

# CÁLCULO DEL ÍNDICE DE LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL CON TÉCNICAS DE ANÁLISIS MULTIVARIANTE

Laia ARBIOL-ROCA<sup>1</sup>, Joan Albert LÓPEZ-BUSTINS<sup>1</sup>, Pere ESTEBAN-VEA<sup>1,2</sup> y  
Javier MARTÍN-VIDE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Grup de Climatologia, Departament de Geografia, Universitat de Barcelona.*

*Servei Meteorològic de Catalunya, Generalitat de Catalunya.*

[larbiol@ub.edu](mailto:larbiol@ub.edu)

## RESUMEN

El análisis espacial de las circulaciones asociadas a los patrones de teleconexión es esencial para el conocimiento de la dinámica atmosférica. La Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO) es un patrón que explica una parte sustancial de la variabilidad pluviométrica de distintas regiones mediterráneas. En este trabajo se plantea realizar una clasificación de tipos de circulación atmosférica a partir del método PXE (*Principal Extreme Scores*) desarrollado en el proyecto europeo COST733, y con datos de reanálisis ERA-Interim para el período 1979-2017. El método de clasificación utilizado, basado en el análisis por componentes principales, permite una buena discriminación de las fases positiva y negativa de la WeMO. Se ha trabajado con una matriz espacial centrada sobre el sector suroeste de Europa y distintas escalas. La ventana sinóptica en la que se ha observado con una mayor definición la WeMO es 30°N–60°N y 15°O–20°E. Las medias pluviométricas asociadas a los días clasificados en las fases negativas de la WeMO delimitan bien el sur del golfo de Valencia.

**Palabras clave:** teleconexión, clasificación sinóptica, precipitación, WeMO, reanálisis, COST733class.

## ABSTRACT

The spatial analysis of the circulations associated with the teleconnection patterns is essential for the knowledge of atmospheric dynamics. The Oscillation of the Western Mediterranean (WeMO) is a pattern that explains part of the rainfall variability in different Mediterranean regions. In this work, we propose to perform a classification of types of atmospheric circulation from the PXE (*Principal Extreme Scores*) method developed in the European project COST733 join with ERA-Interim reanalysis data for the 1979-2017 period. The classification method used, based on the principal component analysis, allows a good discrimination of the positive and negative phases of the WeMO. We have worked with a spatial matrix, centered on the southwest sector of Europe, at several spatial scales. The synoptic window 30°N–60°N and 15°W–20°E showed the best WeMO spatial configuration. The rainfall means of those days classified in WeMO negative phases have got high values in the southern region of the gulf of Valencia.

**Key words:** teleconnection, variability, precipitation, WeMO, reanalysis, COST733class.

## 1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad pluviométrica de la cuenca mediterránea es uno de los aspectos más estudiados actualmente en Climatología, tanto la reciente como la proyectada en el contexto del cambio climático. La franja oriental de la Península Ibérica es un área con una notable frecuencia de episodios torrenciales, principalmente, debido al papel que ejerce el mar Mediterráneo en la dinámica atmosférica de este territorio (Martín-Vide et al., 2010).

La caracterización de la precipitación también puede realizarse mediante los índices de teleconexión, estableciendo correlaciones con las precipitaciones. Para el área de estudio, el índice de la Oscilación del Mediterráneo Occidental (*Western Mediterranean Oscillation, WeMO*) (Martín-Vide, 2002; Martín-Vide y López-Bustins, 2006) encaja perfectamente en este objetivo, permitiendo avanzar en el conocimiento del comportamiento pluviométrico de la fachada oriental de la Península Ibérica. Además, la precipitación en esta franja mediterránea está solo débilmente influenciada por la Oscilación del Atlántico Norte (NAO).

El objetivo principal de este trabajo es obtener un catálogo de tipos de circulación atmosférica para el sector del Mediterráneo occidental, comprobar si algunos de los tipos obtenidos son representativos de las fases positiva y negativa de la WeMO, y si lo son, ver si esta relación se mantiene estable a diferentes escalas espaciales. Dicha relación entre los tipos de circulación y la WeMO se analiza, por un lado, calculando el índice de la WeMO (*WeMOi*) para los distintos tipos de circulación, viendo así su capacidad discriminativa y, por el otro, cartografiando la información pluviométrica asociada a aquellos tipos que han resultado ser más representativos de las fases positiva y negativa de la teleconexión.

