

ANÁLISIS WAVELET DE LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA RELATIVA EN LA ESTACIÓN DE REFERENCIA DE TELEDETECCIÓN VALENCIA ANCHOR STATION

Núria CASTELL¹, Jaume F. GIMENO-FERRER, M. Amparo SÁNCHEZ-ALANDÍ
y Ernesto LÓPEZ-BAEZA

Grupo de Climatología desde Satélites. Unidad de Investigación de Teledetección.

Dpto. de Termodinámica. Fac. de Física. Universitat de València E-mail: Ernesto.Lopez@uv.es

¹También: *Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)*

RESUMEN

El sistema climático es un sistema altamente no lineal, y presenta una dinámica caótica, de donde se deduce que la mayor parte de las series temporales de las variables climáticas no son estacionarias. Mediante el análisis *wavelet* podemos descomponer una serie temporal simultáneamente en el dominio del tiempo y la frecuencia, lo que le convierte en una herramienta muy útil a la hora de analizar series climáticas. Como ejemplo, y a modo de introducción en el tema, se muestra su aplicación sobre una serie temporal de medidas de humedad atmosférica relativa obtenidas en la estación meteorológica de referencia para datos y productos de teledetección *VALENCIA Anchor Station*. Por el hecho de utilizar simultáneamente la información en ambos dominios, se puede conocer con mayor profundidad la estructura de la serie climática, a diferencia de otros tipos de análisis espectrales. La gran ventaja del análisis *wavelet* es que el comportamiento en el dominio de la frecuencia se manifiesta dinámicamente a lo largo del tiempo.

Palabras clave: análisis *wavelet*, humedad atmosférica relativa, *VALENCIA Anchor Station*.

ABSTRACT

The climate system is highly non-linear and with chaotic dynamics, and this why we may say that time series of most climatic parameters are non-stationary. wavelets can analyse a data series simultaneously in time and frequency which makes it a powerful tool for the analysis of climatic series. As an example, and as introduction to the topic, we show its application on a time series of relative atmospheric humidity measurements obtained from the VALENCIA Anchor Station, a reference meteorological station for remote sensing data and products. By simultaneously using information from both domains the climatic series structure may be known in more detail, differently from other spectral analysis techniques. The big advantage of the wavelet analysis is that the behaviour in the frequency domain is shown in a dynamic way along the time.

Key words: wavelet analysis, relative atmospheric humidity, *VALENCIA Anchor Station*.

1. INTRODUCCIÓN

La atmósfera contiene una cantidad relativamente pequeña de agua, en comparación con los océanos, casquetes de hielo, o incluso el contenido en humedad del suelo. No obstante, el papel de

la humedad atmosférica en el ciclo hidrológico, y en el sistema climático en general, no sólo no es despreciable, sino que es fundamental. La interacción de todos los subsistemas del sistema climático viene gobernada por una dinámica caótica (CASTELL, 2000). Como consecuencia de ello, la mayor parte de las variables del sistema climático no son estacionarias y contienen componentes transitorias que excitan un amplio intervalo de frecuencias en un tiempo determinado. Sin embargo, la mayoría de los métodos clásicos de análisis de series temporales suponen la estacionariedad de la serie temporal a estudiar.

La posibilidad de descomponer una serie temporal en el dominio del tiempo y de la frecuencia que ofrece el análisis *wavelet*, lo convierte en un tipo de análisis adecuado para el estudio de series no estacionarias, que contengan variabilidad en muy diferentes escalas temporales, como es el caso de las series climáticas (POZO, 2000). La descomposición en el dominio del tiempo y de la frecuencia, permite obtener tanto los modos de variabilidad temporal más importantes como su evolución en el tiempo, permitiendo además la localización en el tiempo de señales oscilatorias de muy corta duración.

