

VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN EN EL SUR DE CATALUÑA Y SU RELACIÓN CON LA OSCILACIÓN DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL (WEMO)

Marc LEMUS CÁNOVAS¹, Joan Albert LÓPEZ-BUSTINS^{1,2}

¹Facultat de Geografia i Història, Universitat de Barcelona.

²Grup de Climatologia, Departament de Geografia, Universitat de Barcelona.
marc_lemus@hotmail.com, jlopezbustins@ub.edu

RESUMEN

El sur de Cataluña es un área caracterizada por una pluviometría de elevada irregularidad temporal, lo que conlleva diferentes riesgos naturales como inundaciones, desprendimientos, etc. El presente estudio pretende definir el comportamiento de la precipitación en esta región de Cataluña a distintas escalas temporales durante el periodo de estudio (1951-2014) mediante el uso de índices pluviométricos (CV, S_1 y CI), que permitan una mayor eficacia en la gestión del territorio así como una mejor conservación de los recursos naturales. Además, dicho estudio evalúa el grado de influencia del patrón de teleconexión de la Oscilación del Mediterráneo Occidental (WeMO) para distinguir aquellos periodos en que la circulación atmosférica favorece precipitaciones de carácter torrencial e irregular. Los resultados obtenidos a partir del análisis de las series de precipitación de 20 observatorios distribuidos por el área de estudio muestran una disminución de la variabilidad pluviométrica en el subperiodo más reciente (1983-2014) respecto al anterior (1951-1982) a resolución anual. Por lo que respecta al análisis estacional, las zonas con una mayor correlación negativa entre la WeMO y la precipitación son aquellas en que los índices pluviométricos representan valores más elevados. En general, la WeMO está bien sincronizada durante las estaciones de otoño e invierno con los índices pluviométricos. En cambio, en la primavera y el verano, los valores de la WeMO influyen débilmente los mencionados índices. Es, precisamente, a resolución estacional donde la WeMO aporta una mayor información; los índices expresan una tendencia al aumento de la variabilidad pluviométrica en invierno, coincidente con un incremento de la influencia de la WeMO, y una disminución de esta variabilidad en otoño, relacionada con un debilitamiento de las correlaciones de la WeMO con la precipitación de esta estación.

Palabras clave: Índices Pluviométricos, Irregularidad Temporal, Variabilidad Pluviométrica, WeMO.

ABSTRACT

Southern Catalonia is an area characterized by high temporal irregularity of rainfall, and this fact gives rise to different natural hazards such as floods, landslides, etc. The present study aims to define the behavior of precipitation in this region of Catalonia at different time scales during the study period (1951-2014) by means of precipitation indices (CV, S_1 and CI), which enable more effective land management and

better conservation of natural resources. Furthermore, our paper assesses the degree of influence of the teleconnection pattern known as the Western Mediterranean Oscillation (WeMO) in order to distinguish periods in which atmospheric circulation involves torrential and irregular rainfall. The results obtained from the analysis of precipitation series of 20 observatories distributed throughout the study area show a reduction of rainfall variability in the latest subperiod (1983-2014) in relation to the previous one (1951-1982) in annual resolution. With regard to seasonal analysis, areas exhibiting a higher negative correlation between the WeMO and precipitation are those in which the precipitation indices present high values. In general, the WeMO is well synchronized with the precipitation indices during the autumn and winter seasons; however, in both spring and summer, WeMO values have a weak influence on these indices. Precisely, WeMO seasonal resolution provides abundant information; the indices express a trend towards increasing rainfall variability in winter, coinciding with an increase in the influence of the WeMO, and a decrease in this variability in autumn, related to a weakening of the WeMO correlations with precipitation in this season.

Key words: Precipitation Indices, Temporal Irregularity, Rainfall Variability, WeMO.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más estudiados actualmente en los trabajos sobre Climatología de la cuenca mediterránea es el que se refiere a la variabilidad pluviométrica centrada en el actual proceso de cambio climático, sobre todo, por su incierta evolución. En este sentido, el sur de Cataluña es un área con una notable frecuencia de episodios torrenciales, principalmente, debido a su situación de transición entre el clima marítimo templado de la fachada atlántica, al norte, y el clima semidesértico y subtropical, al sur, así como el papel que ejerce el Mar Mediterráneo en la dinámica atmosférica de este territorio (Martín-Vide *et al.*, 2010).

El interés por el estudio de la variabilidad pluviométrica ha ido creciendo en los últimos años, sobre todo, a partir del auge del cambio climático. Inicialmente, los estudios se centraron en determinar cómo se caracterizaba la precipitación en un periodo temporal determinado en base a unos estadísticos básicos (Albentosa, 1970). A partir de la década de los 80, empezaron a proliferar numerosos estudios (Martín-Vide, 1986; Burgueño, 1991; Burgueño, 1993) que incluyeron nuevos índices (*Precipitation Concentration Index*, PCI, e índice de disparidad consecutiva, S_1) para caracterizar la variabilidad pluviométrica a una escala mensual y anual (Oliver, 1980; Martín-Vide, 1986). Durante las dos últimas décadas, también se ha desarrollado el análisis diario de la precipitación; ejemplo de ello es la propuesta de Martín-Vide (2004) en la formulación de un índice de concentración (CI).

