

RECONSTRUCCIÓN DE PATRONES DE VARIABILIDAD A GRAN ESCALA EN EL ATLÁNTICO NORTE A PARTIR DE CRONOLOGÍAS

J. Fidel GONZÁLEZ-ROUCO*, Eduardo ZORITA*,
Julie JONES* y Francisco VALERO**

*GKSS-Forschungszentrum, Max-Planck. Geesthacht, Alemania

**Dpto. Astrofísica y CC. Atmósfera. Facultad CC. Físicas. UCM.

RESUMEN

Se ha estudiado la relación entre datos dendrocronológicos y las presiones a nivel del mar y la temperatura en el Atlántico Norte, así como la precipitación en la Península Ibérica. Las relaciones obtenidas permiten llevar a cabo reconstrucciones de la variabilidad de la Oscilación del Atlántico Norte en el periodo 1700 a 1970.

Palabras clave: NAO, cronologías, reconstrucciones.

ABSTRACT

Reconstructions of the North Atlantic Oscillation for the period 1700 to 1970 are undertaken through studying the relationships between tree-ring chronologies and sea-level pressure and temperature in the North Atlantic and precipitation in the Iberian Peninsula.

Key words: NAO, tree-ring chronologies, reconstructions.

1. INTRODUCCIÓN

La Oscilación del Atlántico Norte (NAO) es uno de los principales modos de variabilidad de la circulación atmosférica invernal en el Atlántico Norte (LAMB y PEPPLER, 1987; ROGERS, 1990). Su intensidad se expresa aproximadamente por las diferencias de presión a nivel del mar entre Islandia y Azores (ROGERS, 1984) y se sabe que está fuertemente relacionada con anomalías de precipitación y temperatura en el Hemisferio Norte (WALLACE *et al.*, 1990; HURREL, 1995).

D'ARRIGO *et al.* (1993) mostró que datos dendrocronológicos de Escandinavia responden a variaciones en el índice de la NAO y COOK *et al.* (1998) hicieron reconstrucciones del mismo para el periodo 1700 a 1980. En este trabajo se ha abordado la reconstrucción de la intensidad de la NAO en

registros de presiones a nivel del mar y temperatura en el Hemisferio Norte, así como su impacto en la precipitación en la Península Ibérica en el período 1700 a 1980. Las técnicas utilizadas permiten no sólo la reconstrucción de un índice que expresa la intensidad del fenómeno sino también asociar patrones espaciales que ofrecen una perspectiva regional del mismo.

2. DATOS

Se han utilizado medias invernales de tres variables climáticas (presión, temperatura y precipitación) y cronologías arbóreas como datos proxy.

Los datos de Presión atmosférica media a Nivel del Mar (PNM, JONES, 1987) abarcan el intervalo temporal 1873 a 1995 y se distribuyen espacialmente en una red de 5° lat x 10° lon. (Figura 1a). Las temperaturas en superficie (TS, PARKER *et al.*, 1994) recorren el intervalo 1874 a 1998, con una red de 5° lat. x 5° lon. (Figura 2a). Para la precipitación en la Península Ibérica se ha utilizado la base de datos SED (Southwestern European Dataset; GONZALEZ-ROUCO *et al.*, 1998) constituida por 92 estaciones con registros en el período 1899 a 1989.

Los datos proxy están constituidos por un conjunto de 268 cronologías distribuidas por el este de USA y Eurasia, todas ellas con registros en el período 1700 a 1970. Las cronologías fueron proporcionadas por la NOAA y forman parte del International Tree-Ring Data Bank (ITRDB) al que contribuyen numerosos autores (COOK *et al.*, 1998).

3. METODOLOGÍA

Se ha considerado por separado cada una de las variables climáticas descritas en el apartado anterior junto con las cronologías, permitiendo así desarrollar un índice que expresa la evolución temporal de la NAO en cada caso.

Aunque el índice de la NAO se define habitualmente como la diferencia de PNM entre Islandia y Azores, la estructura espacial asociada a éste es muy similar a la primera Función Empírica Ortogonal (EOF, PREISENDORFER, 1988) del campo de PNM. Por esta razón hemos definido en este trabajo la NAO como la primera EOF de ésta variable. Este tratamiento es más objetivo y permite llevar a cabo reconstrucciones en las que se tiene en cuenta el comportamiento de la variable en toda la región seleccionada del Atlántico Norte y no sólo las diferencias entre dos puntos del mismo.