El análisis *wavelet* representa el siguiente paso lógico -y más robusto- del análisis de Fourier. En este último, una serie temporal puede expresarse mediante una suma de senos y cosenos de diferentes frecuencias y, si bien la interpretación física del análisis de Fourier es relativamente fácil, éste posee una gran desventaja, y es que sólo permite disponer de resolución en el dominio de la frecuencia, perdiéndose toda la información en el dominio del tiempo. En el análisis *wavelet*, sin embargo, se mantiene la información en ambos dominios empleando una base de funciones especiales las cuales se obtienen a partir de traslaciones y compresiones de una función principal llamada función *master* en el dominio del tiempo y la frecuencia. En el presente trabajo se utilizó la función de Daubechies (db4), anteriormente ensayada en otros trabajos semejantes (GIMENO-FERRER *et al.*, 2002 a y b).

En el presente trabajo se presenta una ilustración de esta metodología aplicada a series temporales de variables climáticas. En concreto, se aplica el análisis *wavelet* a una serie de humedad atmosférica relativa obtenida en la estación de referencia para datos y productos de teledetección *VALENCIA Anchor Station*.

2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

2.1. Datos

Para este análisis se ha utilizado la serie temporal de humedad atmosférica relativa recogida en la estación *VALENCIA Anchor Station*, ubicada en la Plana de Utiel-Requena, desde su inauguración en el mes de diciembre de 2001 hasta abril de 2002. El intervalo entre datos es de 10 minutos, por lo que la longitud de la serie temporal es de más de 20000 datos. En la figura 1 se ha representado la serie temporal.

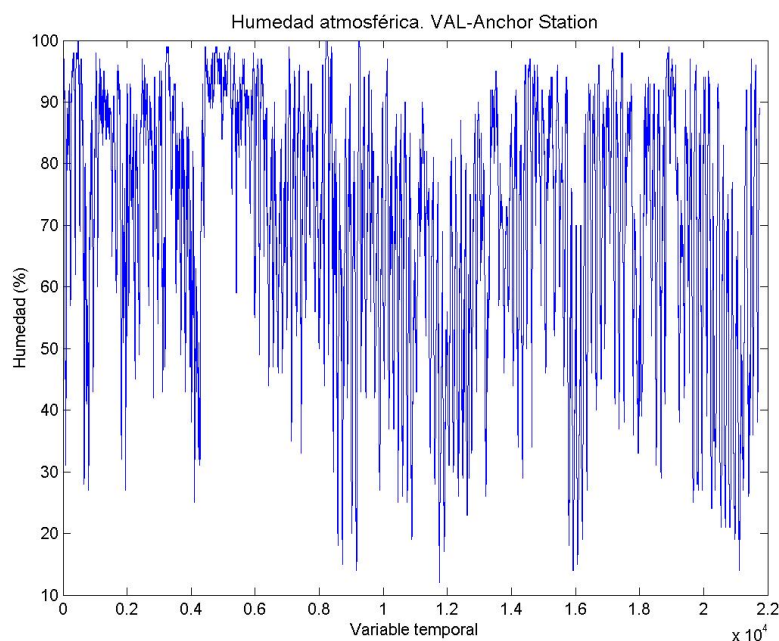


Figura 1: Serie temporal de humedad atmosférica relativa (variable temporal expresada en unidades diezminutales).

2.2. Análisis *wavelet*

Un primer estudio de la periodicidad de la serie temporal de humedad relativa se hizo mediante el análisis del espectro de potencias de Fourier. Se observan dos componentes armónicas entre 0.5 y 1.5 Hz (ver figura 2). También aparece una banda continua de frecuencias, que podría esconder nuevas periodicidades.

En la figura 3 se ha representado el espectro continuo *wavelet* para la serie de humedad relativa. En el eje de abscisas se ha representado la variable temporal de la misma manera que aparece en la seriación de valores de la figura 1. El eje de ordenadas representa la escala *wavelet* interna en la que se realiza el análisis. Como ayuda, la equivalencia entre dicha escala y el periodo se ha representado en la figura 4. En el espectro *wavelet* aparecen localizadas temporalmente las zonas en las que existe una mayor acumulación energética. Es interesante ver la forma en que esa acumulación energética se distribuye a lo largo del tiempo a diferentes escalas temporales. Por ejemplo, las zonas con mayor acumulación energética aparecen más brillantes en la figura y representan una mayor variabilidad de la humedad atmosférica a la escala temporal correspondiente, pudiéndose además localizar en el tiempo en el eje de abscisas. Véase, por ejemplo, la zona más energética de