No meramente los índices pluviométricos han servido para caracterizar la pluviometría, también los índices de teleconexión nos permiten establecer correlaciones con las precipitaciones, indicando así, qué tipos de flujos o circulaciones favorecen la aparición de la precipitación. Asimismo, el desarrollo de un índice de teleconexión para el Mediterráneo Occidental, conocido como la Oscilación del Mediterráneo Occidental (*Western Mediterranean Oscillation*, WeMO) (Martín-Vide, 2002; Martín-Vide y López Bustins, 2006), supuso la posibilidad de determinar el comportamiento pluviométrico de la fachada oriental de la Península Ibérica. La precipitación de esta

franja mediterránea se halla débilmente influenciada por el patrón de teleconexión del Atlántico Norte (*North Atlantic Oscillation*, NAO).

De este modo, el objetivo principal de este trabajo es definir el comportamiento de la precipitación en el sur de Cataluña a distintas escalas temporales durante el periodo de estudio (1951-2014), mediante el uso de índices pluviométricos y el patrón de teleconexión WeMO.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde a la provincia de Tarragona, la cual comprende las tierras del sur de Cataluña. Los datos mensuales de precipitación empleados en los 20 observatorios repartidos por el área de estudio provienen de dos organismos oficiales, el SMC (*Servei Meteorològic de Catalunya*) y la AEMET (*Agencia Estatal de Meteorología*), y del Grupo del Cambio Climático de la Universidad Rovira i Virgili (C3). En el caso de los datos diarios de precipitación (16 observatorios) han sido extraídos del SMC así como del proyecto ECA&D (*European Climate Assessment & Dataset*) (Fig. 1)

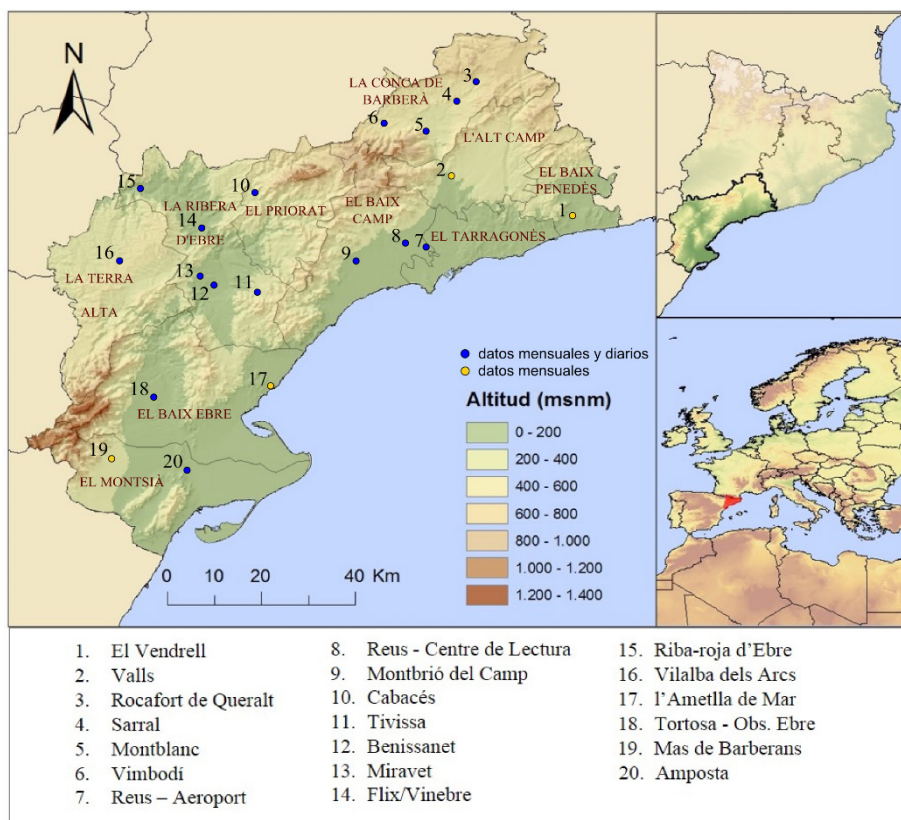


Fig. 1: Red de estaciones meteorológicas empleada en el estudio por comarcas tarraconenses. Se distinguen los observatorios con datos mensuales y con datos mensuales y diarios de precipitación.

En el presente estudio se calculan tres índices pluviométricos: el coeficiente de variación (CV), el índice de disparidad consecutiva (S_1) y el índice de concentración diaria (CI). El CV evalúa la variabilidad a partir del cociente entre la desviación tipo y la media. El S_1 también calcula dicha variabilidad pero teniendo en cuenta el orden temporal de la precipitación, es decir, en cuanto más alternados estén los años lluviosos y secos más alto será su valor, y viceversa. Por último, el CI se basa en cuantificar el peso que tienen aquellos días con un mayor volumen de precipitación en el total pluviométrico anual. Para este estudio, se calculan el CV y el S_1 estacionalmente, y el CI anualmente.

