

XXXIV Jornadas Científicas de la Asociación Meteorológica Española (Teruel, 29 febrero – 2 marzo 2016)

ISBN 978-84-617-5240-9

Caracterización sinóptica de los regímenes estacionales de precipitación en observatorios de series largas

Torrijo Murciano, Ricardo⁽¹⁾, Lomas González, Alejandro⁽²⁾, López Díaz, José Antonio⁽³⁾

⁽¹⁾ AEMET, C/La Plata, 25, 45071, Toledo, ratorrijom@aemet.es, ⁽²⁾ AEMET, C/Leonardo Prieto Castro, 8, C. Universitaria, 28071 Madrid, alomasg@aemet.es, ⁽³⁾ AEMET, C/Leonardo Prieto Castro, 8, C. Universitaria, 28071 Madrid, jlopezd@aemet.es

Introducción y justificación del trabajo

En un trabajo publicado en las Jornadas de la AME de Oviedo se relacionó el incremento de la temperatura que la península ibérica viene experimentando en verano los últimos decenios con cambios en la circulación atmosférica, relacionados con el debilitamiento del anticiclón de las Azores (Lomas et al., 2014).

En esta misma línea se pretende utilizar este artículo para relacionar cambios en la circulación con variaciones en la cantidad y distribución anual de precipitación. No hay que olvidar que las escasas e irregulares precipitaciones en la Península son un factor determinante desde el punto de vista social y medioambiental.

Partimos de los informes del IPCC que apuntan a cambios en la circulación atmosférica y en los índices de variabilidad climática, tanto en la presión al nivel del mar, viento, altura geopotencial y otras variables. Se destaca la importante variabilidad multidecadal de la circulación atmosférica de gran escala sobre el Atlántico. De la misma forma, se han encontrado disminuciones de la altura geopotencial en las altas latitudes de ambos hemisferios y un incremento en latitudes medias para el invierno boreal (IPCC. (2013))

Variabilidad estacional de la precipitación peninsular

Aunque de momento no parece haber una tendencia clara en la cantidad de precipitación anual, lo que si muestran diversos estudios es una tendencia al cambio de distribución estacional de la precipitación. (De Castro et al. (2005))

Los diagramas triangulares (López, 2015) constituyen una excelente herramienta para estudiar la evolución de dicha distribución. Debido a la gran variabilidad de la precipitación peninsular y a los frecuentes ciclos secos y húmedos que la caracterizan, sólo una consideración de los datos de precipitación registrados en períodos largos de tiempo puede arrojar luz sobre el tema. En la siguiente representación se han utilizado series que tienen datos de precipitación al menos desde 1850:

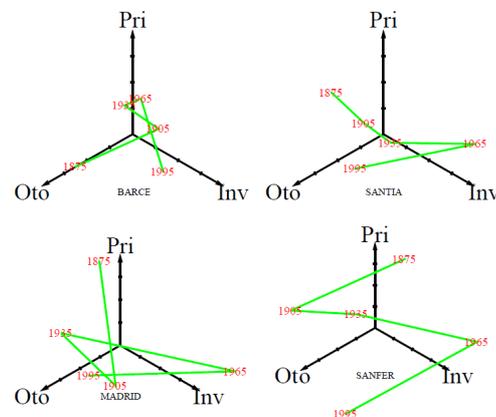


Fig. 1. Diagramas triangulares mostrando la evolución secular de la distribución de la precipitación estacional en cuatro observatorios peninsulares con series largas elaborados en base a los datos del banco nacional de datos climatológicos de AEMET. Se han usado como ejes de coordenadas las desviaciones, en porcentaje, del peso de la precipitación en cada una de las tres estaciones representadas, respecto de su contribución al valor total de la suma de otoño, invierno y primavera. Para que los vectores sumen cero, se ha restado a cada componente un 33.3%. Cada punto representa el trentenio cuyo año central se muestra y cada unidad marcada en los ejes representa el 10% de variación.

Se observa en Barcelona una compleja evolución que requeriría un detallado análisis teniendo en cuenta los diferentes tipos de tiempo que pueden dar lugar a situaciones lluviosas. En Madrid y Santiago se registran variaciones del peso del otoño y la primavera y una tendencia a largo plazo en la disminución primaveral de la precipitación, aunque con algunos trentenios en que se producen un aumento.

