

INFLUENCIA DE EL NIÑO SOBRE EL CLIMA DEL OESTE DE EUROPA EN VERANO

Maialen MARTIJA DÍEZ^{1,2}, Belén RODRÍGUEZ FONSECA², Jorge LÓPEZ PARAGES²

¹*Área de Meteorología, TECNALIA.*

²*Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, Universidad Complutense de Madrid.*

maialen.martija@tecnalia.com, brfonsec@fis.ucm.es, parages@fis.ucm.es

RESUMEN

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) es el modo climático dominante a escalas interanuales y la principal fuente de predictabilidad a nivel global. Varios estudios muestran que la influencia de ENSO sobre el sector europeo del Atlántico Norte es consistente y estadísticamente significativa.

Este estudio se centra en un análisis en profundidad del comportamiento de la influencia de ENSO sobre la región del País Vasco (PV), ya que se ha podido demostrar que la variabilidad climática en esta zona de España es representativa de la de gran parte del oeste de Europa. Para el análisis hemos utilizado anomalías de la precipitación (Pcp), de la temperatura máxima (Tmax) y de la mínima (Tmin) en diferentes estaciones del año. También hemos examinado las condiciones atmosféricas y hemos profundizado en la comprensión del mecanismo de esta teleconexión. En este trabajo hemos utilizado datos de rejilla de alta resolución sobre España, datos de la presión a nivel del mar (SLP), así como datos de altura geopotencial a 500 hPa y 200 hPa (Z500 y Z200) y temperatura en el nivel de 850 hPa (T850). Además se han utilizado también datos de la temperatura de la superficie del mar (SST) y se han calculado los diferentes índices de El Niño.

Los resultados obtenidos muestran una relación no-estacionaria entre la Pcp, la Tmax y la Tmin en el PV y el fenómeno ENSO. Esta relación depende de la zona del Pacífico que se considera y parece ser máxima en verano.

Palabras clave: ENSO, verano, Europa, temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación.

ABSTRACT

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is the dominant global climate mode at interannual timescales and the main source of predictability worldwide. Several studies point out that ENSO influence over European North Atlantic sector is consistent and statistically significant.

The present study thoroughly analyses the behavior of the influence of ENSO over the Basque Country (PV), due to it can be demonstrated that the climate variability of this area of Spain is representative of the one of a large area of Western Europe. Different variables – as anomalous precipitation (Pcp), minimum and maximum temperature (Tmin and Tmax respectively) – were used in different seasons. We examined the atmospheric conditions and the possible teleconnection mechanism. This work is performed analyzing a high resolution gridded dataset over Spain, Sea Level Pressure dataset (SLP), as well as Geopotential Height at 500 hPa and 200 hPa (Z500 and Z200 respectively), and Temperature at 850 hPa (T850). In addition, Sea Surface Temperature dataset (SST) is used and El Niño indices are calculated.

The results of this study show a non-stationary relationship between Western Europe precipitation, minimum and maximum temperature, and ENSO. This relation depends on the Pacific region considered and seems to be maximum in summer.

Key words: ENSO, summer, Europe, maximum temperature, minimum temperature, precipitation.

1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática en Europa ha sido profundamente analizada y se ha relacionado tanto con la variabilidad interna de la atmósfera como con el forzamiento que origina la temperatura de la superficie del océano, incluso a miles de kilómetros (teleconexiones). Centrándonos en la influencia del Océano Pacífico Tropical sobre la variabilidad climática en Europa, numerosos estudios concluyen que el impacto de ENSO (El Niño Southern Oscillation) en el área Euro-Atlántica es robusta y estadísticamente significativa, a pesar de su debilidad (Fraedrich, 1994). Algunos estudios se centran en la influencia de El Niño sobre la precipitación en Europa (Bulić & Kucharski, 2012), y otros, en cambio, analizan la influencia de este fenómeno sobre la temperatura (Kiladis & Diaz, 1989). Estudios recientes ahondan en cómo diferentes patrones espaciales de ENSO producen distintas respuestas en Europa y profundizan en la explicación de estas diferencias centrándose en tipos de teleconexiones distintas (Zhang et al., 2018). Por un lado, se describen las teleconexiones tipo circunglobales (CGT), ondas que quedan atrapadas en el jet del norte y que presentan una estructura con 5 centros negativos y otros 5 positivos (número de onda 5) (Branstator, 2002). Por otro, las teleconexiones de tipo arco, que se caracterizan por aprovechar un debilitamiento del jet para atravesarlo. Estas últimas pueden ser del tipo Pacific North American (PNA) o Tropical Northern Hemisphere (TNH) (Mo & Livezey, 1986) y Yu et al. (2015) encuentran como la PNA aparece en los casos en los que el patrón espacial de ENSO es de tipo central o del este, mientras que la TNH se relaciona con Niños del este.

