

## MAPAS DE AUTOSIMILARIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN ESPAÑA EN BAJA FRECUENCIA

Abel HERNÁNDEZ, Vicente QUESADA\* y Francisco VALERO  
*Dpto. Astrofísica y CC. Atmósfera. Facultad CC. Físicas. UCM*

*\*Dpto. Estadística e Investigación Operativa. Facultad CC. Matemáticas. UCM*

### RESUMEN

Se ha desarrollado un método de detección de estructuras coherentes de la precipitación mensual de baja frecuencia en España que introduce de forma combinada un análisis de wavelets y de redes neuronales no supervisadas. El método ha permitido detectar 4 estructuras coherentes oscilantes en baja frecuencia de la precipitación.

**Palabras clave:** Análisis de *Wavelet* y de redes neuronales, mapas autoorganizativos, patrones de precipitación.

### ABSTRACT

A methodology to detect low-frequency coherent structures of monthly precipitation over Spain has been developed. The approach combines both wavelet theory and a neuronal network. As a result, four self-organized maps were isolated as leading precipitation vectors oscillating in low frequency.

**Key words:** Wavelet and neuronal network analysis, self-organizing maps, precipitation vectors.

### 1.INTRODUCCIÓN

La descomposición de los fenómenos físicos en otros de más fácil estudio está presente en diversas disciplinas científicas. Por ejemplo, el estudio de la evolución de una magnitud climática a lo largo del tiempo, que viene descrita por una función matemática, puede abordarse por superposición de funciones simples. Para ello, se utilizan como herramientas matemáticas el análisis de Fourier, las bases de splines y las funciones wavelets, entre otras.

La descomposición de una serie temporal en el espacio tiempo-frecuencia mediante análisis multiresolución de wavelet permite obtener los modos dominantes de variabilidad y su evolución en el tiempo. La aplicación de las wavelets a fenómenos climáticos ha sido tratada, entre otros, por MEYERS *et al.* (1993), GU y PHILANDER (1995) y por WANG y WANG (1996). Un tratamiento teórico al análisis wavelet puede consultarse en DAUBECHIES, 1992.

En este estudio se propone una estrategia para determinar conglomerados de baja frecuencia de la precipitación mensual sobre España. En primer lugar, se realiza un análisis multirresolución de las series de precipitación y se obtiene la señal de baja frecuencia para una escala dada que corresponde a la máxima energía de la transformación wavelet. La creación de los conglomerados se consigue mediante la elaboración de mapas autoorganizativos de KOHONEN (1995), obtenidos a partir de redes neuronales no supervisadas que conservan la topología de las series temporales en su espacio correspondiente mediante una proyección no lineal en  $R^2$ , de manera que se puede considerar un número de conglomerados con arreglo a la dimensión de la serie y al número de éstas.

En la sección segunda de este trabajo se describen los datos y la metodología utilizadas en este estudio, en la tercera, se exponen los resultados obtenidos que se representan mediante mapas de autosimilaridad.

## 2. DATOS Y METODOLOGÍA

En este estudio se han utilizado los datos de precipitación mensual de 4374 observatorios meteorológicos distribuidos por la España peninsular y las Islas Baleares. La base de datos ha sido sometida a la fase del control de calidad (tratamiento de datos anómalos, homogeneización e interpolación de datos perdidos). Los datos comprenden el intervalo 1960 a 1991.

La metodología empleada en este trabajo consta de dos fases:

Fase a): Es la fase de aproximación de la baja frecuencia a la señal de precipitación. Ha consistido en aplicar la técnica del Análisis Multirresolución en Aproximación de Wavelets. Básicamente, consiste en dada una señal "f(t)" y un wavelet función escala, "φ" junto con su familia asociada

$$\phi_{jk}(t) = 2^{-j/2} \phi\left(\frac{t - 2^j k}{2^j}\right), j, k \in Z$$

determinar los coeficientes

$$s_{jk} = \int \phi_{jk}(t) f(t) dt$$

que representan la aproximación en baja frecuencia de la función en la escala J.

La expresión

$$S_J(t) = \sum_k s_{jk} \cdot \phi_{jk}(t)$$

representa la aproximación de la función f(t) en la escala J. La calidad (en energía) de la aproximación  $S_J$  viene dada por

Como Wavelet se ha utilizado la familia Symlets, que son continuos, ortogonales, de soporte compacto y casi simétricos. La escala  $J$  para la aproximación ha sido  $J = 6$ .

Fase b): Es la fase de creación de conglomerados. Una vez que se han tomados las aproximaciones de baja frecuencia de las señales de precipitación se procedió a clasificarlas en conglomerados, caracterizados por la semejanza en baja frecuencia de las señales que están en cada uno de ellos. Para organizar en forma consistente la enorme cantidad de información tratada, se ha utilizado un red neuronal no supervisada de Kohonen, la cual nos aporta una serie de mapas autoorganizativos, que son la proyección no lineal del espacio  $R^m$ , siendo  $m$  la dimensión de la serie en  $R^2$ , de forma que se conserve la topología del mismo. Las señales que estaban próximas en el espacio  $R^m$ , se encuentran en el mismo conglomerado de  $R^2$ .

El método nos ha permitido seleccionar cuatro conglomerados independientes, de tal manera que el problema de representación se ha simplificado desde una dimensión 360 a tan solo 4, de manera que esto nos permite hacer una interpretación mucho más sencilla de la precipitación peninsular en baja frecuencia.

$$c_J = \frac{\|S_J\|^2}{\|f\|}$$

### 3. RESULTADOS

A continuación se representan los cuatro mapas organizados por el método anteriormente expuesto. Constituyen representaciones de la distribución espacial de la precipitación mensual en baja frecuencia sobre España. En abscisas se indica la longitud geográfica relativa y en ordenadas la latitud.