Sin embargo es en San Fernando donde se ve mejor una clara y progresiva tendencia a la disminución de la lluvia primaveral. Esta observación es interesante, ya que la precipitación del SW peninsular esta muy estrechamente ligada a la llegada de borrascas atlánticas de componente S y W (Capel Molina, 1981).

Estudio del periodo 1951-2010

Para poder analizar lo ocurrido desde el punto de vista sinóptico nos vamos a centrar en los últimos 60 años. Se ha elegido ese período por disponer de datos suficientemente buenos y comparables al reanálisis de NCEP, cuyos datos llegan hasta los años 50 (Kalnay et al. 1996). Iremos analizando por estaciones. Comenzaremos con la Primavera.

Período 1951-2010: primavera

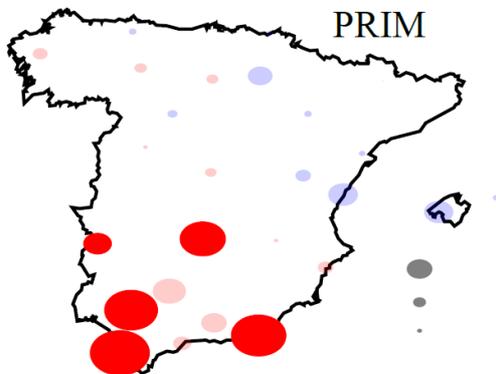


Fig. 2. Tendencia de precipitación en primavera entre 1951 y 2010 elaborada en base a los datos del la banco nacional de datos climatológicos de AEMET. El tamaño de la elipse es proporcional a la magnitud de la tendencia. Las tres elipses grises de la esquina SE muestran la escala de las tendencias relativas en un período de 100 años: 50, 20, 10. Por otro lado, la opacidad es proporcional a su significación estadística, 5% para las más oscuras y 10% para las más claras.

El gráfico anterior muestra la tendencia de precipitación en primavera entre 1951 y 2010. A grandes rasgos se observa una tendencia a primaveras algo más lluviosas hacia el NE y a primaveras bastante más secas hacia el SW. Para tratar de dar una explicación sinóptica, nos

centraremos en los cambios medios en los patrones de presión entre 1951-80 y 1981-2010.

En realidad estudiar la tendencia entre 1951-2010 y la diferencia de lo que ocurre entre los dos períodos anteriormente señalados no se trata del mismo concepto, pero en la práctica, desde el punto de vista cualitativo, es algo similar cuando la tendencia es marcada y significativa:

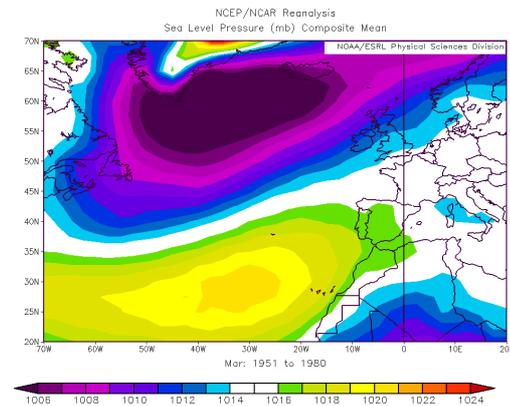


Fig. 3. Mapa de presión media en marzo entre 1951 y 1980. Fuente: Reanálisis tomado de NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, de su página web en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>

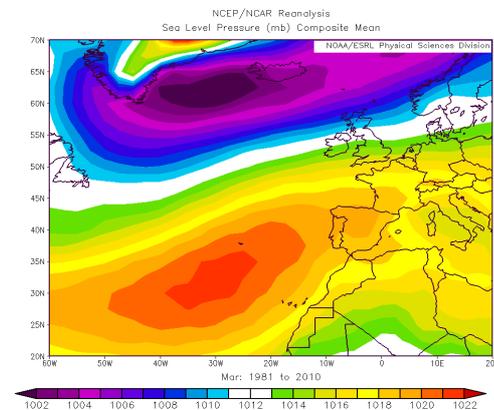


Fig. 4. Mapa de presión media en marzo entre 1981 y 2010. Fuente: Reanálisis tomado de NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, de su página web en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>

Lo que se observa en el último trentenio es un estrechamiento de la baja islandesa, que se encoge por su mitad meridional, con una profundización y desplazamiento hacia el norte del centro de bajas presiones. Por su lado el anticiclón de Azores tiende a expandirse y desplazar su centro hacia el NE. Como resultado hay un aumento de la cuña de alta presión que se extiende hacia el SW peninsular.

