

RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DE LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL (WeMO) E INUNDACIONES EN EL LEVANTE PENINSULAR (1500-2000)

Marc OLIVA*, Joan Albert LÓPEZ-BUSTINS**, Mariano BARRIENDOS***, Carlos MUEDRA****, Javier MARTÍN-VIDE**

* *Departament de Geografia Física i AGR y Servei Científic-Tècnic de Gestió i Evolució del Paisatge, Universitat de Barcelona*

** *Grup de Climatologia, Universitat de Barcelona*

*** *Departament d'Història Moderna, Universitat de Barcelona*

**** *Departament de Geografia, Universitat de València*

RESUMEN

A partir de la reconstrucción plurisecular del campo de presión superficial de LUTERBACHER *et al.* (2002) para el marco europeo, se ha prolongado el índice de la WeMO hasta el año 1500. La potencialidad de este índice como patrón explicativo de la pluviosidad del este peninsular se utiliza también para correlacionarlo con las inundaciones catastróficas acontecidas en las cuencas mediterráneas de la Península Ibérica en tiempo histórico. Asimismo, se presenta la correlación entre el WeMOi y la precipitación de Valencia desde 1837.

Palabras clave: WeMO, reconstrucción histórica, inundaciones catastróficas, Valencia.

ABSTRACT

Using the European surface pressure reconstruction LUTERBACHER *et al.* (2002), the WeMO index has been extended to 1500. The potentiality of this index as a pattern which explains the eastern Iberian precipitation is also used for correlating the historical catastrophic floods in the Mediterranean basins of Iberian Peninsula. Likewise, it is displayed the correlation between the WeMOi and the Valencia rainfall since 1837.

Key words: WeMO, historical reconstruction, catastrophic floods, Valencia.

1. INTRODUCCIÓN

La circulación atmosférica de la cuenca Mediterránea se caracteriza tanto por una circulación templada y húmeda del oeste en invierno como por una de subtropical en verano. Su clima se ubica en la transición geográfica de los dominios de latitudes medias y latitudes tropicales. Su posición y compleja orografía, determinan un mosaico de subclimas con altas variabilidades, sobretudo, pluviométricas. Esta variabilidad es la que propicia un amplio abanico de riesgos climáticos, los cuáles, requieren de largas series de datos para su estudio.

Mediante la reconstrucción histórica de un índice propio de la cuenca del Mediterráneo Occidental, la Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO) (MARTÍN-VIDE y LOPEZ-

BUSTINS, 2006), se pretenden explicar períodos históricos con episodios extremos en la franja mediterránea peninsular. Esta reconstrucción es posible partiendo de series instrumentales largas que se toman como dipolos del transecto del patrón de variabilidad.

Estas mismas series se reconstruyen más allá de su período instrumental a partir de una interpolación deducida usando los mapas de presión superficial reconstruidos hasta 1500 por LUTERBACHER *et al.* (2002). Este trabajo se centra en la estación invernal, ya que es el trimestre del año, junto con el otoño, en que el índice se muestra más influyente. Las distintas fases que se detectan en el índice a lo largo de los 500 años se ponen en relación con períodos de inundaciones frecuentes o sequías persistentes a partir de documentación histórica.

2. DESCRIPCIÓN DEL ÍNDICE DE LA WeMO

El índice de la WeMO (WeMOi) es fruto del dipolo barométrico: baja de Liguria – alta de Azores. Es un patrón de teleconexión regional que se presenta como alternativa al de la NAO para explicar el comportamiento pluviométrico del este peninsular. Aunque la NAO es el patrón que consigue unas correlaciones más elevadas en la mayor parte de la Península Ibérica cuanto a pluviometría durante el semestre frío del año se refiere (RODÓ *et al.*, 1997; ESTEBAN-PARRA *et al.*, 1998; MARTÍN-VIDE *et al.*, 1999; MARTÍN-VIDE y FERNÁNDEZ BELMONTE, 2001; RODRÍGUEZ-PUEBLA *et al.*, 2001, GALLEGO *et al.*, 2005), tiene correlaciones muy débilmente significativas en la fachada mediterránea, y no significativas, en el sudeste (figura. 1a).