Sin embargo, también se ha observado que la influencia de ENSO sobre Europa no es lineal, de manera que la influencia de La Niña no es la contraria que la de El Niño (Dommengat, Bayr, & Frauen, 2013), y esta respuesta tampoco es estacionaria en el tiempo, estando modulada a escalas multidecadales (Brönnimann, 2007). Algunos autores sugieren que la teleconexión entre ENSO y Europa viene modulada por la

temperatura del Océano Atlántico (Pozo-Vázquez, Esteban-Parra, Rodrigo, & Castro-Díez, 2001), sin embargo estudios recientes señalan que la Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) y la Pacific Decadal Oscillation (PDO) (López-Parages & Rodríguez-Fonseca, 2012) modulan esta teleconexión.

Además, la influencia de ENSO sobre el continente europeo muestra diferencias importantes entre unas zonas y otras (Muñoz-Díaz & Rodrigo, 2004). Una región llamativa es el área cercana a la línea cero de la North Atlantic Oscillation (NAO), en el norte de la Península Ibérica (PI). La influencia que la NAO ejerce sobre la precipitación en esta zona parece ser significativa (Munoz-Díaz & Rodrigo, 2004), y algunos autores sugieren que lo mismo ocurre para ENSO (Vicente-Serrano, 2005). Sin embargo, como esta región es representativa de la mayor parte de la variabilidad de Europa occidental (Fig. 1), se deben tener en cuenta un análisis adicional. El País Vasco (PV, Fig. 1) ha sido elegido como punto base, situado en la anteriormente mencionada línea cero de la NAO, y siendo representativo del clima del oeste de Europa. Esta región está situada en el norte de la PI, con características oceánicas en su clima, diferentes a gran parte del resto de España, donde domina el Clima Mediterráneo. Mientras que la mayor parte de España tiene una estación seca, la parte norte, aunque la cantidad de precipitación se reduce en verano, no la tiene (Mills, 1995). Sáenz et al. (2001) analizaron la influencia de la NAO y también de la Arctic Oscillation (AO) sobre la zona norte de la PI, pero no la de ENSO.

En este trabajo, nos hemos centrado en el análisis de la influencia de ENSO sobre la temperatura máxima (Tmax), la temperatura mínima (Tmin) y la precipitación (Pcp) en el PV, en las 12 posibles estaciones de 3 meses del año, desde enero-febrero-marzo (JFM) hasta diciembre-enero-febrero (DJF). También hemos profundizado en los mecanismos que explican la teleconexión entre ENSO y la variabilidad climática en el PV en verano.

2. MÉTODOS

Se ha utilizado Spain02_v2.1 (Herrera et al., 2012), datos de rejilla de alta resolución ($0.2^\circ \times 0.2^\circ$) sobre España para los datos de Tmax, Tmin y Pcp. La región elegida ha sido $\{42.2^\circ \text{ N} - 43.4^\circ \text{ N}, 3.6^\circ \text{ W} - 1.6^\circ \text{ W}\}$. Los datos de las variables atmosféricas utilizados vienen del reanálisis NCEP/NCAR (Kalnay et al., 1996), con una resolución de $2^\circ \times 2^\circ$. En particular se han utilizado datos de temperatura a 850 hPa (T850), presión a nivel del mar (SLP) y altura geopotencial a 500 hPa (Z500) y altura geopotencial y velocidad zonal de viento a 200 hPa (Z200 y U200). Finalmente, la temperatura en la superficie del mar (SST) se ha obtenido de la Hadley Centre Sea Ice and Sea Surface Temperature dataset (HadISST, Rayner et al., 2003), con una resolución de $1^\circ \times 1^\circ$. Con estos datos se han calculado los índices de El Niño definidos como las anomalías en diferentes cajas en el Pacífico Tropical; El Niño 1.2 $\{10^\circ \text{ S} - 0, 90^\circ \text{ W} - 80^\circ \text{ W}\}$ y El Niño 4 $\{5^\circ \text{ S} - 5^\circ \text{ N}, 170^\circ \text{ W} - 120^\circ \text{ W}\}$.