Es posible que dicha evolución se haya mantenido mucho más atrás en el tiempo y justifique la

tendencia negativa a la precipitación en San Fernando desde el siglo XIX. La evolución de la situación sinóptica es también coherente con vientos del oeste más intensos en zonas de Europa más septentrionales y con un desplazamiento hacia el norte e intensificación del chorro. A su vez, la profundización de la baja islandesa y la expansión y desplazamiento hacia el NE del anticiclón de las Azores, se corresponde con un valor medio de la NAO más elevado, ya que aumentan las presiones medias sobre Azores y disminuyen sobre Islandia.

Es interesante pues analizar la relación entre las series de precipitación y el índice de la NAO. Por otro lado, diversas investigaciones apuntan a que el Océano Atlántico es un importante factor para la variabilidad del clima en Europa en escalas multidecadales y que la variaciones en el AMO pueden ocasionar impactos en el clima europeo (Sutton et al., 2010). Recuérdese que “la oscilación multidecadal atlántico (AMO), representa los patrones de oscilación multidecadal de la temperatura en el Atlántico Norte y los registros instrumentales muestran que, en comparación con la temperatura media del resto de los océanos, la temperatura del Atlántico Norte oscila entre periodos cálidos y fríos que suelen durar varias décadas” (Sutton et al., 2010). Así que también hemos incorporado el índice AMO en la comparación con la precipitación.

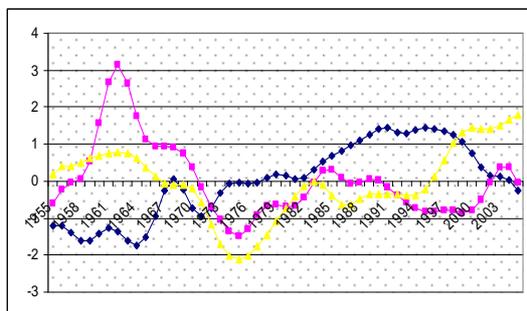


Fig. 5. Correlación de marzo entre el índice NAO (azul), la precipitación de enero en San Fernando (rojo) y el índice AMO sin suavizar ni quitar tendencia (amarillo). A las series se le ha aplicado un filtro gaussiano de 10 intervalos. Las series de datos provienen del banco nacional de datos climatológicos de AEMET. Los valores medios del índice NAO han sido tomados de: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlin/pna/nao.shtml>

Para el AMO se ha usado los datos de la versión, sin suavizar y sin quitar tendencia, de los valores medios para el Atlántico, desde 1856, del la NOAA ERSST V2 interpolada en un grid de 5x5: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/AMO/>

Al analizar el gráfico anterior podemos apuntar por un lado que a largo plazo la tendencia a la disminución de las precipitaciones en San Fernando se corresponde con una tendencia al

aumento del índice NAO, aunque si nos fijamos en periodos de menor duración la correlación no es tan clara.

Lo que nos llama poderosamente la atención es el acoplamiento entre el índice AMO y las precipitaciones en San Fernando. A largo plazo las tendencias son incluso contrarias, pero al reducir la ventana de observación los periodos de oscilación son sorprendentemente similares e incluso entre mediados de los 60 y de los 90 ambas series parecen oscilar con la misma frecuencia y con la misma magnitud de una forma llamativa. Debemos hacer aquí esbozar la hipótesis de que, en ese período, ambas variables respondan a un mismo forzamiento de forma parecida.

A continuación analizaremos la situación en otoño.

