

# APLICACIÓN DEL ÍNDICE DIARIO DE LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL AL ESTUDIO DE LA TIPOLOGÍA PLUVIOMÉTRICA EN ALICANTE

Joan Albert LÓPEZ BUSTINS\* y César AZORÍN MOLINA\*\*

\**Grup de Climatologia. Parc Científic. Universitat de Barcelona. jlopezbustins@ub.edu*

\*\**Laboratorio de Climatología. Instituto Universitario de Geografía.*

*Universidad de Alicante. cesar.azorin@ua.es*

## RESUMEN

En este trabajo se aplica el índice de variabilidad de baja frecuencia del Mediterráneo Occidental (WeMOi) al estudio de la tipología atmosférica de las precipitaciones, principalmente de origen convectivo, en la provincia de Alicante. El objetivo primero de la investigación se fundamenta en la definición de los valores del índice, establecidos como diferencia entre las presiones atmosféricas estandarizadas entre Cádiz-San Fernando y Padua (Italia), para los sucesos atmosféricos con precipitación igual o mayor a 10 mm en seis observatorios meteorológicos alicantinos durante la década 1991-2000. Entre los resultados obtenidos se demuestra el papel de la neutralización de este dipolo barométrico (fase neutra: índices en torno a 0) o, lo que es lo mismo, la importancia de las configuraciones sinópticas de exiguo gradiente bórico en niveles troposféricos superficiales (pantanos barométricos), en el estallido de episodios con precipitación convectiva en el sureste ibérico.

**Palabras clave:** índice diario WeMO, tipos de precipitación, episodios convectivos, provincia de Alicante.

## ABSTRACT

*In this work, the low frequency variability index for the Western Mediterranean (WeMOi) area is applied to the atmospheric types of rainfalls, mainly of convective origin, in the province of Alicante. The first goal of this research is based on the definition of the index values established as a difference between standardized atmospheric pressures in Cádiz-San Fernando and Padova (Italy), for the atmospheric episodes with rainfalls  $\geq 10$  mm in six meteorological observatories in Alicante, in the course of the 1991-2000 decade. Among the results obtained, the part played by the neutralization of this barometric dipole (neutral phase: indexes around 0), that is to say, the importance of the synoptic configurations of scarce baric gradient in superficial tropospheric levels (flat barometer), at the outbreak of convective rainfall episodes in the southeast of the Iberian Peninsula.*

**Key words:** WeMO daily index, rainfall types, convective episodes, province of Alicante.

## 1. INTRODUCCIÓN: OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 1.1. Objetivos

La irregularidad pluviométrica inherente al propio clima mediterráneo ha forzado a la comunidad científica de climatólogos al estudio de las variables o factores que puedan explicarla satisfactoriamente. En este sentido, la autonomía climática de las tierras ribereñas a

este mar interior ha sido un elemento determinante en la formulación de patrones de variabilidad de baja frecuencia exclusivos para el ámbito de la cuenca del Mediterráneo Occidental, dado el enorme carácter independiente de esta región frente a sus limítrofes (Atlántico). En consecuencia, la aspiración última ha sido buscar un patrón más influyente que la Oscilación del Atlántico Norte (NAO; *North Atlantic Oscillation*) a la hora de explicar la compleja y diversa pluviometría mediterránea.

En esta misma vía de trabajo, MARTÍN VIDE (2002) ha intentado justificar la variabilidad temporal de las precipitaciones en el levante peninsular planteando un patrón de teleconexión, que define con las siglas WeMOi (Índice de la Oscilación del Mediterráneo Occidental o *Index of the Western Mediterranean Oscillation*) y fundamenta en la elección de un dipolo barométrico que abarca a todo este espacio mesoescalar: Diferencia de presiones medias mensuales en superficie, previamente estandarizadas, entre las series barométricas de Cádiz-San Fernando y Padua.

No obstante, como continuación a los trabajos de MARTÍN VIDE, en este estudio se extrapola a escala diaria el índice del WeMO que dicho autor planteó y, al mismo tiempo aplicó, a resolución mensual, y que le permitió deducir que el patrón WeMO resulta más influyente que la NAO en la precipitación del litoral valenciano y murciano en el mes de

enero. A partir de aquí, el objetivo del trabajo presentado es el de utilizar esta fuente de variabilidad intranual de la circulación atmosférica como herramienta operativa aplicada al estudio de las tipologías de precipitación en la provincia de Alicante. En síntesis, se trata de definir el espectro de valores de índice diario WeMO que corresponden a cada una de las tres tipologías de precipitación clasificadas en función de la causa atmosférica originaria, una vez aplicado un catálogo sinóptico manual de situaciones atmosféricas: Precipitaciones atlánticas, convectivas y mediterráneas.

Teniendo en cuenta estas tres tipologías de precipitación, el grueso del estudio enfatiza en conocer la correlación existente entre los episodios atmosféricos con precipitación convectiva y los valores diarios de índice WeMO, teniendo en cuenta que los procesos termoconvectivos que disparan el estallido de tormentas se rigen en virtud de marcos sinópticos de ínfimo gradiente bórico sobre la cuenca del Mediterráneo Occidental.

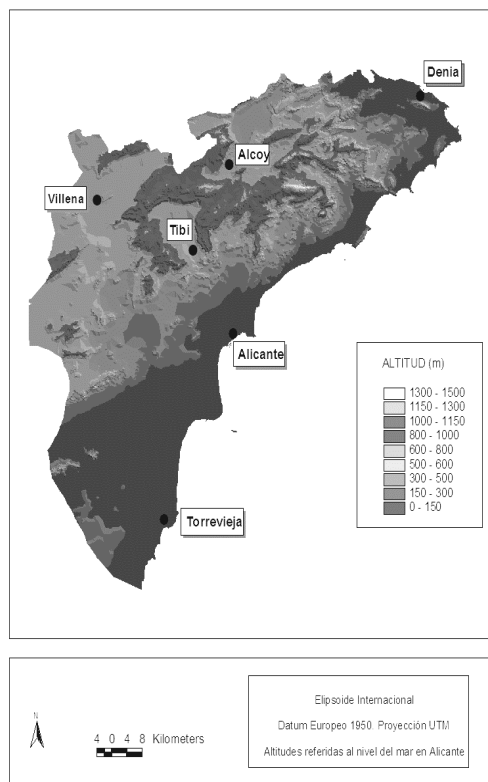


Figura 1: Localización del área de estudio.