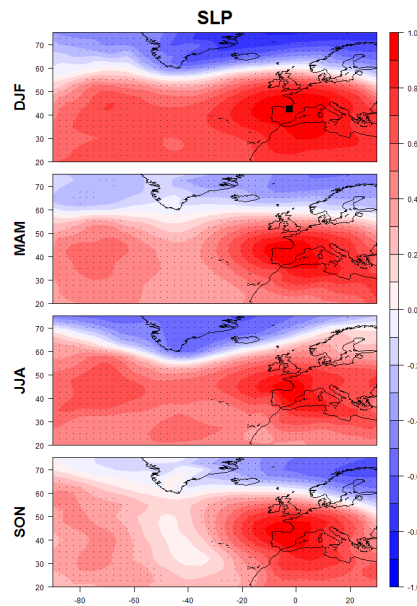


Fig. 1: Mapa de correlación de un punto entre la SLP entre 20N – 75N y 90W – 30E, con el punto de referero en el PV (42.5N y 2.5W, recuadro negro), en (arriba) diciembre-enero-febrero (DJF), en (medio-arriba) marzo-abril-mayo (MAM), en junio-julio-agosto (JJA) y en septiembre-octubre-noviembre (SON).

El periodo utilizado para todas las bases de datos va desde 1950 hasta 2007, analizando las 12 posibles estaciones de 3 meses del año, desde JFM de 1950 hasta diciembre 2006-enero-febrero 2007. La variabilidad de la Tmax, Tmin y la Pcp se analiza calculando las anomalías estacionales para cada año, restando a la media anual la media de todo el periodo. Por otro lado, para analizar la variabilidad interanual se le aplica a la serie un filtro Butterworth con la frecuencia de corte de 7 años. Después, con el objetivo de encontrar periodos estacionarios en la relación entre ENSO y la variabilidad en las variables analizadas (Tmax, Tmin y Pcp) sobre el PV, se calculan las correlaciones entre dichas variables y los índices de El Niño en ventanas corridas de 20 años, es decir, para JFM partiendo del periodo 1950-1969 y terminado con 1987-2006 (siguiendo la metodología de López-Parages & Rodríguez-Fonseca, 2012).

Para profundizar en el comportamiento no lineal de la teleconexión entre ENSO y la variabilidad climática en Europa (Brönnimann, 2007), se han creado mapas de compuestos positivos y negativos de las variables, para analizar la influencia de El Niño y La Niña sobre el PV por separado. Una vez elegidos los años correspondientes a cada compuesto, con el fin de explicar el mecanismo de la teleconexión se computan mapas de anomalías de SST, Z200 y SLP, añadiendo el campo anómalo de Z500 para la Pcp y el de T850 para Tmax y Tmin.

A lo largo de todo el estudio, se utilizan test de significación estadística al 95%; test de correlación, test de diferencia de medias (Student's t-Test) y de desviación estándar (Fisher's F-Test).

3. RESULTADOS

La influencia de ENSO sobre la variabilidad de Tmax, Tmin y Pcp en el PV se analiza realizando correlaciones móviles en ventanas de 20 años entre dichas variables y los índices de El Niño (El Niño 1.2 y El Niño 4) en las 12 posibles estaciones de 3 meses del año. Los resultados muestran una relación no estacionaria para todas las variables (Fig. 2), en concordancia con López-Parages & Rodríguez-Fonseca (2012) y Capa-Morocho et al. (2014).

