

Influencia de los Principales Índices de Teleconexión en el Patrón de Sequía Estival estimado por el SPEI para el continente Europeo.

Sonia Mellinas Álvarez

Alumna del máster en Geofísica y Meteorología, en la Universidad de Granada.

Resumen: El índice SPEI permite caracterizar la sequía a distintas escalas de tiempo. A través de un PCA se ha obtenido los principales modos de variabilidad de la sequía para escalas del índice de 3, 6 y 12 meses sobre el continente Europeo en la estación estival, observando cierta variabilidad decadal. En una segunda fase se ha analizado la posible influencia de los principales índices de teleconexión representativos de patrones atmosféricos y oceánicos (NAO, Trip. Atlántico, AMO, PDO y El Niño 3.4) sobre los modos de sequía encontrados, y se ha analizado su posible carácter predictivo.

Abstract: SPEI index allows us to characterize the drought at different time scales. Using a PCA the main modes of variability of drought at 3, 6 and 12 months time scales on the European continent in the summer season have been obtained, noting some decadal variability. In a second step the potential influence of the main teleconnection indices which represent atmospheric and oceanic patterns (NAO, Atlantic Tripole, AMO, PDO and El Niño 3.4) over the previously obtained drying modes has been analyzed, along with its potential forecasting skill.

Introducción

La sequía es uno de los fenómenos climáticos que más impacto tienen en la sociedad, lo que ha motivado su estudio por parte de la comunidad científica. Sin embargo, debido a la complejidad de este fenómeno, no ha sido desarrollada una metodología uniforme para la aplicación en estudios de la sequía, aunque algunos de los índices de sequía son ampliamente utilizados (Dai *et al.*, 2004; Pozos *et al.*, 2004; Palmer, 1965; Ionita *et al.*, 2012). Entre estos índices está el recientemente creado *Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index* (SPEI) (Vicente-Serrano *et al.*, 2009). Este índice tiene un carácter multiescalar y está basado en la ecuación del balance hidrológico. Este es el índice utilizado en este trabajo para caracterizar la sequía del continente Europeo.

Otro aspecto a tener en cuenta es la influencia de las condiciones climáticas a escala global, algunas de las cuales están bien representadas por los denominados índices de teleconexión. Entre los principales índices de teleconexión a nivel global cabe destacar la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), el Tripolo Atlántico, la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO), la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y El Niño 3.4.

Este trabajo tiene como objetivo fundamental estudiar la distribución y variabilidad de la sequía en el continente Europeo a partir del análisis del índice SPEI de la estación de verano. Dado que las sequías pueden tener una escala temporal variable dependiendo de su intensidad y duración, con el fin de comparar los resultados encontrados, el análisis se ha llevado a cabo para distintas escalas temporales (3, 6 y 12 meses) del SPEI. Adicionalmente, un segundo objetivo comprende el análisis de la posible influencia de

los principales patrones de teleconexión, anteriormente mencionados, en la distribución y variabilidad de la sequía en Europa.

Datos

La base de datos utilizada en este trabajo contiene el índice SPEI para toda la región de Europa, con una resolución espacial de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, y ha sido extraída de la web <http://sac.csic.es/spei/database.html>, en la versión SPEIbase v2.2. El periodo temporal que abarca esta base de datos es de 111 años (1901-2011), para el índice SPEI calculado a escala 3 y 6 meses y, 110 años (1901-2011) para la escala de 12 meses.

Las bases de datos de los cinco índices de teleconexión se han obtenido a través de la página web del National Weather Service Climate Prediction Center, abarcando el periodo temporal aproximadamente desde 1950 hasta la actualidad, dependiendo del índice. Por este motivo el análisis de la influencia de los índices de teleconexión en la distribución de la sequía en Europa ha sido restringido al periodo común entre cada índice de teleconexión y el índice SPEI de verano.

Metodología

La precipitación es el factor principal a la hora de caracterizar una sequía. Sin embargo, diferentes estudios han destacado la influencia de la variabilidad de la temperatura en la sequía. Ambos parámetros son recogidos por el SPEI que incluye en su cálculo la precipitación, P_i (entrada), y la evapotranspiración, PET_i (salida), del balance hidrológico, es decir, se obtiene calculando la diferencia entre la precipitación y evapotranspiración: $D_i = P_i - PET_i$, proporcionando una medida del déficit o superávit de agua para el mes analizado. Las series de datos del índice SPEI de Europa se calculan con los valores de P_i y PET_i acumulados a 3, 6 y 12 meses, con lo que se obtiene las series mensuales SPEI_03, SPEI_06 y SPEI_12, respectivamente. A partir de la base de datos de los índices SPEIs mensuales a distintas escalas se ha calculado el promedio estacional para verano (JJA). Dada la alta resolución espacial de la base de datos original, las nuevas bases de datos estacionales generadas presentan también un elevado número de puntos de rejilla. La aplicación del Análisis de Componentes Principales (PCA) ha sido la técnica utilizada para reducir su dimensión, obteniendo como resultado los EOFs y PCs rotadas asociadas que conservan el máximo de varianza y, por tanto, son representativas de la variabilidad espacio temporal presente en los datos del SPEI (a escalas de 03, 06, 12 meses). Dichos patrones de variabilidad y sus series PCs han sido interpretados y correlacionados (mediante el cálculo del coeficiente de correlación) con los índices de teleconexión (NAO, tripolo Atlántico, AMO, PDO, Niño3.4), no sólo para retardo temporal 0 sino también para estaciones adelantadas respecto del verano.

