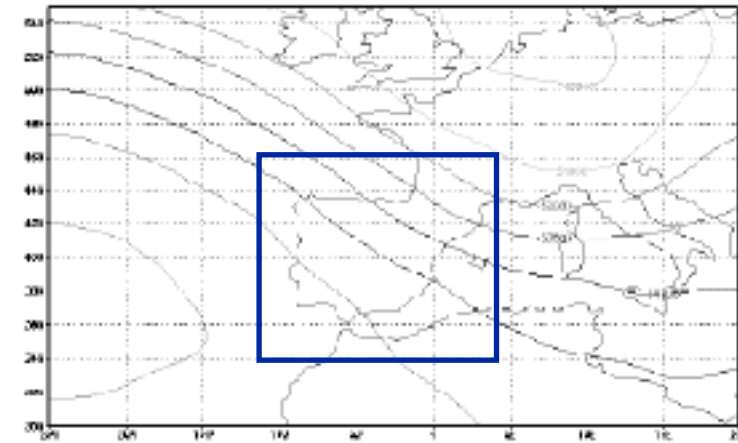
Redes auto-organizativas

El Sistema Experto PROMETEO. Selección de Análogos

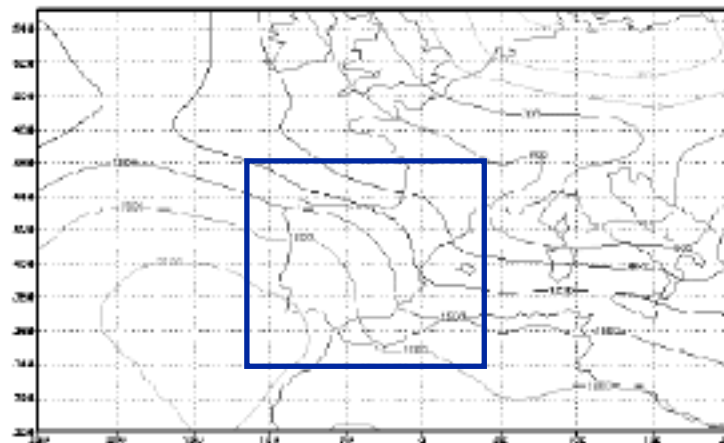
*Búsqueda de análogos para el día 11 de Enero de 1979 (parte superior).
El mejor análogo obtenido fue el 30 de Diciembre de 1981 (parte inferior).*



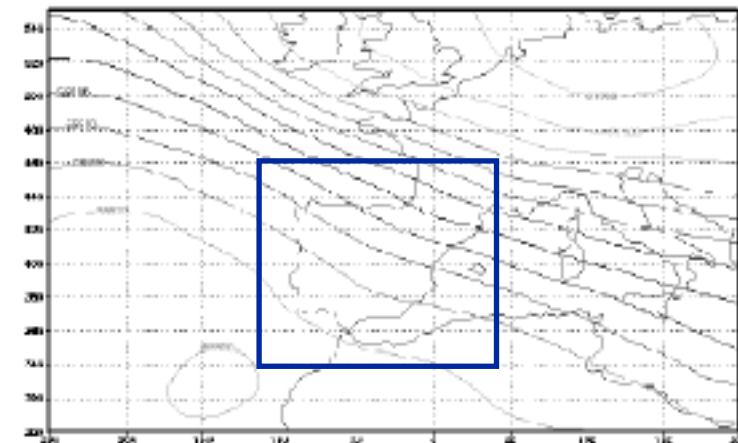
1 Enero 1979 (1000 mb)