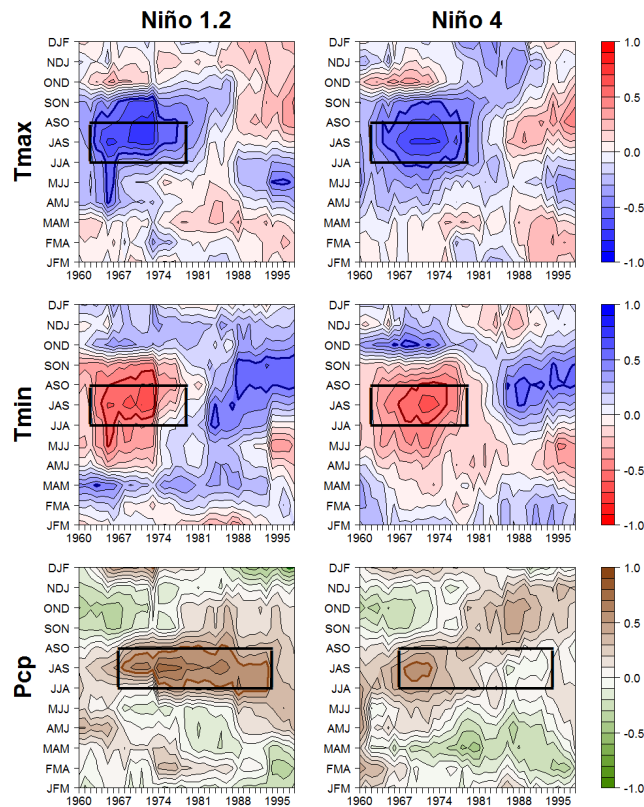


Fig. 2.- Correlaciones móviles en ventanas centradas de 20 años en el PV entre: Tmax (arriba), Tmin (centro) y Pcp (abajo) y el índice de El Niño 1.2 (izquierda) y El Niño 4 (derecha) en las 12 posibles estaciones trimestrales del año. Líneas coloreadas para correlaciones estadísticamente significativas.

Correlaciones altas y significativas aparecen en todas las variables analizadas y para los dos índices de El Niño analizados, en varias estaciones y décadas. Pero sorprendentemente las correlaciones más altas aparecen en verano (julio-agosto-septiembre; JAS) tanto para la Tmax, Tmin como para la Pcp. Por lo tanto, a pesar de que aparecen correlaciones significativas en otras estaciones del año, considerando que la mayoría de los estudios anteriores se centran en invierno, primavera u otoño, hemos elegido únicamente los periodos de mayor correlación en verano para realizar

un análisis en profundidad. Los periodos elegidos son: JAS 1952-1987 para Tmax y Tmin, y 1957-2003 para Pcp (cajas negras en la Fig. 2).

De sobra es conocida la no linealidad de la teleconexión entre ENSO y Europa, de manera que la influencia de El Niño no es la contraria que la de La Niña. Por lo tanto, se calculan los mapas de compuestos positivos (Fig. 3) y negativos (Fig.4) de Tmax, Tmin y Pcp para observar las señales en cada caso por separado.

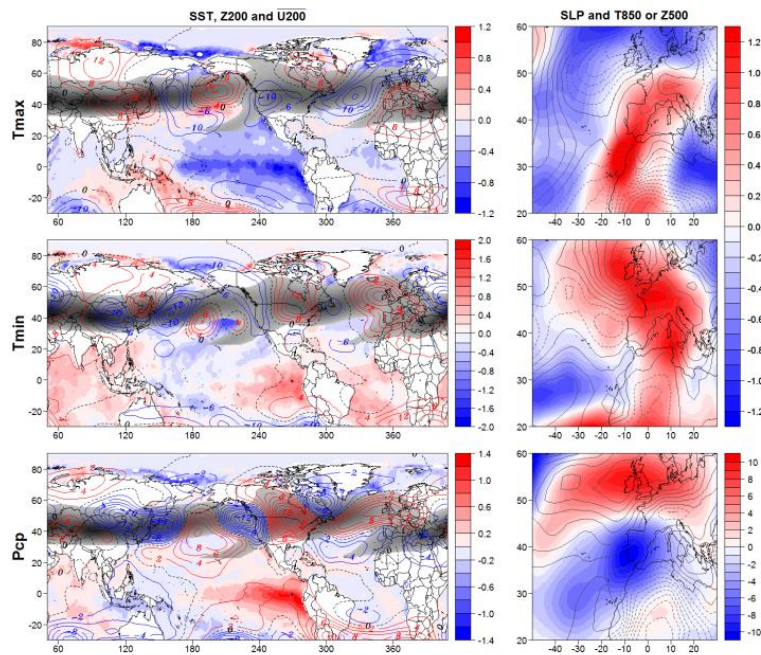


Fig. 3.- Compuesto positivo en JAS. Tmax (arriba), Tmin (media) en 1952-87 para años por encima 1 desviación estándar (std) y Pcp (abajo) en 1957-2003 para años por encima de 0.5 std. (izquierda) SST (°, en colores) y Z200 (m, en contornos, líneas azules para valores negativos, rojas para positivos y negra discontinua para cero). Media de U200 en paleta de grises. (derecha) T850 (°, en colores) para Tmax y Tmin (arriba y medio) y Z500 (m, en colores) para Pcp (abajo), y SLP (hPa, en contornos, líneas discontinuas para valores negativos).

