

LIBRO JUBILAR
EN HOMENAJE AL PROFESOR
ANTONIO GIL OLCINA

EDICIÓN AMPLIADA

PUBLICACIONES
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

**LIBRO JUBILAR EN HOMENAJE
AL PROFESOR ANTONIO GIL OLCINA**

EDICIÓN AMPLIADA

**LIBRO JUBILAR
EN HOMENAJE AL PROFESOR
ANTONIO GIL OLCINA**

EDICIÓN AMPLIADA

INSTITUTO INTERUNIVERSITARIO DE GEOGRAFÍA
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Publicaciones de la Universidad de Alicante
03690 Sant Vicent del Raspeig
publicaciones@ua.es
<http://publicaciones.ua.es>
Teléfono: 965 903 480
Fax: 965 909 445

© los autores, 2016

© de la presente edición: Instituto Interuniversitario de Geografía y Universidad de Alicante

ISBN: 978-84-16724-09-3
DOI: <http://dx.doi.org/10.14198/LibroHomenajeAntonioGilOlcina2016>

Coordinación:
Jorge Olcina Cantos y Antonio M. Rico Amorós

Edición, composición y diseño de cubiertas:
Clotilde Esclapez Selva



Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización de sus publicaciones a nivel nacional e internacional

Reservados todos los derechos. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL: UN PATRÓN DE TELECONEXIÓN *AD HOC* PARA EL ESTE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Javier Martín Vide

Grupo de Climatología, Facultad de Geografía e Historia
Universidad de Barcelona

RESUMEN

Se presenta el origen y la historia de la propuesta de un nuevo patrón de teleconexión, la Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO), presentado por el autor en 2002 y aceptado internacionalmente en 2006. El índice de la WeMO, como diferencia de las presiones atmosféricas en superficie, previamente estandarizadas, de Cádiz-San Fernando y Padua, ofrece mejores correlaciones con la precipitación en la fachada oriental de la Península Ibérica que la NAO. En la actualidad medio centenar de artículos en revistas indexadas internacionalmente, de especialidades científicas diversas, no solo de Climatología, han hecho uso del nuevo patrón o lo han referenciado. Para la Península Ibérica, la WeMO es el patrón más explicativo de la precipitación torrencial desde el nordeste al sur.

Palabras clave: Índice, Oscilación del Mediterráneo Occidental, Península Ibérica, teleconexión.

ABSTRACT

The origin and history of the proposal for a new teleconnection pattern, the Western Mediterranean Oscillation (WeMO), presented by the author in 2002 and internationally accepted in 2006 is presented. The index of WeMO as the difference of surface atmospheric pressure, previously standardized, of Cádiz-San Fernando and Padua, provides better correlations with precipitation than the NAO in the eastern façade of the Iberian Peninsula. In the present there are fifty articles published in indexed international journals in various scientific specialties, not only Climatology,

that have made use of the new pattern or have referenced it. For the Iberian Peninsula, the WeMO is the best explanatory pattern of torrential rainfall from the northeast to the south.

Keywords: Iberian Peninsula, index, Teleconnection, Western Mediterranean Oscillation.

1. ORIGEN DE LA PROPUESTA DE LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

La propuesta de la Oscilación del Mediterráneo Occidental tiene sus raíces a finales del siglo XX, cuando en 1999 acababa nominalmente el desarrollo del proyecto europeo IMPROVE (*Improved Understanding of Past Climatic Variability from Early Daily European Instrumental Sources*). El proyecto, coordinado por los profesores Dario Camuffo, de la Universidad de Padua y del Consejo Nacional de Investigación de Italia (CNR), en su Instituto de Ciencia Atmosférica y Clima, y Phil Jones, de la *Climatic Research Unit* de la Universidad de East Anglia, permitió reconstruir y homogeneizar varias series europeas muy largas de presión atmosférica y temperatura, como las de Padua, Bruselas, Estocolmo o la de Cádiz-San Fernando. De hecho, los trabajos en curso obligaron a prolongar el proyecto durante varios meses de 2000, culminando con la publicación de una obra colectiva (Camuffo y Jones, 2002). El equipo español estuvo compuesto por el autor del presente artículo, en calidad de coordinador español, y tres investigadores adscritos o vinculados a la Universidad de Barcelona. El proyecto IMPROVE fue, de alguna manera, la continuación de otro proyecto europeo, el *ADVANCE Annual to Decadal Variability in Climate in Europe*, desarrollado en el bienio 1996-1997, que permitió reconstruir las series de presión atmosférica de Barcelona y Madrid, que se remontan, con continuidad, al último tercio del siglo XVIII, gracias a los médicos ilustrados Francisco Salvá Campillo y Manuel Rico Sinobas, respectivamente.