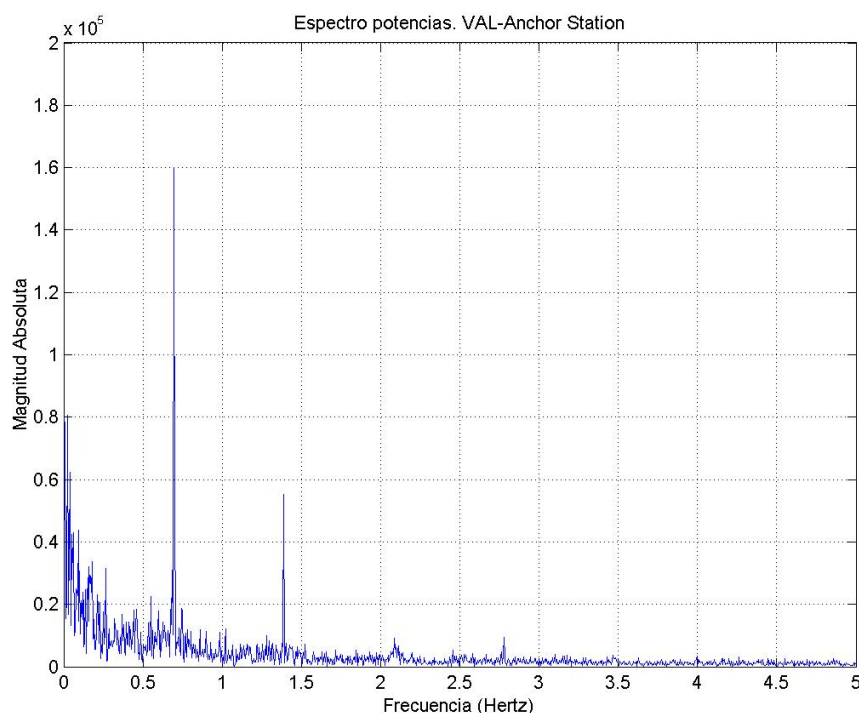


Figura 2: Espectro de potencias de la serie temporal de humedad atmosférica relativa.

la figura que aparece alrededor de 1.6×10^4 , a una escala de alrededor de 1800 ó 1900 (equivalente a periodos del orden de unos 15 días). A la escala de aproximadamente 100 (del orden de un día), la acumulación energética indica una variabilidad que puede representar el ciclo diario de la humedad atmosférica. Sin embargo, los valores del eje de abcisas alrededor de 0.5×10^4 , zona oscura de la figura con una menor acumulación energética a esa escala, parecen indicar que se ha perdido el ciclo diario de la humedad atmosférica. Obsérvese también que ese mismo episodio presenta una mayor variabilidad a la escala del orden de 1000 (equivalente a un periodo de unos diez días), dando nueva información sobre procesos que tienen mayor significación a esa escala.

Mediante el análisis *wavelet* también es posible poner al descubierto estructuras autosemejantes, es decir, estructuras que se repiten a lo largo de las diferentes escalas del análisis. En la figura 3 se observan tales patrones, lo que sugiere una posible estructura fractal en la serie temporal de humedad atmosférica analizada, que podría ser estudiada más en profundidad utilizando series temporales más largas para analizar un rango de frecuencias más amplio.

