



El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Elena Tel, María Jesús García
Instituto Español de Oceanografía (IEO)
C/Corazón de María 8, 28002 Madrid.

1. SISTEMA DE OBSERVACIÓN.

- Tecnología.
- Estaciones y series temporales.

2. VARIABILIDAD ESTACIONAL Y TENDENCIAS.

3. ESTUDIO REGIONAL.

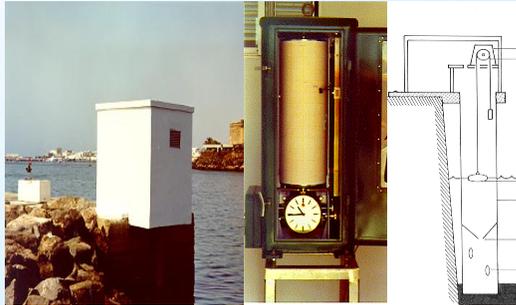
- Análisis de Conglomerados Jerárquicos.
- Análisis de Componentes Principales.

4. INFLUENCIA DE LA ATMÓSFERA.



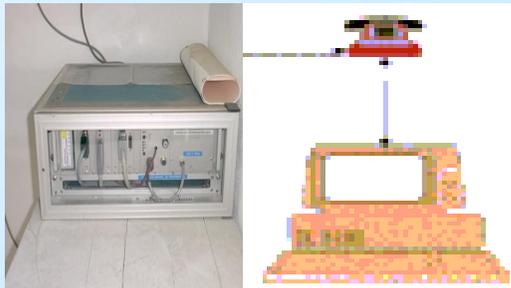
El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Sistema de Observación: Tecnología.



Instalaciones y equipos

Caseta, mareógrafo de flotador y codificador



Transmisión de datos vía modem.

Estación de campo. \longrightarrow Centro de Datos



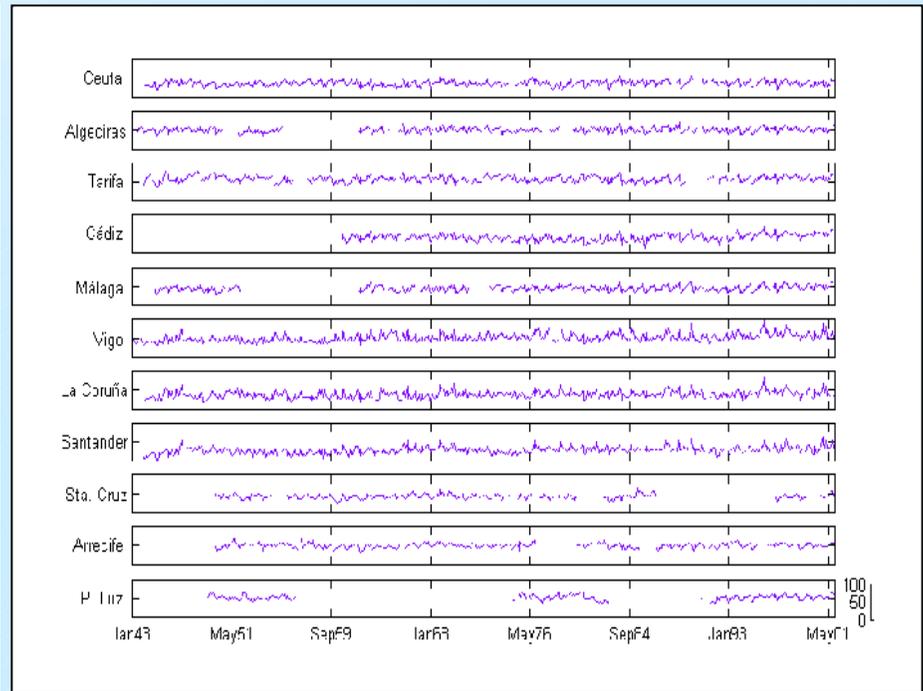
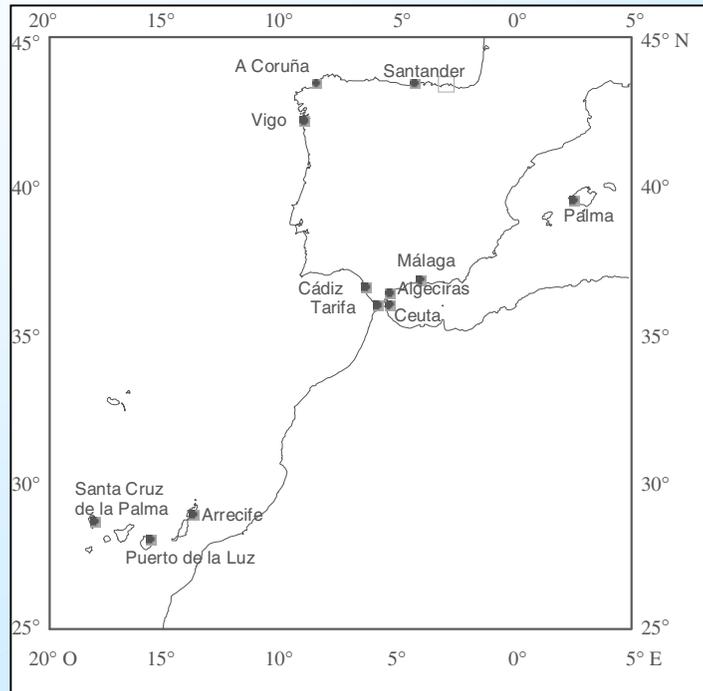
Cota de referencia.