En el análisis de la Tmax (Fig. 3 y 4 arriba), los compuestos positivos muestran señal La Niña en todo el Pacífico Ecuatorial, mientras que en el compuesto negativo, aparece señal El Niño. El patrón en las anomalías de Z200 en Europa en el caso del compuesto positivo (negativo), muestra una estructura en la teleconexión que regionalmente está caracterizada por un centro anómalo positivo (negativo) en Francia, incluyendo la PI y el PV. El centro de anomalías positivo (asociado al compuesto positivo) se puede relacionar con un aumento en los eventos de bloqueo de la circulación general oeste-este, que puede, por lo tanto, aumentar la estabilidad atmosférica en la zona. Esta configuración tiene también su reflejo en superficie, donde aparece un centro de anomalías positivas en la SLP sobre Francia, cubriendo el oeste de Europa, incluyendo el PV. En el mapa de la T850, aparece esta anomalía

positiva, alcanzando los 0.8° en el PV, que favorece que las T_{max} se eleven por encima de la media en la zona. Por otro lado, en el compuesto negativo, encontramos un claro flujo del continente sobre el área de estudio, que añadido a las anomalías negativas en el campo de T_{850} , explican la T_{max} por debajo de lo normal. Centrándonos en el mecanismo de la teleconexión, en el mapa de Z_{200} en torno a los $40^\circ N$ de latitud, se observa una onda atrapada en el jet (viento zonal a 200 hPa en paleta de grises), con cinco centros de anomalías positivas y otros cinco de negativas (número de onda 5), es decir, una teleconexión de tipo circunglobal (CGT). En cada uno de los compuestos los centros tienen signo opuesto. Por lo tanto, la teleconexión entre ENSO y la T_{max} en el PV podemos deducir que parece ser lineal.

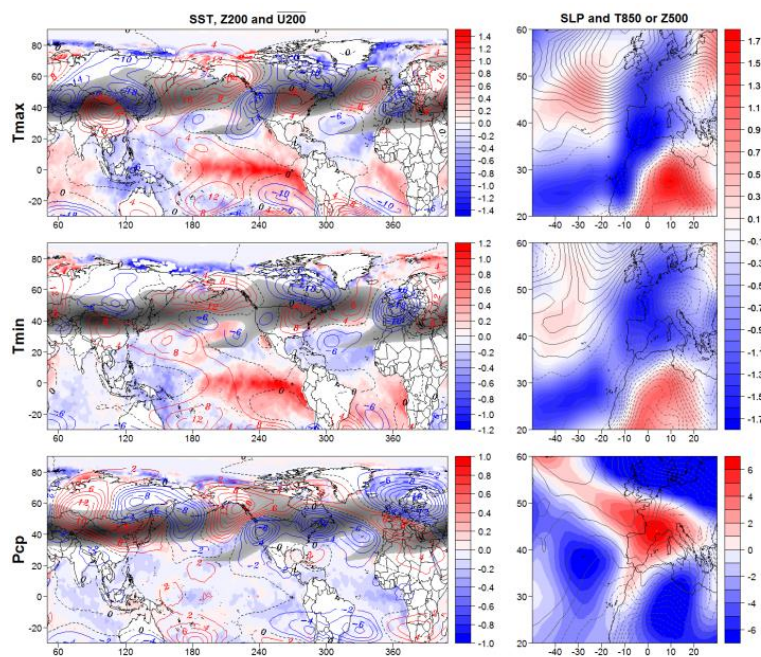


Fig. 4.- Compuesto negativo en JAS. Igual que la Fig. 3 pero años por debajo de -1 std para T_{max} y T_{min} , y años por debajo de -0.5 std para Pcp .