## 1.2. Datos y metodología

El estudio planteado se inició trabajando con una muestra de datos diarios de precipitación (series pluviométricas diarias del Instituto Nacional de Meteorología, correspondientes a los años 1991-2000), a partir de la cual se seleccionaron los episodios atmosféricos con una

aportación pluviométrica significativa. El criterio de selección fijado se basó en escoger de la serie todos los episodios con precipitación igual o mayor a 10 mm en 24 horas, de una red de seis observatorios meteorológicos de la provincia de Alicante (tres de interior, Alcoy, Tibi y Villena, y otros tantos de costa, Alicante, Denia y Torreveja).

Una vez seleccionados los episodios atmosféricos con precipitación igual o mayor a 10 mm en 24 horas, se procedió a agruparlos de modo subjetivo. Para ello, se utilizó un catálogo sinóptico manual (AZORÍN MOLINA y LÓPEZ BUSTINS, 2004), dirigido a clasificar la precipitación en función de la causa atmosférica originaria: Atlántica, convectiva o mediterránea.

Concluida la clasificación tipológica de la precipitación, se identificaron 305 días con precipitación igual o mayor a 10 mm al menos en uno de los seis observatorios considerados. De estos 305, 161 episodios fueron causados por advecciones mediterráneas (52,8 %), 76 casos por situaciones convectivas (24,9 %) y los 68 restantes por sucesos de advección atlántica (22,3 %). De los 305 casos seleccionados, se excluyeron 6 de la muestra, por falta de dato de índice WeMO -ya sea por vacío en el valor de presión atmosférica en la serie de Cádiz o, en su caso, de Padua-.

Con estos datos en mano, se aplicó el patrón de variabilidad de baja frecuencia del Mediterráneo Occidental, ajustando el índice diario calculado a cada episodio de precipitación igual o mayor a 10 mm; clasificado previamente por tipología. Una vez realizada esta operación, se procesaron los datos estadísticamente y se obtuvieron unos resultados. Parte de ellos se presentan en esta comunicación, puesto que el objeto del trabajo ha descendido, como núcleo de investigación principal, al estudio de la correlación entre las situaciones convectivas y el índice diario de la WeMO.

## **2. EL ÍNDICE DIARIO WeMO: CRITERIOS DE APLICACIÓN A LA TIPOLOGÍA DE LA PRECIPITACIÓN**

La Oscilación del Mediterráneo, fuente de variabilidad interanual de la circulación atmosférica, que conecta su parte occidental con la oriental, ha sido objeto de estudio de varios investigadores (MAHERAS *et al.*, 1997 y 1999). Esta cuenca marítima interior tiene la particularidad de que por su desarrollo longitudinal encaja perfectamente con la configuración sinóptica de las ondas de Rossby (vaguadas y crestas), hecho que justifica de pleno las correlaciones de signo negativo que operan entre sus extremos en relación a las variables climáticas observadas (MARTÍN VIDE, 2003).

Los criterios manejados para el cálculo de este patrón de variabilidad de baja frecuencia a resolución diaria, resultan idénticos a patrones ya conocidos, como el EU-2, NAO, ENSO, etc. Los dipolos barométricos son series largas y homogeneizadas de presión de Cádiz-San Fernando y Padua (Italia), (CAMUFFO y JONES, 2002; BARRIENDOS *et al.*, 2002), que representan los extremos de un segmento con orientación de suroeste a nordeste. El procedimiento óptimo de cálculo del índice se halla en los resultados preliminares del proyecto de tesis doctoral titulado: *Anàlisi de la influència de la variabilitat de la radiació solar en la freqüència d'episodis torrencials al NO del Mediterrani*, de LÓPEZ BUSTINS; donde se pone de manifiesto que el manejo de una resolución temporal diaria justifica en mejor medida el comportamiento pluviométrico de las regiones de filiación pluviométrica de tipo mediterráneo.

De la aplicación de este índice a la clasificación tipológica de la precipitación por causa atmosférica, se deduce lo siguiente: En primer lugar, que las advecciones atlánticas se asocian a valores positivos (exceptuando las situaciones de bajas frías desprendidas sobre golfo de Cádiz, que a menudo adquieren valores negativos); que los sucesos mediterráneos se corresponden con fases negativas del índice WeMO (a excepción de las advecciones del NE, que toman índices neutros) y, por último, que los episodios atmosféricos convectivos, objeto primero de este trabajo, generalmente se vinculan a fases neutras o de indefinición del índice, con valores que fluctúan entorno a 0 (*vid.* Tabla 1).

Para desligar las situaciones advectivas del NE con índice neutro y marcado gradiente bórico, de las propiamente convectivas con índice neutro y exiguo diferencial barométrico en la horizontal, se contempla un segundo eje transversal (Murcia-Burdeos), casi perpendicular al segmento Cádiz-Padua. En efecto, este segundo eje intenta detectar situaciones advectivas del NE (campo isobárico dispuesto de NE a SO), con gradientes de presión marcados entre el norte y sur de la península Ibérica. El cálculo al que se procede es idéntico al realizado para el índice WeMO, resultando éste de la diferencia de presiones estandarizadas entre Murcia y Burdeos. En consecuencia, anomalías negativas de este nuevo índice secundario indicarán advecciones de componente general del NE y E, mientras los valores de índice neutro se corresponderán con escenarios sinópticos de indefinición bórica, proclives al desarrollo de situaciones convectivas.

Tabla 1: Rasgos atmosféricos generales de presión atmosférica y circulación del aire de las fases de índice diario de la WeMO. Se contemplan excepciones (en cursiva).

Fases del índice	Presión atmosférica en Cádiz-San Fernando	Presión atmosférica en Padua	Circulación del aire sobre la península	Escena sinóptica	Tipo
<b>Positiva (+)</b>	Alta (+)	Baja (-)	Advectiva del N, NO, ONO y O	Superficies frontales	<b>A</b>
<b>Negativa (-)</b>	Baja (-)	Alta (+)	Advectiva del ENE, E, ESE y SE	<i>Vaguadas profundas o bajas sobre el golfo de Cádiz</i>	
<b>Neutra (=)</b>	=	=	<i>Advectiva del NE</i>	<i>Frente de retroceso. Idem anterior.</i>	<b>M</b>
			Vientos locales (brisas)	Marasmo	<b>C</b>

(=): Dipolos neutralizados. Idéntica presión en ambos.

A (Atlánticas); C (Convectivas) y M (Mediterráneas).