Las cronologías utilizadas han sido desarrolladas por diferentes autores y a partir de diferentes especies de árboles. Esto hace que sea probable que gran parte de las cronologías no se relacionen bien con la NAO. En la realización de reconstrucciones se seleccionaron aquellas cronologías que presentaban mayor correlación con la primera EOF de la variable estudiada, aislando así aquellos árboles más sensibles a la NAO. Se dividieron los datos en dos subconjuntos, uno destinado a la calibración del modelo de reconstrucción y otro a su validación. Seguidamente se filtraron los datos llevando a cabo un Análisis de Componentes Principales (ACP, PREISENDORFER, 1988); se aplicó a las componentes principales resultantes un Análisis de Correlación Canónica (ACC, VON STORCH y NAVARRA, 1995) obteniéndose así las combinaciones lineales de componentes principales (com-

ponentes canónicas) que muestran mayor asociación entre la variable climática y las cronologías. La serie canónica correspondiente al primer vector canónico de la variable climática muestra en este caso las variaciones en la intensidad de la NAO durante el período instrumental; la correspondiente al vector canónico de las cronologías representa el efecto de la NAO en el crecimiento de los árboles. Dicha serie es la que se reconstruye para el período 1700 a 1970, obteniéndose así estimaciones de la evolución de la NAO durante la época preindustrial. Esta reconstrucción se lleva a cabo minimizando el error del ajuste lineal (VON STORCH y NAVARRA, 1995) entre el vector canónico de las cronologías y la base de datos original de las mismas en cada instante de tiempo.

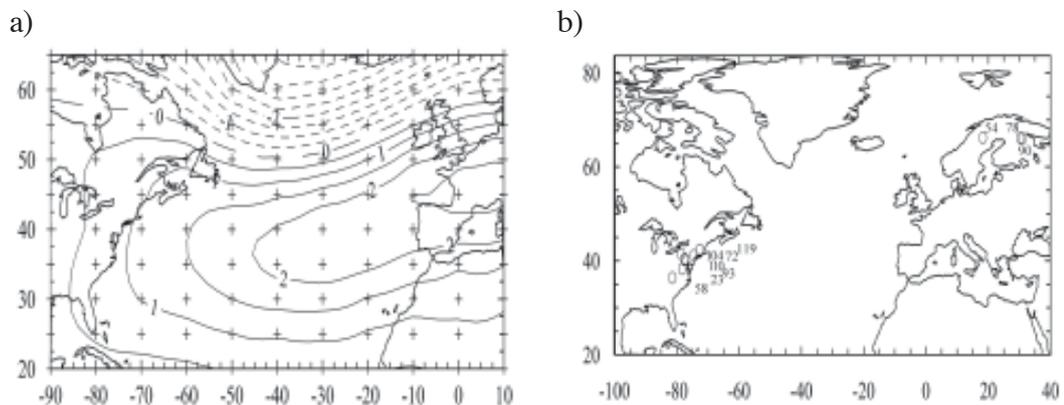


Figura 1: Primer par de vectores canónicos obtenido del análisis de las PNM (a) sobre el Atlántico Norte y (b) 10 cronologías. El período de calibración seleccionado es 1873 a 1930, el valor de la correlación canónica 0.55 y las varianzas explicadas 28% y 22% en las PNM y las cronologías, respectivamente. Se retuvieron 2 EOFs en cada caso.

4. RESULTADOS

El análisis conjunto de la PNM y las cronologías en el período 1873 a 1930 proporciona el par de vectores canónicos que se muestra en la Figura 1, con valor de correlación canónica de 0.55. El patrón de la PNM (Fig. 1a) muestra la distribución de anomalías de presión sobre el Atlántico característica de la NAO (HURREL, 1995). Cuando la intensidad de ocurrencia de este patrón es alta existe un mayor flujo zonal y viceversa. La componente canónica correspondiente presenta correlación de 0.86 con el índice de la NAO. Las cronologías que muestran mayor asociación con la primera EOF se concentran en el este de USA y norte de Europa y el vector canónico correspondiente (Fig. 1b) presenta valores positivos de crecimiento de los árboles en estas zonas. Esta asociación parece razonable pues el patrón de PNM induce flujos de aire oceánico, templado y húmedo sobre la costa este de USA y el norte de Escandinavia que favorece precipitaciones y temperaturas suaves y, por tanto, anomalías positivas en el crecimiento.