Una noche de 2001 el autor de este artículo recibió un mensaje electrónico de Dario Camuffo en el que le invitaba a tratar de relacionar las series de presión atmosférica de Padua –por cierto, con una de las series pluviométricas más largas del mundo, si no la que más- y de Cádiz-San Fernando. La serie de Cádiz-San Fernando constaba de observaciones diarias de finales del siglo XVIII realizadas en la avanzada Cádiz y luego de los registros del Real Observatorio de la Marina de San Fernando, que por su sección meteorológica es considerado el decano de la Meteorología institucional en España, con observaciones desde 1805. En un amplio período del siglo XIX, la serie de San Fernando tuvo su coetánea en la de los hermanos Urrutia, que, con notable celo y rigor, registraron también,

día a día, la presión atmosférica y otros elementos en la capital gaditana, lo que ha permitido comparaciones de interés.

El autor del presente artículo, tras meditar la propuesta del colega italiano, puso manos a la obra y, a lo largo de la noche y madrugada siguiente, comenzó a realizar correlaciones entre las largas series de presión atmosférica de Padua y Cádiz-San Fernando, por meses. En particular, se centró en el mes de diciembre. Los resultados los remitió de inmediato, por el mismo medio, a Padua. A la mañana siguiente, Dario Camuffo comenta que no aprecia resultados y elementos de interés en los análisis, por lo que desiste continuar con su propuesta. El autor del presente artículo acusa recibo del mensaje y deja el asunto en *stand by*, pero solo por unos días. Tenía frescos aún los análisis efectuados con el índice de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) y la precipitación de diciembre en 41 observatorios de la España peninsular, para el período 1900-1994 (Martín-Vide *et al.*, 1999), que habían confirmado la buena correlación negativa entre las dos variables en el centro y suroeste ibéricos y la débil o nula correlación en la franja cantábrica y en la oriental mediterránea. Es decir, el trabajo constataba que la precipitación en la costa mediterránea oriental de la Península Ibérica está solo débilmente influida por el gran patrón de teleconexión atlántico, incluso en Murcia la correlación era nula. Había, pues, que buscar otros patrones más influyentes y explicativos de la lluvia en la vertiente oriental ibérica.

2. LA DEFINICIÓN DE LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

La definición clásica de los patrones de teleconexión, o, con más propiedad, de los patrones de variabilidad de baja frecuencia, exige un dipolo de presión atmosférica. El primer recurso es acudir a los denominados en Climatología centros de acción, es decir, las grandes células de alta o baja presión, persistentes y características de un área que rigen la circulación atmosférica a diferentes escalas (y que el profesor Antonio Gil Olcina ha venido explicando con maestría en sus aulas y libros). El ejemplo más emblemático para la Península Ibérica es, desde luego, el anticiclón de las Azores. Su presencia en el Atlántico norte subtropical, junto al archipiélago que lo nombra en Europa (que es el mismo anticiclón de las Bermudas en América, por ser allí la referencia geográfica más próxima), condiciona, como es bien sabido, los climas de España de forma decisiva. El anticiclón de las Azores es, precisamente, la célula de altas presiones del dipolo de la Oscilación del Atlántico Norte o NAO (acrónimo de *North Atlantic Oscillation*), que se completa con la baja de Islandia. El eje del dipolo es aproximadamente meridiano, en el Atlántico norte frente al occidente europeo. La NAO tiene, como es bien sabido, una importante influencia en el clima de Europa e incluso de una parte sustancial del hemisferio boreal.