Como criterio de método aplicado a la detección de la primera excepción, es decir, para la distinción entre las situaciones atmosféricas con precipitación mediterránea y las vaguadas profundas o bajas frías del golfo de Cádiz propiamente atlánticas, no se ha optado por realizar un transepto secundario por dos cuestiones: En primer lugar, porque éstas no son objeto de estudio prioritario del presente trabajo, y por otro lado, porque los episodios atlánticos de índice WeMO negativo se desglosan de los propiamente mediterráneos mediante la comparación del índice de la Oscilación del Mediterráneo Occidental con el índice NAO. En

este sentido, téngase por regla general que un valor negativo más marcado del segundo frente al primero indica siempre una situación advectiva de origen atlántico formalizada sobre la fachada del poniente peninsular.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Avances obtenidos de la aplicación del WeMOi diario a la tipología de las precipitaciones en Alicante

Antes de entrar en examen detallado de las precipitaciones de tipo convectivo, cuyos resultados alcanzados son entre todos el objeto primero de esta investigación, el encuadre general de los índices y su relación con el catálogo manual de clasificación de la precipitación por causa atmosférica, pone de manifiesto las siguientes pautas de comportamiento (*vid.* Figura 2):

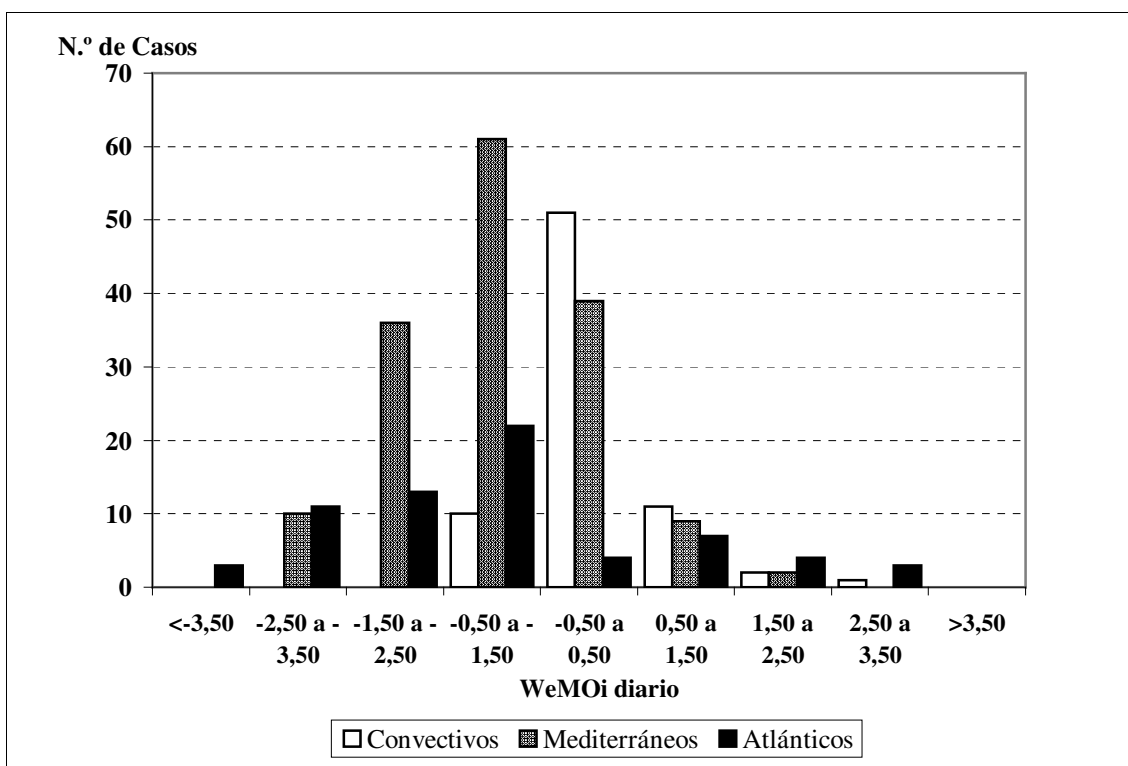


Figura 2: Total de número de casos de precipitación atlántica, convectiva y mediterránea de igual o más de 10 mm para los seis observatorios meteorológicos de la provincia de Alicante durante la década 1991-2000. Agrupados en intervalos de índice diario de WeMO.

##### a) Precipitaciones atlánticas

Dominan cuando el valor del índice de la Oscilación del Mediterráneo Occidental a resolución diaria es superior a 1,50, es decir, positivo, siendo en el resto de los umbrales fijados una situación secundaria frente a las precipitaciones asociadas a influencia convectiva y, sobre todo, mediterránea. No obstante lo anterior, la figura 2 manifiesta la existencia de una importante excepción, ya que completamente en contra de lo normal, el número de sucesos atlánticos se eleva sobremanera con valores de índice negativos, de 22 casos para el intervalo de umbrales entre  $-0,50$  a  $-1,50$  y de 27 para los índices diarios inferiores a  $-1,50$  (*vid.* Epígrafe 3.2, referido a excepciones).

### b) Precipitaciones convectivas

Como adelanto a los resultados presentados en el apartado 3.3, las precipitaciones convectivas encuentran en el intervalo de índice diario de WeMOi comprendido entre  $-0,50$  y  $0,50$  los umbrales óptimos, pues un total de 51 sucesos atmosféricos se han clasificado dentro de esta horquilla de índice utilizada en la figura 2. Trabajando con valores relativos, este dato es si cabe más significativo, ya que agrupa al 68 % de total de episodios convectivos de igual o más de 10 mm para los seis observatorios alicantinos seleccionados.

### c) Precipitaciones mediterráneas

Por último, las precipitaciones de origen mediterráneo ofrecen una filiación plenamente hacia índices diarios de variabilidad de baja frecuencia negativos, como demuestran los 61 y 36 eventos meteorológicos incluidos en los intervalos de  $-0,50$  a  $-1,50$  y de  $-1,50$  a  $-2,50$ , respectivamente, dominando completamente en ambos frente a las otras dos situaciones. Aunque no de un modo tan sobresaliente como ocurre para las situaciones atlánticas, en las precipitaciones mediterráneas también existe una clara excepción, que recae en la horquilla de índice diario de WeMOi indefinida (entre  $-0,50$  y  $0,50$ ), pues en contra de la regla planteada como general aquí se concentran hasta 39 sucesos de tipo mediterráneo (vid. Epígrafe 3.2, referido a excepciones).

## 3.2. Análisis de excepciones del WeMOi diario

Con el propósito de calibrar con mayor precisión una definición del rango de índices diarios de variabilidad de baja frecuencia del Mediterráneo Occidental a la clasificación tipológica de la precipitación, se hace cuestión obligada el tratar, de forma sucinta, el análisis de excepciones (vid. Figura 3).