## 2. MÉTODOS

Los datos diarios utilizados de presión atmosférica reducida a nivel del mar para la clasificación de tipos de circulación provienen del modelo de reanálisis ERA-Interim (0,75°) (Dee et al., 2011), así como la precipitación diaria procede de la base de datos SPREAD (Serrano-Notivoli, 2017). Los datos observacionales de presión para el cálculo del *WeMOi* instrumental proceden de las estaciones de San Fernando (suroeste de España) y Padua (actualizados con la estación de Istrana-Treviso) (noreste de Italia).

Para establecer un catálogo de tipos de circulación atmosférica a escala diaria, se ha utilizado el programario COST733class, desarrollado en el proyecto europeo COST733 (Philipp, 2014) centrado en las técnicas de clasificación de tipos de circulación atmosférica (Philipp et al., 2014). De las metodologías existentes, se ha trabajado con el método PXE (*Principal Extreme Scores*) basado en la aproximación clásica del análisis por componentes principales con matriz tipo S y rotación Varimax, pero que utiliza los valores de los pesos (*scores*) más elevados de las fases positiva y

negativa de las componentes principales para derivar los tipos de circulación (Esteban et al., 2006). La razón que justifica el uso de esta técnica multivariante es la voluntad de aproximarnos a trabajos previos de identificación de patrones de variabilidad y teleconexión (Barnston y Lizevey, 1987). Una vez obtenidos los tipos de circulación, se han identificado aquellos más representativos de ambas fases de la WeMO a partir del valor del índice instrumental asociado. Posteriormente, estos tipos considerados representativos de la WeMO se han relacionado con la precipitación diaria, dibujándose mapas de la media y la probabilidad de precipitación en la España peninsular a partir de los días clasificados en cada una de las fases.

Se ha trabajado con distintas ventanas sinópticas (ver figura 1), centradas en la cuenca occidental del Mediterráneo, para determinar los ámbitos en que la WeMO tiene una significación importante dentro de la circulación general atmosférica. Las ventanas estudiadas son, de mayor a menor escala sinóptica: 25° N – 70°N y 25°O– 25°E; 30° N – 60°N y 15°O – 20°E; 30° N – 55°N y 15°O – 20°E; 35° N – 50°N y 10°O – 20°E; 35° N – 45°N y 10°O – 15°E.

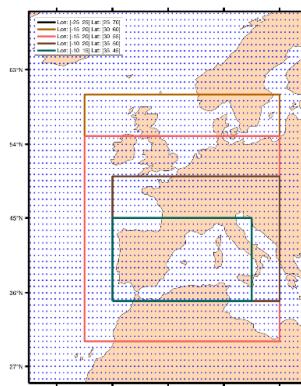


Fig. 1: Ventanas sinópticas de estudio. Fuente: elaboración propia.

### 3. RESULTADOS

Las distintas ventanas de estudio permiten apreciar el dipolo de la WeMO, los tipos de circulación y los estadísticos derivados que caracterizan sus fases. A continuación, se muestran las clasificaciones obtenidas en superficie para cada ventana sinóptica mediante el programa COST733class (método PXE), la media ( $\bar{x}$ ) del WeMOi instrumental y los días (N) de cada distribución junto a su porcentaje respecto al total de días. Además, se añaden los mapas de precipitación media y probabilidad de precipitación para la España peninsular para las dos situaciones de circulación atmosférica que mejor explican la fase positiva y negativa de la WeMO.

Para la ventana de estudio 25°N–70°N y 25°O–25°E se halla que los patrones sinópticos que mejor explican las fases de la WeMO son: para la fase positiva ( $\bar{x} = 0,772$ ) el tipo 8, siendo a la vez un reflejo de la fase positiva de la NAO; y para la fase negativa ( $\bar{x} = -1,235$ ) el tipo 4 (Figura 2). El tipo 8 está configurado por el anticiclón de las Azores y la baja de Islandia desplazada al norte de la Gran Bretaña. El tipo 4 muestra una alta presión entre Centroeuropa y las islas británicas, y bajas presiones

hacia el oeste de la Península Ibérica. En la figura 3, para el tipo 4, las costas catalana y valenciana presentan un promedio y una probabilidad de precipitación relativamente altos. Para el tipo 8 solo Galicia, la franja cantábrica y el Pirineo centrooccidental presentan valores relevantes.