Periodo 1951-2010: otoño

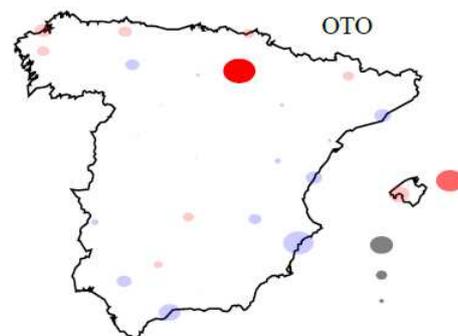


Fig. 6. Tendencia de precipitación en otoño entre 1951 y 2010 elaborada en base a los datos del la banco nacional de datos climatológicos de AEMET. El tamaño de la elipse es proporcional a la magnitud de la tendencia. Las tres elipses grises de la esquina SE muestran la escala de las tendencias relativas en un período de 100 años: 50, 20, 10. Por otro lado, la opacidad es proporcional a su significación estadística, 5% para las más oscuras y 10% para las más claras.

Siguiendo el mismo análisis que para la primavera, en otoño observamos evoluciones poco marcadas, salvo en contados observatorios. Excepto en Cantábrico y Baleares, hay una ligera tendencia al aumento de la pluviosidad. Destaca la marcada y definida tendencia negativa en el observatorio de Burgos, tan diferente de su entorno.

Al realizar la comparación sinóptica, de los patrones medios 1951-80 y 1981-2010, queda:

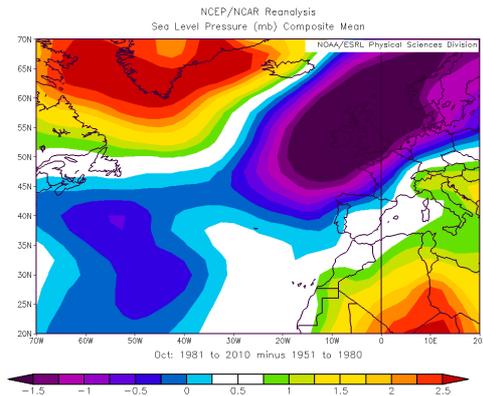


Fig. 7. Mapa de diferencia de presión media entre 1981-2010 y 1951-80. Fuente: Reanálisis tomado de NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, de su página web en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>

Se observa, al contrario que en el caso de la primavera, una tendencia a la disminución de presión en el extremo norte peninsular y pocos cambios en el resto. Dicha disminución de presión no tiene por que corresponderse con un aumento de la precipitación, ya que esta situación se podría asociar con una mayor frecuencia de vientos de componente sur en la costa cantábrica, lo que esta de acuerdo con el descenso de la pluviosidad en dicha zona.

Si nos fijamos en Sevilla, donde se observa una tendencia al alza y cuya relación con la llegada de las bajas atlánticas, observamos la existencia de una marcada tendencia positiva al aumento de la precipitación desde principios de los años 70.

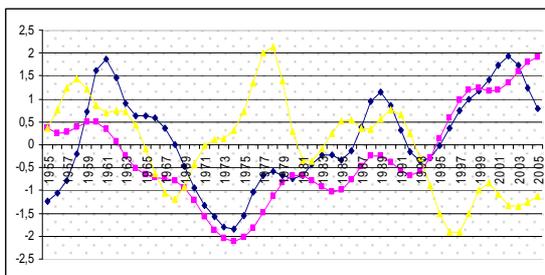


Fig. 8. Correlación de otoño entre el índice AMO no corregido (azul) y la precipitación en Sevilla (rojo) y el índice NAO (amarillo). A las series se le ha aplicado un filtro gaussiano de 10 intervalos. Los datos de las series están tomados del banco nacional de datos climatológicos de AEMET.

Valores medios del índice NAO han sido tomados de: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml>

Para el AMO se ha usado los datos de la versión, sin suavizar y sin quitar tendencia, de los valores medios para el Atlántico, desde 1856, de la NOAA ERSST V2 interpolada en un grid de 5x5: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/AMO/>

En cuanto al índice NAO, hay una ligera tendencia al descenso, ya que tanto en Azores como en Islandia se produce un aumento de presión, pero es mayor en esta última isla. De nuevo aquí nos preguntamos sobre la evolución de la precipitación en relación al índice de la NAO y al AMO.