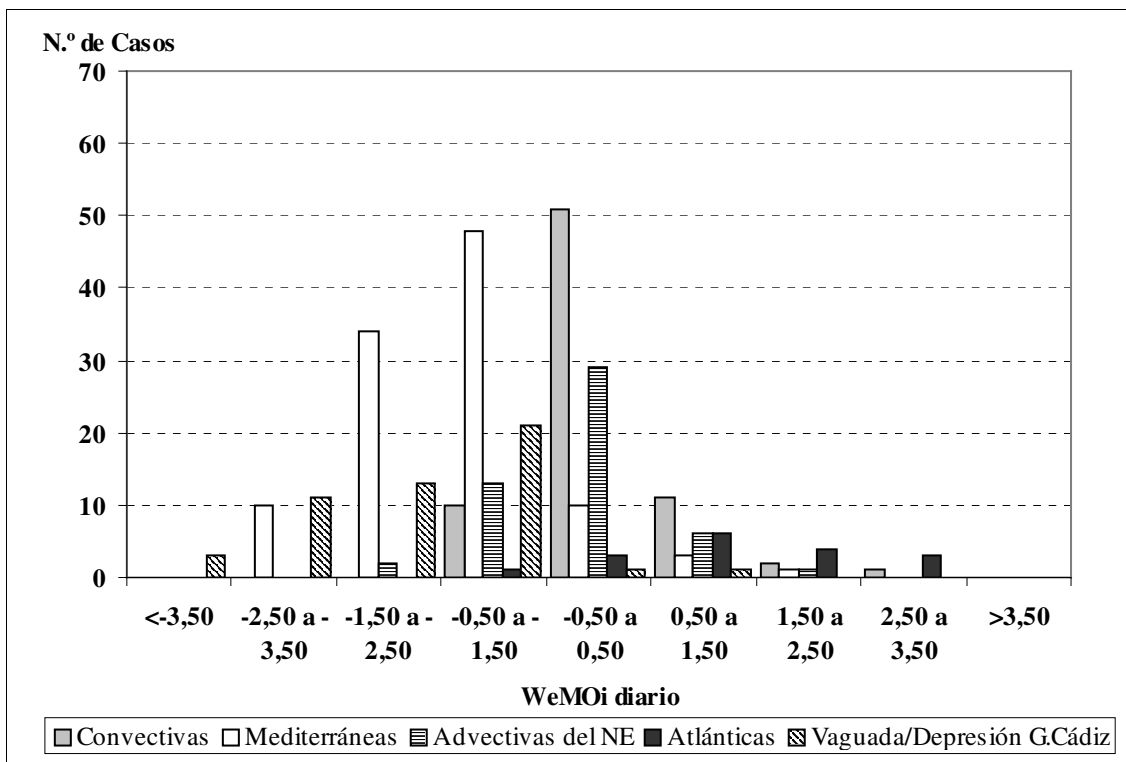


Figura 3: Total de número de casos de precipitación atlántica, convectiva y mediterránea de igual o más de 10 mm para los seis observatorios meteorológicos de la provincia de Alicante durante la década 1991-2000. Agrupados en intervalos del índice diario de WeMO. Se contemplan las excepciones del NE y del Golfo de Cádiz para cada horquilla de valores.

a) *Episodios de precipitación mediterránea asociados a advecciones del NE*

Esta primera excepción corresponde a las situaciones advectivas del NE, con episodios atmosféricos que acarrear precipitación de origen mediterráneo pero que, en cambio, presentan índices nulos o indefinidos, agrupándose indiferentemente en el intervalo de índice diario de dominio de los sucesos convectivos. La metodología empleada, fundamentada en el cálculo del gradiente bórico existente entre Burdeos y Murcia, permite realizar una clasificación más ajustada, diferenciando los sucesos convectivos de los propiamente mediterráneos del NE, al detectarse en estos últimos un diferencial barométrico notable entre ambos puntos de observación seleccionados para su cálculo (*vid.* Figura 4). Otra posible distinción entre ambas situaciones recae en poner atención a la fecha del episodio, pues el calendario de ocurrencia difiere entre las situaciones convectivas, propias de la época cálida del año, y las del NE, que difícilmente aparecen en ésta (*vid.* Figura 5).

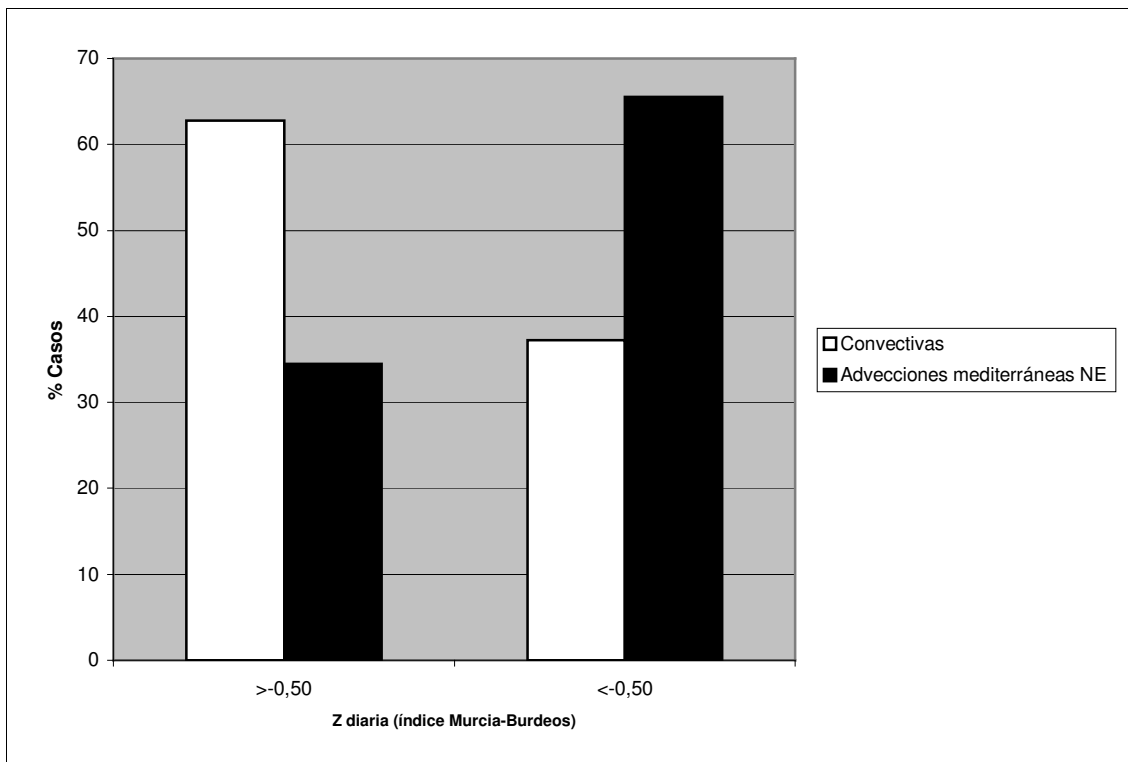


Figura 4: Porcentaje de casos convectivos y mediterráneos (advección del NE) agrupados en el intervalo (-0,50 a 0,50) del índice diario Murcia-Burdeos. El mayor gradiente barométrico asociado a las situaciones mediterráneas del NE dispara el porcentaje de casos de éstas con valores negativos, mientras las convectivas se agrupan mayoritariamente sobre índices indefinidos o neutros.