Para la ventana  $30^{\circ}\text{N}$ – $60^{\circ}\text{N}$  y  $15^{\circ}\text{O}$ – $20^{\circ}\text{E}$  se obtiene que los patrones sinópticos que mejor explican las fases de la WeMO son: para la fase positiva ( $\bar{x} = 1,322$ ) el tipo 8, y para la fase negativa ( $\bar{x} = -1,390$ ) el tipo 4. El tipo 8 es un reflejo más definido del anterior tipo 8 (Figura 2), esbozándose la baja del golfo de Génova, centro de acción característico del dipolo de la WeMO. En el tipo 4 aparece un potente anticiclón centroeuropeo, centrado sobre Alemania, y se intuye una baja en el golfo de Cádiz; ambos centros de acción son representativos de la fase negativa de la WeMO. En la figura 5, para el tipo 4, destaca la fachada oriental de España, sobre todo el golfo de Valencia, muy destacado en la probabilidad de precipitación. El tipo 8, como el mismo tipo en la ventana precedente, realza Galicia y la cornisa cantábrica, mientras que en la franja oriental el promedio de precipitación y la probabilidad de la misma son muy bajas.

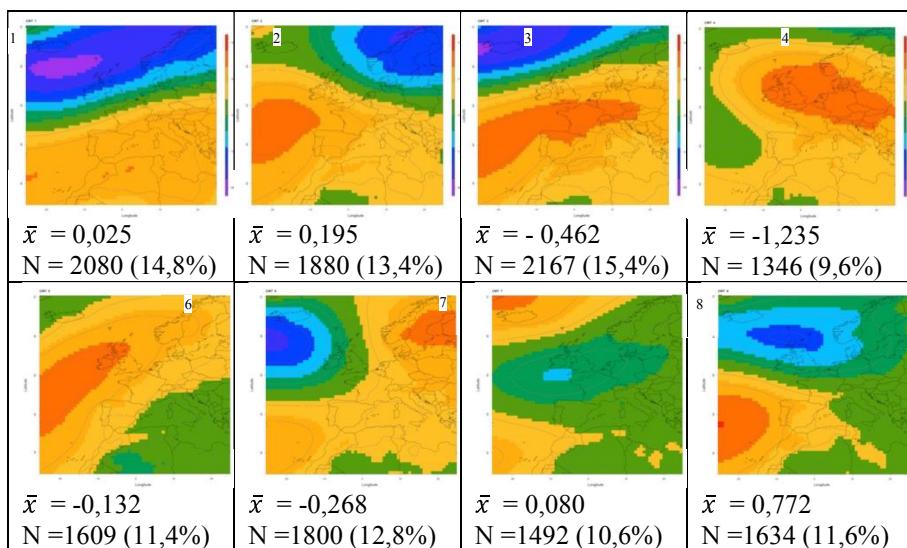


Fig. 2: Clasificación sinóptica en superficie, mediante COST733class, de la ventana sinóptica  $25^{\circ}\text{N}$ – $70^{\circ}\text{N}$  y  $25^{\circ}\text{O}$ – $25^{\circ}\text{E}$ , donde  $\bar{x}$  es el valor medio del WeMOi instrumental y N el número de días incluidos en cada patrón de circulación atmosférica junto a su porcentaje respecto al total de días. Fuente: elaboración propia.

Para la ventana  $30^{\circ}\text{N}$ – $55^{\circ}\text{N}$  y  $15^{\circ}\text{O}$ – $20^{\circ}\text{E}$  se obtiene que los patrones sinópticos que mejor explican las fases de la WeMO son: para la fase positiva ( $\bar{x} = 0,927$ ) el tipo 7 y para la fase negativa ( $\bar{x} = -1,216$ ) el tipo 3. En la figura 7, para el tipo 3, se da un mayor promedio de precipitación en la mitad suroriental de la Península Ibérica y una probabilidad más alta en el golfo de Valencia, proximidades del estrecho de Gibraltar

y sistema Central. El tipo 7 reproduce las pautas pluviométricas de los tipos 8 de las ventanas precedentes por su similitud sinóptica.

Para la ventana  $35^{\circ}\text{N}$ – $50^{\circ}\text{N}$  y  $10^{\circ}\text{O}$ – $20^{\circ}\text{E}$  se halla que los patrones sinópticos que mejor explican las fases de la WeMO son: para la fase positiva ( $\bar{x} = 1,050$ ) el tipo 7, y para la fase negativa ( $\bar{x} = -1,164$ ) el tipo 3. En la figura 9 se aprecia que el patrón pluviométrico del tipo 7 es similar al de los tipos que muestran una fase positiva de la WeMO y la NAO en las ventanas precedentes. En el tipo 3 la mitad meridional de la Península Ibérica en el promedio de precipitación y la mitad occidental junto con el golfo de Valencia en la probabilidad de precipitación son las que presentan los valores superiores

Para la ventana  $35^{\circ}\text{N}$ – $45^{\circ}\text{N}$  y  $10^{\circ}\text{O}$ – $15^{\circ}\text{E}$  se obtiene que los patrones sinópticos que mejor explican las fases de la WeMO son: para la fase positiva ( $\bar{x} = 0,909$ ) el tipo 6, y para la fase negativa ( $\bar{x} = -1,102$ ) el tipo 1. En la figura 11, para el tipo 1 sale favorecida Galicia y, en general, el cuadrante noroccidental de España, mientras que para el tipo 6 es el tercio septentrional el más favorecido. En todo caso, como ocurre en las otras ventanas, siempre en el tipo que refleja la fase negativa de la WeMO la precipitación en promedio y en frecuencia en el litoral oriental de la Península Ibérica es más elevada que en el tipo que refleja fase positiva.