Los valores del índice de la WeMO (WeMOi) se calculan a partir de la diferencia de los valores estandarizados de presión atmosférica entre los observatorios de Padua (norte de Italia) y San Fernando (suroeste de España). Los valores del WeMOi usados en este trabajo provienen del Grupo de Climatología de la Universidad de Barcelona. Para el estudio de la influencia de la WeMO, se ha empleado el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar el grado de dependencia entre la precipitación anual y estacional de cada observatorio y los valores del WeMOi.

Los valores de estos índices pluviométricos, junto con la influencia del patrón de teleconexión de la WeMO, permiten definir el carácter pluviométrico de la región. Los resultados se presentan anualmente y por estaciones, para el periodo de estudio 1951-2014, y los subperiodos 1951-1982 y 1983-2014. La representación de la distribución espacial de los resultados se ha llevado a cabo mediante el método geostatístico de interpolación Kriging, disponible en el software ArcGIS 10.2.

3. RESULTADOS

3.1. Anual

Los valores obtenidos para el área de estudio denotan una variabilidad típicamente mediterránea con unos CV claramente por encima del 20%, umbral que simboliza el cambio entre la pluviometría mediterránea y la atlántica (Martín-Vide, 2003). Los valores más elevados del CV se encuentran en la mitad sur y en el litoral, que oscilan entre 30 y 35%. Estos coeficientes tan elevados se explican por la elevada susceptibilidad a recibir episodios de precipitaciones intensas cuando el flujo de aire marino incide en la compleja fisiografía de la mitad meridional del territorio de estudio.

Respecto a la evolución entre subperiodos del CV, la variabilidad ha disminuido considerablemente en la mitad sur, pasando de valores muy altos (entre 35 y 40 %) a una homogeneidad de valores moderados (entre 20 y 25%). En cambio, el CV apenas sufre cambio alguno en el norte, donde en ambos periodos posee valores entre 20 y 25%.

Un patrón casi idéntico al que presenta el CV es el que muestra el S_1 . De nuevo, los valores más elevados del periodo entero se distribuyen por el sur y el litoral, entre 0,35 y 0,4, que por la orientación y la orografía, es un área susceptible a registrar episodios torrenciales (López-Bustins, 2007). En cambio, a medida que vamos incrementando de latitud, la orientación de los relieves y el contorno costero varía, y el S_1 disminuye considerablemente. La variación entre subperiodos se produce bajo la misma dinámica que en el caso del CV, es decir, una disminución notable del índice en el segundo subperiodo.

El CI tiene un valor medio de 0,63 para el periodo completo en el caso del sur de Cataluña. La precipitación más concentrada cae en las áreas litorales y en el extremo

sur, con unos valores que alcanzan los 0,69 en el Observatori de l'Ebre en Tortosa (el Baix Ebre). En este observatorio, el 79% de los días del año acumulan el 25% de la precipitación. El 75% restante de la precipitación cae en tan sólo el 21% de días restantes, lo que manifiesta una elevada concentración de la precipitación en este observatorio, con los consecuentes procesos erosivos sobre el suelo (Olcina-Cantos, 2013).

En cuanto a la evolución de este índice, a partir del análisis de los dos subperiodos, podemos distinguir un aumento en la mitad noreste y extremo noroeste, y un descenso en el extremo meridional así como en la costa sur y penetrando en el interior.