La definición de la Oscilación del Mediterráneo occidental (WeMO) tenía por objetivo proponer un patrón de teleconexión que permitiera explicar la precipitación de la fachada oriental de la Península Ibérica, apenas correlacionada con el índice de la NAO, presumiblemente por su localización a sotavento de los flujos atlánticos, por la interferencia de las altas tierras ibéricas y, sobre todo, por los vigorosos procesos pluviométricos con origen en la cuenca mediterránea. Por ello, no es casualidad que el eje del nuevo dipolo se ajustara al litoral ibérico oriental. Pero esto no es la razón primera, sino la consecuencia de la localización de las células del dipolo. Por una parte, de nuevo el anticiclón de las Azores, tan decisivo para las latitudes peninsulares, y, por otra, la baja de Liguria, borrasca dinámica, a sotavento de los Alpes. Este dipolo define *a priori* con claridad la fase positiva de la WeMO, confirmada por los campos medios de presión atmosférica de los reanálisis.

La inversión del dipolo, con la consideración de la baja del Golfo de Cádiz, extendida a menudo entre Canarias, Madeira y el suroeste peninsular, y el anticiclón Centroeuropeo, que afecta al norte de Italia, define la fase negativa del patrón. La primera figura que realiza el autor del dipolo en sus fases positiva y negativa (Martín Vide, 2002) es la de la figura 1, donde se dibuja un segmento que une San Fernando con Padua y se marca con sendas flechas el flujo dominante sobre el litoral oriental de la Península Ibérica. Con fase positiva el flujo sinóptico en la mitad este peninsular es del noroeste, asociado a vientos fríos y secos, excepto en el Cantábrico, donde son húmedos. Con fase negativa, el flujo es de levante, húmedo.

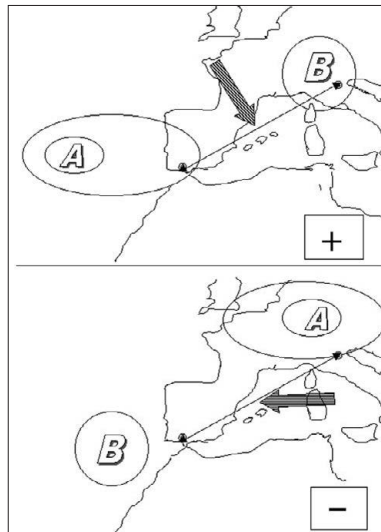


Figura 1. Dibujo originario de la propuesta del dipolo de la Oscilación del Mediterráneo Occidental. (Fuente: Martín Vide, 2002).

Por tanto, el nuevo patrón comparte un centro de acción con el dipolo de la Oscilación del Atlántico Norte, el anticiclón de las Azores, en sus fases positivas.

3. EL ÍNDICE DE LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL (WeMOI)

El uso climatológico de los patrones de teleconexión exige una expresión numérica de los mismos, normalmente mediante un índice. Los índices de los patrones de variabilidad de baja frecuencia suelen construirse a partir de la presión atmosférica en superficie medida en dos puntos representativos, uno de la célula anticiclónica y otro de la depresionaria, o bien de sendas áreas características de las mismas. La existencia de las largas series de presión atmosférica en superficie de Cádiz-San Fernando y Padua, lugares suficientemente representativos del anticiclón de las Azores (y la baja del golfo de Cádiz), por una parte, y de la baja de Liguria (y del anticiclón centroeuropeo), por otra, permitió la siguiente propuesta de índice de la Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMOi):

$$\text{WeMOi} = Z_{\text{CSF}} - Z_{\text{p}}$$

Siendo $Z_{\text{CSF}} = (P_{\text{CSF}} - MP_{\text{CSF}})/SP_{\text{CSF}}$ y $Z_{\text{p}} = (P_{\text{p}} - MP_{\text{p}})/SP_{\text{p}}$

P_{CSF} : Presión atmosférica media de un mes en Cádiz-San Fernando

MP_{CSF} : Promedio de las presiones atmosféricas medias de un mes del año en Cádiz-San Fernando

SP_{CSF} : Desviación típica de las presiones atmosféricas de un mes del año en Cádiz-San Fernando

P_{p} : Presión atmosférica media de un mes en Padua

MP_{p} : Promedio de las presiones atmosféricas medias de un mes del año en Padua

SP_{p} : Desviación típica de las presiones atmosféricas de un mes del año en Padua

Es decir, el índice de la Oscilación del Mediterráneo Occidental es la diferencia de las presiones, previamente estandarizadas, de Cádiz-San Fernando y Padua, a resolución mensual. (En general, el uso de los índice de teleconexión se realiza por meses).