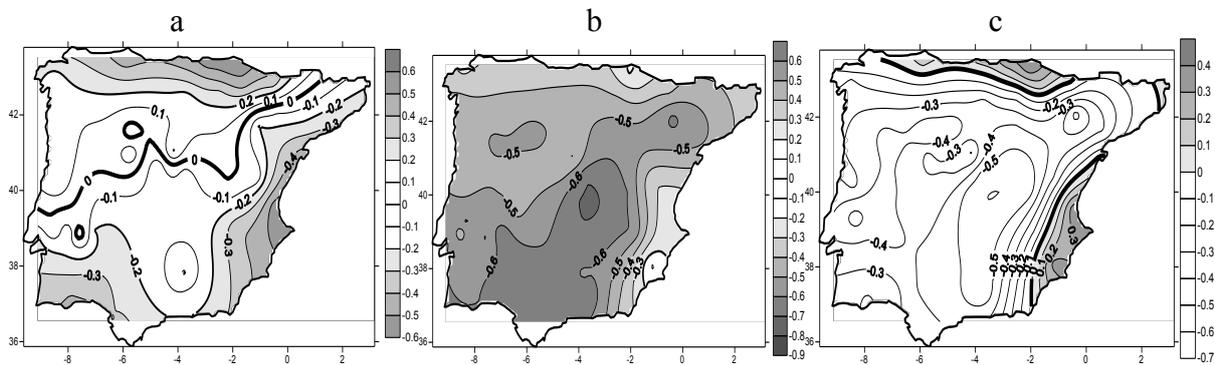


Fig. 1: a. Distribución de los coeficientes de correlación de Pearson entre la pluviometría y el índice de la NAO (DEF) durante el período 1910-2000. b. Idem a, pero con el WeMOi. c. Valor absoluto del coeficiente de correlación obtenido con el WeMOi menos el valor absoluto del coeficiente de correlación obtenido con el índice de la NAO. (Las correlaciones se han llevado a cabo con 51 puntos de observación repartidos por el territorio peninsular. Las áreas sombreadas son significativas al 95% del nivel de confianza).

La WeMO, en cambio, halla sus mayores correlaciones en esas zonas donde la influencia de la NAO es prácticamente nula (MARTÍN-VIDE y LOPEZ-BUSTINS, 2004). La WeMO es significativa en toda la franja mediterránea peninsular, y por eso, se delimitará la misma como área de estudio aproximada para la detección de eventos climáticos extremos a escala histórica (figura 1b). Sin embargo, la diferencia entre los valores absolutos de los coeficientes de correlación hallados con la WeMO y la NAO, delimita el sudeste y las tierras que bañan el Golfo de Vizcaya como las zonas más influenciadas por este índice mediterráneo (figura 1c).

Ésta última área tampoco se correlaciona significativamente con la NAO, pero sí positivamente con la WeMO por las altas precipitaciones que conllevan los flujos del noroeste en esa zona.

3. METODOLOGÍA

3.1 Cálculo del índice de la WeMO para el período instrumental

El índice se construye a partir de dos puntos representativos del dipolo barométrico con series instrumentales largas: San Fernando (Cádiz) y Padua (noreste de Italia), series avaladas por el proyecto IMPROVE (CAMUFFO y JONES, 2002). Se traza un transecto con orientación SO-NE que se ajusta aproximadamente a la línea de costa mediterránea peninsular. Estas series construyen el índice desde 1821, usando como cálculo la presión de San Fernando menos la presión de Padua, ambas presiones previamente estandarizadas.

La serie de presión de Padua, no obstante, tiene registro desde 1766, y en consecuencia, se usa el dato instrumental durante el período 1766-1820. Por otro lado, algunos años sin dato en el período instrumental de la misma serie, se salvan con los valores extraídos de las interpolaciones en los mapas de LUTERBACHER *et al.* (2002). La serie de San Fernando registra presión ininterrumpidamente desde 1821 hasta 2000.

3.2 Pautas para la prolongación del índice de la WeMO para el período preinstrumental

La reconstrucción sinóptica del campo de presión de LUTERBACHER *et al.* (2002) para el marco europeo ha permitido prolongar el WeMOi desde 1500 para el trimestre invernal. Los datos disponibles de esta publicación (<http://www.ncdc.noaa.gov/cgi-bin/paleo/lutercont.pl>) se han recopilado y elaborado tal como se expone a continuación.

De los gráficos y tablas en formato grid 5°x5° se han deducido cuantitativamente los datos referentes a presión en San Fernando-Cádiz y Padua en dos ejes temporales. Desde 1500 hasta 1658 los mapas están en resolución estacional y sólo permiten obtener un único dato para cada invierno, mientras que de 1659 en adelante los datos son mensuales. La validación del método se ha establecido considerando los registros instrumentales existentes en Padua desde 1766 y en Cádiz desde 1821. Se ha escogido el período de 1821 hasta 1920 para realizar la verificación entre los datos instrumentales y los deducidos directamente de la referida publicación. Las correlaciones entre 1821-1920 son óptimas, del orden de 0.9.

