

# Reconstrucciones climáticas. El ejemplo de la Oscilación del Atlántico Norte

David GALLEGO PUYOL<sup>1</sup>, Ricardo GARCÍA-HERRERA<sup>2</sup>, Antonio Manuel MACÍAS HERNÁNDEZ<sup>3</sup> y Emiliano HERNÁNDEZ MARTÍN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Pablo de Olavide. Departamento de Ciencias Ambientales  
dgalpuy@dex.upo.es

<sup>2</sup> Universidad Complutense de Madrid. Departamento de Física de la Tierra II  
rgarciah@fis.ucm.es, emiliano@fis.ucm.es

<sup>3</sup> Universidad de La Laguna. Departamento de Historia e Instituciones Económicas  
amacias@ull.es

## RESUMEN

En este artículo se presentan diversas reconstrucciones de la Oscilación del Atlántico Norte. Como ejemplo de las técnicas de reconstrucción, se incluye la actualización de una serie de la precipitación en las Islas Canarias basada en el análisis de su producción agraria en el periodo 1595-1836. Durante época instrumental, la precipitación Canaria está fuertemente relacionada con la Oscilación del Atlántico Norte, por lo que una reconstrucción de la precipitación en el Archipiélago puede proporcionar información sobre dicho patrón en un área relativamente poco estudiada hasta la fecha.

**Palabras clave:** Reconstrucción climática, Oscilación del Atlántico Norte, Canarias, proxy, precipitación, producción agraria.

## Climatic reconstructions. The case of the North Atlantic Oscillation

### ABSTRACT

The North Atlantic Oscillation has been the focus of several climate reconstructions; some of them are presented in this work. As an example of the reconstruction techniques, an update of a proxy for the precipitation in the Canary Island based on the agrarian production during the 1595-1836 period is included. The canarian precipitation is strongly related to the North Atlantic Oscillation. In consequence, the knowledge of its past evolution can add valuable new information to the understanding of the Atlantic climate for an area poorly studied up to date.

**Keywords:** Climate reconstruction. North Atlantic Oscillation, Canaries, proxy, precipitation, agrarian production.

**SUMARIO:** 1. La reconstrucción de la Oscilación del Atlántico Norte. 2. Una reconstrucción documental de la precipitación en las Islas Canarias: relación con la NAO. 3. Discusión. 4. Agradecimientos. 5. Referencias bibliográficas.

## 1. LA RECONSTRUCCIÓN DE LA OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE

El objetivo del presente artículo consiste en analizar el clima del Atlántico Norte desde una perspectiva histórica a través de la reconstrucción del principal patrón de variabilidad de la región, la Oscilación del Atlántico Norte (NAO en sus siglas inglesas).

A modo de ilustración de las técnicas empleadas en la reconstrucción climática, se incluye la actualización de un proxy de dicho patrón entre 1595 y 1836 basado en registros documentales encontrados en las Islas Canarias (García et al. 2003).

En el Atlántico Norte existen dos estructuras sinópticas dominantes. Por una parte, el anticiclón de las Azores, con su centro de acción situado sobre las islas de las que toma el nombre y por otra, los sistemas de bajas presiones semipermanentes en las proximidades de Islandia. A escalas mensuales y superiores, y fundamentalmente durante el invierno, se puede detectar una transferencia cíclica de masa atmosférica entre ambos sistemas, que de esta forma quedan acoplados. Cuando el anticiclón es más fuerte de lo normal, las bajas presiones son más profundas y viceversa. Los análisis estadísticos multivariantes revelan que la oscilación acoplada de estos sistemas de presión constituye el patrón de variabilidad más importante sobre el Atlántico (Thompson y Wallace 2000). La fase e intensidad de la oscilación suele caracterizarse mediante índices numéricos. Habitualmente se restan las anomalías de presión de dos puntos representativos de los centros de altas y bajas presiones respectivamente (Jones et al. 1997). Con esta definición, un índice NAO positivo indica un estado atmosférico caracterizado por un anticiclón potente sobre las Azores y bajas presiones sobre Islandia intensas respecto a sus valores medios. Por el contrario, un índice NAO negativo indica que ambos sistemas son menos fuertes que su promedio. En la actualidad, se ha podido calcular mediante registros instrumentales un índice NAO desde 1821 a partir de las series de presiones de Reykiavik (Islandia) y la combinación de estaciones en Gibraltar y Azores (Jones et al. 1997). Del análisis de las series instrumentales se ha constatado la gran variabilidad temporal de esta oscilación, con una concentración de potencia en las frecuencias más bajas similar a la del ruido rojo. En las frecuencias mayores, se han detectado oscilaciones en las bandas de 2-3 y en torno a los 8-10 años (Hurrell et al. 2003).