A la inversa de lo que ocurría en primavera, encontramos a largo plazo tendencia al aumento de la precipitación otoñal en Sevilla. Dicho aumento también se corresponde con una tendencia inversa, en este caso a la disminución, del índice NAO. Aunque si nos fijamos en periodos de menor duración la correlación no es tan clara.

Llama de nuevo poderosamente la atención es el acoplamiento entre el índice AMO y las precipitaciones en Sevilla, ya que ambas series parecen oscilar con la misma frecuencia y con la misma magnitud de una forma sorprendente.

Período 1951-2010: invierno

De nuevo siguiendo el mismo esquema que anteriormente:

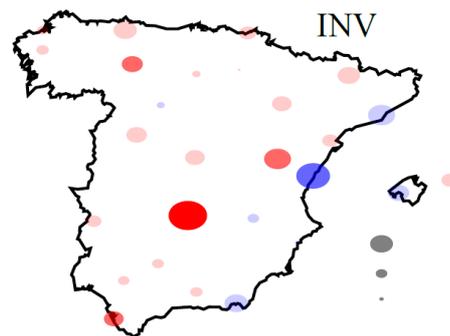


Fig. 9. Tendencia de precipitación en invierno entre 1951 y 2010 elaborada en base a los datos del banco nacional de datos climatológicos de AEMET. El tamaño de la elipse es proporcional a la magnitud de la tendencia. Las tres elipses grises de la esquina SE muestran la escala de las tendencias relativas en un período de 100 años: 50, 20, 10. Por otro lado, la opacidad es proporcional a su significación estadística, 5% para las más oscuras y 10% para las más claras.

Observamos en este caso una ligera tendencia, a la disminución de precipitación en la península, especialmente marcada, curiosamente muy por encima de su entorno, en Ciudad Real. En contraposición, destaca el significativo aumento en Castellón y la tendencia al alza en gran parte de la costa mediterránea.

Si de nuevo analizamos la evolución de una serie en relación con el índice NAO y el AMO, resulta este gráfico:

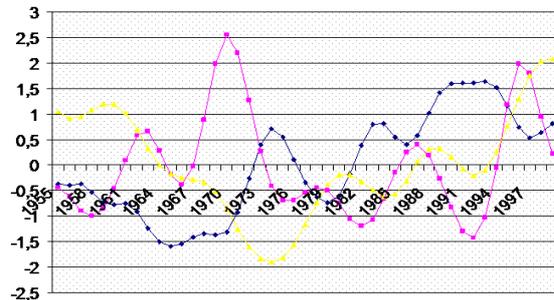


Fig. 10. Correlación de enero entre el índice AMO no corregido (azul) y la precipitación de enero en Sevilla (rojo) y el índice NAO (amarillo). A las series se le ha aplicado un filtro gaussiano de 10 intervalos. Los datos de la NAO y AMO están tomados de la NOAA y las series del banco nacional de datos climatológicos de AEMET.

Valores medios del índice NAO han sido tomados de: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.shtml>

Para el AMO se ha usado los datos de la versión, sin suavizar y sin quitar tendencia, de los valores medios para el Atlántico, desde 1856, del la NOAA ERSST V2 interpolada en un grid de 5x5: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/AMO/>

De nuevo aquí también encontramos correlaciones entre la lluvia y la NAO, pero en este caso el sentido de dichas correlaciones en las últimas décadas, parece ser inverso a lo ocurría en primavera y otoño.

En el caso del índice AMO observamos como al observar períodos más cortos, se ve claramente una tendencia inversa entre la precipitación y dicho índice, aunque la frecuencia de los períodos de oscilación parece estar muy correlacionada. Esto se puede apreciar al ver como coinciden los máximos y mínimos relativos. ¿Por qué el sentido del invierno es contrario a lo que ocurre en otoño y primavera? Sin duda es una pregunta interesante que por el momento no sabemos contestar, aunque se puede argumentar las particularidades de esta estación. En el artículo de Sutton et al., al que hemos hecho referencia anteriormente, se hace un detallado análisis de la relación entre el AMO y la precipitación en Europa entre el período cálido del AMO (1931-1960) y el período frío (1964-1993), pero dicho estudio se circunscribe al verano, otoño y primavera y no al invierno. Se basa para ello en una cita de Frankignoul et al. (2011) en la que se explica que en invierno es difícil distinguir la influencia de la atmósfera en el océano de la del océano en la atmósfera.