En cambio, para la T_{min} y la Pcp encontramos resultados distintos; la teleconexión parece estar sesgada a El Niño. Para los compuestos de la T_{min} (Fig. 3 y 4 medio), mientras que en el negativo aparece señal ENSO, en el positivo no se muestra ningún patrón significativo en la Pacífico Ecuatorial. El compuesto negativo de la T_{min} se relaciona con El Niño y aparece una teleconexión tipo CGT en el campo de Z_{200} , similar a la del caso T_{max} . Las anomalías negativas en T_{850} y el flujo del norte sobre el PV, explican una T_{min} por debajo de lo normal. En el caso de los compuestos de la Pcp (Fig. y 4 abajo), el positivo presenta una señal del tipo El Niño del este en el Pacífico Ecuatorial. La onda que aparece en la configuración de Z_{200} se puede relacionar con un patrón en arco, concretamente la TNH. En este caso, la teleconexión no está atrapada en el jet, como ocurría en el caso de temperatura, sino que aprovecha una debilidad del mismo para atravesarlo. En el campo de Z_{500} , encontramos un

centro de anomalías negativas en el sudeste de la PI, lo que favorece la inestabilidad y aumenta las probabilidades de precipitaciones convectivas en la zona del PV, fomentadas también por el flujo húmedo del océano en superficie (SLP).

4. DISCUSIÓN

En este trabajo encontramos correlaciones estadísticamente significativas entre ENSO y la Tmax, Tmin y Pcp en el PV, en ciertas décadas y estaciones. Estas correlaciones son máximas en verano (JAS) en los periodos 1952-1987 para Tmax y Tmin y en 1957-2003 para la Pcp. Los valores mayores de correlación obtenidos se sitúan por debajo de los -0.8 para la Tmax, y los -0.7 para la Tmin. En el caso de la Pcp, las correlaciones son positivas y alcanzan los 0.7. Estas fuertes correlaciones dependen del área del Pacífico Ecuatorial que se estudie. Para la Tmax y la Tmin, las correlaciones significativas aparecen en los dos índices de El Niño analizados, pero las mayores se centran en El Niño 3.4, es decir, en el área central del Pacífico Ecuatorial. Sin embargo, en el caso de la Pcp, las correlaciones más fuertes aparecen en la zona más este de la cuenta, relacionadas con el índice de El Niño 1.2.

Centrándonos en el mecanismo que explica esta teleconexión, encontramos distintos resultados para las Tmax y Tmin, y para la Pcp. En el caso de la Tmax y la Tmin, una teleconexión tipo CGT parece explicar la relación entre un ENSO central y la variabilidad en estas variables en el PV. Sin embargo, una teleconexión tipo TNH, es la que parece ser responsable de la relación entre un ENSO del este y la variabilidad de la Pcp en el PV.

Teniendo en cuenta la bien conocida no linealidad de la influencia de ENSO sobre Europa, analizamos al detalle la relación entre El Niño o La Niña y la variabilidad en el PV por separado. Los resultados muestran que en el caso de la Tmax, la influencia de ENSO es lineal en verano (JAS), de manera que El Niño y La Niña presentan consecuencias opuestas en la variabilidad de esta variable en el PV. El Niño (La Niña) está relacionado con anomalías negativas (positivas) en la Tmax. Sin embargo, para la Tmin y la Pcp, no encontramos un comportamiento lineal. Los años con Tmin más fría de lo normal en la zona de estudio, se pueden relacionar con años en el que se produce El Niño, pero no parece existir relación entre los años con Tmin más cálida de lo normal y años en que se produce La Niña. Del mismo modo, los años más húmedos (mayor cantidad de Pcp) se pueden relacionar con El Niño, pero no los más secos (menor cantidad de Pcp) con La Niña.

Estos resultados podrían ayudar a mejorar las previsiones estacionales en la zona. Sin embargo, se deben realizar más estudios para probar estos resultados, como profundizar en el comportamiento de los extremos o verificar la utilidad de los mismos en un modelo de pronóstico estacional real.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a AEMET y a la UC por los datos proporcionados para la realización de este trabajo (rejilla Spain02, <http://www.meteo.unican.es/datasets/spain02>).