Las modificaciones en los centros de presión asociados con NAO originan alteraciones en los sistemas de vientos, corrientes oceánicas, temperatura y precipitación en prácticamente toda la cuenca Atlántica, tanto en su vertiente americana como europea, prolongando su efecto hasta Eurasia (Hurrell 1996). Estos cambios afectan de una manera decisiva a los ecosistemas de la región (Stenseth et al. 2002), lo que ha permitido encontrar diversos registros proxy del comportamiento de la NAO. Las altas frecuencias características de la oscilación restringen el abanico de proxies a aquellos que permitan, al menos, resolución anual. La Tabla 1 muestra que las principales reconstrucciones de NAO se basan en el estudio de anillos de árboles (dendrocronologías), de núcleos de hielo y sobre todo de registros documentales. Éstos últimos, combinados con datos instrumentales, han permitido obtener reconstrucciones a escala mensual.

## **2. UNA RECONSTRUCCIÓN DOCUMENTAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LAS ISLAS CANARIAS: RELACIÓN CON LA NAO**

Las Islas Canarias se encuentran en el Atlántico subtropical, bajo la influencia directa del Anticiclón de las Azores, uno de los centros de acción de la NAO. Esta situación, hace que en promedio su clima sea seco y estable. Sin embargo, el carácter

**Tabla 1.** Principales reconstrucciones de la Oscilación del Atlántico Norte

<b>Autores</b>	<b>Periodo</b>	<b>Resolución</b>	<b>Tipo de proxy</b>
Appenzeller et al. (1998)	1648-1990	Anual	Núcleo de hielo
Cook et al. (1998)	1701-1980	Invierno	Anillos de árboles
Luterbacher et al. (1999)	1675-1990	Mensual	Datos instrumentales + registros documentales
Cullen et al. (2000)	1750-1979	Invierno	Multiproxy
Proctor et al. (2000)	907-1993	Anual	Registros geológicos
Cook et al. (2001)	1400-1979	Invierno	Anillos de árboles + núcleos de hielo
Rodrigo et al. (2001)	1501-1997	Invierno	Registros documentales
Glueck y Stockton (2001)	1429-1983	Invierno	Anillos de árboles + núcleos de hielo
Luterbacher et al. (2002)	1500-1995	Estacional	Datos instrumentales + registros documentales

insular y sobre todo, la pronunciada orografía, originan unas precipitaciones mucho más abundantes que en la mayoría de las regiones dentro del mismo cinturón latitudinal. La fuerte señal en su precipitación hace de las Canarias un punto privilegiado para observar la variabilidad atlántica asociada a cambios en el anticiclón de las Azores. Las incursiones de sistemas de bajas presiones o las advecciones de aire frío en altura son el origen de la relación entre la NAO y la precipitación en el Archipiélago detectada por García et al. (2001). En dicho estudio se encontró que el índice NAO estaba negativamente correlacionado con la precipitación de la región, originando mayores precipitaciones durante la fase negativa de la NAO y viceversa.