Meses	R
Diciembre	0,90
Enero	0,88
Febrero	0,93

Tabla 1: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE EL WEMOi INSTRUMENTAL Y EL RECONSTRUIDO DURANTE EL PERÍODO 1821-1920.

En consecuencia, se acepta la validez del método, no sin considerar las lógicas limitaciones que tiene, y aceptando de antemano una menor precisión para fechas anteriores a 1659, ya que la falta de datos instrumentales y la menor densidad de series documentales propician una menor resolución del campo de presión.

4. RESULTADOS

4.1. Reconstrucción del índice de la WeMO

Los valores del índice obtenidos a partir de los datos instrumentales y la reconstrucción a partir de datos *proxy* se han integrado en una serie continua mediante la estandarización de ambas subseries conjuntamente, obteniendo finalmente un índice de la WeMO invernal desde 1500 hasta el año 2000.

A lo largo de estos cinco siglos, el índice de la WeMO manifiesta diferentes fases. A nivel general se detecta una fase positiva del índice a lo largo de siglo XVI que a finales de centuria cambia de signo para mostrar valores claramente negativos hasta mediados del siglo XVII.

De la segunda mitad del siglo XVII hasta el segundo tercio del XVIII se alternan fases negativas con positivas. Las últimas décadas del siglo XVIII muestran un claro dominio de los valores negativos. El siglo XIX muestra unos cambios muy marcados, parcialmente atribuibles a la mayor resolución de los datos disponibles, con tres picos negativos muy notables separados por una o dos décadas de menor intensidad o dominio de valores positivos del índice.

Por último, durante el siglo XX se percibe una mayor persistencia de los valores positivos durante los tres primeros cuartos de siglo. Las últimas tres décadas parece que son el inicio de una nueva fase con dominio de valores del WeMOi negativos.

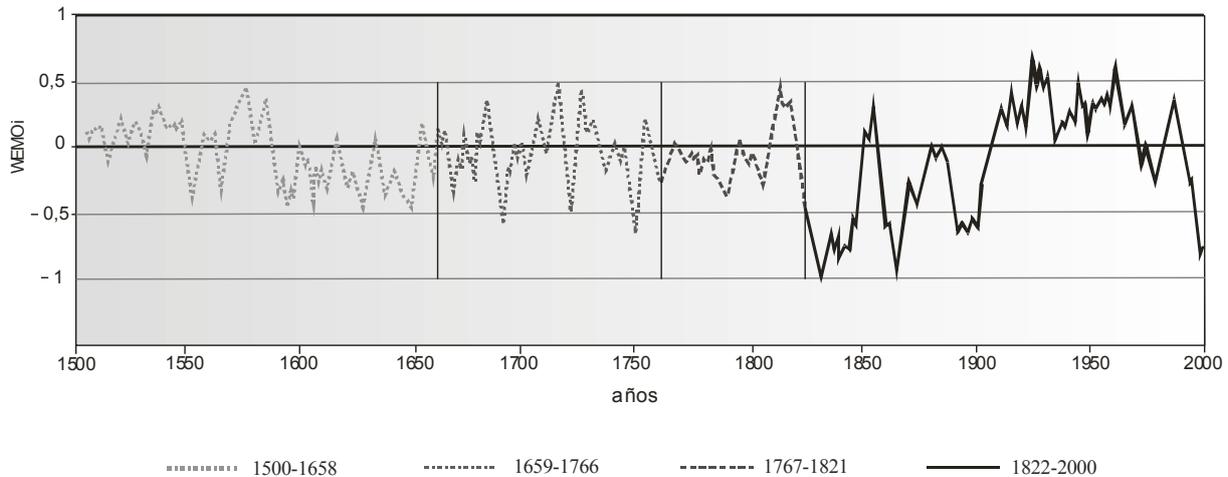


Fig. 2: Reconstrucción del índice de la WeMO desde 1500 (medias móviles de 11 años)

4.2 El índice de la WeMO invernal y su correlación con hidrometeoros extremos en la cuenca mediterránea

El índice de la WeMO se formula para intentar explicar de manera más efectiva la precipitación de la fachada mediterránea, ya que sus características geográficas singulares atenúan la influencia de la NAO en la pluviosidad del este ibérico. Anteriores estudios ya han correlacionado valores negativos del índice WeMO con la mayor frecuencia de inundaciones en este ámbito (MARTIN-VIDE y LOPEZ-BUSTINS, 2004 y 2006).