Antena de recepción GPS.



El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Sistema de observación: Estaciones y Series temporales.



✦ Control de Calidad:

Test de Homogeneización Normal Estándar (Alexanderson, 1997)

- Puntos de inhomogeneidad. error en el registro o variabilidad natural.
- Tamaño probable del salto.



El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Variabilidad estacional.

Función de ajuste matemático

$$Z(t) = Z_0 + A \cdot t + \sum_{i=1}^2 (C_i \sin(\omega_i \cdot t) + D_i \cos(\omega_i \cdot t))$$

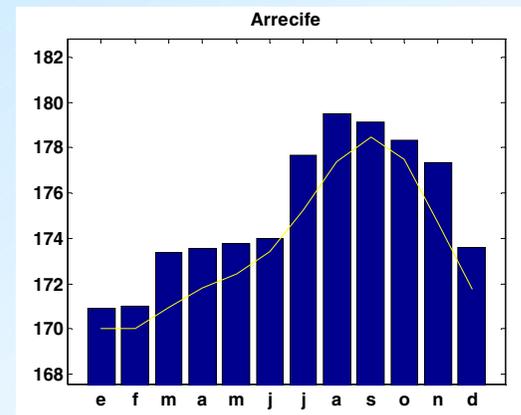
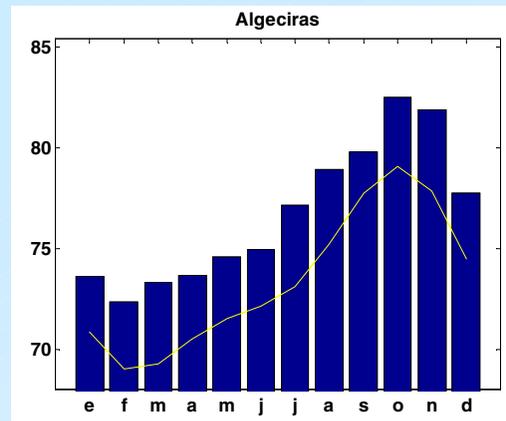
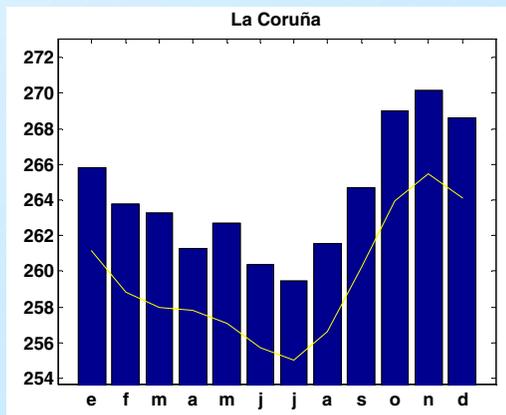
donde:

$$\omega_i = 2\pi/T_i$$

T_i → Periodos anual y semianual

$A \cdot t$, → Tendencia lineal

Z_0 → Media.