La mayoría de las reconstrucciones de la NAO se basan en datos recogidos sobre la Europa Continental y América del Norte en latitudes superiores a la canaria. La posibilidad de obtener información sobre la NAO en una región aun poco estudiada fue el origen de una búsqueda de fuentes que permitieran la reconstrucción de la oscilación en periodos históricos. En trabajos previos (Gimeno et al. 1998) se habían identificado posibles fuentes documentales en las Islas. Investigaciones posteriores revelaron la posibilidad de obtener datos anuales de producción agraria entre finales del siglo XVI y mediados del XIX mediante el análisis de los registros de los diezmos eclesiales.

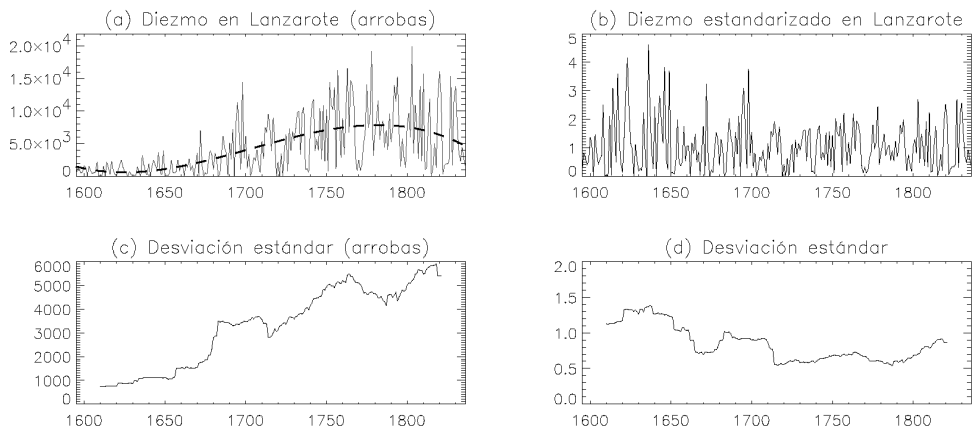
La principal fuente documental para el estudio de la producción agraria durante el periodo moderno es el diezmo, un impuesto anual cuya finalidad principal era el sostenimiento de las iglesias y la curia eclesiástica. En las Islas Canarias, el pago de esta renta se mantuvo prácticamente constante hasta 1836, cuando se suprimió durante el proceso de liquidación de las bases económicas del Antiguo Régimen (Macías 1984). La recaudación del diezmo estaba sometida a una serie de controles muy rigurosos que minimizaban los efectos del fraude en el cobro. Una descripción detallada del proceso puede encontrarse en García et al. (2003).

Las características del diezmo que gravaba la producción cerealística canaria lo convierten en una fuente muy adecuada para evaluar las variaciones en la producción. En la diócesis canariense el diezmo del trigo y de la cebada, sobre los que se centró el estudio, fue siempre del 10%. Las cifras de producción basadas en el diezmo de estos cereales son muy fiables ya que el cereal, a diferencia de otros productos, se recaudaba directamente en especie y no estaba sometido a una subasta previa al cobro. Por otra parte, la producción de cereales en Canarias se dedicaba básicamente al consumo interno. Estas características amortiguaron en gran medida la variabilidad de la producción producida por los vaivenes del mercado o los intereses especuladores sobre los diezmos pagados en dinero. Finalmente, el calendario de plantación y crecimiento permite asegurar que la precipitación registrada durante el periodo noviembre-abril es el factor principal, aunque como veremos no el único, en la evolución de la producción.

Para extraer la señal climática de una serie de producción agraria es preferible tratar con rendimientos, es decir con producción por unidad de área. En el caso que nos ocupa, los *beneficios* o regiones dentro de una isla en las que se registraba la recaudación del diezmo, variaron en extensión a lo largo del tiempo sin que quede registro escrito de los cambios que se produjeron. Para paliar esta dificultad se trabajó directamente con los totales de producción de trigo y cebada en cada isla.