La Figura 2 muestra los patrones resultantes del análisis de la TS y las cronologías en el periodo 1885 a 1930 (correlación canónica 0.57). El patrón de la TS (Figura 2a) presenta anomalías negativas sobre Groenlandia y positivas sobre el norte de Europa, características del “seesaw” (HURREL, 1995) asociado a la NAO. En el Atlántico Norte occidental (oriental) aparecen anomalías de temperatura

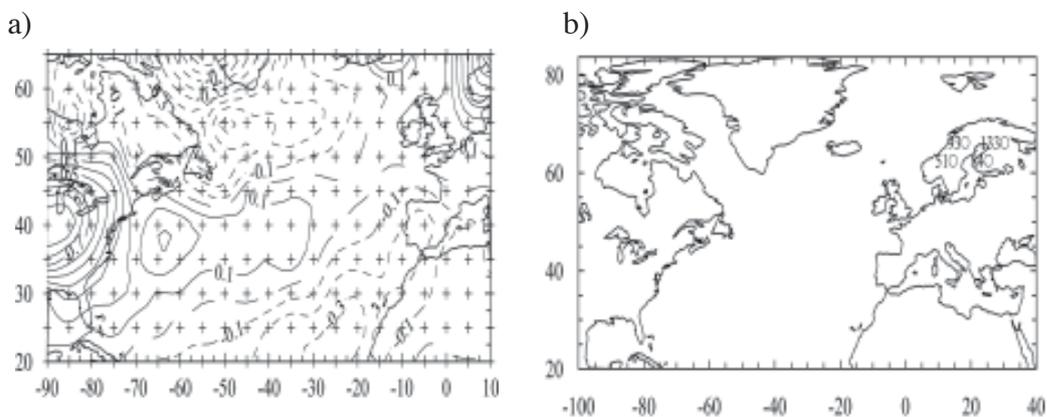


Figura 2: Primer par de vectores canónicos obtenido del análisis de las temperaturas (a) sobre el Atlántico Norte y (b) 4 cronologías. El período de calibración seleccionado es 1885 a 1930, el valor de la correlación canónica 0.57 y las varianzas explicadas en las temperaturas y las cronologías 13 % y 39%, respectivamente.

positivas (negativas), asociadas a flujos de aire templado (frío) oceánico (continental), de acuerdo con la Figura 1a. La componente canónica asociada presenta correlación 0.6 con el índice de la NAO y 0.68 con la correspondiente al patrón de la Figura 1a. Las cronologías más sensibles a esta variabilidad se concentran de nuevo sobre el Norte de Europa y presentan valores de crecimiento positivos asociados al patrón anterior

El ACC de la base de datos SED y las cronologías en el período 1900 a 1940 proporciona los vectores canónicos que se presentan en la Figura 3 (correlación 0.50). El vector canónico de SED presenta anomalías negativas sobre toda la Península Ibérica (ZORITA *et al.*, 1992) y la componente canónica asociada al mismo muestra correlaciones de 0.57, 0.62 y 0.45 con el índice de la NAO y las series

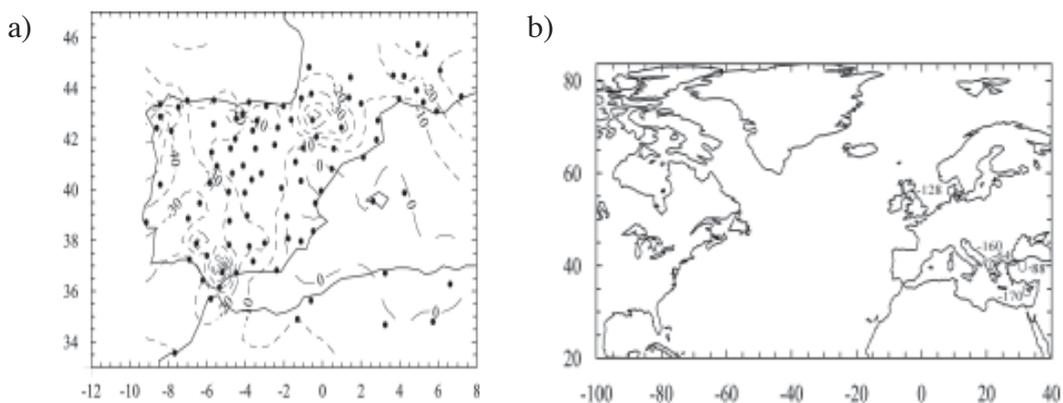


Figura 3: Primer par de vectores canónicos obtenido del análisis de la precipitación (a) y (b) 5 cronologías. El período de calibración seleccionado es 1900 a 1940, el valor de la correlación canónica 0.50 y las varianzas explicadas en la precipitación y las cronologías 51 % y 52 %, respectivamente.

canónicas de los vectores de las Figuras 1a y 1b, respectivamente, en acuerdo con los razonamientos anteriores. Las cronologías que muestran mejor relación con la primera EOF de SED se encuentran en este caso en el Mediterráneo oriental y Escocia (Figura 3b) y presentan también anomalías de crecimiento negativas asociadas al patrón anterior.