Resultados

El PCA del índice SPEI_03 muestra cuatro patrones o modos de variabilidad significativos. El primer REOF1 representativo del índice SPEI_03 estival, tiene asociado el 14% de la varianza explicada, y presenta un patrón dipolar (**Fig. 1a**) con correlación positiva en la zona oriental del continente Europeo y negativa en su parte occidental. La serie PC asociada presenta una gran variabilidad interanual. Al filtrar dicha serie mediante la aplicación de una media móvil de 10 años, se observa una alternancia entre periodos húmedos y secos. El REOF2 del SPEI_03 explica el 12% de la varianza, mostrando un centro de correlaciones positivas en el norte de Europa, y negativa para el sur de Italia y Grecia (**Fig. 1c**). El REOF3 del SPEI_03 presenta un

centro de altas correlaciones negativas sobre la Península Escandinava y la costa norte de Rusia (**Fig. 1e**). Finalmente, el REOF4 muestra un centro de correlaciones positivas en la costa este del Mar Caspio (**Fig. 1g**). Estos dos últimos REOFs explican en torno al 8% de la varianza total de los datos, respectivamente.

Para el caso del índice SPEI_06 estival el PCA detecta únicamente tres EOFs significativos. El primer REOF1 significativo, recoge el 14% de la varianza total de los datos, con un centro de correlaciones positivas en la región oriental del continente Europeo (**Fig. 2a**). El filtrado decadal de la serie PC asociada a este modo (RPC1) muestra unos valores del SPEI_06 muy próximos al cero en la mayoría de las décadas (**Fig. 2b**). Cabe destacar los años 1936, 1972, 1975 y 2010 como secos en las regiones de alta correlación positiva. El segundo modo espacial (REOF2) explica en torno al 10% de la varianza total, las zonas de mayor correlación positiva se encuentran, en el sur de Finlandia y negativas para los países en torno a Serbia (**Fig. 2c**), destacando el año 1998 como extremadamente húmedo. Su serie temporal (RPC2) asociada pone de manifiesto una clara alternancia de periodos húmedos y secos a lo largo de todo el periodo de estudio (**Fig. 2d**). El tercer REOF explica en torno al 9% de la varianza total de los datos, y presenta correlación negativa en la mayor parte de Europa, siendo más fuerte en torno a 0°-30°W y 45°-55°N (**Fig. 2e**). Su RPC3 asociada muestra una marcada variabilidad interanual, destacando los años 1976 y 2003 como especialmente secos en la mayor parte de Europa (**Fig. 2f**).

Para el caso del índice SPEI_12 de verano, el PCA revela de nuevo la existencia de tres EOFs significativos. El REOF1 muestra un patrón similar a los REOFs1 de los índices SPEI_03 y SPEI_06, pero con los centros de acción intercambiados, es decir aparecen altas correlaciones negativa en la zona oriental del continente Europeo (**Fig. 3a**) siendo la varianza explicada por este modo en torno al 12% de la total. El REOF2 recoge el 11% de la varianza total, y presenta un patrón muy similar al REOF3 del SPEI_06, con un centro de correlación negativa en el centro-norte de Europa y las costas que bañan el Mar Báltico (**Fig. 3c**). El REOF3 explica el 10% de la varianza total, tiene un patrón similar al REOF2 del SPEI_06, mostrando débil correlación positiva en el centro y sur del continente Europeo, frente a la Península Escandinava y norte de Rusia occidental con alta correlación negativa (**Fig. 3e**). La RPC3 asociada muestra una tendencia a la disminución del índice, muy acusada durante la parte final del periodo de análisis (**Fig. 3f**).