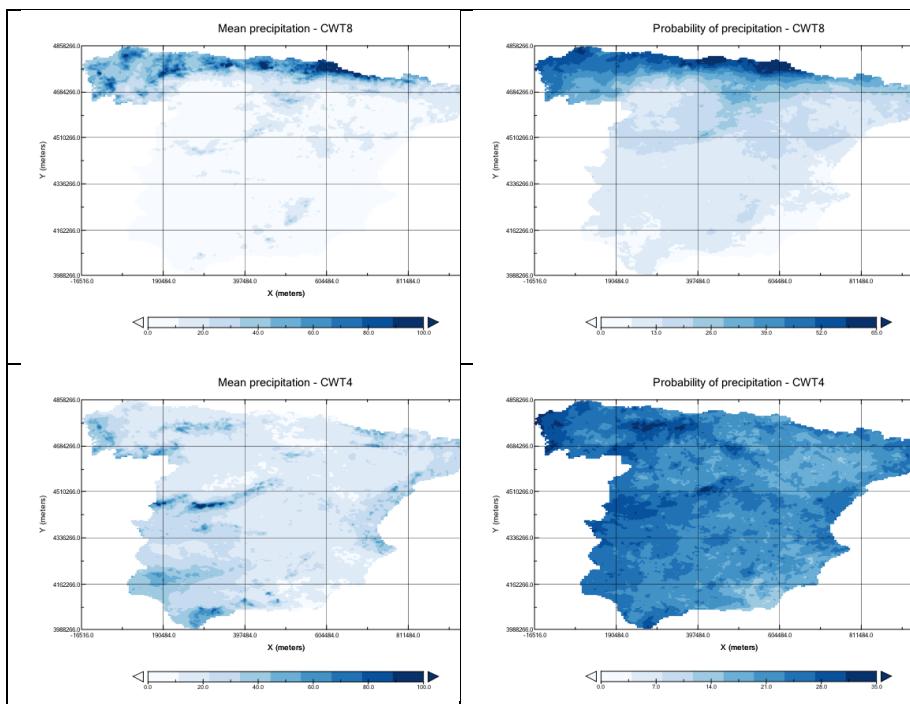


Fig. 3: Precipitación media (izq) y probabilidad de precipitación (dcha) de la España peninsular según el tipo 8 (fase positiva) (arriba) y el tipo 4 (fase negativa)

(abajo) de la ventana sinóptica 25°N–70°N y 25°O–25°E. Fuente: elaboración propia.

#### 4. CONCLUSIONES

La WeMO ha devenido clave para caracterizar las áreas con mayor variabilidad pluviométrica en la Península Ibérica. En el este de la España peninsular la precipitación muestra una elevada irregularidad temporal, influenciada por la posición de altas presiones en el norte de Italia y Centroeuropa. La presencia del dipolo de la WeMO se observa en todas las ventanas sinópticas estudiadas con el método PXE del programario COST733class, siendo especialmente representativa en la ventana 30°N–60°N y 15°W–20°E, donde los valores medios del WeMOi instrumental entre las dos fases son más contrastados. La ventana que peor representa la WeMO es la más reducida (35°N–45°N y 10°O–15°E). La media pluviométrica de los días clasificados en los patrones sinópticos de fase negativa de la WeMO muestra valores especialmente elevados en el sur del golfo de Valencia, un área caracterizada por una irregularidad pluviométrica muy alta.