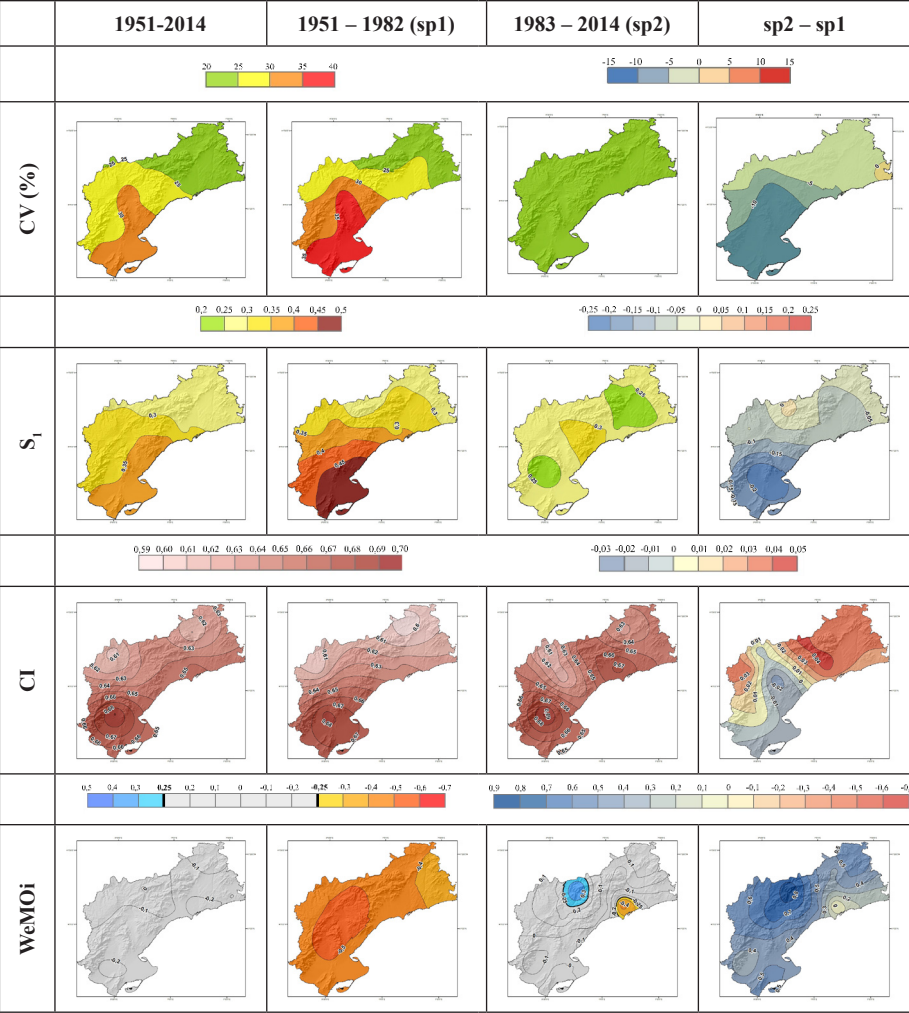


Fig. 2: Clúster de mapas compuesto por los índices pluviométricos CV (coeficiente de variación), S₁ (índice de disparidad consecutiva) y CI (índice de concentración), así como las correlaciones resultantes entre la precipitación y el WeMOi en el sur de Cataluña, anualmente y para los periodos 1951-2014, y los subperiodos 1951-1982 (sp1) y 1983-2014 (sp2). La última columna representa las diferencias netas entre ambos subperiodos (sp2-sp1).

El análisis anual de las correlaciones entre la precipitación y el WeMOi señala una elevada sincronización con los índices pluviométricos. Aunque para todo el periodo entero no existe una correlación significativa del índice, en el primer subperiodo (1951-1981), hay una correlación negativa y estadísticamente significativa entre los totales anuales y el WeMOi. En el segundo subperiodo esta correlación estadísticamente significativa desaparece prácticamente, por lo que se podría deducir una disminución de la precipitación de origen mediterráneo. Este hecho es muy significativo, ya que el descenso de la correlación del WeMOi está vinculado directamente con el descenso de la variabilidad mostrado en los diversos índices, excepto el CI, el cual sufre un descenso más discreto e irregular. Aunque se trate del análisis de sólo dos subperiodos, parece que la WeMO en función del grado de correlación que establece con la precipitación, es capaz de identificar a la vez, el grado de variabilidad de la misma.

3.2. Invierno

La estación invernal posee unos valores de variabilidad moderados en cuanto al CV (entre 50 y 65%) y al S_1 (entre 0,6 y 0,9). Debe tenerse en cuenta que a resolución estacional, los valores de los índices son siempre más elevados que anualmente porque una estación comprende un periodo de tiempo más corto (3 meses) que un año (12 meses). La variabilidad parece haber aumentado durante el segundo subperiodo, ya que como muestran los resultados del CV, el aumento en puntos porcentuales es muy destacable en las comarcas interiores, cuantificando un ascenso de 30 puntos en Flix-Vinebre (la Ribera d'Ebre) o 28 puntos en Cabacés (el Priorat). En cambio, en el Delta del Ebro los valores del CV, a pesar de ser ya elevados, no incrementan prácticamente.

Respecto al índice S_1 , éste también aumenta en el segundo subperiodo pero de una manera más pausada y no en todas partes. El ascenso más considerable se produce en el interior, donde el incremento llega a ser de 0,3 puntos, por el contrario, destaca el ligero descenso del índice alrededor del Delta del Ebro.

Los coeficientes de correlación estimados entre la precipitación y el WeMOi tienden a negativizarse en toda el área de estudio durante el segundo subperiodo, con unos valores más ampliamente negativos cuanto más al oeste del área de estudio. En cambio, la variación entre subperiodos muestra que los puntos donde más se ha reforzado la correlación negativa han sido los situados al este y, decrecen gradualmente hacia el oeste.

En general, la WeMO es sensible al aumento de la variabilidad, ya que en el primer subperiodo sólo se correlaciona negativa y significativamente con la precipitación de las áreas que obtienen un mayor valor del CV. En el siguiente subperiodo, el reforzamiento de la correlación con el WeMOi está relacionado con un aumento del CV en todo el territorio. El punto donde menos aumenta la influencia de la WeMO, el Delta del Ebro, es a la vez el punto donde menos aumenta CV. El índice S_1 se presenta muy irregular en todo el territorio y es más difícil encontrar similitudes con la evolución de la correlación del WeMOi.