El análisis de correlación llevado a cabo entre cada índice SPEI (03, 06 y 12) estival y los índices de teleconexión promediados estacionalmente para las cuatro estaciones del año, tanto a retardo 0 como retrasado, muestra que a escala de tiempo anual los promedios estacionales de los distintos índices de teleconexión no parecen tener una influencia muy significativa en la variabilidad de la sequía estival del continente Europeo. Sin embargo, mejoran considerablemente cuando ambas series (SPEIs e índices de teleconexión) han sido filtradas decadalmente a partir del cálculo de las medias móviles de 10 años. La NAO de invierno y primavera presenta correlación significativa con las RPCsmv de los tres índices SPEI (03, 06, 12) de verano, positiva con la RPC1mv del SPEI para 3 y 6 meses (con valores entre 0,5-0,8) y, negativa para el SPEI_12 (en torno a -0,6). El tripolo Atlántico, muestra valores significativos negativos (entre -0,8 y -0,5) con las RPCs3 del SPEI_03 y 12 y, positivas con la RPC2mv del SPEI_06 (valores en torno a 0,7). La AMO, presenta sus mayores correlaciones significativas negativas entre la RPC3mv del SPEI_03 (valores en torno a -0,7) y entre la RPC3mv del SPEI_12 (valor de -0,7). Sus mayor correlación positiva se

da con las RPC2mv del SPEI_03 (valores en torno a 0,5) y con la RPC2mv del SPEI_06 (valores entre 0,5-0,7). Los índices del PDO y El Niño 3.4, son los que menos relación muestran con las RPCsmv representativas de la variabilidad de la sequía en el continente Europeo. En el caso de la PDO, solo correlacionan de forma significativa las estaciones de verano y otoño con la RPC3mv para el SPEI_03 con valores en torno a 0,5). El Niño 3.4 presenta las correlaciones significativas en las estaciones de invierno y primavera con la RPC4mv del SPEI_03 de verano (valores del orden de 0,6), y en las estaciones de primavera y verano con la REOF2 del SPEI_06 de verano (con valores del orden de 0,5) y con la RPC1 del SPEI_12 (con valores entre -0,5 y -0,6).

Referencias

1. Ionita, M., Lohmann, G., Rimbu, N., Chelcea, S. y Dima, M. (2012). *Interannual to Decadal Summer Drought Variability over Europe and its Relationship to Global Sea Surface Temperature*. *Clim Dyn* 38:363–377 DOI 10.1007/s00382-011-1028-y.
2. Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S. y López-Moreno, J. I. (2009). *A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index*. *Journal of climate* 23: 1696-1718.

Anexo de figuras

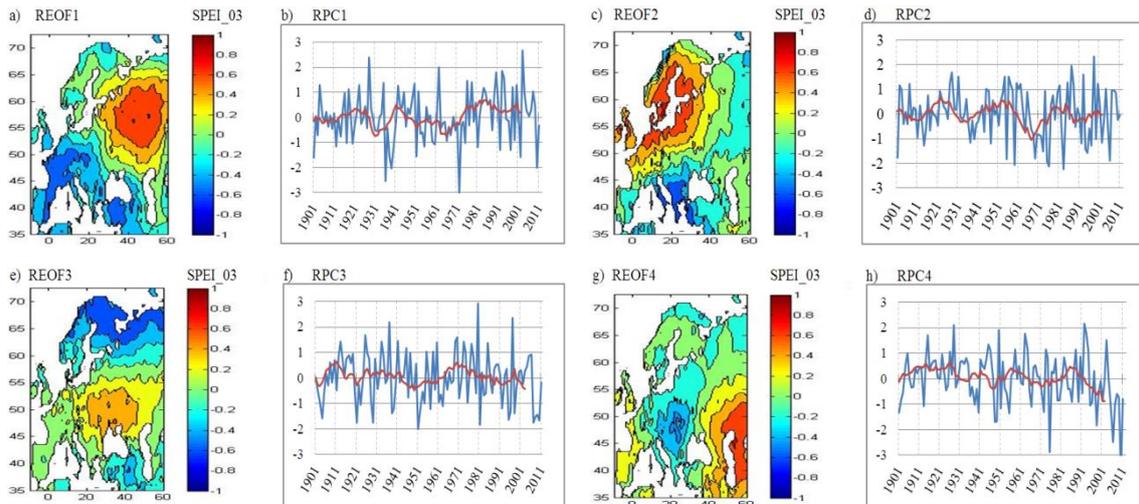


Figura 1. a, c, e, g) Mapas de factores de carga para los REOFs obtenido mediante el PCA del índice SPEI_03 de verano (escala temporal de 3 meses). b, d, f, h) RPCs obtenidas como representativas de la variabilidad temporal del SPEI_03 (verano) acumulado para 3 meses (línea azul) y su media móvil de 10 años (línea roja). El periodo de tiempo analizado es desde 1901 a 2011.