Estudio del periodo 1931-1990

Diversas investigaciones han mostrado que el estado cálido del AMO en el período 1931-60, en relación al período frío 1961-90, ha forzado anomalías bajas presiones e incremento de precipitaciones en Europa occidental en verano (Sutton et al, 2007).

Es interesante estudiar dicho período, para ver qué ocurre en las estaciones peninsulares. Al contrario de la tendencia negativa, en los dos últimos trentenios, a la disminución de la pluviosidad en verano, se observa, en el S peninsular, una tendencia al aumento de precipitación entre 1931 y 1990, lo cual es coherente con lo mencionado en el párrafo anterior:

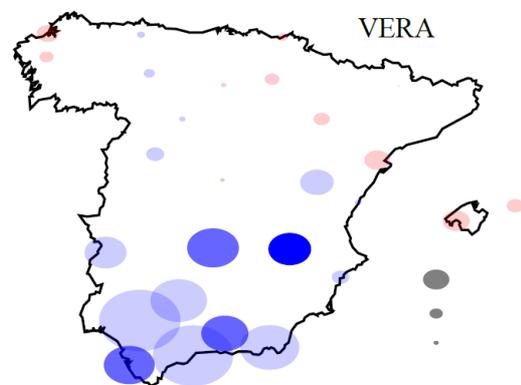


Fig. 11. Tendencia de precipitación en verano entre 1931 y 1990 elaborada en base a los datos del la banco nacional de datos climatológicos de AEMET. El tamaño de la elipse es proporcional a la magnitud de la tendencia. Las tres elipses grises de la esquina SE muestran la escala de las tendencias relativas en un período de 100 años: 50, 20, 10. Por otro lado, la opacidad es proporcional a su significación estadística, 5% para las más oscuras y 10% para las más claras.

Veremos lo que ocurre en primavera en este período de interés:

Período 1931-1990: primavera

En la primavera de este periodo se observa una clara tendencia a la disminución de la lluvia primaveral hacia el SW y una ligera tendencia a aumentar hacia el NE, como ya ocurría entre 1951-2010, aunque ahora observamos un marcado aumento en San Sebastián en primavera.

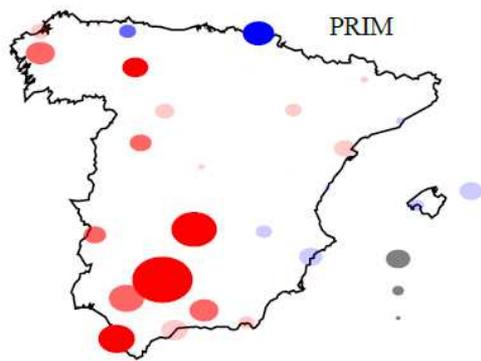


Fig. 12. Tendencia de precipitación en primavera entre 1931 y 1990 elaborada en base a los datos del banco nacional de datos climatológicos de AEMET. El tamaño de la elipse es proporcional a la magnitud de la tendencia. Las tres elipses grises de la esquina SE muestran la escala de las tendencias relativas en un período de 100 años: 50, 20, 10. Por otro lado, la opacidad es proporcional a su significación estadística, 5% para las más oscuras y 10% para las más claras.

Al observar la diferencia de los patrones sinópticos medios, entre el período 1931-60 y el de 1961-90, se aprecia lo siguiente:

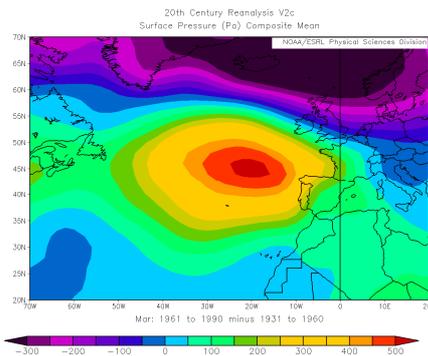


Fig. 13. Mapa de diferencia de presión media en marzo entre 1961-90 y 1931-60. Fuente: Reanálisis tomado del reanálisis para el siglo XX, NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, de su página web en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>

Hemos utilizado el reanálisis NCEP/NCAR para el siglo XX para este ejemplo y con todas las precauciones de retrotraernos tan atrás. Hay que reseñar un marcado aumento de las altas presiones sobre la península, lo que explica la clara tendencia a la disminución de la precipitación. Por otra parte el aumento de la componente NE sobre el golfo de Vizcaya está en consonancia con el aumento de la lluvia en San Sebastián.