El lector puede encontrar los valores del WeMOi desde enero de 1821 hasta enero de 2010, con muy pocas lagunas, menos del 2% de los meses del citado período, en la página web del Grupo de Climatología de la Universidad de Barcelona: <http://www.ub.edu/gc/English/wemo.htm>. Las series mensuales del WeMOi están en proceso continuo de actualización.

Las series del WeMOi son homogéneas, según el test de Pettitt para los meses de septiembre a marzo, inclusive (excepto enero), período que abarca el otoño y el invierno prolongado a marzo. Esta es la mitad del año en la que el patrón mediterráneo está mejor establecido y es más influyente.

La inhomogeneidad de enero se resuelve si se eliminan los primeros años de la serie. Por otra parte, las 12 series mensuales del WeMOi son normales, según el test de Kolmogorov-Smirnov, y ninguna de ellas presenta tendencias estadísticamente significativas, según el test de Mann-Kendall, con un nivel de significación de 0,05. En la figura 2 se muestra la serie del WeMOi de diciembre y en la figura 3, el histograma de frecuencias, con el ajuste mediante la ley normal, de octubre.

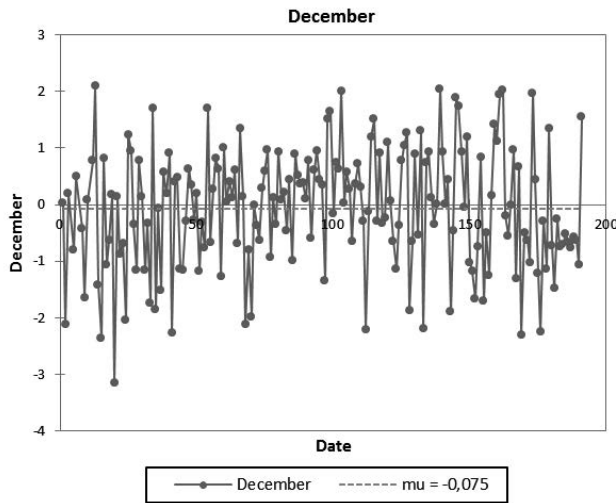


Figura 2. Serie del WeMOi de diciembre (1921-2011). Elaboración propia.

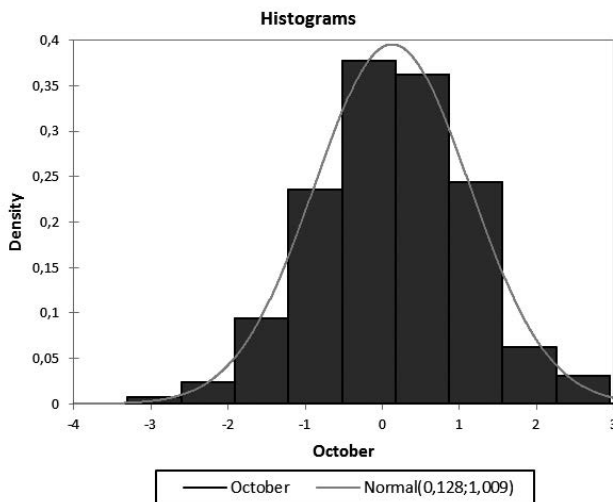


Figura 3. Histograma de frecuencias y ajuste mediante la ley normal de los valores del WeMOi de octubre (1921-2011). Elaboración propia.