Para profundizar en ello, se han considerado una serie de ríos de la cuenca mediterránea de los cuáles se tiene información anual sobre las avenidas catastróficas desde 1500. Los ríos o ramblas considerados de norte a sur son los siguientes: Ter/Onyar (Girona), Capaspre (Calella de Mar), Sobirans (Arenys de Mar), Cirera (Mataró), ramblas de Barcelona (Barcelona), Llobregat (El Prat de Llobregat), Francolí (Tarragona), Ebre (Tortosa), Turia (Valencia), Júcar (Alzira), Segura (Murcia) y Guadalmedina (Málaga) (BARRIENDOS y POMÉS, 1993; BARRIENDOS y MARTÍN-VIDE, 1998; BRAZDIL *et al.*, 1999; BARRIENDOS y SÁNCHEZ RODRIGO, en revisión).

Se correlaciona el índice invernal con el número de inundaciones catastróficas que hubo en el conjunto de las cuencas explicitadas; a pesar de que índice e inundaciones tienen una resolución temporal distinta (invernal/anual) se percibe una sincronía evidente (figura 3). Cuando el WeMOi invernal es negativo se percibe una mayor ocurrencia de inundaciones en el este peninsular, ya sean durante el invierno o el resto del año.

El siglo XVI es un período relativamente tranquilo por lo que a frecuencia de inundaciones catastróficas se refiere. Desde finales del siglo XVI hasta mediados del XVII se denota un aumento sensible del número de avenidas catastróficas coincidiendo con un momento más frío en la Península Ibérica. Se trata de una de las oscilaciones climáticas adversas más evidente de las registradas durante la última miniglaciación (BARRIENDOS, 1994; RODRIGO, 1994).

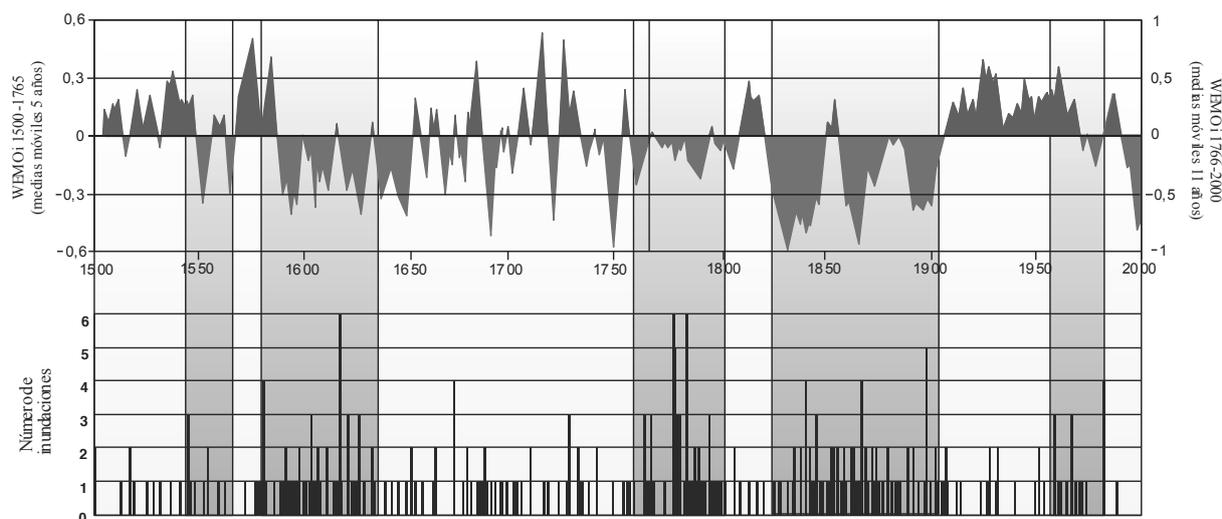


Fig. 3: WeMOi invernal e inundaciones catastróficas en las cuencas mediterráneas.

Desde 1650 hasta el segundo tercio del XVIII es un momento de relativa calma hidrológica. Se alternan fases negativas y positivas repetidamente que no muestran un reflejo claro en el comportamiento extremo de los ríos mediterráneos en cuanto a inundaciones se refiere. Esta pauta coincide con el carácter relativamente lluvioso, pero no torrencial, que tuvo lugar en la Península Ibérica durante el Mínimo de Maunder (BARRIENDOS, 1997; RODRIGO, 2000 y LANGEMTAZ *et al.*, 2005).