1 Enero 1979 (500 mb)

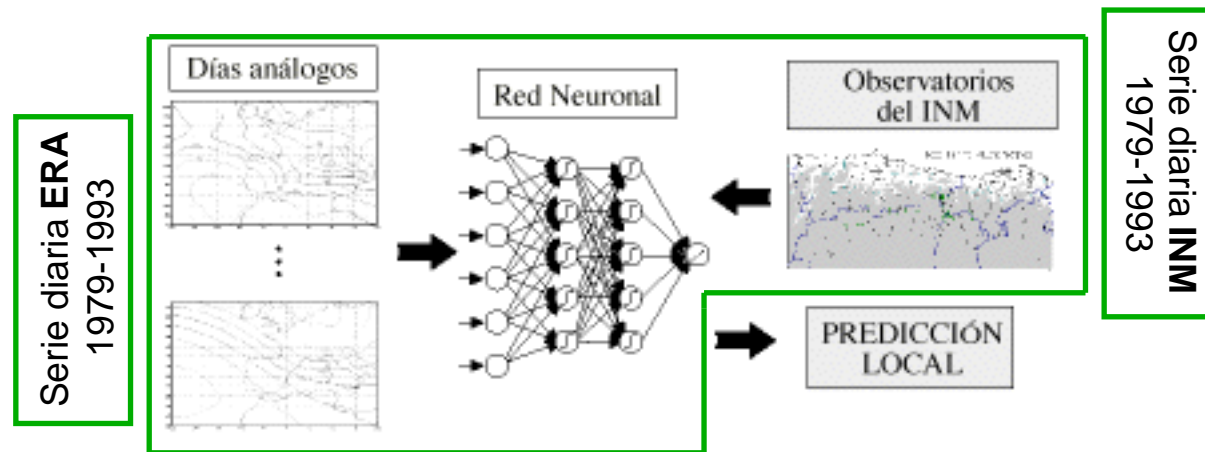


30 Diciembre 1981 (1000 mb)



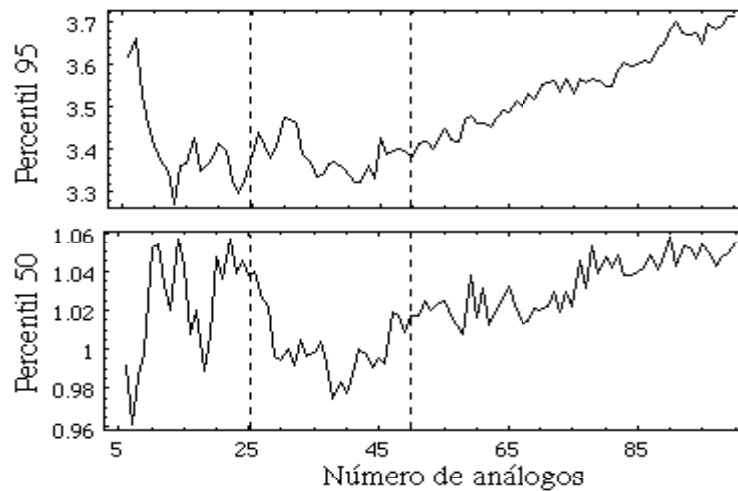
30 Diciembre 1981 (500 mb)

El Sistema Experto PROMETEO. Downscaling (regresión y RN)