4. PRESENTACIÓN Y PRIMERA APLICACIÓN DE LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

El primer uso dado al WeMOi fue el de su correlación con la precipitación de la fachada oriental de la Península Ibérica, dado que la NAO ofrece correlaciones poco significativas o nulas. De hecho -como se ha dicho-, la formulación del patrón fue la respuesta a la “insatisfacción” de la relación entre el patrón atlántico y la lluvia en el golfo de Valencia y otros tramos de la costa mediterránea oriental española. Los resultados de este ensayo estadístico aparecen en el primer trabajo publicado de la WeMO, en las actas del tercer congreso de la Asociación Española de Climatología, que se celebró en Palma de Mallorca, en octubre de 2002, y lleva por título: “Ensayo sobre la Oscilación del Mediterráneo Occidental y su influencia en la pluviometría del este de España” (Martín Vide, 2002). El auditorio, entre los que estaban presentes climatólogos muy reconocidos del ámbito mediterráneo, como Agustí Jansá y Sergio Alonso, recibió con interés la propuesta del nuevo patrón. Jansá, en particular, valoró las potencialidades de la propuesta y su coherencia con los escenarios sinópticos y mesoescales de la cuenca del Mediterráneo occidental. En el citado trabajo se presentaron las correlaciones lineales entre el índice NAO (NAOi) y el WeMOi, y la precipitación de enero en diversos observatorios meteorológicos españoles, para series de 130 años. Si los valores de la r de Pearson de la correlación entre el índice NAO y la precipitación de enero en Valencia, Alicante y Murcia son $-0,24$ (p valor $0,006$), $-0,23$ (p valor $0,008$) y $-0,12$ (p valor $0,174$), respectivamente, lo que delata que no es significativa en la capital murciana, con un nivel de confianza del 95%, los mismos valores con el WeMOi son $-0,46$ $-0,40$ y $-0,46$ (todos con p valor $0,000$), respectivamente, claramente significativos. Véase, además, que las correlaciones son negativas, es decir, que en los litorales valenciano y murciano la fase negativa de la WeMO, que comporta flujos generales del este, da lugar a más precipitación que la positiva, asociada a viento terral, como era de suponer.

5. DESARROLLO DE LA WeMO Y ACEPTACIÓN INTERNACIONAL

El autor de este artículo, tras el congreso de la Asociación Española de Climatología de Palma de Mallorca, explica la WeMO en diferentes foros especializados en Climatología y sugiere a un doctorando, Joan Albert López Bustins, profundizar en su conocimiento. Este desarrolla su tesis doctoral sobre la WeMO y la precipitación en Cataluña, la Comunidad Valenciana y Baleares (López Bustins, 2007). Usando una base de datos mensuales que cubría razonablemente el área de estudio, establece las correlaciones entre el WeMOi y las precipitaciones mensuales en 124 estaciones meteorológicas, incluyendo algunas del sur de Francia y del este

de Aragón. Compara los valores del coeficiente de correlación obtenidos con los correspondientes de la correlación entre el NAOi y la precipitación mensual, confirmando que el patrón mediterráneo es preferible al atlántico en buena parte del área de estudio, especialmente en los meses otoñales e invernales. Una aplicación a resolución diaria para el observatorio del Ebro, cerca de Tortosa, y un período de 50 años, muestra que la práctica totalidad de las cantidades diarias iguales o superiores a 50 mm solo se producen con un índice de la Oscilación del Mediterráneo Occidental negativo. Esto dota al WeMOi a resolución diaria de una cierta capacidad en la prognosis meteorológica.

En 2006 la propuesta de la Oscilación del Mediterráneo Occidental recibe el reconocimiento internacional al publicarse en el *International Journal of Climatology* un artículo (Martin-Vide y Lopez-Bustins, 2006) que recoge su definición y fundamentación y los principales resultados de la tesis doctoral del segundo coautor.

6. APLICACIONES Y USOS DE LA WeMO

La difusión internacional del nuevo patrón y la disponibilidad de los valores mensuales de su índice en la página web del Grupo de Climatología de la Universidad de Barcelona permiten que investigadores de disciplinas y áreas temáticas diversas, no solo Climatología, sino también Hidrología, Oceanografía, etc, se interesen por la potencialidades de la Oscilación del Mediterráneo Occidental en la explicación de determinados fenómenos naturales. Fundamentalmente, usan el WeMOi para ponerlo en correlación con los valores de ciertas variables, sobre todo precipitación, pero también temperatura, viento, descargas fluviales, erosividad, poblaciones de peces, etc.

En octubre de 2013, según la ISI Web of Knowledge eran 50 las citas en revistas indexadas que había recibido el trabajo de Martin-Vide y Lopez-Bustins (2006), que se elevaban a 52 en la base SCOPUS. Por su parte en el Smithsonian/NASA Astrophysics Data System se contabilizaban 21 artículos. En todo caso, la difusión y aceptación de la propuesta por diferentes grupos e investigadores ha sido notable. Sin ánimo de exhaustividad, solo a modo de ejemplo, se comentan a continuación algunas de las contribuciones en revistas internacionales indexadas que hacen un uso explícito del patrón de la Oscilación del Mediterráneo Occidental.