Finales del siglo XVIII son décadas de comportamiento atmosférico extremo. Hay un dominio de los valores del WeMOi negativos, que coincide con una sucesión de avenidas catastróficas, mostrando el máximo de los últimos 500 años. Se evidencia no sólo una mayor

frecuencia sino una amplia distribución espacial de los mismos; es decir, que son episodios de lluvia torrencial que afectan a más de una cuenca. Se conoce este momento como la Oscilación Maldà (BARRIENDOS y LLASAT, 2003).

El siglo XIX se caracteriza por un inicio con valores WeMO positivos que se reflejan en la grave sequía que azotó a buena parte del ámbito peninsular durante 1812-24 y en la falta de inundaciones catastróficas durante el mismo período (BARRIENDOS y DANNECKER, 1999).

El resto del siglo se presenta con tres picos negativos del WeMOi muy pronunciados, con un reflejo evidente en las tres puntas de frecuencia de inundaciones catastróficas que configuran la última oscilación de la miniglaciación o Pequeña Edad de Hielo.

El siglo XX muestra una disminución acusada en la ocurrencia de inundaciones catastróficas durante la primera mitad de siglo, hecho que concuerda con una fase positiva muy marcada de la WeMO. La segunda mitad muestra un comportamiento más dispar, con fases negativas en el último tercio de siglo sin plasmarse en el número de inundaciones. Se reproduce aparentemente el comportamiento de mediados del siglo XVII al XVIII aunque también cabe considerar el efecto de la construcción de embalses y demás obras de mitigación de inundaciones. No obstante, se constata un incremento pluviométrico invernal significativo en Valencia en el período 1951-2000 (MARTIN-VIDE y LOPEZ-BUSTINS, 2006), considerando que el golfo de Valencia es una área totalmente bajo la influencia de la WeMO (figura. 1c).

4.3 El índice de la WeMO invernal y su correlación con las inundaciones en el sureste peninsular

El mismo estudio se refleja solamente para las cuencas del Turia, Júcar y Segura, que es dónde el WeMOi tiene una mayor correlación con la precipitación en invierno (figura 4) (LÓPEZ-BUSTINS, tesis doctoral en proceso). Se han contemplado para dar mayor precisión al estudio no sólo las inundaciones catastróficas sino aquéllas consideradas también como extraordinarias (desbordamientos fluviales que no llegan a ocasionar destrucción de infraestructuras como ocurre con las inundaciones catastróficas).

El comportamiento es muy similar al del conjunto de cuencas mediterráneas peninsulares, si bien se percibe otro máximo de inundaciones en el último tercio del siglo XVII, momento en que las otras cuencas analizadas no mostraban episodios similares.

RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA DE LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL (WeMO) E INUNDACIONES EN EL LEVANTE PENINSULAR (1500-2000)

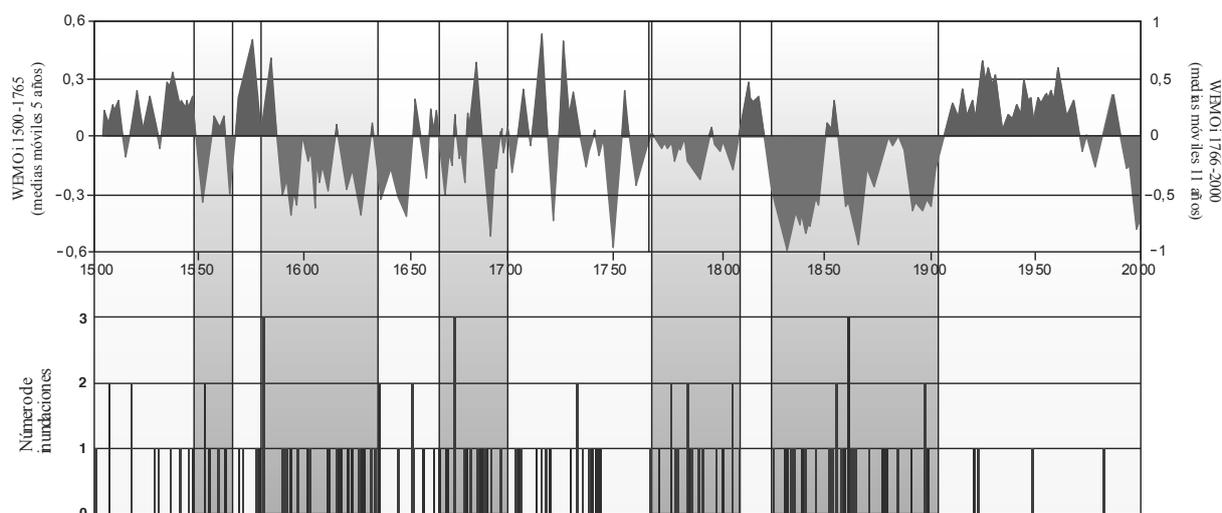


Fig. 4: Evolución del índice WeMO e inundaciones en las cuencas del sureste peninsular.