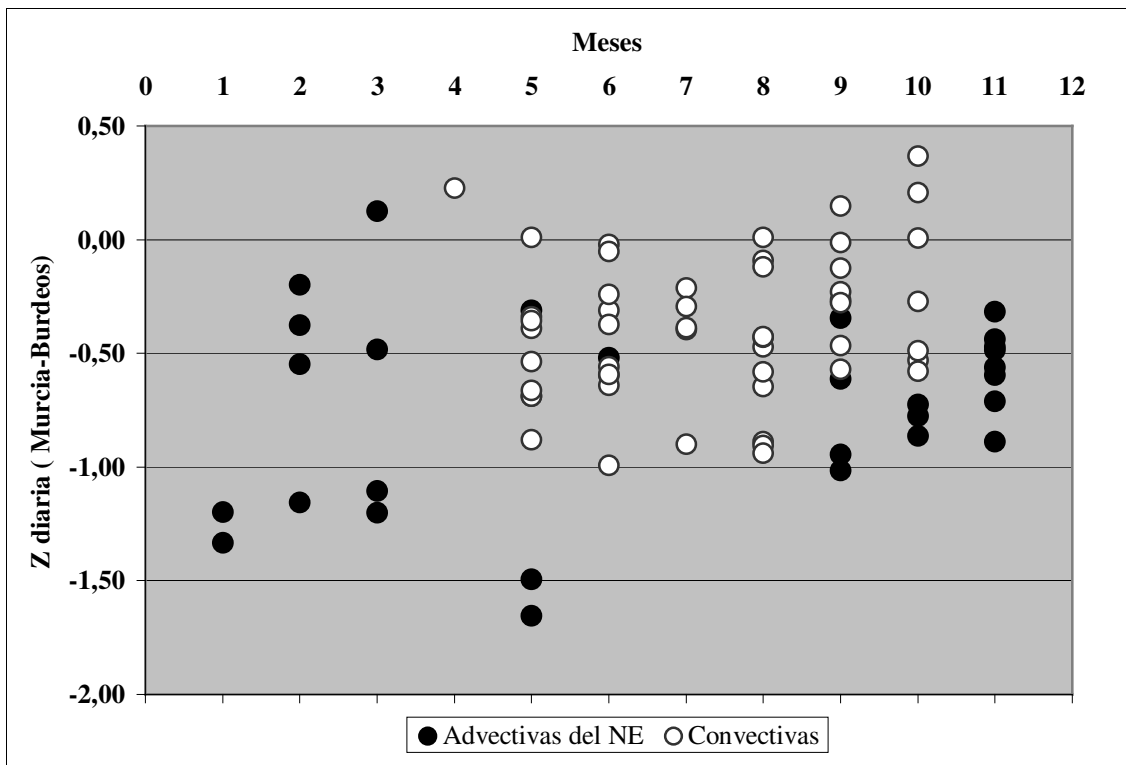


Figura 5: Total mensual de casos convectivos y mediterráneos para el intervalo (-0,50 a 0,50) del índice diario Murcia-Burdeos. Se vislumbra claramente la estacionalidad entre los sucesos convectivos, de adscripción a los meses cálidos del año, y las situaciones mediterráneas del NE, típicas de los meses fríos y períodos equinocciales.

En consecuencia, el índice diario del WeMO para las situaciones del NE ofrece valores generalmente neutros, cuestión que se explica por la disposición del entramado isobárico en estos sucesos, pues se produce una perfecta conexión bajo una misma isobara o un par de ellas entre los dos polos, Cádiz-San Fernando y Padua, resultando, por ende, nulo el valor del índice. Así pues, con objeto de evaluar mejor las situaciones convectivas, es de notar que de los 39 episodios mediterráneos agrupados entre valores de índice de  $-0,50$  y  $0,50$ , 29 de ellos corresponden a situaciones del NE. Este dato es ciertamente significativo, puesto que se enmascara completamente una situación puramente advectiva de origen mediterráneo dentro de un intervalo de índice que, como se justificará en el siguiente epígrafe, es potencialmente receptor de situaciones convectivas, al agrupar escenarios de ínfimo gradiente barométrico.

*b) Episodios de precipitación atlántica vinculados con vaguadas y depresiones frías sobre el Golfo de Cádiz*

Se debe advertir, además, que existe una segunda excepción a la regla planteada (*vid.* Tabla 2), puesto que no siempre el índice de la Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO) engloba las situaciones con precipitación atlántica bajo valores diarios de signo positivo, contemplándose la anomalía de agrupar episodios de clara influencia atlántica entorno a fases negativas del índice. Una inversión de los campos de presión sobre el patrón de variabilidad de baja frecuencia que conecta Cádiz-San Fernando con Padua, no típica en una situación atlántica acompañada normalmente por vientos del NO e índice positivo, es responsable de este comportamiento anómalo de la estructura bipolar de la WeMO.

Generalmente, el percutor atmosférico de esta anomalía de signo negativo se vincula plenamente al carácter de los flujos aéreos en altitud y la configuración de ondas de Rossby opuestas entre ambos polos barométricos considerados (Cádiz-San Fernando y Padua). En efecto, el marco sinóptico se define por la instalación de una onda fría sobre el Atlántico Oriental, abrazando al oeste de la península Ibérica (o la formación de una depresión superficial sobre el Golfo de Cádiz), y la penetración de una onda cálida sobre la cuenca del Mediterráneo Central enfilándose de S a N sobre las tierras norteñas de la península Itálica (o estructura de altas presiones sobre Centroeuropa). La perturbación atlántica viaja velozmente sobre el sur peninsular y fuerza a virar por un momento los vientos a componente general E sobre la fachada levantina, lo que no resta de influencia propiamente atlántica en origen a la precipitación.