REFERENCIAS

- Branstator, G. (2002). Circumglobal teleconnections, the jet stream waveguide, and the North Atlantic Oscillation. *Journal of Climate*, 15(14), 1893-1910. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<1893:CTTJSW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<1893:CTTJSW>2.0.CO;2)
- Brönnimann, S. (2007). Impact of El Niño-Southern Oscillation on European climate. *Rev. Geophys.*, 45(3), RG3003-. <https://doi.org/10.1029/2006RG000199.1>.INTRODUCTION
- Bulić, I. H., & Kucharski, F. (2012). Delayed ENSO impact on spring precipitation over North/Atlantic European region. *Climate Dynamics*, 38(11-12), 2593-2612. <https://doi.org/10.1007/s00382-011-1151-9>
- Capa-Morocho, M., Rodríguez-Fonseca, B., & Ruiz-Ramos, M. (2014). Crop yield as a bioclimatic index of El Niño impact in Europe: Crop forecast implications. *Agricultural and Forest Meteorology*, 198-199, 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.07.012>
- Dommenget, D., Bayr, T., & Frauen, C. (2013). Analysis of the non-linearity in the pattern and time evolution of El Niño southern oscillation. *Climate Dynamics*, 40(11-12), 2825-2847. <https://doi.org/10.1007/s00382-012-1475-0>
- Fraedrich, K. (1994). An ENSO impact on Europe? *Tellus A*. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0870.1994.00015.x>
- Herrera, S., Gutiérrez, J. M., Ancell, R., Pons, M. R., Frías, M. D., & Fernández, J. (2012). Development and analysis of a 50-year high-resolution daily gridded precipitation dataset over Spain (Spain02). *International Journal of Climatology*, 32(1), 74-85. <https://doi.org/10.1002/joc.2256>
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., ... Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
- Kiladis, G. N., & Diaz, H. F. (1989). Global Climatic Anomalies Associated with Extremes in the Southern Oscillation. *Journal of Climate*. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1989\)002<1069:GCAAWE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1989)002<1069:GCAAWE>2.0.CO;2)
- López-Parages, J., & Rodríguez-Fonseca, B. (2012). Multidecadal modulation of El Niño influence on the Euro-Mediterranean rainfall. *Geophysical Research Letters*, 39(2), 1-7. <https://doi.org/10.1029/2011GL050049>
- Mills, G. F. (1995). Principal Component Analysis of precipitation and rainfall regionalization in Spain. *Theoretical and Applied Climatology*, 50(3-4), 169-183. <https://doi.org/10.1007/BF00866115>
- Mo, K. C., & Livezey, R. E. (1986). Tropical-Extratropical Geopotential Height Teleconnections during the Northern Hemisphere Winter. *Monthly Weather Review*. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1986\)114<2488:TEGHTD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1986)114<2488:TEGHTD>2.0.CO;2)
- Munoz-Díaz, D., & Rodrigo, F. S. (2004). Impacts of the North Atlantic Oscillation on the probability of dry and wet winters in Spain. *Climate Research*, 27(1), 33-43. <https://doi.org/10.3354/cr027033>
- Muñoz-Díaz, D., & Rodrigo, F. S. (2004). Spatio-temporal patterns of seasonal rainfall in Spain (1912 – 2000) using cluster and principal component

- analysis : comparison. *Annales Geophysicae*, 22, 1435-1448.
<https://doi.org/10.5194/angeo-22-1435-2004>
- Pozo-Vázquez, D., Esteban-Parra, M. J., Rodrigo, F. S., & Castro-Díez, Y. (2001). The Association between ENSO and Winter Atmospheric Circulation and Temperature in the North Atlantic Region. *Journal of Climate*, 14(16), 3408-3420. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<3408:TABEAW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<3408:TABEAW>2.0.CO;2)
- Rayner, N. A., Parker, D. E., Horton, E. B., Folland, C. K., Alexander, L. V., & Rowell, D. P. (2003). Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *Journal of Geophysical Research*. <https://doi.org/10.1029/2002JD002670>
- Sáenz, J., Zubillaga, J., & Rodríguez-Puebla, C. (2001). Interannual winter temperature variability in the north of the Iberian Peninsula. *Climate Research*, 16(3), 169-179. <https://doi.org/10.3354/cr016169>
- Vicente-Serrano, S. M. (2005). El Niño and La Niña influence on droughts at different timescales in the Iberian Peninsula. *Water Resources Research*, 41(12), 1-18. <https://doi.org/10.1029/2004WR003908>
- Yu, B., Zhang, X., Lin, H., & Yu, J. Y. (2015). Comparison of Wintertime North American Climate Impacts Associated with Multiple ENSO Indices. *Atmosphere - Ocean*, 53(4), 426-445.
<https://doi.org/10.1080/07055900.2015.1079697>
- Zhang, W., Wang, Z., Stuecker, M. F., Turner, A. G., Jin, F.-F., & Geng, X. (2018). Impact of ENSO longitudinal position on teleconnections to the NAO. *Climate Dynamics*, 0(0), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4135-1>