Otro problema que existe al tratar con la señal agraria es el de las variaciones no asociadas al clima. Generalmente estos cambios son de largo periodo y están asociados a mejoras tecnológicas o variaciones en el uso de la tierra. En las Canarias los métodos de cultivo se mantuvieron prácticamente constantes durante el periodo completo de estudio. En consecuencia, las mejoras en el rendimiento por avances tecnológicos fueron escasas (Macías 1984). Sin embargo, se tiene constancia de cambios en el uso del suelo, un factor que varía en cada isla. Por ejemplo en las Islas Occidentales se detectó un lento descenso de la producción debido a la introducción progresiva de nuevos cultivos más rentables, como la patata o el viñedo, desplazando el cereal a tierras más pobres. Este descenso no se dio en Lanzarote y Fuerteventura, donde incluso se registró un incremento de la producción probablemente debido a que la aridez de estas dos islas, caracterizadas por una orografía mucho menos abrupta que el resto, no favorecía la introducción de otros cultivos más exigentes. En cualquier caso, los cambios en la producción debidos a modificaciones en el uso de la tierra no fueron repentinos y aparecen como tendencias de largo periodo.

Para aislar la señal climática interanual es imprescindible controlar estas tendencias a largo plazo, que no sólo afectan al cambio en la producción media, sino también a la evolución de la variabilidad de la serie. La Fig. 1 muestra el ejemplo de Lanzarote, donde se puede apreciar la tendencia al alza de la producción (Fig. 1a) asociada a un notable incremento en la variabilidad de la serie (Fig. 1c). En cada isla la situación es diferente y a efectos de comparación es necesario emplear algún procedimiento de estandarización. En el caso de las producciones de cereal en Canarias se encontró que en todos los casos era suficiente con un ajuste a un polinomio de tercer grado (curva discontinúa en la Fig. 1a). Al dividir la producción original entre el valor «esperado» proporcionado por la función de ajuste (Fritts 1971) se obtiene una serie estandarizada con una media próxima a uno (Fig. 1b) y una varianza más estable en el tiempo (Fig. 1d).



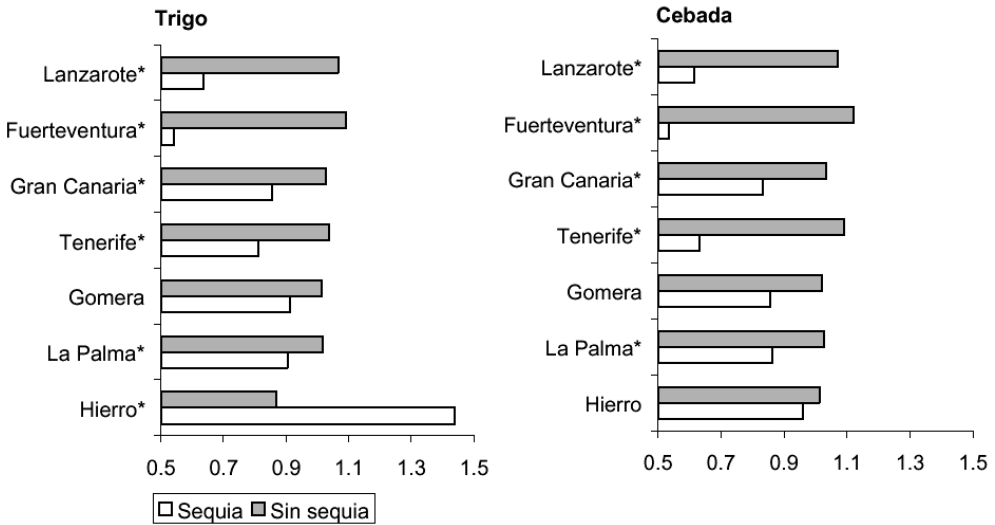
**Figura 1.** Ejemplo del proceso de estandarización de las series del diezmo para Lanzarote. (a) Serie original (línea continua) y ajuste (línea discontinua). (b) Serie estandarizada. (c) Desviación estándar móvil (periodos de 31 años) de la serie original. (d) Desviación estándar móvil de la serie estandarizada.