De este modo, los casos anómalos de precipitación atlántica con índice diario negativo que aparecían recogidos en la figura 2 pasan a ser en la figura 3 excepciones vinculadas a vaguadas con eje al oeste de la península o depresiones frías sobre el Golfo de Cádiz. No obstante, el mayor número de advecciones atlánticas de signo negativo no significa, del ningún modo, que sean más frecuentes que las de signo positivo, puesto que éstas últimas difícilmente superan el umbral de precipitación preestablecido en este estudio, de igual o mayor a 10 mm.

Por otra parte, el análisis pormenorizado de las advecciones atlánticas de signo negativo desvela un hecho sinóptico asociado a las mismas: Los índices de WeMO menos negativos para las situaciones atlánticas se corresponden, normalmente, a vaguadas profundas situadas con eje al O de la península Ibérica o Atlántico Oriental, mientras los índices negativos más extremos de WeMO con precipitación atlántica, coincidentes con los extremos negativos absolutos, se vinculan a procesos ciclogénéticos que desembocan en la formación de borrascas superficiales sobre el S peninsular y que, aunque no siempre, pueden mediterraneanizarse en estadios evolutivos. Para estas últimas situaciones y manejando la resolución diaria, el índice NAO resulta más negativo que el índice WeMO, cuestión que se cumple siempre y cuando sobre el marco sinóptico del Atlántico norte no se haya formalizado una borrasca profunda sobre Islandia

Tabla 2: Síntesis general de los índices diarios de WeMO y excepciones consideradas de la aplicación de éste a la clasificación tipológica de la precipitación en la provincia de Alicante (complemento de la Tabla 1).

Tipología de precipitación	WeMOi diario	Excepciones Marco sinóptico general
Atlánticas	<i>Índice positivo</i> Dominio a partir de > 1,50	- <i>Índice negativo</i> : Se presenta cuando se produce una inversión del dipolo Cádiz-San Fernando (vaguada profunda o depresión) y Padua (altas presiones).

<b>Convectivas</b>	<i>Índice neutro o indefinido</i> Dominio del intervalo comprendido entre 0,50 y - 0,50	<p>- <i>Índice positivo</i>: Provocado por la instalación de dorsales-crestas de aire Tropical o cuñas anticiclónicas sobre el suroeste de la península Ibérica, y ondas frías de aire Ártico y Polar sobre centroeuropa, afectando al N de Italia.</p> <p>- <i>Índice negativo</i>: Forzado por la presencia de bajas presiones relativas o tálweg térmico gobernando la escena sinóptica del norte de África y sur ibérico, y altas de bloqueo o puentes anticiclónicos sobre Europa del Norte, Occidental y Central. También se contemplan las situaciones de onda fría sobre la península y dorsal sobre el Mediterráneo, abrazando al N de Italia.</p>
<b>Mediterráneas</b>	<i>Índice negativo</i> Dominio a partir de < - 0,5	<p>- <i>Índice neutro</i>: Situaciones advectivas del NE (idéntica isobara conecta Cádiz-San Fernando con Padua).</p> <p>- <i>Índice positivo</i>: Dorsal sobre el Atlántico Oriental, con altas presiones abrazando el SO peninsular y vaguada sobre Europa y el Mediterráneo Central (se incluyen también aquellas que experimentan retrogresión y afectan al Levante español).</p>

### 3.3. Definición del WeMOi diario neutro y su relación con las precipitaciones convectivas en el sureste ibérico

La aplicación del índice de la Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO) a resolución diaria sobre los casos de precipitación clasificados como convectivos, es ciertamente revelador de la importancia de la neutralización de las fases positivas y negativas del dipolo barométrico en el desarrollo de condiciones superficiales proclives al desarrollo de chubascos tormentosos. Esto es, sin lugar a duda, el resultado más importante del presente estudio, ya que existe una elevada correlación entre los episodios convectivos y los índices indefinidos o fases neutras de la WeMO, teniendo como punto de partida el valor 0.

En este sentido, es de notar que las situaciones de carácter advectivo, independientemente del signo positivo o negativo de las mismas, comportan una inhibición del factor térmico como potenciador del diferencial bórico superficial a escala local y, por ende, del papel de la termoconvección. En cambio, cuando esto no ocurre y la escena sinóptica que conecta Cádiz-San Fernando con Padua se envuelve bajo un pantano barométrico, las pautas atmosféricas se invierten, puesto que la indefinición en los campos isobáricos superficiales repercute notablemente en un reforzamiento del factor térmico y, en paralelo, de la convección térmica y de las circulaciones de viento locales (circuitos de brisas marinas, de valle y ladera).

Indiscutiblemente, sobre los resultados obtenidos se vislumbra una correspondencia muy ajustada entre los episodios con precipitación convectiva y los índices diarios de WeMO próximos al valor 0, es decir, indefinidos o neutros. Esto se comprueba de nuevo al agrupar los casos en intervalos del índice, de tal modo que el segmento de umbrales central destaca sobre el resto, mientras hacia los extremos positivos y negativos del índice los sucesos agrupados son completamente nulos o escasamente representativos frente al resto.

Así pues, la figura 6 recoge perfectamente esta idea, ya que 24 casos de precipitación convectiva se ajustan al valor central, comprendido entre los umbrales de 0,25 a - 0,25. A ambos lados de éste, dos picos máximos se elevan flanqueándolo, agrupando 22 casos el segmento de índice de - 0,25 a - 0,75 y, algo menos, 16 casos, la horquilla de fase positiva entre 0,25 y 0,75. La división en otros umbrales acoge el resto de casos, muy poco significativos, aunque existe un leve reforzamiento de las situaciones convectivas con índice positivo, incluso con valores de índice de WeMO superiores a 1.