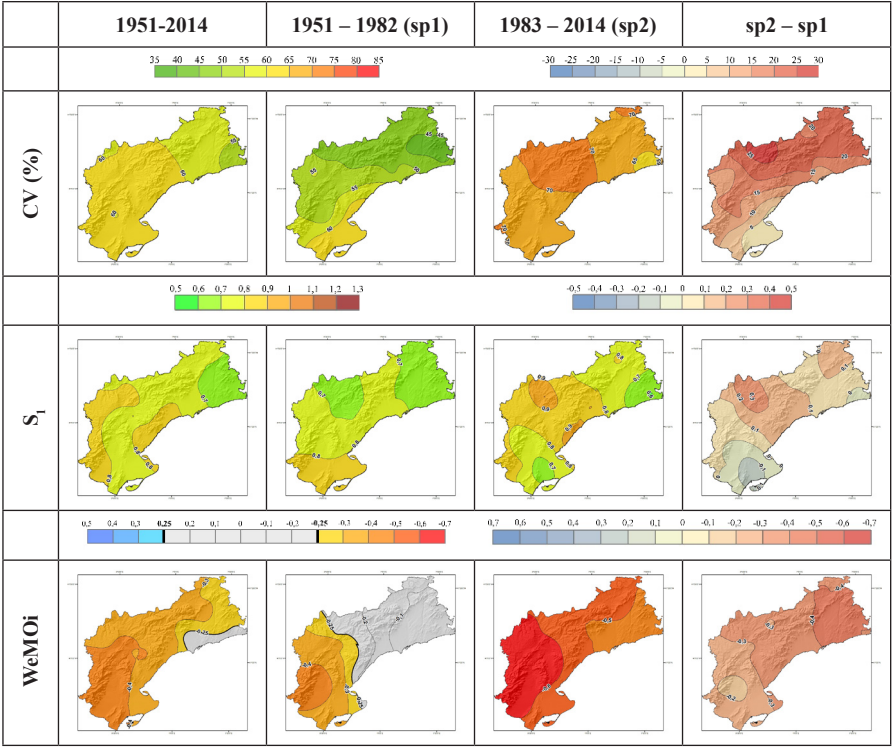


Fig. 3: Ídem que fig. 2, pero para la estación de invierno (enero, febrero y marzo).

3.3. Primavera

Durante esta estación hay una gradación de norte a sur del CV, con valores más moderados en el norte (45-50 %) y más elevados en el sur (65-70 %). De hecho, en Amposta (el Montsià) la primavera es la segunda estación más húmeda (122,1 mm), pero al mismo tiempo es la que posee el CV más alto (76,4%). En este sentido, podemos argumentar que el área costera del extremo sur depende fundamentalmente de situaciones ciclónicas, advectivas del este o sureste para recibir precipitaciones de forma abundante en esta época. La convección que se produce en las zonas interiores no tiene demasiada llegada en áreas litorales debido a la baja temperatura que se encuentra el mar en esta época y que inhibe el flujo vertical. El mismo patrón, prácticamente idéntico, se reproduce para el S_1 . En ambos índices hay un contraste entre el litoral sur y el litoral norte, debido al cambio de orientación del contorno litoral así como la disposición de los relieves, lo que puede explicar esta gradación de los valores de sur a norte por el litoral. La orientación de la costa sur favorece que las situaciones ciclónicas o advectivas marítimas tengan una mayor repercusión que en la costa norte (López-Bustins, 2007).

En cuanto a la WeMO, ésta tiene una mayor influencia en el tercio sur, donde la correlación es estadísticamente significativa para todo el periodo. Precisamente, los valores más altos del CV y S_1 para el periodo entero se encuentran en el área de mayor

influencia de la WeMO. Respecto a la variación entre subperiodos, en el tercio sur la correlación se mantiene estabilizada (negativización inferior a -0,1), lo que denota un área de fuerte variabilidad. En cambio, aparece en el segundo subperiodo una franja con correlaciones negativas y estadísticamente significativas en la parte oriental del área de estudio, pero que tiene poco impacto en los índices pluviométricos. Sólo se detecta un incremento del CV en la costa más oriental por una negativización de la correlación entre la precipitación y el WeMOi. La precipitación del área central no se correlaciona estadísticamente con el WeMOi durante ningún periodo de estudio.