Un número apreciable de los artículos relacionan el WeMOi con la precipitación de una determinada área o con los episodios de precipitación torrencial. Así, Hidalgo-Muñoz, *et al.*, (2011) concluyen que la mayoría de los patrones sinópticos que causan precipitaciones torrenciales en Andalucía se asocian a valores muy negativos del WeMOi. Para el sur de Italia Caloiero, *et al.*, (2011) muestran una correlación positiva y significativa del índice con la

precipitación invernal en el sur de la península Itálica y el norte de Sicilia. En la misma línea, dos trabajos sobre precipitación emplean sincrónicamente la WeMO junto con la Oscilación del Mediterráneo (MO) y la NAO, para determinar las tendencias en la fachada mediterránea de la Península Ibérica (Gonzalez-Hidalgo, *et al.*, 2009) y para el riesgo de episodios extremos en el nordeste de España (Vicente-Serrano, *et al.*, 2009). En el primer caso, la WeMO, junto con la MO, son los patrones predominantes en la ocurrencia de precipitación en la fachada mediterránea, que se produce, sobre todo, con sus índices negativos, por encima de la NAO. En el segundo, en el caso de los episodios de precipitaciones torrenciales en el nordeste de España, la mejor vinculación de los extremos de precipitación diaria en los meses de invierno es con valores negativos del WeMOi.

La WeMO se relaciona con las tendencias pluviométricas de invierno en la segunda mitad del siglo XX en la Península Ibérica, que se concretan en una reducción significativa en el centro y oeste, y una escasa variación en el este, con algunos incrementos (Lopez-Bustins *et al.*, 2008). El patrón de circulación que experimentó un mayor aumento en su frecuencia durante el citado período comporta un anticiclón sobre Centroeuropa, ligado a la fase negativa del patrón mediterráneo.

La erosividad de la precipitación diaria en el nordeste de España es mayor durante las fases negativas de la NAO, la MO y la WeMO, que durante las positivas, según han demostrado Angulo-Martínez y Begueria (2012). Los dos patrones mediterráneos muestran la mayor influencia sobre los extremos diarios de los índices de erosividad.

En su relación con la temperatura, recientemente El Kenawy, *et al.*, (2013) demuestran que la variabilidad de las temperaturas estivales extremas en el nordeste de España está principalmente determinada por la WeMO y los patrones Escandinavo (SCA) y Este Atlántico (EA).

De igual modo, el WeMOi a resolución diaria también muestra tener un alto acierto en la detección de días con ocurrencia de brisa marina en las costas mediterráneas de España, según Azorín y López-Bustins (2008).

Los valores positivos del WeMOi, que implican flujos terrales, del NW, sobre la costa catalana, con agua fría, rica en nutrientes, y descargas abundantes de los ríos Ebro y Ródano, por estar sus cabeceras bien regadas con los flujos septentrionales, se relacionan con buenas capturas de sardina y anchoa en los puertos catalanes (Martín, *et al.*, 2011).

En otros artículos publicados en revistas internacionales la Oscilación del Mediterráneo Occidental es referenciada (Lopez-Moreno, *et al.*, 2007; Lopez-Bustins, *et al.*, 2007; Lolis, 2007; Martin-Vide, *et al.*, 2008; De Luis, *et al.*, 2009; Liqueste, *et al.*, 2009; Sanchez-Lorenzo, *et al.*, 2009; Río, *et al.*, 2011; Fischer y Matthey, 2012; Pourasghar, *et al.*, 2012; Moreno, *et al.*, 2012;