4.4 El índice de la WeMO invernal y su correlación con la precipitación de Valencia, 1838-2000

La serie estandarizada para el período 1961-1990 de precipitación de invierno de Valencia desde el invierno de 1837-1838 hasta el de 1999-2000 muestra una correlación significativa negativa con el WeMOi, con una $r = -0,5$. Los primeros inviernos de la serie pertenecen a Carcaixent (40 km al sur de Valencia), concretamente, hasta 1858-1859, y más adelante, puntualmente, 1861-1862 y 1862-1863. El resto de inviernos son de la serie de Valencia (*Elis Vivers*). Para evitar inhomogeneidades, se estandarizaron los inviernos de cada punto por separado según las medias y desviaciones de cada punto durante el período 1961-1990.

Este hecho es especialmente remarcable en los picos de precipitación; los mínimos de la WeMO del siglo XIX tienen un reflejo evidente en los máximos de precipitación recogidos en Valencia (figura 5). Entre 1900 y 1970 la persistencia de valores del WeMOi positivos también coincide con las precipitaciones de Valencia, que en este caso muestran valores inferiores a la media. En 1935 y 1950 se perciben dos breves caídas relativas del índice que también se observan con el correspondiente incremento de la precipitación de Valencia.

La década de los 70 y especialmente de los 90 apuntan una tendencia al alza en la precipitación de esta estación del levante peninsular a la vez que el índice de la WeMO ha reforzado su fase negativa. Este resultado encaja con las conclusiones del trabajo citado al final del apartado 4.2. En ese trabajo también se comprobó que el WeMOi invernal 1951-2000 tenía al mismo tiempo una tendencia significativa, obviamente, negativa.