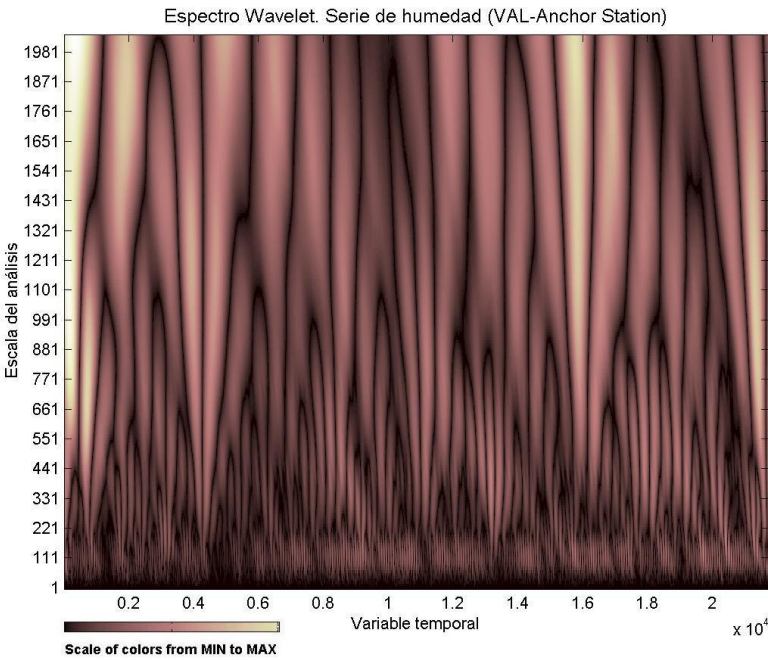


Figura 3: Transformada *wavelet* continua de la serie temporal de humedad atmosférica relativa (variable temporal expresada en unidades diezminutales y la escala de análisis).

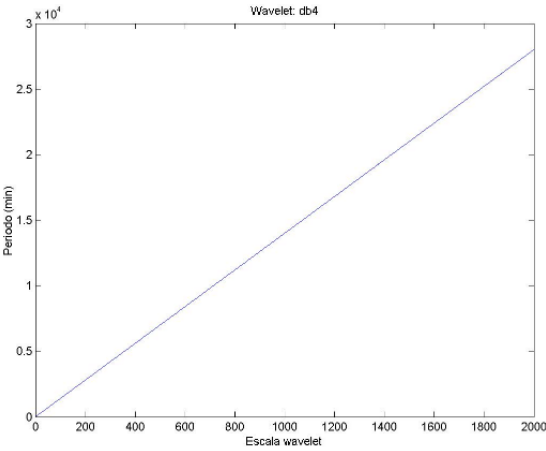


Figura 4: Equivalencia entre la escala utilizada en el análisis *wavelet* y el periodo.

3. CONCLUSIONES

El análisis *wavelet* ha sido aplicado a una serie meteorológica de humedad atmosférica relativa, mostrando cómo este análisis puede complementar al análisis Fourier, revelando nuevas estructuras y patrones energéticos. Los resultados muestran una fuerte no estacionariedad en las características espectrales de la serie temporal de la humedad atmosférica. De esta forma, el análisis *wavelet* se presenta como una herramienta de gran utilidad para el estudio de series temporales no estacionarias, por lo que resulta de especial interés en el ámbito de las series temporales climáticas y meteorológicas. Para un análisis más exhaustivo sería necesaria la utilización de series temporales de varios años, lo que permitiría cubrir un mayor rango de escalas en el espectro *wavelet*.

4. REFERENCIAS

- CASTELL, N. (2000): Caos y predictibilidad en el sistema climático. *Revista Española de Sistemas*, Vol. 0-1, pp. 16-23.
- GIMENO-FERRER, J.F., GILABERT, M.A. y MELIÀ, J. (2002 a): Wavelet transform as a tool to detect land degradation from remotely sensed data. First International symposium Recent Advances in Quantitative Remote Sensing, Valencia (Spain), 16-20 September 2002.
- GIMENO-FERRER, J.F., CASTELL, N., SÁNCHEZ-ALANDÍ, M.A., BODAS, A. y LÓPEZ-BAEZA, E. (2002 b): Estudio de la autosemejanza temporal en series naturales mediante el análisis *wavelet*. Aplicación a las series de ozono y viento. II Reunión Española de Ciencia de Sistemas (RECS-II), Valencia, 12-14 Junio 2002.
- POZO, D., TOVAR, J. GAMIZ, S., STAUDT, M., ESTEBAN, M. y CASTRO, Y. (2000): Análisis de *wavelets* de la precipitación en la Península Ibérica. XXVIII Reunión Bienal de la RSEF. Sevilla, 2000.