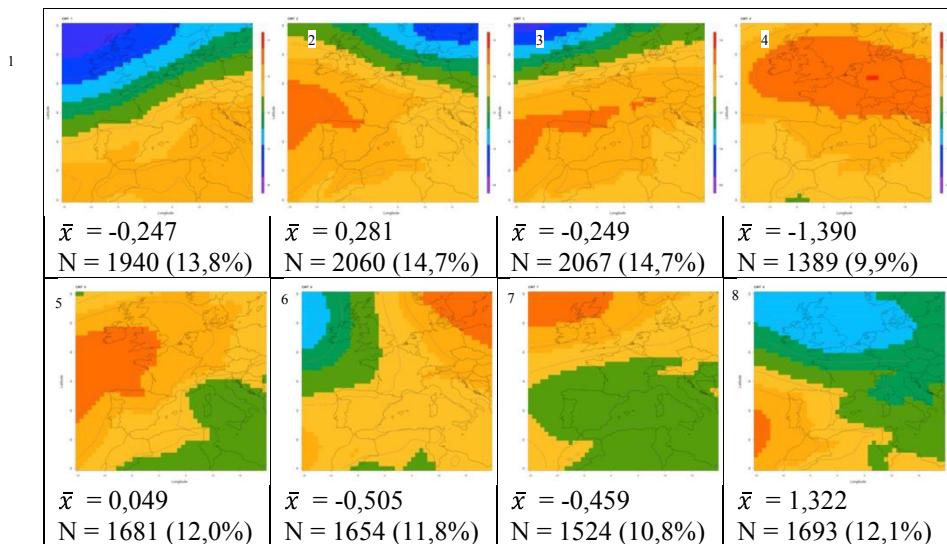


Fig. 4: Ídem Figura 2, para la ventana sinóptica 30°N–60°N y 15°O–20°E.