Ouachani, 2013; Colonese, 2013, etc), así como los valores del WeMOi están siendo empleados en la actualidad por investigadores de diferentes campos, climatólogos, biólogos, oceanógrafos, etc. En particular, en el ámbito de la Climatología española la WeMO constituye hoy una opción más a considerar cuando se trata de buscar los patrones o modos de variabilidad climática explicativos del comportamiento de una variable pluviométrica determinada.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha elaborado en el marco del proyecto “Estructura diaria y 10-minutal de la precipitación y su caracterización sinóptica objetiva en el mar Balear (Cataluña)”, MICINN, CGL2011-29263-C02-01, y se encuadra en los trabajos del “Grupo de Climatología”, Generalitat de Catalunya, 2009 SGR 443, en las “Actividades del Comité Español del WCRP”, MICINN, ACI-COM-2011-1070, y en los trabajos del Institut de l’Aigua, Universidad de Barcelona.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGULO-MARTÍNEZ, M. y BEGUERÍA, S. (2012): “Do atmospheric teleconnection patterns influence rainfall erosivity? A study of NAO, MO and WeMO in NE Spain, 1955–2006”, en *Journal of Hydrology*, vol. 450-451, pp. 168-179.
- AZORÍN-MOLINA, C. y LÓPEZ-BUSTINS, J.A. (2008): “An automated sea breeze selection technique based on regional sea-level pressure difference: WeMOi”, en *International Journal of Climatology*, vol. 28, nº 12, pp. 1681-1692.
- CALOIERO, T.; COSCARELLI, R.; FERRARI, E. y MANCINI, M. (2011): “Precipitation change in Southern Italy linked to global scale oscillation indexes”, en *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 11, pp. 1683-1694.
- CAMUFFO, D. y JONES, Ph.(Eds.) (2002): *Improved Understanding of Past Climatic Variability from Early Daily European Instrumental Sources*, Springer.
- COLONESE, A. C.; ZANCHETTA, G.; FALLICK, A. E.; MANGANELLI, G.; SAÑA, M.; ALCADE, G. y NEBOT, J. (2013): “Holocene snail shell isotopic record of millennial-scale hydrological conditions in western Mediterranean: Data from Bauma del Serrat del Pont (NE Iberian Peninsula)”, en *Quaternary International*, vol. 303, pp. 43-53.

- DE LUIS, M.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C.; LONGARES, L.A. y ŠTEPÁNEK, P. (2009): "Seasonal precipitation trends in the Mediterranean Iberian Peninsula in second half of 20th century", en *International Journal of Climatology*, vol. 29, nº 9, pp. 1312-1323.
- EL KENAWY, A.; LÓPEZ-MORENO, J.I. y VICENTE-SERRANO, S.M. (2013): "Summer temperature extremes in northeastern Spain: spatial regionalization and links to atmospheric circulation (1960-2006)", en *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 113, nº 3-4, pp. 387-405.
- FISCHER, M.J. y MATTEY, D. (2012): "Climate variability and precipitation isotope relationships in the Mediterranean region", en *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 117, nº D20.
- GONZÁLEZ-HIDALGO, J.C.; LÓPEZ-BUSTINS, J.A.; ŠTEPÁNEK, P.; MARTÍN-VIDE, J. y DE LUIS, M. (2009): "Monthly precipitation trends on the Mediterranean fringe of the Iberian Peninsula during the second-half of the twentieth century (1951-2000)" en *International Journal of Climatology*, vol. 29, nº 10, pp. 1415-1429.
- HIDALGO-MUÑOZ, J.M.; ARGÜESO, D.; GÁMIZ-FORTIS, S.R.; ESTEBAN-PARRA, M.J. y CASTRO-DÍEZ, Y. (2011): "Trends of extreme precipitation and associated synoptic patterns over the southern Iberian Peninsula", en *Journal of Hydrology*, vol. 409, nº 1-2, pp. 497-511.
- LIQUETE, C.; CANALS, M.; LUDWIG, W. y ARNAU, P. (2009): "Sediment discharge of the rivers of Catalonia, NE Spain, and the influence of human impacts", en *Journal of Hydrology*, vol. 366, nº. 1-4, pp. 76-88.
- LOLIS, Ch. J. (2007): "Climatic features of atmospheric stability in the Mediterranean region (1948 2006): spatial modes, inter-monthly and inter-annual variability", en *Meteorological Applications*, vol. 14, nº 4, pp. 361-379.
- LÓPEZ BUSTINS, J.A. (2008): *L'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental i la Precipitació als Països Catalans*, Universitat de Barcelona (tesis doctoral).
- LÓPEZ-BUSTINS, J.A.; ESTEBAN, P.; LABITZKE, K. Y LANGEMATZ, U. (2007): "The role of the stratosphere in Iberian Peninsula rainfall: A preliminary approach in February", en *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, vol. 69, nº 12, pp. 1471-1484.
- LÓPEZ-MORENO, J.I.; BEGUERÍA, S.; VICENTE-SERRANO, S.M. y GARCÍA-RUIZ, J. M. (2000): "Influence of the North Atlantic Oscillation on water resources in central Iberia: Precipitation, streamflow anomalies, and reservoir management strategies", en *Water Resources Research*, vol. 43, nº 9, CiteID W09411.