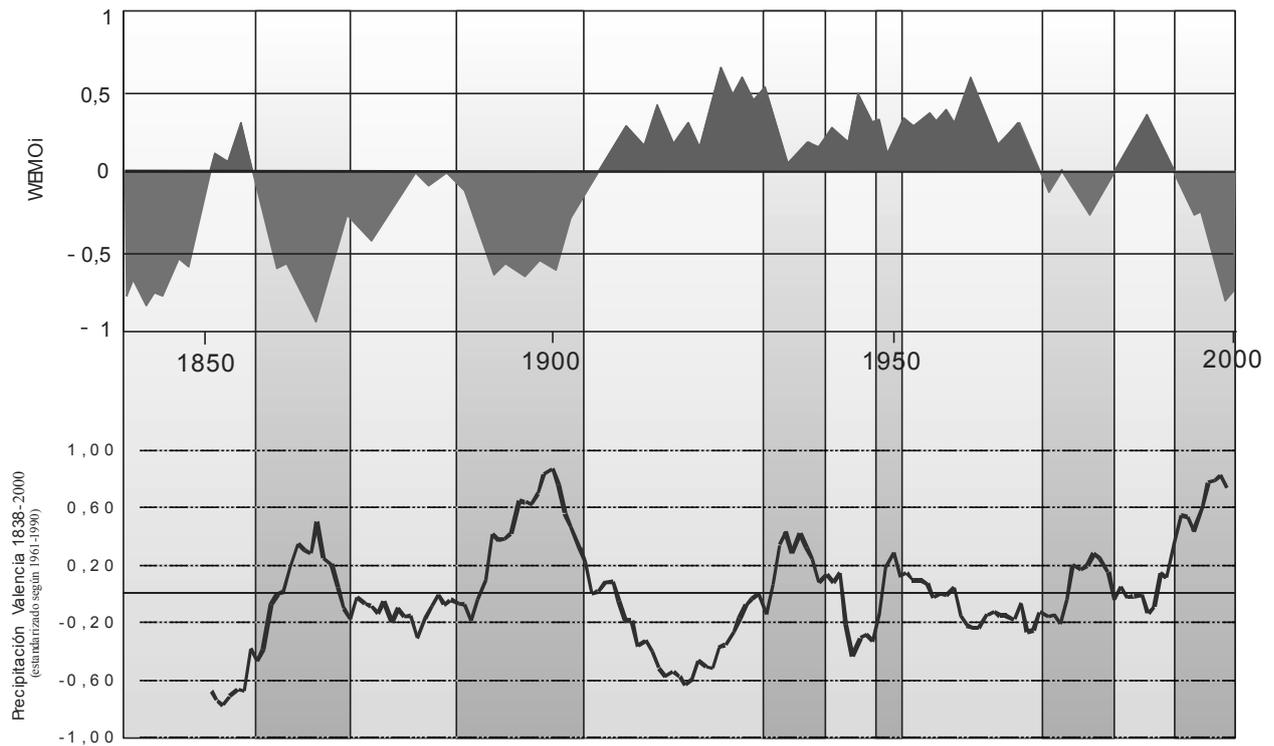


Fig. 5: Evolución del índice de la WeMO y precipitación en Valencia.

5. CONCLUSIONES

- La reconstrucción hasta 1500 de un patrón de teleconexión regional como la WeMO, en el seno de la cuenca Mediterránea Occidental, ha permitido explicar los principales periodos con mayor o menor frecuencia de hidrometeoros extremos, avalando así su funcionalidad.
- Las satisfactorias correlaciones halladas en el período de solapamiento 1821-1920 de los valores instrumentales y reconstruidos acreditan satisfactoriamente la reconstrucción del índice.
- Las principales concordancias entre el índice de la WeMO y los climas extremos mediante la documentación histórica de hidrometeoros son:
 - > Un aumento de las avenidas en la primera mitad de siglo XVII al mostrar la WeMO unos valores sustancialmente negativos.
 - > Calma hidrológica durante el Mínimo de Maunder con una alternancia suave entre valores positivos y negativos del WeMOi.
 - > Coincidencia de una fase negativa del WeMOi con la mayor frecuencia de avenidas catastróficas durante la Oscilación Maldà.
 - > Las últimas pulsaciones de la Pequeña Edad de Hielo se reflejan en tres mínimos del WeMOi que se corresponden con tres máximos en el número de avenidas durante el siglo XIX.
 - > Los dos primeros tercios del siglo XX se caracterizan por una menor frecuencia de avenidas junto a una fase positiva prolongada del WeMOi.

- La acotación del área de estudio a las cuencas donde la WeMO es más influyente ha permitido deducir un aumento de las avenidas en el seno del Mínimo de Maunder, hecho no detectable en las otras cuencas de estudio.
- La serie instrumental de Valencia desde del siglo XIX oscila muy acorde con el WeMOi, alcanzando un máximo pluviométrico en la segunda mitad del siglo XIX, cuando el índice muestra su fase más negativa. La tendencia reciente negativa del WeMOi invernal se corresponde con un incremento de la pluviometría invernal de Valencia.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el soporte recibido por los siguientes proyectos, grupos y programas de investigación científica:

- Programa para la Formación de Profesorado Universitario (MEC).
- Programa Ramon y Cajal (MEC).
- Servei Científic-Tècnic per a la Gestió i Evolució del Paisatge.
- Grup de Recerca Consolidat “Paisatge i paleoambients a la muntanya mediterrània” (2005SGR01045).
- Grup de Recerca Consolidat “Grup de Climatologia” (2005SGR01034).
- Proyecto “European climate of the last millennium. MILLENNIUM” (IP 017008-2).
- Proyecto IPIBEX (CGL2005-07664-C02-01).