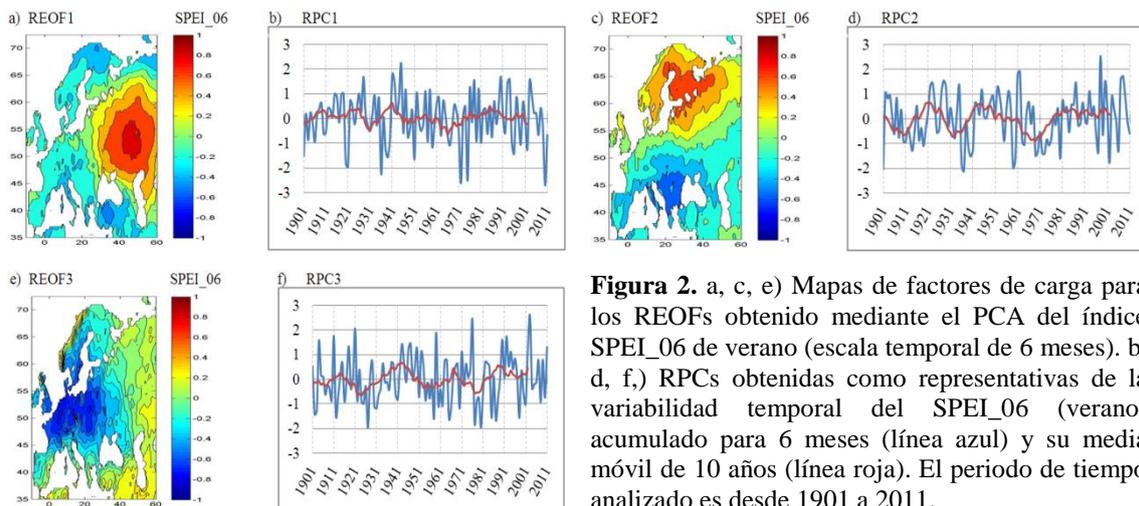


Figura 2. a, c, e) Mapas de factores de carga para los REOFs obtenido mediante el PCA del índice SPEI_06 de verano (escala temporal de 6 meses). b, d, f, h) RPCs obtenidas como representativas de la variabilidad temporal del SPEI_06 (verano) acumulado para 6 meses (línea azul) y su media móvil de 10 años (línea roja). El periodo de tiempo analizado es desde 1901 a 2011.

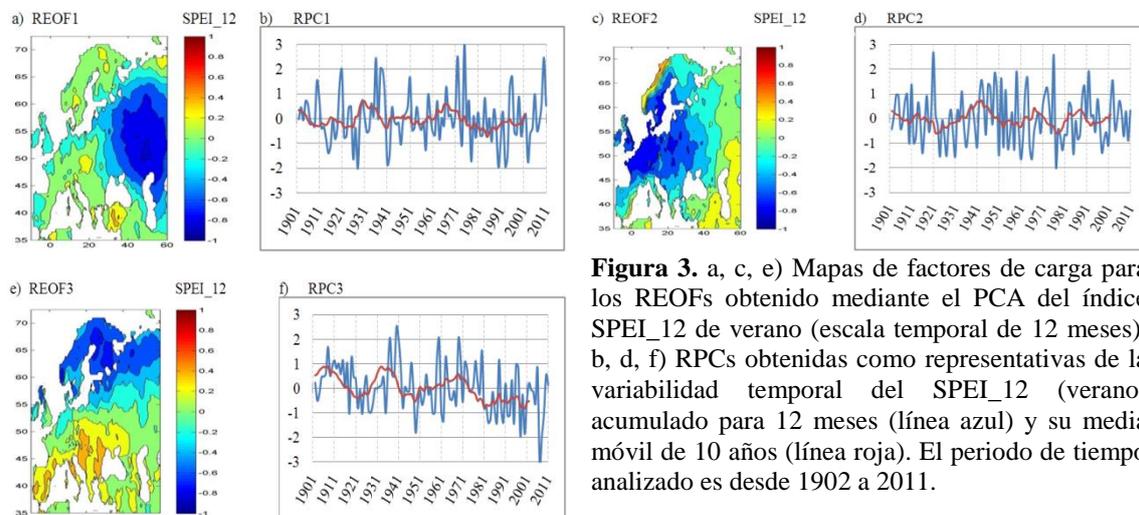


Figura 3. a, c, e) Mapas de factores de carga para los REOFs obtenido mediante el PCA del índice SPEI_12 de verano (escala temporal de 12 meses). b, d, f) RPCs obtenidas como representativas de la variabilidad temporal del SPEI_12 (verano) acumulado para 12 meses (línea azul) y su media móvil de 10 años (línea roja). El periodo de tiempo analizado es desde 1902 a 2011.