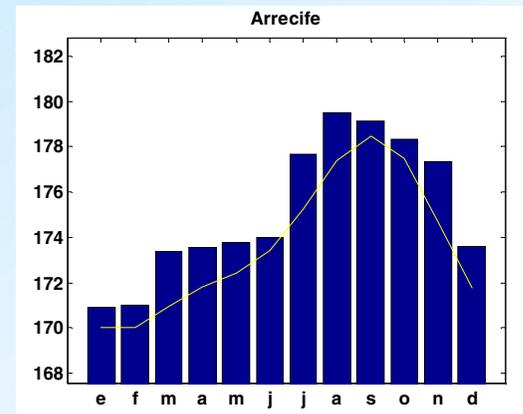
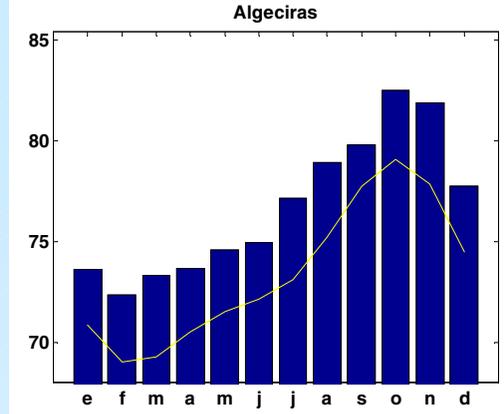
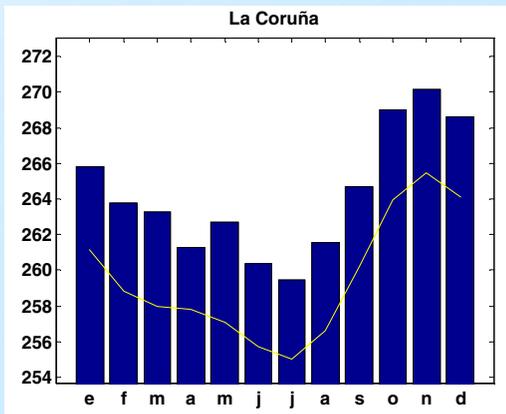




El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Variabilidad estacional.

ESTACIÓN	INICIO	FIN	N	ANUAL SEMIANUAL		ANUAL+SEMIANUAL	
				AMPLITUD (mm)		RANGO	MAX.
Vigo	mar-43	dic-01	700	48	17	112	Nov
La Coruña	ene-44	dic-01	683	44	18	103	Nov
Santander	ene-44	dic-01	675	30	21	102	Nov
Ceuta	mar-44	dic-01	667	47	13	104	Oct
Algeciras	jul-43	dic-01	568	40	15	93	Oct
Tarifa	ene-44	dic-01	635	48	26	129	Oct
Cádiz	sep-60	dic-01	484	48	8	102	Oct
Málaga	ene-45	dic-01	535	56	11	117	Oct
Sta. Cruz	ene-50	dic-01	438	46	12	99	Sep
Arrecife	ene-50	dic-01	539	40	14	90	Oct
P. Luz	jun-49	dic-01	308	42	13	95	Sep





El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Tendencias y su fiabilidad.