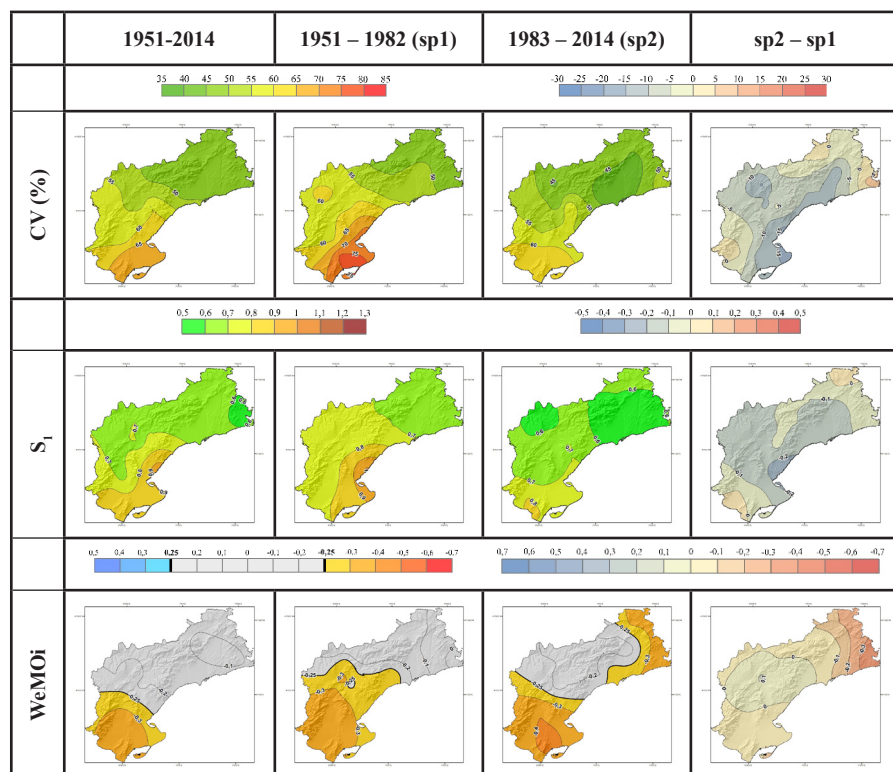


Fig. 4: Ídem que fig. 2, pero para la estación de primavera (marzo, abril y mayo).

3.4. Verano

El CV a escala estacional tiene sus valores más elevados durante el verano al tratarse de la estación seca del año en la mayor parte de la Península Ibérica, pero marcada por el acontecimiento de algunos chubascos convectivos irregulares (Martín-Vide y Olcina-Cantos, 2001).

Los observatorios de Tivissa (la Ribera d'Ebre) y Valls (l'Alt Camp) alcanzan los valores más elevado y bajo, 73,7% y 51,9%, respectivamente, durante el periodo entero. Lo que marca la diferencia entre ambos valores es la precipitación media estival que recoge cada observatorio: 76,7 mm en el caso de Tivissa y 106,3 mm para Valls. Cuanto menor es la precipitación media, los saltos relativos que hay entre los años es mayor.

En el primer subperiodo el núcleo con valores más elevados del CV se encuentra alrededor de la costa del norte del Delta del Ebro. En cambio, para el segundo subperiodo, este núcleo de alta variabilidad se localiza más al norte y al interior, donde aumenta notablemente la variabilidad respecto al primer subperiodo. Por el contrario, esta variabilidad disminuye allí donde era más alta durante el primer subperiodo. Un aumento de la variabilidad de forma más moderada es extensible al resto del territorio, excepto en la costa más oriental donde se mantiene sin cambios.

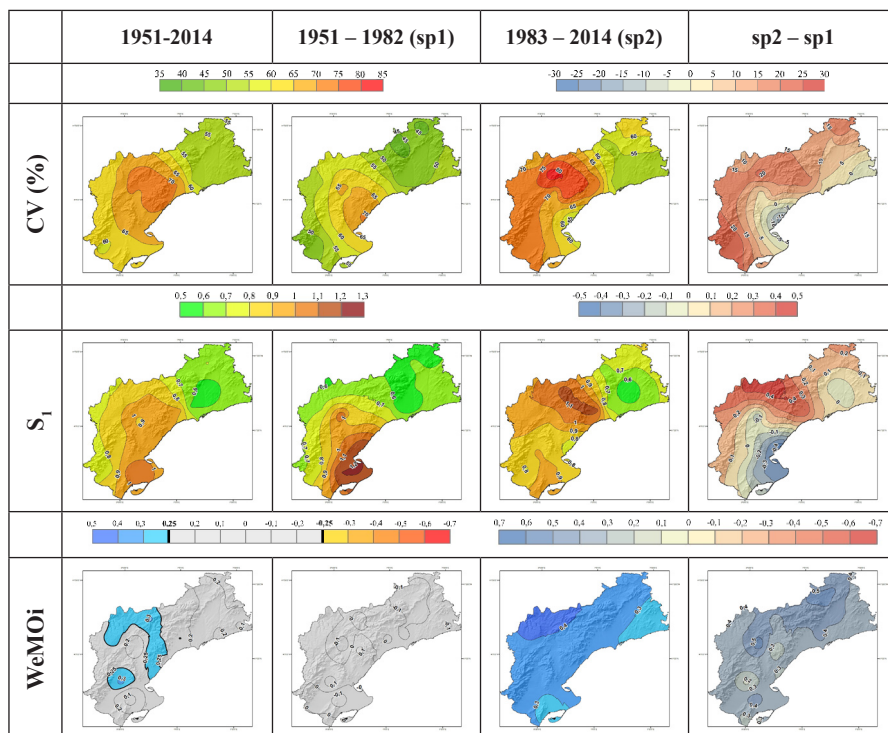


Fig. 5: Ídem que fig. 2, pero para la estación de verano (junio, julio y agosto).