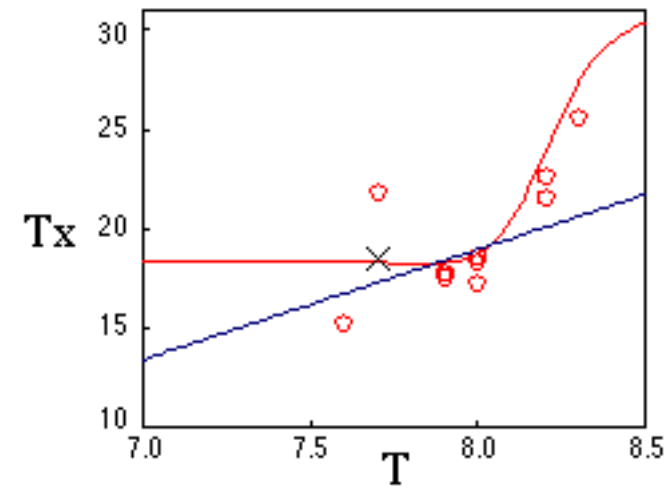


Entrenamiento

Uso Operativo



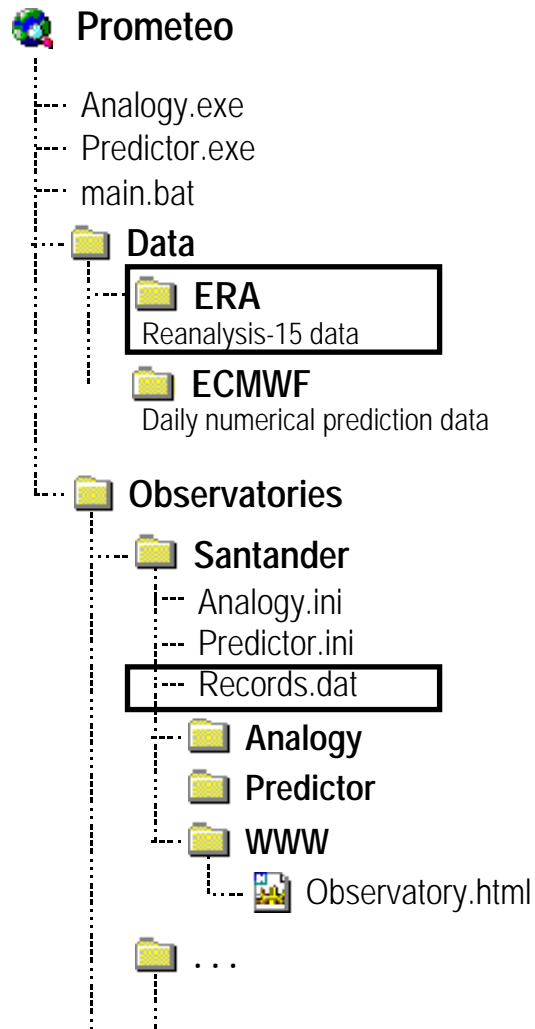
Número Óptimo de Análogos



Necesidad de Modelos no Lineales

El Sistema Experto PROMETEO. Aspectos Computacionales

Desarrollado en C (estándar) con interfase gráfica multiplataforma (TCL).



```
main.bat
analogy.exe ./santander/analogy.ini
predictor.exe ./santander/predictor.ini
...

Analogy.ini
Temporales=0,-1
HoraAnalisis=12
NumeroAnalogos=200;

FicheroAnalogos=./Observatories/Santander/Analogy/ANG1999071912.dat
FicheroNormas=norma.dat

DataPath=./Data/ERA
; Synoptic nodes and variables
DataPattern=A1,4,5,6,7,11,12,13,14,18,19,20,21,25,26,27,28,32,33,34,35
DataPattern=A9,4,5,6,7,11,12,13,14,18,19,20,21,25,26,27,28,32,33,34,35
DataPattern=O1,4,5,6,7,11,12,13,14,18,19,20,21,25,26,27,28,32,33,34,35
DataPattern=O9,4,5,6,7,11,12,13,14,18,19,20,21,25,26,27,28,32,33,34,35
; Mesoscale nodes and variables
DataPattern=G1,2,3,4,8,9,10,11,15,16,17,18,22,23,24,25,29,30,31,32
DataPattern=H1,2,3,4,8,9,10,11,15,16,17,18,22,23,24,25,29,30,31,32
DataPattern=G2,2,3,4,8,9,10,11,15,16,17,18,22,23,24,25,29,30,31,32
DataPattern=H2,2,3,4,8,9,10,11,15,16,17,18,22,23,24,25,29,30,31,32

predictor.ini
DirectorioRegresores=./DATA/ERA/
DirectorioPredictandos=./OBSERVATORIES/SANTANDER/
DirectorioSalida=./OBSERVATORIES/SANTANDER/PREDICTOR/
FicheroAnalogos=./Observatories/Santander/Analogy/ANG1999071912.dat

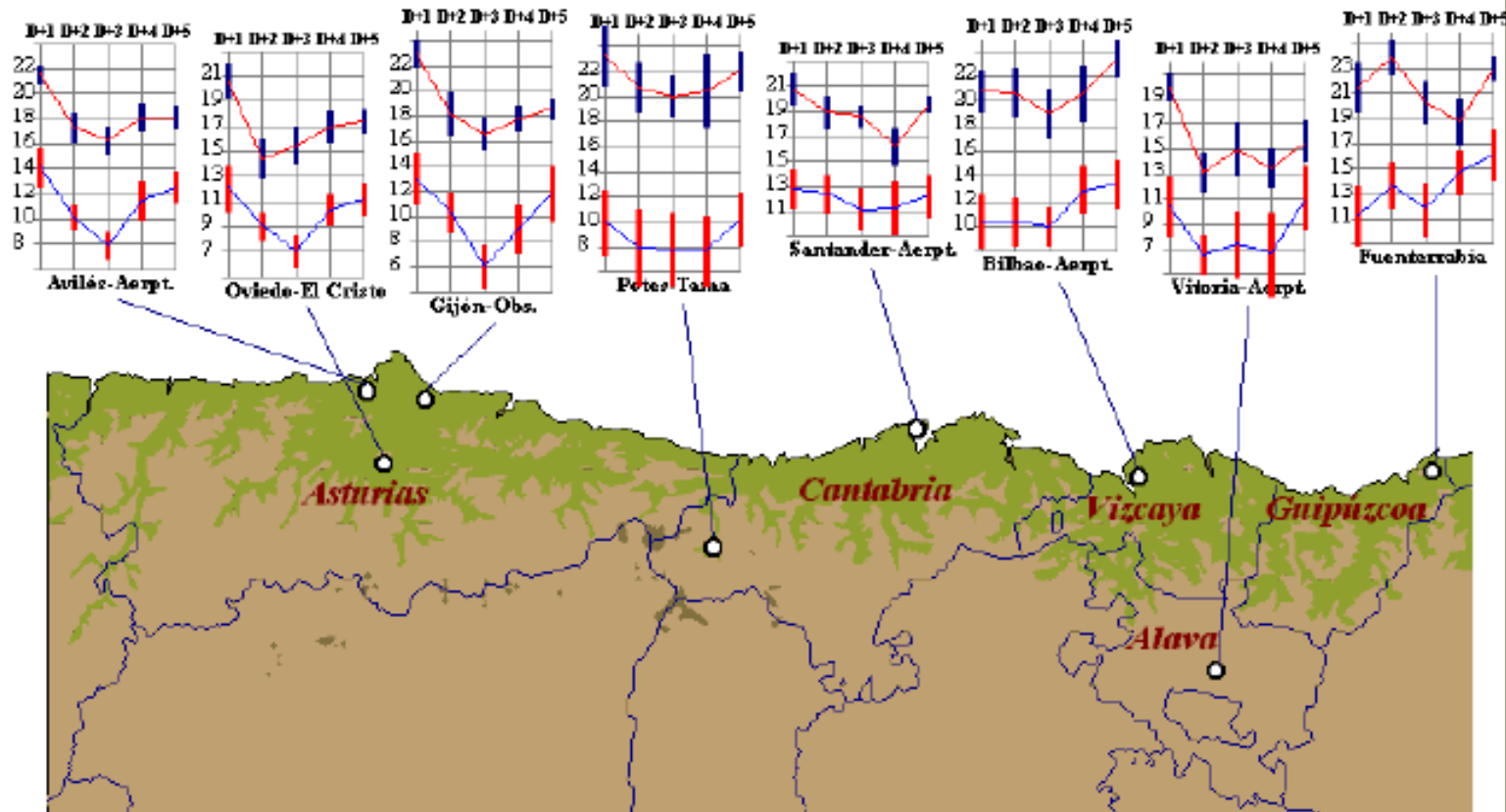
Regreso=G1,8,9,10
Regreso=H1,8,9,10

Predictandos=./Observatories/Santander/records.dat

Prediccion=PMT1999071912.out,400,15,2,0,1,1,2
```