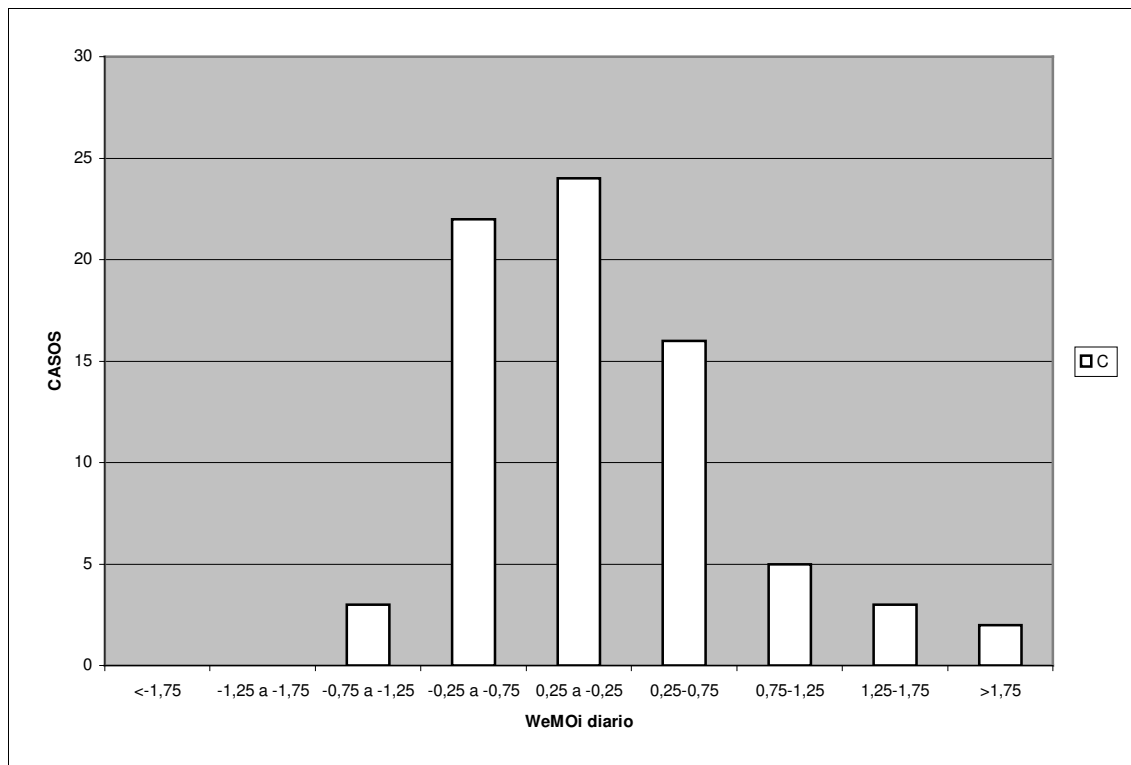


Figura 6: Total de número de casos de precipitación convectiva de igual o más de 10 mm para los seis observatorios meteorológicos de la provincia de Alicante durante la década 1991-2000. Agrupados en intervalos de índice diario de WeMO. Nótese la importancia de los valores de índice centrales, neutros, en la concentración de sucesos de precipitación convectiva.

Esto último ocurre, muy a menudo, cuando las ondas atmosféricas en niveles superiores disponen bajo una situación mixta dorsal-vaguada campos de alta presión sobre el SO de la península Ibérica y escenarios de bajas relativas o, principalmente marasmos, sobre el Levante español y cuenca mediterránea. Se genera, bajo este mecanismo, un dipolo entre la dorsal anticiclónica de aire Tm dispuesta sobre el Atlántico Oriental (afectando en forma de cuña el centro de altas presiones de Azores el SO peninsular) y el pantano barométrico o bajas presiones (con onda fría de aire Am o Pm en altitud) que envuelve a todas las tierras ribereñas del Mediterráneo, incluidas las del norte de Italia. Esta situación, que refuerza ligeramente el índice a valores positivos, es potencialmente proclive al disparo de núcleos convectivos en las tierras surestinas peninsulares.

Por otro lado, cuando ocurren episodios de lluvias convectivas con índices negativos, éstos se asocian generalmente a la instalación de un talweg térmico, enfilado de S a N sobre la península Ibérica. En superficie, las bajas presiones relativas gobiernan todo el sur peninsular,

mientras el campo barométrico entorno a Padua presenta una presión mayor (altas de bloqueo sobre Europa del Norte, Occidental y Central).

Independientemente de esto, es decir, que más de un 80 % de los episodios de precipitaciones vinculadas a convección térmica se engloban bajo valores de índice comprendidos entre  $-0,75$  y  $0,75$ , este factor no lo explica todo. Así pues, pese a que las circulaciones mesoescalares de viento tienen un papel sobresaliente en el estallido de situaciones convectivas sobre la cuenca del Mediterráneo, raramente éstas tienen otra causa que la exageración del gradiente térmico estático en la vertical. Dichas situaciones sinópticas, que devienen en chubascos tormentosos, se relacionan principalmente con el juego sinérgico de dos mecanismos atmosféricos:

- 1) Escenario sinóptico de indefinición bárica en superficie, situándose el dipolo Cádiz-San Fernando y Padua entorno a una situación de marasmo o pantano barométrico que abarca todo el Levante peninsular y cuenca del Mediterráneo Occidental.
- 2) Transgresión de isohipsas e isotermas en forma de vaguada hacia latitudes ibéricas, generalmente a través de ondas cortas (polares), de gran longitud y escasa amplitud.

Además, el cálculo de este índice puede servir de predictor de las condiciones en superficie, ya que valores neutros indican indudablemente condiciones de calma atmosférica superficial y, por consiguiente, escenarios proclives al juego de circulaciones locales de viento. No obstante y como ha sido denunciado (MARTÍN VIDE, 2002) los registros de presión atmosférica en superficie no son nada justificativos de los aguaceros extraordinariamente intensos con origen convectivo que afectan cíclicamente a tierras alicantinas. Son los mecanismos operados en niveles medios y altos de la columna troposférica los que refuerzan finalmente la inestabilidad y dan lugar a las precipitaciones, siendo ambos complemento del otro.

#### **4. CONCLUSIONES**

El análisis de los resultados obtenidos tras aplicar un índice de la Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO) a resolución temporal diaria, como diferencia de las presiones estandarizadas entre Cádiz-San Fernando y Padua, a las precipitaciones de igual o más de 10 mm para 6 observatorios meteorológicos de la provincia de Alicante durante la década 1991-2000, pone de relieve la existencia de una correlación ciertamente significativa entre ellos.

En efecto, la clasificación manual de la precipitación teniendo como base la causa atmosférica que la ha originado –atlántica, convectiva y mediterránea– se ajusta muy bien a los valores de índice calculados, por cuanto, aunque no exenta de excepciones, se cumple la regla general de que índices positivos se corresponden a situaciones atlánticas y negativos a mediterráneas.

Aun siendo una hipótesis a validar en estudios futuros, los resultados más importantes de este artículo confirman que más de un 80 % de los episodios clasificados con precipitación convectiva se ajustan a umbrales de índice de WeMO próximos a 0. Estos valores son indicativos de la presencia de campos isobáricos superficiales indefinidos, situaciones de marasmo que ayudan a intensificar sobremanera los procesos de convección térmica, a animar las circulaciones de vientos locales (brisas) y, dependiendo de las condiciones que gobiernan en altitud, si son éstas de inestabilidad, a desarrollar episodios con precipitación convectiva.