En las series resultantes, los valores superiores (inferiores) a 1 indican precipitaciones por encima (debajo) de la media.

El proceso de estandarización se realizó para cada isla y cada producción, obteniéndose 14 series independientes. La comparación entre las producciones de las islas demostró que parte de la señal que contienen es común. Una notable excepción la constituye el caso de Hierro, en el que no se detectó relación entre ninguna de sus dos producciones con las del resto del Archipiélago. La causa de esta diferencia hay que buscarla en la sobreexplotación de su limitado terreno cultivable, que desembocó en el colapso del cultivo de cereal desde 1700, fecha a partir de la que la producción, especialmente la del trigo, fue muy limitada.

La calibración de la señal climática no se pudo realizar mediante comparación con datos instrumentales, ya que las primeras series de precipitación en las islas no comenzaron hasta principios del siglo XX, y sólo se generalizaron desde 1950 (García et al. 2001). Sin embargo, se encontraron fuentes documentales independientes que permitieron localizar años de sequías intensas (Herrera 1979), al menos durante la primera parte del año agrícola. La Fig. 2 muestra los promedios de producción estandarizada para los años con y sin sequía. Salvo en el caso de la producción de trigo en Hierro, el resto de islas muestra producciones significativamente menores durante los años de sequía, confirmando la respuesta de las series de diezmos a la precipitación.

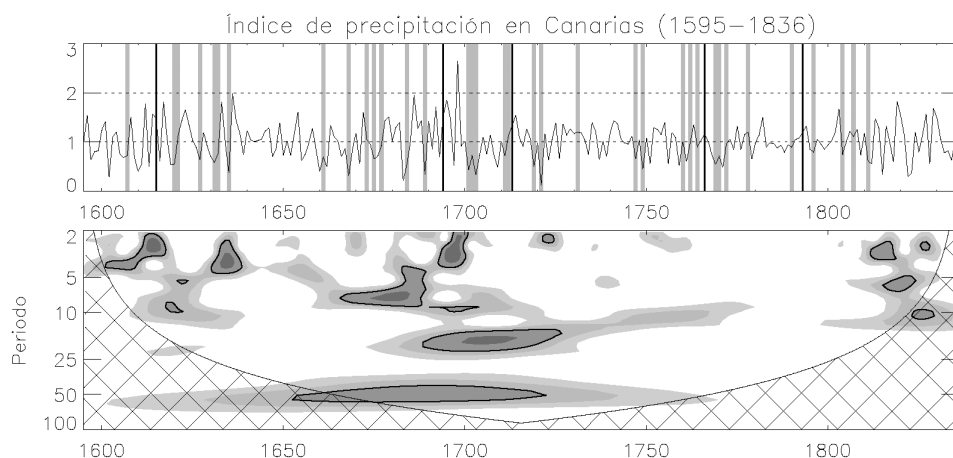
La construcción del proxy de la precipitación en Canarias se realizó promediando las series estandarizadas de producción de trigo y cebada para todas las islas a excepción de Hierro, debido al comportamiento anómalo de su producción. La Fig. 3 (panel superior) muestra el resultado para la evolución temporal del proxy de precipitación



**Figura 2.** Producciones medias estandarizadas de trigo y cebada durante años de sequía documentada (blanco) y el resto de años (gris) para las siete islas del Archipiélago Canario. Las islas con diferencias de producción estadísticamente significativas (nivel de significación  $<0.05$ ) se han indicado con un asterisco.

y su espectro móvil (panel inferior) basado en un análisis *wavelet* (Torrence y Compo 1998) que permite determinar en cada momento, las frecuencias predominantes de la serie. Sobre el proxy de precipitación se han indicado los años de sequía (barras grises) y cinco años aislados (líneas verticales continuas) en los que se encontraron referencias a la saturación del terreno en zonas de Gran Canaria causada por lluvias abundantes (Herrera et al. 1979). Se puede observar que en la mayoría de los casos en los que se tienen referencias a sequías, la serie proxy se caracteriza por valores anómalamente bajos, mientras que todos los casos en los que se tiene constancia de años húmedos, al menos en Gran Canaria, se caracterizan por un valor del proxy por encima de la media. La evolución del espectro muestra un comportamiento no estacionario, con oscilaciones significativas y discontinuas en el tiempo, en las bandas de 2-4, 8-10 y 15-20 años.