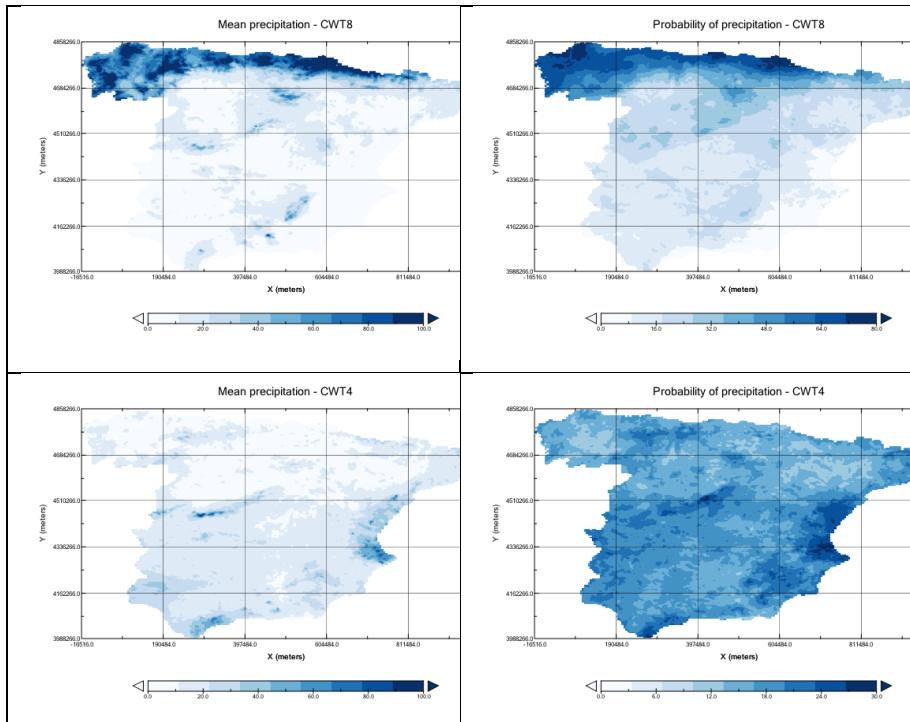


Fig. 5: *Ídem Figura 3, para la ventana sinóptica 30°N–60°N y 15°O–20°E.*

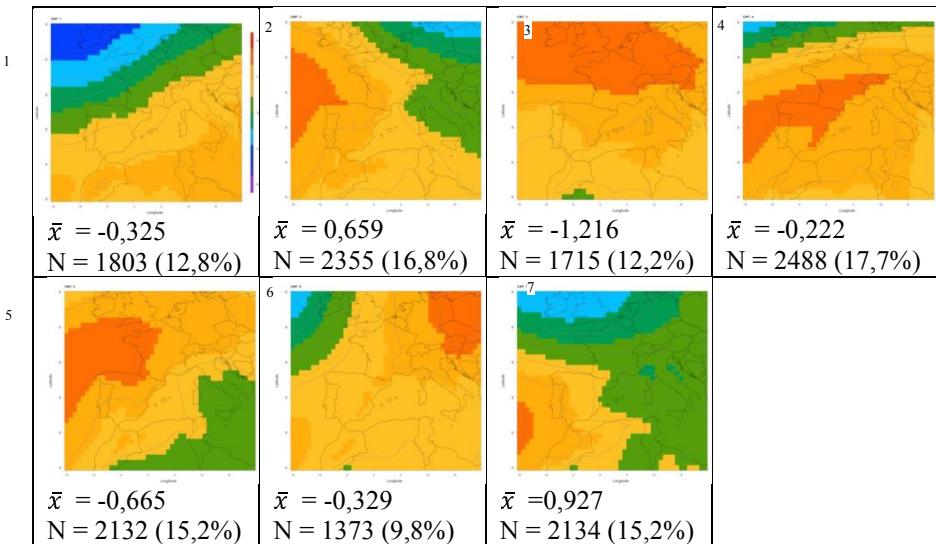


Fig. 6: *Ídem Figura 2, para la ventana sinóptica 30°N–55°N y 15°W–20°E.*

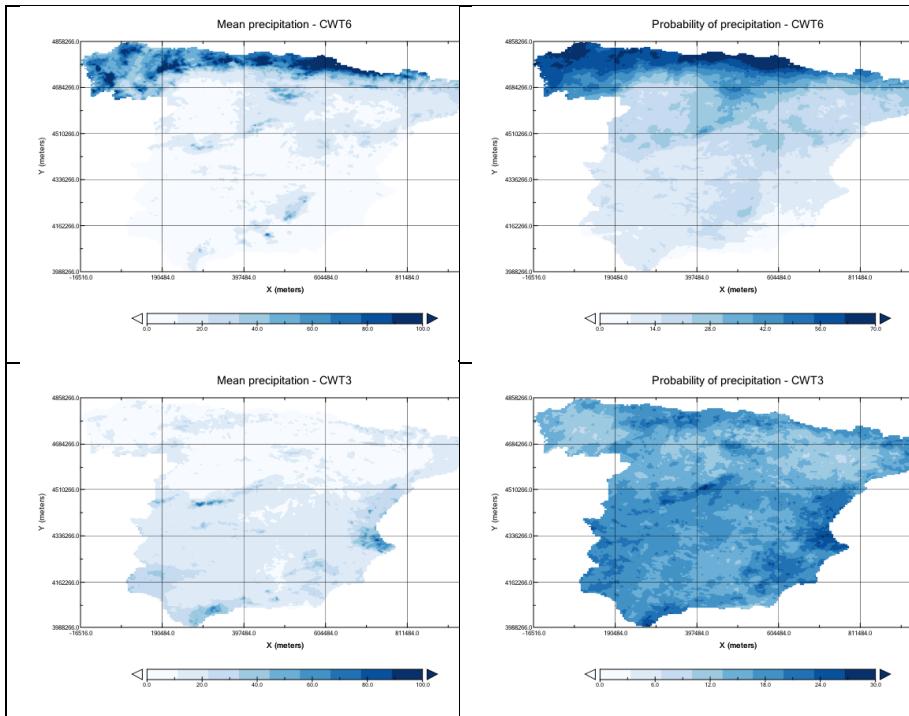


Fig. 7: *Ídem Figura 3, para la ventana sinóptica 30°N–55°N y 15°O–20°E.*

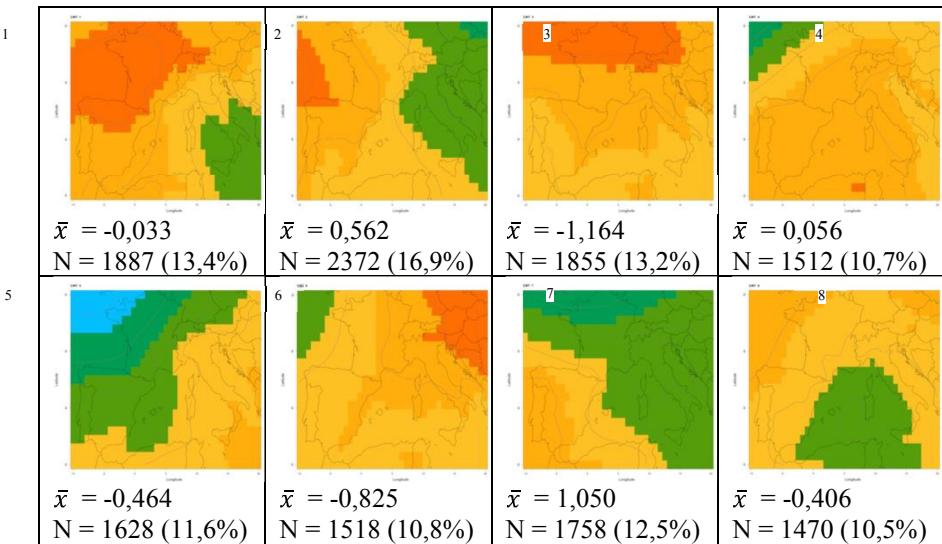


Fig. 8: *Ídem Figura 2, para la ventana sinóptica 35°N–50°N y 10°O–20°E.*

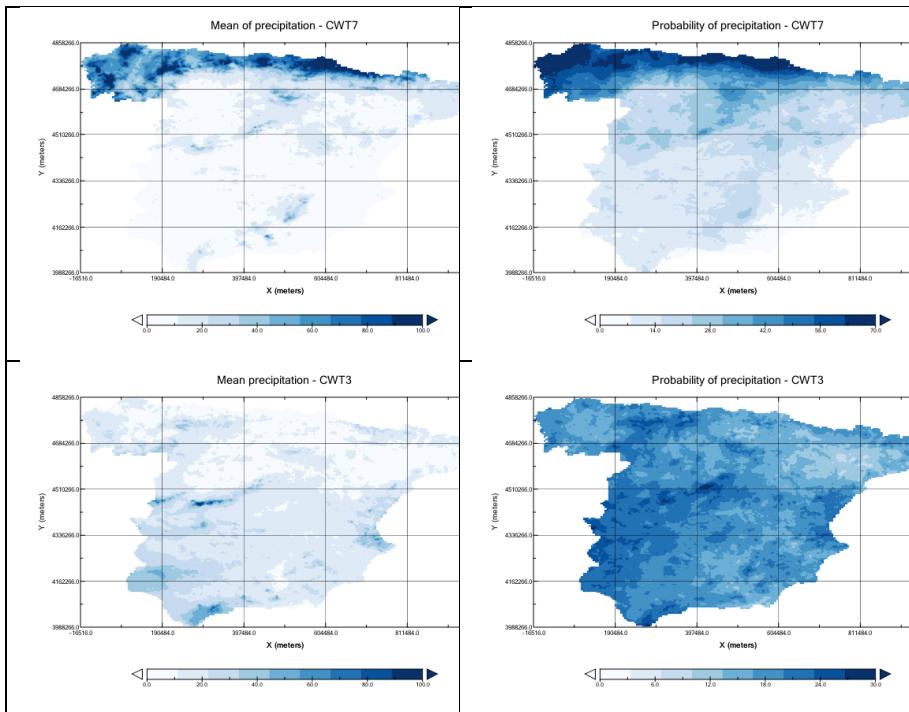


Fig. 9: *Ídem Figura 3, para la ventana sinóptica 30°N–55°N y 15°W–20°E.*

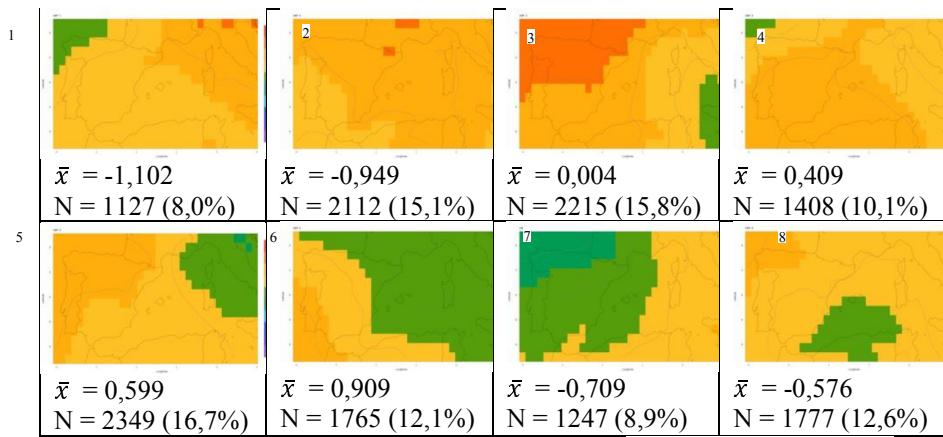


Fig. 10: *Ídem Figura 2, para la ventana sinóptica 35°N–45°N y 10°W–15°E.*

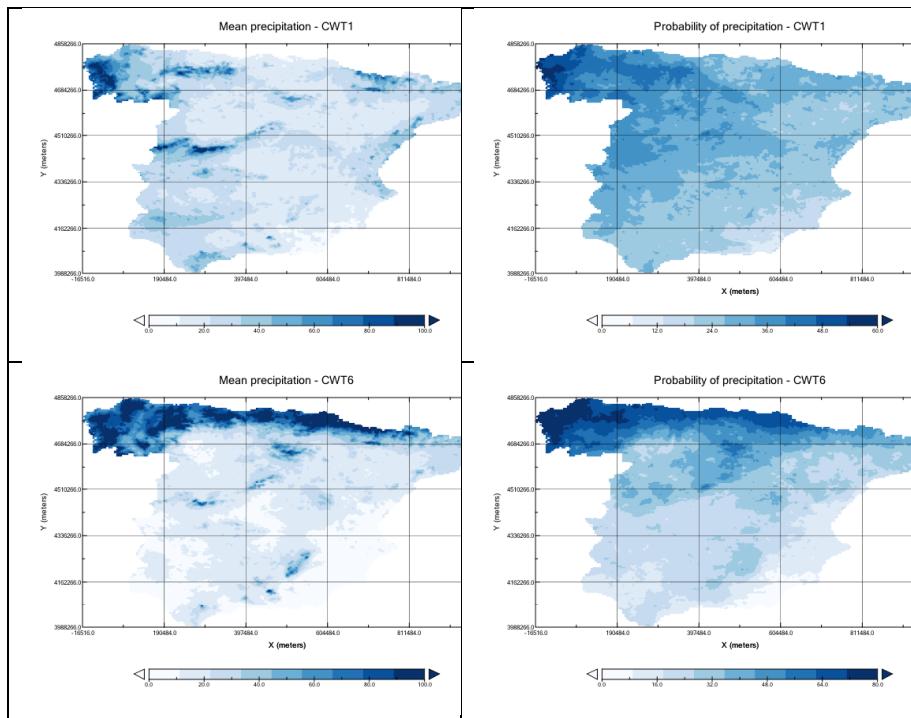


Fig. 11: Ídem Figura 3, para la ventana sinóptica  $35^{\circ}\text{N}$ - $45^{\circ}\text{N}$  y  $10^{\circ}\text{W}$ - $15^{\circ}\text{E}$ .

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Roberto Serrano-Notivoli por la base de datos de pluviometría diaria de la España peninsular. Este trabajo ha sido financiado por los proyectos WEMOTOR (CSO2014-55799-C2-1-R, 2015-2017) y CLICES (CGL2017-83866-C3-2-R, 2018-2020) del Ministerio de Economía y Competitividad, y ha contado con el apoyo del Grup de Climatologia (UB) (2017SGR1362, Generalitat de Catalunya).