Sin embargo, cuando se analizan los otoños e inviernos de este período completo no se ven tendencias claras, aunque el signo de la evolución y/o la magnitud cambia mucho respecto a 1951-2010. Un análisis detallado de la evolución de la

precipitación en otoño en relación al AMO, así como su tendencia positiva las últimas décadas, puede encontrarse en Lomas et al., 2016.

Dificultad al correlacionar NAO y precipitación.

No están claras las causas de las curiosas y estrechas correlaciones entre el índice del AMO y la precipitación. Por otro lado, parece evidente porque se puede asociar una clara correlación inversa entre la NAO y la pluviosidad (aunque esto no es válido en los meses estivales, en que este índice es poco representativo). La expansión y desplazamiento hacia el NE del anticiclón de las Azores, que podemos asociar a un aumento del índice de la NAO, se va a corresponder con una mayor frecuencia de las altas presiones y una disminución de las precipitaciones. Esto es especialmente claro en el SW peninsular, donde la cuña de altas presiones, asociado a un alto índice de la NAO, desplaza hacia el N la llegada de las borrascas atlánticas, que son la principal causa de la precipitación en dicha zona.

Aunque a largo plazo, suele haber correlación inversa en las tendencias, llama la atención las discrepancias entre el índice de la NAO y la precipitación en períodos más cortos. Esto se debe a que hay situaciones sinópticas en las que dicho índice puede ser relativamente alto y dar lugar a intensas precipitaciones y viceversa.

Veremos algunos ejemplos relacionando NAO y precipitación en Sevilla de forma poco esperada. En los dos gráficos siguientes se muestran los mapas medios de presión de dos meses con NAO bastante negativa, enero 1966 (-2.54) y 1970 (-2.26). Pero mientras que enero de 1966 fue poco lluvioso, 78mm, en el de 1970 cayeron 301mm en la capital andaluza. La disposición sinóptica media de los campos de presión nos puede dar una pista. En 1970 se ve una mayor intensidad de los vientos del W en el SW peninsular, pero en 1966 la inclinación media de la parte oriental del anticiclón hacia el N da lugar a un aumento de la curvatura anticiclónica en dicha zona y a un debilitamiento de gradiente bórico:

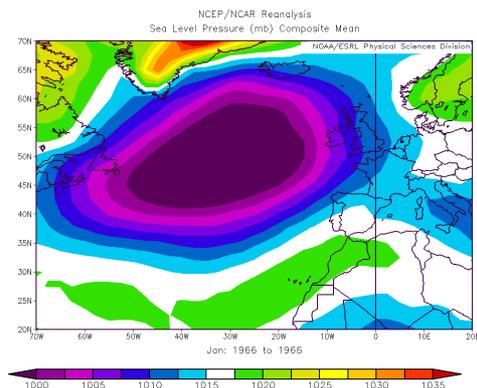


Fig. 14. Mapa media en enero en 1966. Fuente: Reanálisis tomado de NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, de su página web en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>

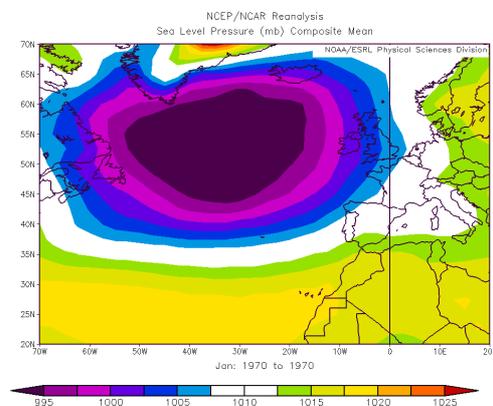


Fig. 15. Mapa media en enero en 1970. Fuente: Reanálisis tomado de NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, de su página web en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>