Para evaluar la respuesta del proxy a la NAO se comparó su evolución con el único índice NAO instrumental disponible con un periodo común (Jones et al. 1997). También se comparó el proxy con otras reconstrucciones de la oscilación. Los resultados se muestran en la Tabla 2. La correlación con el índice instrumental es, análogamente al caso de la precipitación durante el siglo XX, fuertemente negativa. Sin embargo el intervalo común es corto (13 años). Del resto de reconstrucciones, muestran correlaciones negativas todos aquellos que reflejan la evolución invernal de NAO, la estación a la que responde con más consistencia la precipitación canaria (García et al. 2001). Sin embargo, los valores son bajos, aunque en dos casos alcanzan la significatividad.



**Figura 3.** Proxy de la precipitación media en las Islas Canarias (panel superior) y evolución de sus características espectrales (periodo en años) basada en un análisis «wavelet» (panel inferior). Las barras grises (líneas negras continuas) en la serie proxy marcan las sequías (años lluviosos) documentadas. Las zonas del espectro dentro de los contornos en línea continua marcan las bandas estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). La región del espectro debajo de la zona sombreada a cuadros no debe ser interpretada al estar afectada por el efecto de proximidad al extremo de la serie.

**Tabla 2.** Correlación entre la reconstrucción de la precipitación media en las Islas Canarias y varios índices proxy de NAO. Se indica el coeficiente de correlación  $r$ , el nivel de significación estadística  $p$  y el periodo común de las series. La última fila indica la correlación con el único índice instrumental con periodo de solapamiento

Autor	Resolución	$r$	$p$	Periodo
Appenzeller et al. (1998)	Anual	+0.05	–	1648-1836
Luterbacher et al. (1999)	Invierno	-0.15	0.05	1659-1836
Proctor et al. (2000)	Anual	+0.02	–	1595-1836
Rodrigo et al. (2001)	Invierno	-0.09	–	1595-1836
Cook et al. (2001)	Invierno	-0.22	0.01	1595-1836
Jones et al. (1997)	Invierno	-0.63	0.01	1824-1836

### 3. DISCUSIÓN

Las reconstrucciones basadas en la producción agraria no están exentas de problemas entre los que cabe destacar la compleja relación entre el crecimiento de una planta y los factores meteorológicos, a menudo no lineal, o la influencia de otros factores ambientales a los que responde la producción. La ocurrencia de heladas o plagas constituyen un buen ejemplo de estos factores (Rodrigo 2002). Las interferencias socioeconómicas no pueden, en principio ser tampoco descartadas. En el caso de las

Islas Canarias las dificultades medioambientales pueden ser mantenidas bajo control. Por ejemplo, en la latitud canaria la probabilidad de heladas es prácticamente nula a las altitudes a las que se producía el cereal y en cuanto a la incidencia de plagas, que podían arruinar la producción de un año completo, raramente asolaban a varias islas a la vez. La obtención del proxy de precipitación a partir de promedios sobre todo el Archipiélago amortigua este efecto. En cuanto a interferencias no climáticas, un cuidadoso análisis de la documentación disponible indica que su incidencia fue mínima y en todo caso asociada a variaciones a largo plazo. Se puede afirmar por tanto, que las variaciones interanuales de corto periodo en la producción agraria del periodo de estudio se deben fundamentalmente a cambios en la precipitación.