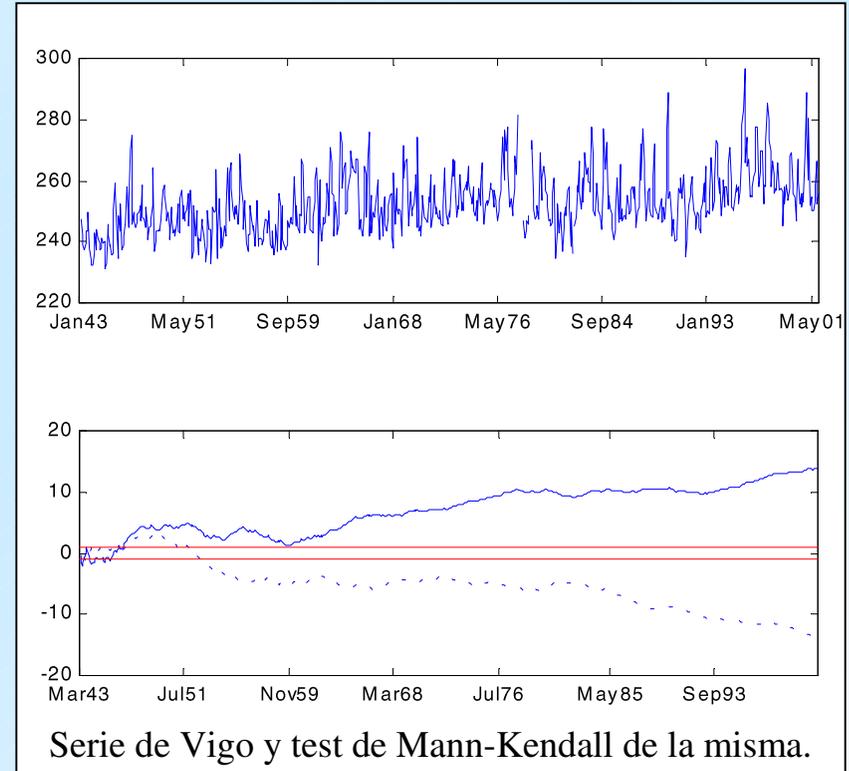
Tendencias

ESTACIÓN	PGR (mm/año)	TENDENCIA (mm/año)	TEND+PGR (mm/año)
Vigo	0,22	2,63	2,83
La Coruña	0,13	1,40	1,51
Santander	0,27	2,00	2,22
Ceuta	0,43	0,50	0,86
Algeciras	0,43	0,38	0,83
Tarifa	0,42	0,06	0,46
Cádiz	0,41	1,85	2,06
Málaga	0,43	0,89	1,27
Sta. Cruz	0,20	0,31	0,47
Arrecife	0,20	0,19	0,36
P. Luz	0,20	-0,01	0,22

➤ Isostacia Post-glaciar. (Modelo de Peltier)

$$y_{corr}(t) = y_{orig}(t) + \sigma \cdot t$$

σ : valor de la corrección en cada estación.



Serie de Vigo y test de Mann-Kendall de la misma.

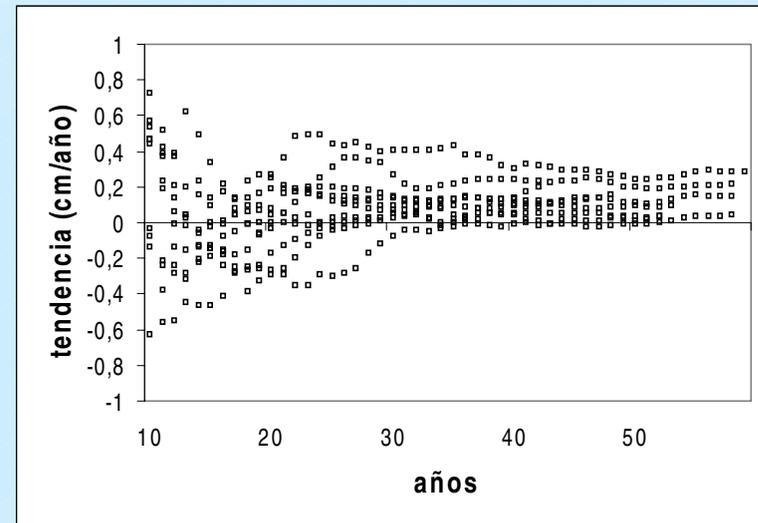
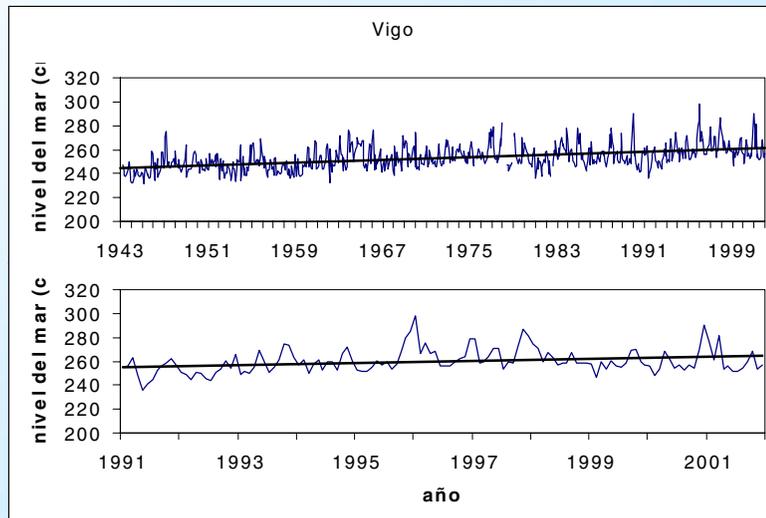
➤ Test de Mann-Kendall ($\alpha = 0.001$)



El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Tendencias y su fiabilidad.

Fiabilidad de la tendencia



- La longitud de las series afecta significativamente a la fiabilidad de la tendencia.
- De momento no se puede estudiar la aceleración.