## REFERENCIAS

- Albentosa, L.M. (1970). La aplicación del método estadístico en climatología. El régimen anual de precipitaciones en Barcelona, volumen 11, 79-112.
- Barnston, A.G y Lizevey, R. E. (1987). Classification, seasonality and Persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns'. Monthly weather review, 115, 1083-1126.
- Burgueño, J. (1991). Caracterització bàsica de la irregularitat de les precipitacions a Catalunya. Notes de Geografia física. Universitat de Barcelona, 25-32.
- Burgueño, J. (1993). La irregularitat de les precipitacions a Espanya. Aplicacions de l'índex de Disparitat Consecutiva. Separata del libro: Aportaciones en homenaje al professor Luís Miguel Albentosa, pp. 41-55.

- Dee, D.P., Uppala, S.M., Simmons, A.J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M.A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A.C., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A.J., Haimberger, L., Healy, S.B., Hersbach, H., Hólm, E.V., Isaksen, L., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A.P., Monge-Sanz, B.M., Morcrette, J.J., Park, B.K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.N., Vitart, F. (2011). The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 137, 553–597. doi:10.1002/qj.828.
- Esteban P, Martin-Vide J, Mases M. (2006). Daily atmospheric circulation catalogue for Europe using multivariate techniques. *International Journal of Climatology* 26: 1501–1515.
- Martín-Vide, J., Brunet, M., Prohom, M., & Rius, A. (2010). Els climes de Catalunya. Present i tendències recents. *El Canvi Climàtic a Catalunya*. 2n Informe del Grup d'Experts En Canvi Climàtic de Catalunya, 39-72.
- Martín-Vide, J., Olcina-Cantos, J. (2001). *Climas y Tiempos en España*. Madrid: Alianza Editorial.
- Martín-Vide, J. y López-Bustins, J.-A. (2006). The Western Mediterranean Oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*.
- Philipp A., C. Beck, R. Huth and J. Jacobbeit (2014). Development and comparison of circulation type classifications using the COST 733 dataset and software. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.3920
- Serrano-Notivoli, R., Beguería, S., Saz, M. Á., Longares, L. A., and de Luis, M. (2017). SPREAD: a high-resolution daily gridded precipitation dataset for Spain – an extreme events frequency and intensity overview, *Earth Syst. Sci. Data*, 9, 721–738, <https://doi.org/10.5194/essd-9-721-2017>, 2017.