La relación entre la NAO y la precipitación en las Islas Canarias durante periodo instrumental, permite evaluar la utilidad de la reconstrucción de la precipitación como proxy de la oscilación. La comparación con el índice instrumental, así como las características espectrales de la precipitación reconstruida muestran una excelente respuesta a NAO (García et al. 2004). Sin embargo, la comparación con otras reconstrucciones de dicha oscilación resulta en correlaciones bajas, aunque siempre del signo esperado en el caso de los índices invernales. Hay que señalar que lo mismo ocurre cuando se comparan los distintos índices reconstruidos entre sí, en todos los casos el nivel de correlación es bajo y sólo en algunos llega a ser significativo (Tabla 3). Las razones de estas discrepancias hay que buscarlas no sólo en las diferencias entre los métodos de reconstrucción o calibración, sino en la misma naturaleza de la señal NAO. En la actualidad no existe acuerdo sobre el carácter y estabilidad del patrón espacial de la NAO (Thompson y Wallace 2000; Stephenson et al. 2000), lo que dificulta enormemente el estudio e interpretación de sus efectos locales, un conocimiento esencial durante el diseño de un proxy.

Ante estas evidencias, es de esperar que las respuestas de los distintos proxies a NAO hayan variado a lo largo del tiempo, e incluso sean diferentes a las detectadas durante época instrumental. Los enfoques multiproxy, al combinar información independiente en diversas localizaciones y periodos, constituyen en la actualidad la mejor manera de reducir la incertidumbre asociada a las reconstrucciones, además de ayudar a determinar cuales son las regiones que mejor representan a la oscilación en cada momento. En consecuencia, resulta crucial extender los registros proxy asociados con NAO hacia regiones poco estudiadas, como es el caso del Atlántico Subtropical.

**Tabla 3.** Correlaciones entre las reconstrucciones NAO de Appenzeller et al. (AP98), Cook et al. (CO01), Luterbacher et al. para invierno (LU99), Proctor et al. (PR00) y Rodrigo et al. (RO01) dentro del periodo 1595-1836. Los valores estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) se han marcado con un asterisco

	AP98	CO01	LU99	PR00
CO01	0.15			
LU99	0.04	0.41*		
PR00	0.11	0.02	0.12	
RO01	-0.04	0.29*	0.27*	-0.03



Cada una de estas nuevas series posee un gran potencial para añadir información no contenida en las reconstrucciones actuales.

#### 4. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a C. Appenzeller, E. Cook, J. Luterbacher, C.J. Proctor y F.S. Rodrigo por proporcionar sus reconstrucciones de NAO, así como a C. Torrence y G. Compo por el software para el cálculo de wavelets. Estudio financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (proyecto CLI98-0649).

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPENZELLER, C.; T. F. STOCKER & M. ANKLIN (1998). North Atlantic Oscillation dynamics in Greenland ice cores. *Science*, 282, 446-449.
- COOK, E. R.; R. D. D'ARRIGO & K. BRIFFA (1998). A reconstruction of the North Atlantic Oscillation using tree-ring chronologies from North America and Europe. *Holocene*, 8, 9-17.
- COOK, E. R.; R.D. D'ARRIGO & M. E. MANN (2001). A well-verified, multi-proxy reconstruction of the winter North Atlantic oscillation index since AD 1400. *J. Climate*, 15, 1754-1764.
- CULLEN, H. M.; R. D. D'ARRIGO, E. R. COOK & M. E. MANN (2000). Multiproxy Reconstructions of the North Atlantic Oscillation. *Paleoceanography*, 16, 27-39.
- FRITTS, H. C. (1971). Dendroclimatology and dendroecology. *Quaternary Res.*, 1, 419-449.
- GARCÍA, R.; D. GALLEGO, E. HERNÁNDEZ, L. GIMENO & P. RIBERA (2001). Influence of the North Atlantic Oscillation on the Canary Islands precipitation. *J. Climate*, 14, 3889-3903.
- GARCÍA, R.; A. MACÍAS, D. GALLEGO, E. HERNÁNDEZ, L. GIMENO & P. RIBERA (2003). Reconstruction of the precipitation in the Canary Islands for the period 1595-1836. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 84, 1037-1939.
- GARCÍA, R.; A. MACÍAS & D. GALLEGO (2004). La Oscilación del Atlántico Norte en tiempos históricos: Reconstrucción y validación, en: Gimeno, L., R. García-Herrera, R. Machado & L. de la Torre (eds.), *La Oscilación del Atlántico Norte y su influencia sobre la Península Ibérica y Canarias*. Serie ACCA, Avances en climatología y ciencias de la atmósfera, Ourense. 55-68.
- GIMENO, L.; R. GARCÍA & E. HERNÁNDEZ (1998). Precipitation in the Canary Islands in the Seventeenth Century and its relationship with El Niño Events. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 89-91.
- GLUECK, M. F. & C. W. STOCKTON (2001). Reconstruction of the North Atlantic Oscillation. *Int. J. Climatol.*, 21, 1453-1465.
- HERRERA, P. (1979). Lluvias, sequías y plagas en la historia de Gran Canaria. *Aguayro.*, 107, 10-14.
- HURRELL, J. (1996). Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperature. *Geophys. Res. Lett.*, 23, 665-668.