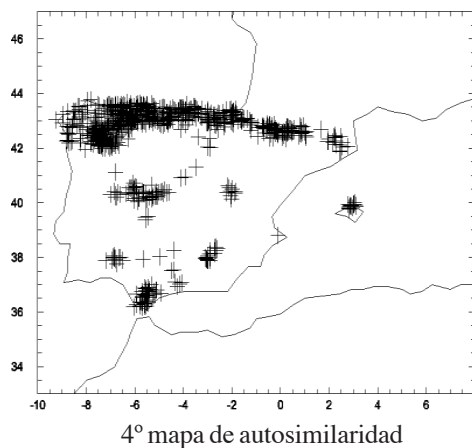
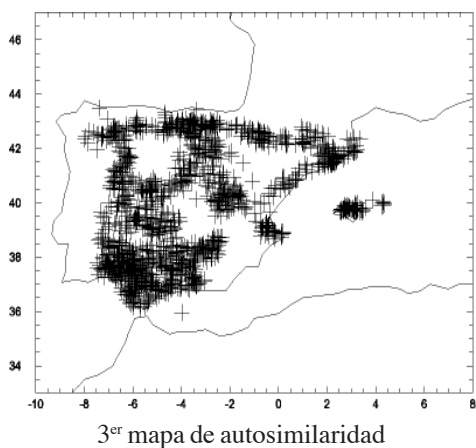
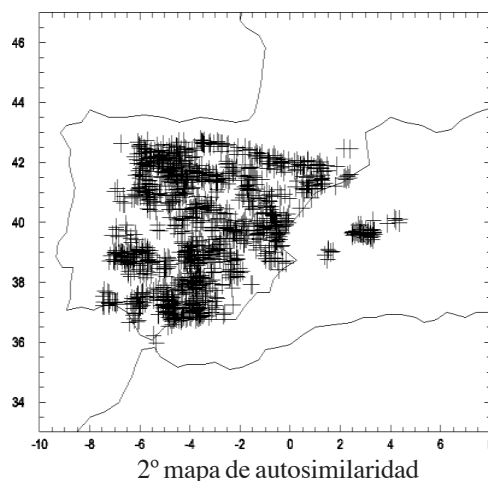
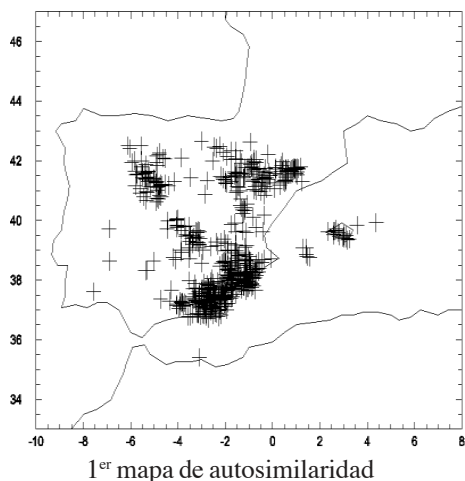
El primer mapa revela un patrón de precipitación similar al que GONZÁLEZ (1998) relaciona con las estaciones sometidas a régimen climático de influencia mediterránea, con alta concentración de observatorios situados sobre el sudeste peninsular. Esta estructura de baja frecuencia suele producirse fundamentalmente como consecuencia de la actividad ciclogénica mediterránea.

El segundo y tercer mapa constituyen básicamente las fases opuestas de oscilación de baja frecuencia. Obsérvese que el tercer conglomerado, no incluye las estaciones meteorológicas de la meseta central y el Valle del Ebro.

El cuarto mapa destaca una disposición vinculada a estaciones orográficas influenciadas por régimen de flujos aéreos atlánticos sobre la península.

### 4. CONCLUSIÓN

La aplicación del análisis wavelet y de una red neuronal no supervisada ha permitido determinar cuatro patrones espaciales de precipitación mensual sobre España en baja frecuencia asociados a distintos regímenes de flujo aéreo sobre la Península Ibérica.



### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAUBECHIES, I. (1990): "The wavelet transform time-frequency localization and signal analysis". *IEEE Trans. Inform. Theory*, **36**, 961-1004.
- GONZÁLEZ, J.F. (1998): "Modelo de predicción de la precipitación peninsular en climas perturbados". *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense. Madrid.
- GU, D. y S.G.H. PHILANDER (1995): "Secular changes of annual and intrannual variability in the Tropics during the past century". *J. Climate*, **8**, 864-876.
- KOHONEN, T. (1995): "Self-Organizing Maps", *Springer Series in Information Sciences*, **30**, Springer, Berlin.

KUTZBACH, J. (1970): "Large-scale features of monthly mean northern hemisphere anomaly map of sea level pressure". *Mon. Wea. Rev.*, **98**, 708-716.

MEYERS, S.D., B.G. KELLY y J.J. O'BRIEN (1993): "An introduction to wavelet analysis in oceanography and meteorology: With application to dispersion of Yanai waves". *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 2858-2866.

WANG, B. y Y. WANG (1996): "Temporal structure of the Southern Oscillation as revealed by waveform and wavelet analysis". *J. Climate*, **9**, 1586-1598.

XU, J. (1993): "The joint modes of the coupled atmosphere-ocean system observed from 1967 to 1986". *J. Climate*, **6**, 816-838.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se ha desarrollado mediante financiación del Proyecto de I+D CLI97-0341-C03-01 del Programa Nacional de I+D de CLIMA.