El índice S_1 tiene un comportamiento similar al CV pero con algunos matices. Por ejemplo, para el periodo completo, la máxima variabilidad es detectada en el Delta del Ebro, mientras que el CV la detecta bastante más al norte. A pesar de este matiz, la variación entre subperiodos tiene muchas similitudes. Los mapas de diferencias entre subperiodos de ambos índices muestran un aumento de la variabilidad en el interior y una disminución en el litoral.

En cuanto a la WeMO, ésta prácticamente no tiene influencia en las precipitaciones de verano, debido a la falta de gradiente bórico en esta época del año. Las precipitaciones estivales, que son escasas, se producen con situaciones sinópticas desdibujadas y con presiones cercanas a los valores normales habitualmente (López-Bustins y Azorín-Molina, 2004). Los pequeños embolsamientos de aire frío en altura, que pueden favorecer las tormentas estivales, no aparecen reflejados en la presión de superficie, elemento clave para las teleconexiones como la NAO o la WeMO.

3.5. Otoño

En otoño se registra la precipitación más elevada de las cuatro estaciones del año en todos los observatorios. El observatorio de Mas de Barberans (el Montsià) posee la precipitación media otoñal más elevada de todos los observatorios con un valor de 254 mm. En Benissanet (la Ribera d'Ebre), el otoño es la segunda estación del año, después del verano (67,5%), con un mayor CV para el periodo entero (66,2%). Este valor contrasta con la variabilidad más moderada que hay en el interior y costa septentrional del área de estudio, donde el CV en Sarral (la Conca de Barberà) y Reus (el Baix Camp) no alcanza el valor 42%. Posiblemente, la orografía y su orientación tengan algo que ver en esta irregularidad de los valores del CV, permitiendo una mayor o menor frecuencia de episodios torrenciales en esta época del año. El primer subperiodo tiene una cartografía muy similar a la de todo el periodo, pero se realzan los valores que indican una mayor variabilidad en general. Por el contrario, en el segundo subperiodo del CV se detecta una disminución muy notable del CV en toda el área de estudio, propiciando una caída de 24 puntos porcentuales del primer subperiodo al segundo en Benissanet (sp1: 76,1%; sp2: 52,3%). En las áreas donde el CV era más elevado durante el primer subperiodo es donde disminuye más en el segundo; en cambio, allí donde ya era bajo, se mantiene estable.

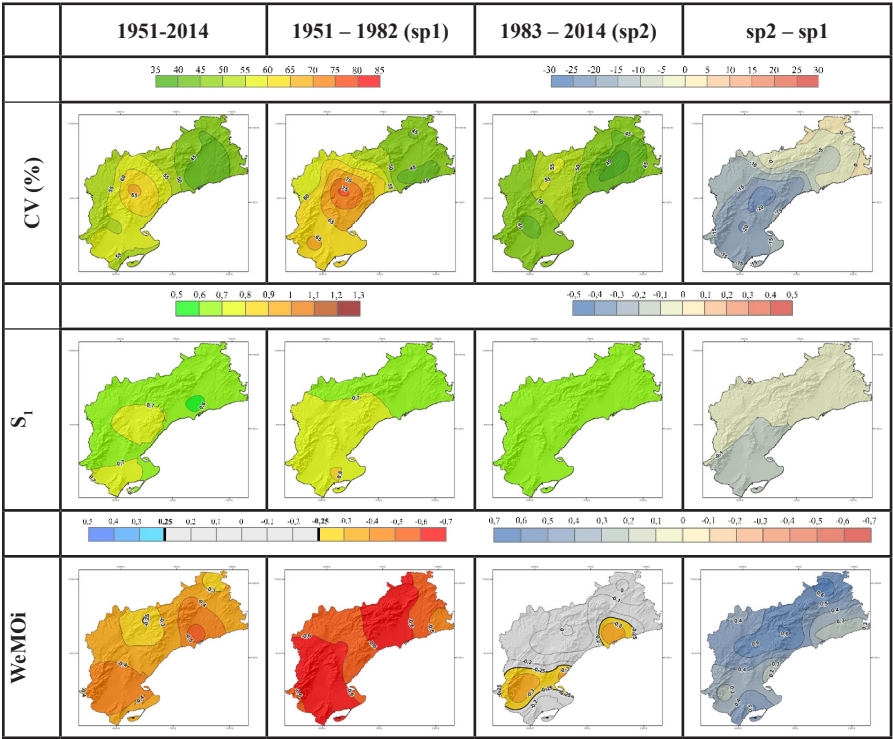


Fig. 6: Ídem que fig. 2, pero para la estación de otoño (septiembre, octubre y noviembre).