- MARTÍN, P.; SABATÉS, A.; LLORET, J. y MARTÍN-VIDE, J. (2011): “Climate modulation of fish populations: the role of the Western Mediterranean Oscillation (WeMO) in sardine (*Sardina pilchardus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) production in the north-western Mediterranean”, en *Climatic Change*, DOI: 10.1007/s10584-011-0091-z.
- MARTÍN VIDE, J.; BARRIENDOS, M.; PEÑA, J.C.; RASO, J.M.; LLASAT, M^a C. y RODRÍGUEZ, R. (1999): “Potencialidad del índice NAO en la previsión de episodios de alta pluviosidad en España”, en *Gerencia de riesgos*, vol XVII, nº 67, pp. 19-31.
- MARTÍN VIDE, J. (2002): “Ensayo sobre la Oscilación del Mediterráneo Occidental y su influencia en la pluviometría del este de España”, en Guijarro, Grimalt, Laita y Alonso, *El Agua y el Clima/LAigua i el Clima*, Asociación Española de Climatología, pp. 35-42.
- MARTIN-VIDE, J. y LOPEZ-BUSTINS, J.A. (2006): “The Western Mediterranean Oscillation and rainfall in the Iberian Peninsula”, en *International Journal of Climatology*, vol. 26, nº 11, pp. 1455-1475.
- MARTIN-VIDE, J.; SANCHEZ-LORENZO, A.; LOPEZ-BUSTINS, J.A.; CORDOBILLA, M^a.J.; GARCIA-MANUEL, A. y RASO, J.M. (2008): “Torrential rainfall in northeast of the Iberian Peninsula: synoptic patterns and WeMO influence”, en *Advances in Science Research*, vol. 2, pp. 99-105.
- MORENO, A.; PÉREZ, A.; FRIGOLA, J.; NIETO-MORENO, V.; RODRIGO-GÁMIZ, M.; MARTRAT, B.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; MORELLÓN, M.; MARTÍN-PUERTAS, C.; CORELLA, J.P.; BELMONTE, Á.; SANCHO, C.; CACHO, I.; HERRERA, G.; CANALS, M.; GRIMALT, J.O.; JIMÉNEZ-ESPEJO, F.; MARTÍNEZ-RUIZ, F.; VEGAS-VILARRÚBIA, T. y VALERO-GARCÉS, B.L. (2012): “The Medieval Climate Anomaly in the Iberian Peninsula reconstructed from marine and lake records”, en *Quaternary Science Reviews*, vol. 43, pp. 16-32.
- OUACHANI, R.; BARGAOUIA, Z. y OUARDAB, T. (2013): “Power of teleconnection patterns on precipitation and streamflow variability of upper Medjerda Basin”, en *International Journal of Climatology*, vol. 33, pp. 58-76.
- POURASGHAR, F.; TOZUKA, T.; JAHANBAKHS, S.; SARI SARRAF, B.; GHAEMI, H. y YAMAGATA, T.(2012): “The interannual precipitation variability in the southern part of Iran as linked to large-scale climate modes”, en *Climate Dynamics*, vol. 39, nº 9-10, pp. 2329-2341.
- RÍO, S. DEL; HERRERO, L.; FRAILE, R. y PENAS, A. (2011): “Spatial distribution of recent rainfall trends in Spain (1961-2006)”, en *International Journal of Climatology*, vol. 31, nº 5, pp. 656-667.

- SÁNCHEZ-LORENZO, A.; CALBÓ, J.; BRUNETTI, M. y DESER, C. (2009): "Dimming/brightening over the Iberian Peninsula: Trends in sunshine duration and cloud cover and their relations with atmospheric circulation", en *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 114, nº D10.
- VICENTE-SERRANO, S.M.; BEGUERÍA, S.; LÓPEZ-MORENO, J.I.; EL KENAWY, A.M. y ANGULO-MARTÍNEZ, M. (2009): "Daily atmospheric circulation events and extreme precipitation risk in northeast Spain: Role of the North Atlantic Oscillation, the Western Mediterranean Oscillation, and the Mediterranean Oscillation", en *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 114, nº D8.