La Figura 4a muestra las componentes canónicas en los períodos de ajuste y calibración resultantes del ACC de las PNM y las cronologías y en la Figura 4b las correspondientes al ACC con la TS. La Fig. 4c muestra, para una mejor visualización, las series canónicas de la PNM y la temperatura. La correlación en el período de validación es 0.6 en el primer caso y 0.49 en el segundo. El aumento de la correlación en el período de validación respecto al de calibración en el caso de la PNM se debe a una intensificación de la relación entre la NAO y las cronologías. Se puede apreciar que las componentes correspondientes a las cronologías reproducen la variabilidad de la PNM y la TS en diferentes escalas de tiempo.

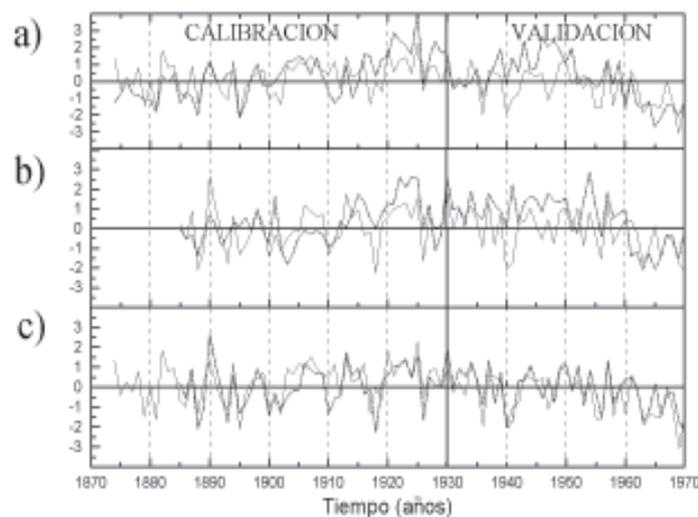


Figura 4: Componentes canónicas correspondientes a los vectores canónicos de a) la PNM en el Atlántico Norte (línea continua) y las cronologías (puntos) y b) la temperatura en el Atlántico Norte (línea continua) y las cronologías (puntos). c) Componentes canónicas de la PNM (continua) y la temperatura (puntos)

La correlación entre las componentes canónicas de SED y las cronologías (no mostradas aquí) en el período de validación es 0.46. La correlación entre las series canónicas de las cronologías de las Fig. 4a y 4b (líneas de puntos) es 0.52. Entre estas cronologías y la correspondiente a SED no existe correlación significativa. Esto puede ser debido a la menor correlación canónica obtenida en el ACC de SED y las cronologías (0.47) indicativa de una señal más débil en las mismas. Es por este motivo que no se presentan las series temporales correspondientes a la precipitación en este trabajo. Sin embargo, la existencia de relaciones conocidas entre el patrón de la Fig. 3a y los de la Fig. 1a y Fig. 1b (ZORITA *et al.*, 1992) permite inferir variaciones en la intensidad del primero en función de la de los segundos a lo largo del tiempo.

La Fig. 5 muestra la reconstrucción de las series canónicas de las cronologías correspondientes a los patrones de las Fig. 1a y 1b en el período 1700 a 1970 (medias móviles de 10 términos). Estas series son indicativas de las oscilaciones en la intensidad de la NAO en dicho período. Podemos

apreciar que ambas reconstrucciones, a pesar de no utilizar exactamente las mismas cronologías y ser deducidas a partir de relaciones con variables diferentes, coinciden razonablemente en los períodos de alta y baja intensidad, aunque producen evaluaciones diferentes de la amplitud de la misma en ocasiones. Ambas reconstrucciones coinciden en apuntar este siglo como la época en donde la amplitud de la NAO ha sido mas alta. A principios y mediados del siglo XVIII y principios del siglo XIX se obtienen valores del índice por encima de la media. En el resto del período de estudio ocurre lo contrario.