7. REFERENCIAS

- BARRIENDOS, M. (1994): *El clima histórico de Catalunya. Aproximación a sus características generales (Siglos XV-XIX)*. Tesis doctoral inédita, Departamento de Geografía Física y AGR, Universidad de Barcelona.
- BARRIENDOS, M. (1997): “Climatic variations in the Iberian Peninsula during the late Maunder Minimum (AD 1675-1715): an analysis of data from rogation ceremonies”. *The Holocene*, 7, 1, 105-111.
- BARRIENDOS, M. y POMÉS, J. (1993): *L'aigua a Mataró. Inundacions i recursos hídrics (Segles XVIII-XX)*. Caixa d'Estalvis Laietana, Mataró.
- BARRIENDOS, M. y MARTÍN-VIDE, J. (1998): “Secular Climatic Oscillations as Indicated by Catastrophic Floods in the Spanish Mediterranean Coastal Area (14th-19th Centuries)”. *Climatic Change*, 38, 473-491.
- BARRIENDOS, M. y DANNECKER, A. (1999): “La sequía de 1812-1824 en la costa central catalana. Consideraciones climáticas e impacto social del evento”. En Raso, J.M. i Martín Vide, J. (eds.): *La climatología española en los albores del siglo XXI*, Oikos-Tau, Barcelona, 53-62.
- BARRIENDOS, M. y LLASAT, M.C. (2003): “The Case of the ‘Maldá’ Anomaly in the Western Mediterranean Basin (AD 1760–1800): An Example of a Strong Climatic Variability”. *Climatic Change*, 61, 191-216.
- BARRIENDOS, M. y RODRIGO, F.S. “Study on historical flood events of spanish rivers using documentary data”. *Hydrological Sciences Journal*, en revisión.
- BRAZDIL, R.; GLASER, R.; PFISTER, C.; ANTOINE, J.M.; BARRIENDOS, M.; CAMUFFO, D.; DEUTSCH, M.; ENZI, S.; GUIDOBONI, E. y RODRIGO, F.S. (1999): “Flood events of selected rivers of Europe in the Sixteenth Century”. *Climatic Change*, 43, 239-285.

- CAMUFFO, D. y JONES, P. (2002). "Improved understanding of past climatic variability from early daily european instrumental sources". *Climatic Change*, 53, 1-4.
- ESTEBAN PARRA, M. J.; RODRIGO, F.S. y CASTRO-DÍEZ, Y. (1998): "Spatial and temporal patterns of precipitation in Spain for the period 1880-1992". *International Journal of Climatology*, 18, 1557-1574.
- GALLEGO, M.C.; GARCÍA, J.A. y VAQUERO, J.M. (2005): "The NAO signal in daily rainfall series over the Iberian Peninsula". *Climate Research*, 29, 103-109.
- LANGEMATZ, U.; CLAUSNITZER, A.; MATTHES, K. y KUNZE, M. (2005): "The climate during the Maunder Minimum: a simulation with the Freie Universität Berlin Climate Middle Atmosphere Model (FUB-CMAM)". *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 67, 55-69.
- LÓPEZ BUSTINS, J. A. *L'Oscil·lació de la Mediterrània Occidental i la pluviometria als Països Catalans*. Tesis doctoral, Departament de Geografia Física i AGR, Universitat de Barcelona (en proceso).
- LUTERBACHER, J.; XOPLAKI, E.; DIETRICH, D.; RICKLI, R.; JACOBET, J.; GYALISTRAS, D.; SCHMUTZ, C. y WANNER, H. (2002): "Reconstruction of sea level pressure fields over the Eastern North Atlantic and Europe back to 1500". *Climate Dynamics*, 18, 545-561.
- 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 pluviometría en España. *Gerencia de Riesgos*, 67, 19-29, Madrid, Fundación Mapfre Estudios.
- MARTÍN VIDE, J. y FERNÁNDEZ BELMONTE, D. (2001): "El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular". *Investigaciones Geográficas*, 26, 41-58.
- MARTÍN VIDE, J. y LÓPEZ BUSTINS, J.A. (2004): "The Western Mediterranean Oscillation (WeMO) and its influence in the Eastern Spanish rainfall. A methodological approach". En *4th EMS Annual Meeting Abstracts*, vol. 1, 00166.
- MARTÍN VIDE, J. y LÓPEZ BUSTINS, J.A. (2006): "The Western Mediterranean Oscillation and Rainfall in the Iberian Peninsula". *International Journal of Climatology* (aceptado).
- RODRIGO, F.S. (1994): *Cambio climático natural. La Pequeña Edad de Hielo en Andalucía*. Tesis doctoral, Departamento de Física Aplicada, Universidad de Granada.
- RODRIGO, F.S.; ESTEBAN-PARRA, M.J.; POZO-VÁZQUEZ, D. y CASTRO-DÍEZ, Y. (2000). Rainfall variability in southern Spain on decadal to centennial time scales. *International Journal of Climatology*, 20, 721-732.
- RODÓ, X.; BAERT, E. y COMÍN, F. (1997): "Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation". *Climatic Dynamics*, 13, 275-284.
- RODRÍGUEZ-PUEBLA, C.; ENCINAS, A. H. y SÁENZ, J. (2001): "Winter precipitation over the Iberian Peninsula and its relationship to circulation indices". *Hydrology and Earth System Sciences*, 5 (2), 233-244.