- HURRELL, J. W.; Y. KUSHNIR, G. OTTERSEN & M. VISBECK (2003). An Overview of the North Atlantic Oscillation, in: Hurrell, J.W., Y. Kushnir, G. Ottersen, & M. Visbeck (eds), *The North Atlantic Oscillation: Climate Significance and Environmental Impact*. Geophysical Monograph Series 134, Washington. 1-35.
- JONES, P. D.; T. JÓNSSON & D. WHEELER (1997). Extension of the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland. *Int. J. Climatol.*, 17, 1433-1450.
- LUTERBACHER, J.; C. SCHMUTZ, D. GYALISTRAS, E. XOPLAKI & H. WANNER (1999). Reconstruction of monthly NAO and EU indices back to AD 1675. *Geophys. Res. Lett.*, 26, 2745-2748.
- LUTERBACHER, J.; E. XOPLAKI, D. DIETRICH, P. D. JONES, T. D. DAVIES, D. PORTIS, J. F. GONZÁLEZ-ROUCO, H. VON STORCH, D. GYALISTRAS, C. CASTY & H. WANNER (2002). Extending North Atlantic Oscillation Reconstructions Back to 1500. *Atmos. Sci. Lett.*, 2, 114-124.
- MACIAS, A. (1984). *Economía y sociedad en Canarias durante el Antiguo Régimen (circa 1500-1850)*. Tesis Doctoral. UNED (inédita).
- PROCTOR, C. J.; A. BAKER, W. L. BARNES & M. A. GILMOUR (2000). A thousand year speleothem proxy record of North Atlantic climate from Scotland. *Climate Dyn.*, 16, 815-820.
- RODRIGO, F. S.; D. POZO-VÁZQUEZ, M. J. ESTEBAN-PARRA & Y. CASTRO-DÍEZ (2001). A reconstruction of the winter North Atlantic Oscillation Index back to AD 1501 using documentary data in southern Spain. *J. Geophys. Res.*, 106, 805-818.
- RODRIGO, F. S. (2002). Clima y producción agrícola en Andalucía durante la Edad Moderna (1587-1729), en: González de Molina, M. & J. Martínez Alier (eds.), *Naturaleza transformada*. Icaia. Barcelona, 161-182.
- STENSETH, N. C.; A. MYSTERUD, G. OTTERSEN, J. W. HURRELL, K. CHAN & M. LIMA (2002). Ecological effects of climate fluctuations. *Science*, 297, 1292-1296.
- STEPHENSON, D. B.; V. PAVAN, R. BOJARIU & H. CARDOT (2000). Is the North Atlantic Oscillation a random walk? *Int. J. Climatol.*, 20, 1-18.
- THOMPSON, D. W. J. & J. M. WALLACE (2000). Annular Modes in the Extratropical Circulation. Part I: Month-to-Month Variability. *J. Climate*, 13, 1000-1016.
- TORRENCE, C. & G. P. COMPO (1998). A practical guide to wavelet analysis. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 62-78.