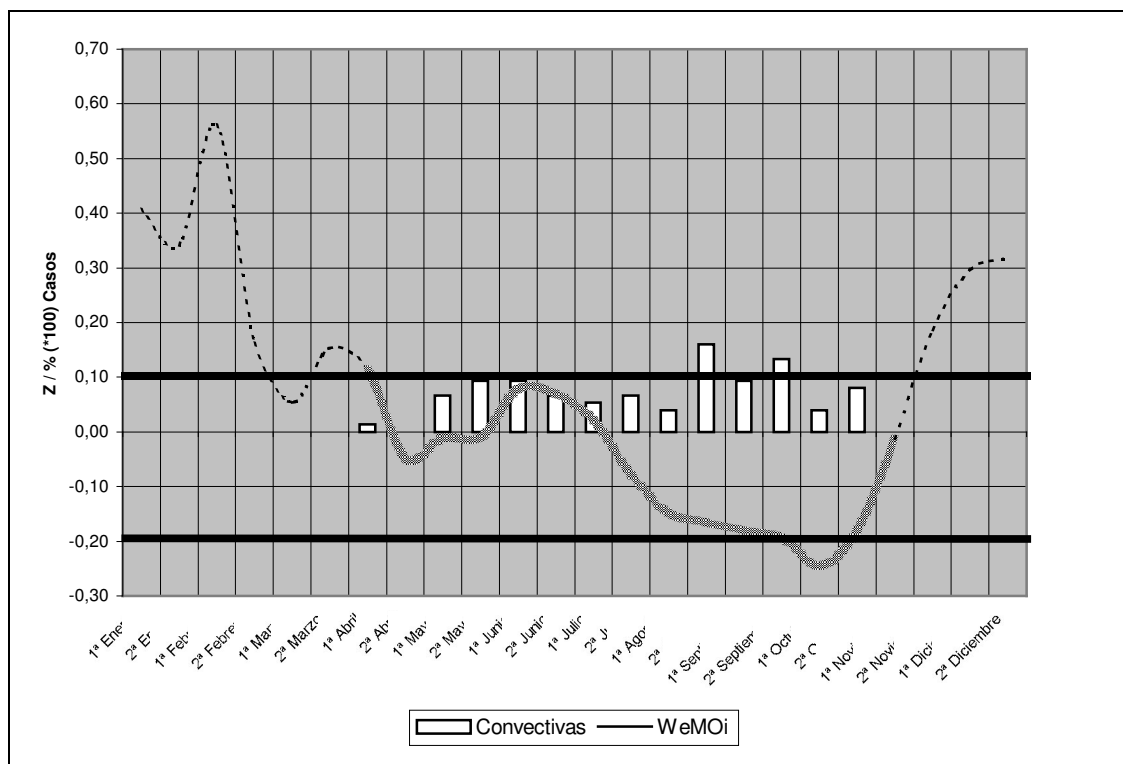


Figura 7: Variación intranual de los valores del índice diario WeMO promediados cada quince días para el período 1941-2000 y porcentaje de casos convectivos para cada quincena (calculados con respecto al total de sucesos de igual o mayor a 10 mm durante la década 1991-2000. Valores sin multiplicar por cien). El intervalo de índice comprendido entre 0,10 y - 0,20 representa la horquilla óptima para el desarrollo de sucesos convectivos.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Javier Martín Vide, el trabajo desinteresado de revisión de los resultados presentados en esta comunicación, y al INM (Instituto Nacional de Meteorología), por los datos de precipitación suministrados. Además, los investigadores disfrutaron de la beca predoctoral FPU del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, que desarrollan en el marco de las actividades del Parc Científic de la Universitat de Barcelona y del Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante. Asimismo, el presente trabajo se ha realizado en el marco del proyecto REN2001-2865-C02-01/CLI (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y del grupo consolidado 2001SGR-00040 (Generalitat de Catalunya).

## 6. REFERENCIAS

AZORÍN MOLINA, C. (2002): «La formación de frentes de brisa en la comarca alicantina del Alto Vinalopó. El episodio atmosférico de 27 de abril de 2001», en *Investigaciones Geográficas*, n.º 29, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, Alicante, pp. 109-130.

AZORÍN MOLINA, C. y LÓPEZ BUSTINS, J.A. (2004): «Catálogo sinóptico manual y causas atmosféricas de la precipitación en la provincia de Alicante», en *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, n.º 38, en prensa.

BARRIENDOS, M., MARTÍN VIDE, J., PEÑA, J.C. y RODRÍGUEZ, R. (2002): «Daily Meteorological Observations in Cádiz-San Fernando. Analysis of the Documentary Sources and the Instrumental Data Content (1786-1996)», en *Climatic Change*, n.º 53 (1-3), pp. 151-170.

CAMUFFO, D. y JONES, P. (2002): «Improved Understanding of Past Climatic Variability from Early Daily European Instrumental Sources», en *Climatic Change*, n.º 53 (1-3), pp. 1-4.

ESTRELA, M.<sup>a</sup> J., MILLÁN MILLÁN, PEÑARROCHA, D. y PASTOR, F. (2002): *De la Gota Fría al Frente de Retroceso*, Colección Interciencias, Edit. Centro Francisco Tomás y Valiente, UNED, CEAM, Alzira (Valencia), 260 pp.

ESTEBAN, P., SOLER, X., PROHOM, M. y PLANCHON, O. (2002): «La distribución de la precipitación a través del índice NAO. El efecto del relieve a escala local: el Pirineo Oriental», en Guijarro, Grimalt, Laita y Alonso, *El Agua y el Clima*, publicaciones de la AEC, serie A, n.º 3, Mallorca, pp. 25-34.

MAHERAS, P. XOPLAKI, E., DAVIES, T., MARTÍN-VIDE, J., BARRIENDOS, M. y ALCOFORADO, M. J. (1999): «Warm and cold monthly anomalies across the Mediterranean basin and their relationship with circulation; 1860-1990», en *Int. J. Climatol.*, 19, pp. 1697-1715.

MARTÍN VIDE, J. y FERNÁNDEZ, D. (2001): «El índice NAO y la precipitación mensual en la España peninsular», en *Investigaciones Geográficas*, n.º 26, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, Alicante, pp. 41-58.

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*, publicaciones de la AEC, serie A, n.º 3, Mallorca, pp. 35-42.

MARTÍN VIDE, J. (2003): *El tiempo y el clima*, Editorial Rubes, Barcelona, 127 pp.