El Sistema Experto PROMETEO. Salida Operativa

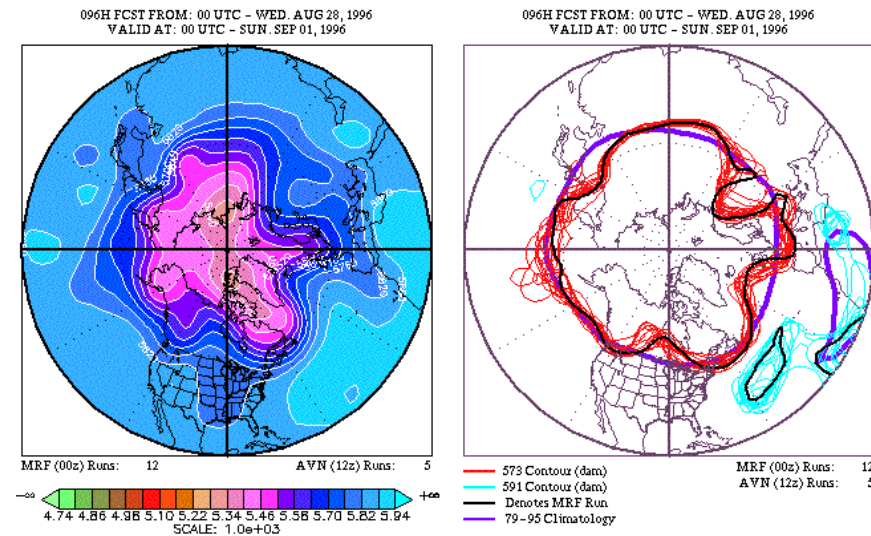
ECMWF 0019991016(d+1..d+5) Realizado Sat Oct 16 17:24:01 1999
PROMETEOv0.5 Grupo IAMET'99



Técnicas de Predicción Robustas a la "no linealidad" del modelo

Se estudiará la influencia sobre las predicciones a plazo medio de los efectos no lineales asociados con las ecuaciones de los modelos tratando de desarrollar una metodología robusta frente a este efecto.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - \omega \frac{\partial u}{\partial p} - \frac{\partial \Phi}{\partial x} + fv + F_x \\ \frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - \omega \frac{\partial v}{\partial p} - \frac{\partial \Phi}{\partial y} - fu + F_y \\ \frac{\partial \Phi}{\partial p} = -\frac{RT}{p} \\ \frac{\partial T}{\partial t} = -u \frac{\partial T}{\partial x} - v \frac{\partial T}{\partial y} + \omega \left(\frac{\kappa T}{p} - \frac{\partial T}{\partial p} \right) + \frac{\dot{H}}{c_p} \\ \frac{\partial \omega}{\partial p} = -\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \end{array} \right.$$



Predicción por Conjuntos:
 Conjunto de condiciones iniciales perturbando ligeramente la original.

Crítica: Considera la equiprobabilidad de todas las condiciones iniciales para calcular la probabilidad combinada final.

Hay que tener en cuenta la dinámica.