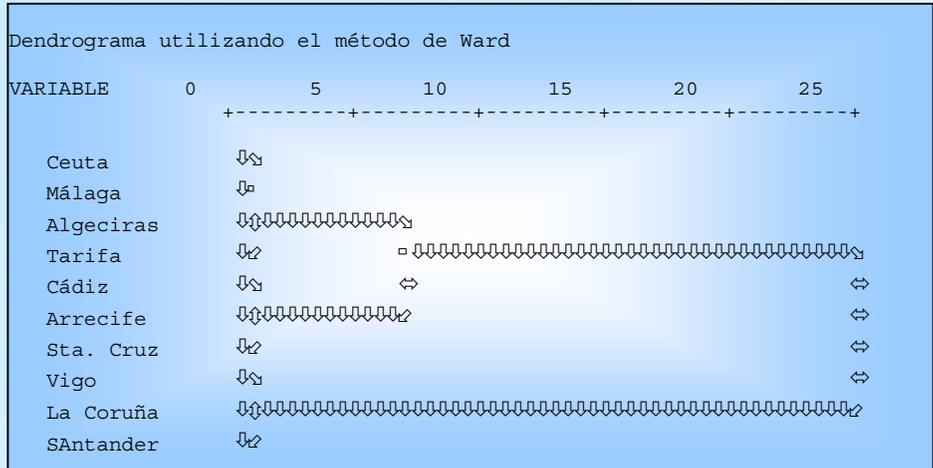
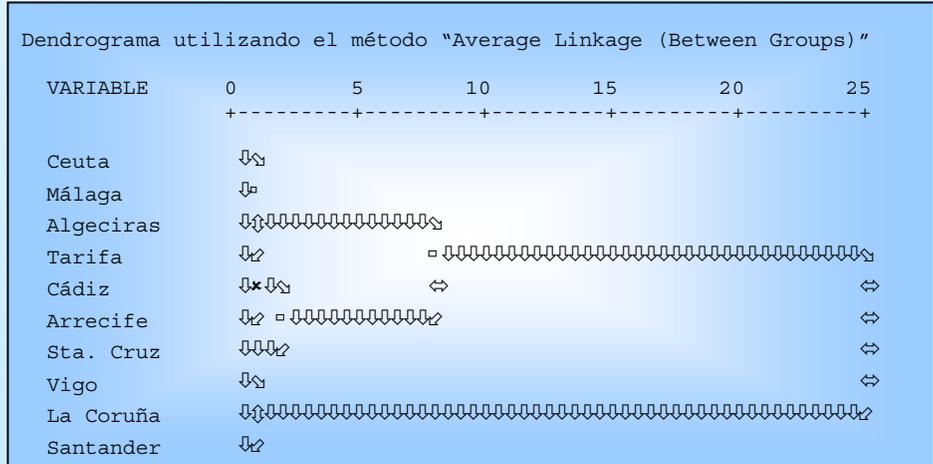
El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Regionalización: Análisis de Conglomerados Jerárquicos

➤ Determinar zonas de comportamiento homogéneo.

➤ Distintos métodos de agrupación conducen a los mismos resultados.

Cádiz se agrupa con las series de Canarias, cuando lo esperable era que agrupara con las las Estrecho.





El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Regionalización: Análisis de Componentes Principales

A.C.P. Atendiendo a la clasificación obtenida con el A. Conglomerados.

escenario 1	KMO	%VARIANZA	TENDENCIA (mm/año)
NORTE	0,742	82,2	2,40
ESTRECHO - CADIZ	0,778	67,3	0,88
CANARIAS + CADIZ	0,606	50,8	0,83

La inclusión de Cadiz en uno u otro grupo afecta significativamente a la tendencia del mismo.

escenario 2	KMO	%VARIANZA	TENDENCIA (mm/año)
NORTE	0,742	82,2	2,40
ESTRECHO + CADIZ	0,843	64,1	0,95
CANARIAS - CADIZ	0,500	64,1	0,39

Tendencias más acusadas en la zona de transición que en la región subtropical

- La correlación entre las series es buena.
- Las series regionales → tendencias zonales.
- Resultados representativos de las distintas regiones oceanográficas.