En 1996 la disposición media de la borrasca desplazada hacia el N en su parte occidental, al contrario de lo que ocurría en 1966, da lugar a una situación propicia para las lluvias (301mm.), pero con índice NAO de sólo -0,65:

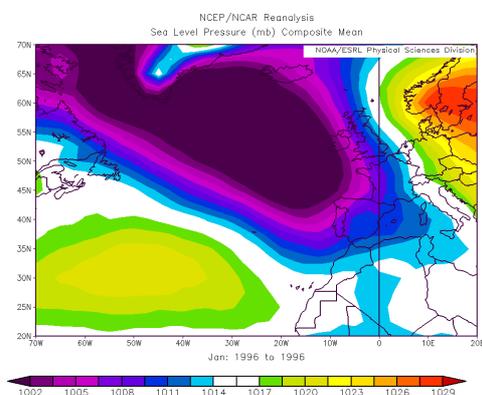


Fig. 16. Mapa media en enero en 1996. Fuente: Reanálisis tomado de NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder,

Colorado, USA, de su página web en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>

Todas estas consideraciones, nos deben de llevar a tomar con cuidado la habitual relación inversa entre el índice de la NAO y la precipitación en períodos no muy largos. Cabe incluso preguntarse si futuros cambios en los patrones de circulación atmosférica podrían dar lugar a la persistencia de ciertas situaciones sinópticas que obligarían a reconsiderar si dicha correlación inversa se va a mantener en un futuro en algunos observatorios y/o en algunas estaciones del año.

Conclusiones

*Hay un marcado descenso secular de las precipitaciones en primavera en el SW de la Península en Primavera. Para otras estaciones y otros lugares de la península, se observan tendencias cambiantes a lo largo del tiempo.

*Dicho descenso tiene una relación a largo plazo con la el aumento del índice NAO, pero se observa una mejor similitud con la evolución y los periodos de oscilación de la AMO.

*En otoño e invierno no se observan cambios significativos, a largo plazo, ni en las configuraciones sinópticas medias, ni en la precipitación en las últimas décadas. Aunque, en períodos más cortos, se deducen interesantes tendencias y correlaciones.

*Excepto en la franja mediterránea, en el invierno se observa, en las últimas décadas, un aumento del índice de la NAO que no se refleja en un descenso de la precipitación. Esto se explica porque la correlación entre el índice de la NAO y los patrones sinópticos que dan más precipitación no siempre se ajustan.

Referencias

Capel Molina, J.J. “Los climas de España”. Oikos Tau, 1981. p. 370.

De Castro, M., Martín-Vide, J., Alonso, S. El Clima de España: pasado, presente y escenarios del clima para el siglo XXI. En: J.M. Moreno (Ed.), Evaluación Preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Ministerio de Medio Ambiente. pp. 1-64. 2005. pp. 18 y 23.

Kalnay et al (1996).The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437-470.

IPCC. (2013), Climate Change 2013. The Physical Science Bases. Cap 2, p. 223.

Frankignoul, C., Nadine C., Zhengyu L., Estimating the Observed Atmospheric Response to SST Anomalies: Maximum Covariance Analysis, generalized Equilibrium Feedback Assessment, and Maximum Response Estimation. J. Climate, 24, pp. 2523-2539. (2011)

Lomas González, A., Torrijo Murciano, R. “Estudio sobre la evolución de la temperatura en verano en varios observatorios españoles y su relación con cambios en la circulación general atmosférica”. XXXIII Jornadas del AME, Oviedo. Abril de 2014

Lomas González, A., Torrijo Murciano, R. “Análisis de la precipitación de otoño en varios observatorios durante las últimas décadas y su relación con los cambios de la circulación atmosférica”. XXXIV Jornadas del AME, Teruel. Abril de 2016.

López, J.A. (2015), “Cambios en los regímenes pluviométricos estacionales en España”. Calendario Meteorológico 2016. Agencia Estatal de Meteorología, pp. 283-287.

Sutton, R. and Dong, B. (2012) Atlantic Ocean influence on a shift in European climate in the 1990s. Nature Geoscience, 5, pp. 788-792., ISSN 1752-0908. p. 788. Disponible en: <http://centaur.reading.ac.uk/30109/>.