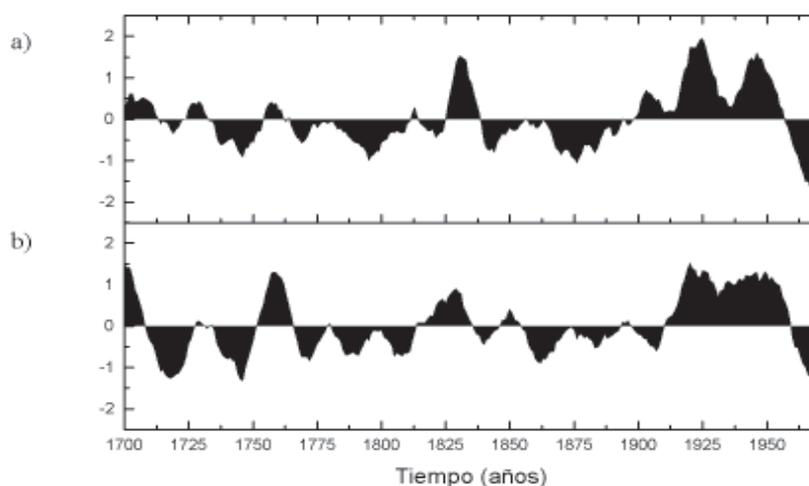


Figura 5: Medias móviles de 10 términos de las intensidades correspondientes al vector canónico de las cronologías de a) la Fig. 1b y b) la Fig. 2b en el período 1700 a 1970.

5. CONCLUSIONES

El ACC de la PNM y la TS en el Atlántico Norte y la precipitación en la Península Ibérica con cronologías arbóreas indica la presencia de la señal de la NAO en las cronologías y ha proporcionado los patrones clásicos de la NAO indicativos de flujo zonal en el Atlántico Norte asociado a anomalías positivas de temperatura en el norte de Europa y este de USA y negativas en Groenlandia y Atlántico Norte oriental y precipitaciones negativas en la Península Ibérica.

Se han llevado a cabo reconstrucciones del índice de la NAO en el período 1700 a 1970. Se aprecia aumentos en la intensidad del flujo zonal a principios y mediados del siglo XVIII, en el primer cuarto del siglo XIX y durante la primera mitad del siglo XX que llevarían asociadas las anomalías antes descritas en las TS en el Atlántico Norte y precipitación peninsular. Los resultados coinciden razonablemente con los de otros autores (COOK *et al.*, 1998). El método permite disponer no sólo de un índice que expresa la intensidad del fenómeno, sino de las anomalías espaciales asociadas al mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- COOK, *et al.* (1998): "A reconstruction of the North Atlantic Oscillation using tree-ring chronologies from North America and Europe". *The Holocene*, **8**, pp 9-17.
- D'ARRIGO, R. D., *et al.* (1993): "NAO and sea surface temperature signatures in tree-ring records from the North Atlantic sector". *Quaternary Science Reviews*, **12**, pp 379-402.
- GONZÁLEZ, J. F. *et al.* (1998): "Homogeneity of precipitation in the southwest of Europe". Proceedings of ECAC98 (C. D.). 19-23 October, Wien, Austria.
- HURRELL, J. W. (1995): "Decadal trends in the North Atlantic Oscillation, regional temperatures and precipitation". *Science*, **269**, pp 676-679.
- JONES, P. D. (1987): "The early twentieth century Arctic High: fact or fiction?". *Clim. Dyn.*, **1**, pp 63-65.
- LAMB, P. and R. PEPLER (1987): "The North Atlantic Oscillation: concept and an application". *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **68**, pp 1218-1225.
- PARKER, D. E. *et al.* (1994): "Interdecadal changes of surface temperature since the 19th century". *J. Geophys. Res.*, **99**, pp 14373-14399.
- PREISENDORFER R (1987): *Principal Components Analysis in Meteorology and Oceanography*, Elsevier, 418 pp.
- ROGERS, J. C. (1984): "The association between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere". *Mon. Wea. Rev.*, **112**, pp 1999-2015.
- ROGERS, J. C. (1990): "Patterns of low-frequency monthly sea level pressure variability (1899-1986) and associated wave cyclone frequencies". *J. Climate*, **3**, pp 1364-1379.
- VON STORCH, H. y A. NAVARRA (1995): *Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques*. Springer Verlag, 334 pp.
- WALLACE, J. M. and Q. JIANG (1990): "Spatial patterns of atmospheric-ocean interaction in the northern winter: ". *J. Climate*, **3**, pp 990-998
- ZORITA *et al.* (1992): "The atmospheric circulation and sea surface temperature in the North Atlantic area in winter: their interaction and relevance for Iberian precipitation." *J. Climate*, **8**, pp 1023-1042

AGRADECIMIENTOS

La financiación para llevar a cabo este trabajo fue proporcionada por el proyecto CLI97-0341-C03-01 y la Fundación Ramón Areces.