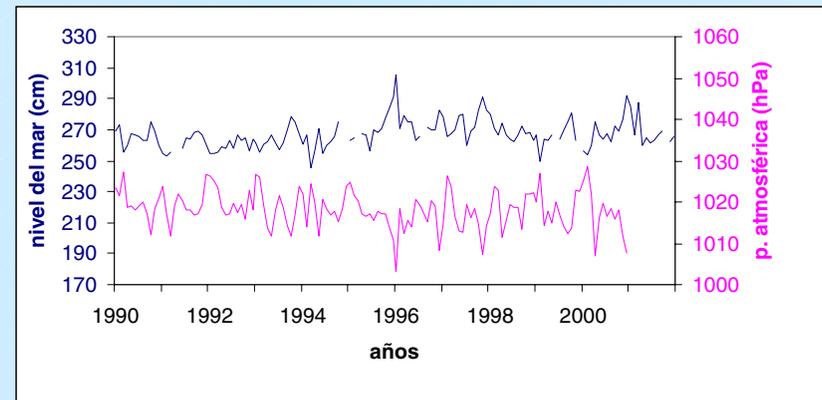
El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Efectos atmosféricos

- **Influencia de la Presión Atmosférica** (*Datos presiones medias mensuales. INM*)

Correlaciones nivel- presión atmosférica.

ESTACIÓN	COMPLETAS	AÑOS 90
Ceuta	-0,64	-0,64
Tarifa	-0,43	-0,53
Cádiz	-0,21	-0,54
Vigo	-0,50	-0,53
La Coruña	-0,66	-0,72
Santander	-0,68	-0,74
Sta. Cruz	-0,49	-0,57
P. Luz	-0,41	-0,50



- Correlación más baja en Cádiz que en el resto de las estaciones. ¿problema de registro?
- La mejora de los equipos y control de calidad se corresponden con una correlación más alta en la última década.



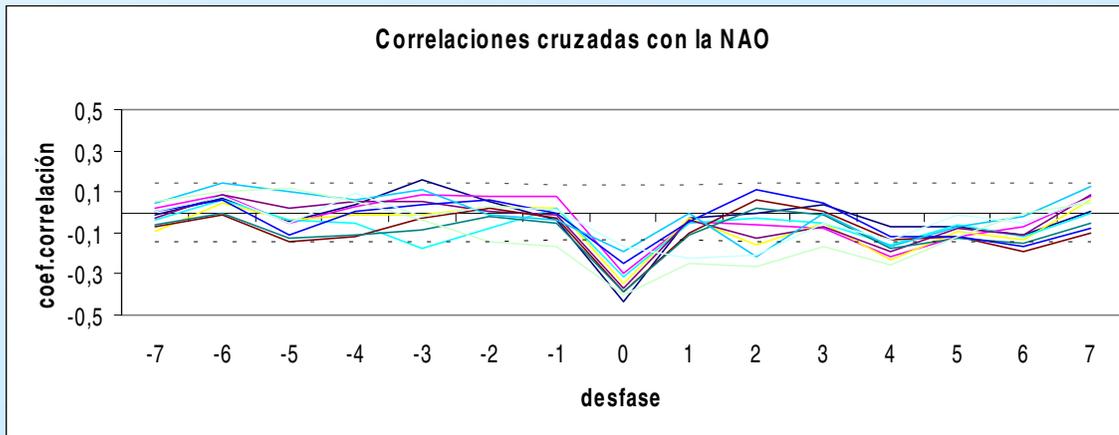
El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Efectos atmosféricos

• Relación con la NAO

Variación a gran escala que influye en

- * Temperatura
- * Precipitación
- * Temperatura del mar
- * ...



- Correlaciones significativas en torno a -0.3 a orden cero.

El nivel del mar responde a las variaciones atmosféricas del Hemisferio Norte.



El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Conclusiones

✧ *La tendencia al alza obtenida, entre 0.9mm/año en el Estrecho y 2.4mm/año en el Norte Peninsular, es del orden de los valores globales que se están manejando (1-2 mm/año) para la última centuria.*





El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Conclusiones

✧ *El conocimiento del comportamiento del nivel del mar precisa de datos de buena calidad y tan largos como sea posible, así como la inclusión de otros factores en su estudio.*

Es preciso considerar con precaución los resultados obtenidos debido a:

- longitud de las series (50 años)
- lagunas
- movimientos verticales del terreno, además de la isostacia.
 - áreas geológicamente activas
 - problemas de asentamiento





El Nivel del Mar en las Costas Españolas y su Relación con el Clima.

Conclusiones

✧ *La información que estos datos aportan al conocimiento de la variabilidad climática pone de manifiesto la necesidad de monitorizar:*

- *el nivel del mar*
(IEO desde 1943)
- *cota de referencia*
(Nuevas tecnologías GPS recientemente)
- *variables atmosféricas*
(INM. Series históricas de longitud variable.)
- *variables oceanográficas.*
(IEO desde 1992)