Respecto al S_1 , los valores de otoño son los más bajos de todas las estaciones del año, lo que indica que es el trimestre pluviométrico menos desordenado temporalmente.

El hecho de que la precipitación sea abundante en otoño favorece que los saltos relativos entre años no sean muy acentuados, evitando así que el índice se dispare (López-Bustins *et al.*, 2008). Los valores del S_1 disminuyen en el subperiodo más reciente, en el que desaparece el gradiente y quedan unos valores muy bajos en todo el territorio.

Para esta estación, el WeMOi vuelve a detectar la evolución de la variabilidad, en función del grado de correlación que obtiene con la precipitación. Los coeficientes de correlación entre el WeMOi y la precipitación en el primer subperiodo alcanzan valores muy negativos en bastantes sectores (r entre -0,6 y -0,7), mientras que en el segundo subperiodo los coeficientes de correlación aumentan más de seis décimas en diferentes observatorios y pasan a ser estadísticamente no significativos. Este hecho se corresponde con el notable descenso de los índices pluviométricos, sobre todo el CV, en el segundo subperiodo.

4. CONCLUSIÓN

El sur de Cataluña se presenta como un área de elevada irregularidad temporal en el aspecto pluviométrico. Los valores de los índices pluviométricos CV, S_1 y CI obtenidos caracterizan el área de estudio con unos valores propios del clima mediterráneo. La evolución temporal de estos índices pluviométricos ha denotado, a grandes rasgos, un descenso de la variabilidad en el periodo actual (1983-2014) respecto al anterior (1951-1982) a escala anual. En el análisis a escala estacional se ha observado un aumento de la variabilidad para las estaciones secas (verano e invierno) y una disminución para las estaciones húmedas (primavera y otoño). La WeMO ha devenido clave para caracterizar las áreas con mayor variabilidad, así, sus pulsaciones temporales en la influencia de la precipitación ha tenido una correspondencia evidente con la evolución de la variabilidad pluviométrica. En los subperiodos que se han obtenido unas mayores correlaciones entre el WeMOi y la precipitación, los índices pluviométricos han mostrado unos valores más elevados.

AGRADECIMIENTOS

Al *Servei Meteorològic de Catalunya* (SMC), a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y al Grupo del Cambio Climático de la Universitat Rovira i Virgili (C3), así como al proyecto *European Climate Assessment & Dataset*, por los datos prestados en esta investigación. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto WEMOTOR (CSO2014-55799-C2-1-R, 2015-2017) del Ministerio de Economía y Competitividad, y por el *Grup de Climatologia* de la Universitat de Barcelona (UB) (2014 SGR 300, Generalitat de Catalunya). El segundo autor es miembro del *Institut de Recerca de l'Aigua* (IdRA) de la UB.

REFERENCIAS

- Albentosa, L.M. (1970). La aplicación del método estadístico en climatología. El régimen anual de precipitaciones en Barcelona, volumen 11, 79-112.
- 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. Aportaciones en homenaje al professor Luís Miguel Albentosa, 41-55.
- López-Bustins, J.A. (2007). The Western Mediterranean Oscillation and Rainfall in the Catalan Countries. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona.
- López-Bustins, J.A., Azorín-Molina, C. (2004). Aplicación del índice diario de la Oscilación del Mediterráneo Occidental al estudio de la tipología pluviométrica en Alicante. En J.C. García Codron, C. Diego Liaño, P. Fdez. de Arróyabe Hernández, C. Garmendia Pedraja, D. Rasilla Álvarez (Eds.), *El Clima, entre el Mar y la Montaña* (pp. 333-345), Santander: Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC).
- López-Bustins, J.A., Salvà-Catarineu, M., Cernocky, T. (2008). Càlcul i cartografia de la irregularitat pluviomètrica temporal a Catalunya mitjançant tècniques SIG. Segon congrés català de la Geografia, volum C, 228-237.
- Martín-Vide, J. (1986). Notes per a la definició d'un índex de «desordre» en pluviometria. Societat Catalana de Geografia, 89-96.
- Martín-Vide, J. (2002). Ensayo sobre la Oscilación del Mediterráneo Occidental y su influencia en la pluviometría del este de España. En J.A. Guijarro, M. Grimalt, M. Laita, S. Alonso (Eds.), *El Agua y el Clima/ L'Aigua i el Clima* (pp. 35-42), Palma: Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (AEC).
- Martín-Vide, J. (2003). *El temps i el clima*. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya. Barcelona: Rubes.
- Martín-Vide, J. (2004). Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal of Climatology*, volumen 24, número 8, 959-971. doi:10.1002/joc.1030
- 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*, volumen 26, número 11, 1455-1475. doi:10.1002/joc.1388
- Olcina-Cantos, J. (2013). Riscos climàtics i canvi climàtic en el litoral mediterrani espanyol : un escenari d'incerteses. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, volumen 76, 181-203.
- Oliver, J.E. (1980). Monthly precipitation distribution: A comparative index. *Professional Geographer*, volumen 32, número 3, 300-309. doi: 10.1111/j.0033-0124.1980.00300.x