

# ESTIMACIÓN DE LA EVOLUCIÓN PLUVIOMÉTRICA EN LA *ESPAÑA SECA* ATENDIENDO A DIVERSOS PRONÓSTICOS EMPÍRICOS DE LA NAO

Emilia SÁNCHEZ GÓMEZ y María José ORTIZ BEVIÁ

*Departamento de Física, Universidad de Alcalá*

## RESUMEN

Los impactos de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) sobre la precipitación en la Península Ibérica son bien conocidos. La fase positiva de la NAO está asociada a situaciones de baja pluviometría en España, mientras que la fase negativa favorece la situación contraria. Para monitorizar las fases de la NAO se utiliza un índice que es calculado sobre la variable de las anomalías de la presión al nivel del mar. En este trabajo se han realizado unos experimentos de predicción del índice de la NAO. El modelo usado para la elaboración de los pronósticos se basa en una técnica estadística conocida como Descomposición en Valores Singulares. El campo predictando son las anomalías de la presión a nivel del mar en la cuenca Noratlántica y el campo predictor lo componen las anomalías de la temperatura de la superficie del mar es este mismo dominio. Los datos de presión que se han empleado pertenecen a los reanálisis de NCEP/NCAR y los datos oceánicos pertenecen a los registros de COADS y de IGOSS. Una vez que se han realizado los experimentos de predicción para el índice de la NAO, la calidad de los pronósticos se mide mediante la habilidad del modelo para capturar el signo de la NAO. Atendiendo a este signo, se puede conseguir una estimación de la evolución de la situación pluviométrica en la *España Seca*. Los datos de precipitación corresponden a 17 estaciones meteorológicas españolas. Estas estaciones, por su irregular régimen de precipitación, se han denominado la *España Seca*.

**Palabras clave:** Oscilación del Atlántico Norte, predecibilidad, anomalías, influencia, precipitación, España Seca.

## ABSTRACT

*It is well known that the North Atlantic Oscillation affects the precipitation over the Iberian Peninsula. The positive phase of NAO is associated to below than normal rainfall in Spain, while the negative phase favours the opposite situation. The NAO can be monitorized by an index calculated from the sea level pressure anomalous field. In this work several forecast experiments of the NAO index have been carried out. The model used for the forecasts performance is based on the statistical technique known as Singular Value Decomposition. The predictand field is the sea level pressure anomalies over the North Atlantic basin and the predictor field is the sea surface temperature anomalies over the same spatial domain. The sea level pressure data have been collected from the reanalysis of NCEP/NCAR. The oceanic field has been built from the COADS and IGOSS data sets. Once the forecast experiments for the NAO index are finished, the quality of the predictions is evaluated by the skill of the model at capturing the sign of the NAO. The forecasts sign of the NAO is helpful to make estimations about the evolution of the rainfall in the Dry Spain. The precipitation data have been taken from 17 meteorological stations within Spain. The region where*

*these stations come from is commonly known as Dry Spain because of their irregular precipitation regime.*

**Key words:** *North Atlantic Oscillation, predictability, anomalies, influence, precipitation, Dry Spain.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La Oscilación del Atlántico Norte (NAO) es un fenómeno que ha despertado mucho interés en los últimos años por sus implicaciones para el clima en las regiones de la cuenca Noratlántica. Los efectos de la NAO comenzaron a ser observados por los meteorólogos ya en el siglo XIX, aunque es en 1932 cuando Walker y Bliss la definen formalmente. La NAO es un modo natural de variabilidad de la atmósfera y está asociada con cambios en la intensidad y dirección de los vientos del oeste. Está caracterizada por una oscilación meridional relacionada con los centros de presión de Islandia y de Azores. La NAO es el modo de variabilidad climática dominante en el Atlántico Norte, afecta a la temperatura y precipitación de prácticamente toda Europa, noreste de África, Groenlandia y costa este de Estados Unidos y Canadá. Los cambios climáticos orquestados por la NAO son responsables de un gran número de efectos e impactos socio-económicos en estas regiones. El fenómeno de la NAO tiene un marcado carácter regional, por este motivo se puede utilizar una serie temporal como un índice para poder identificar la evolución de la oscilación. Existen numerosas definiciones del índice de la NAO, pero nosotros hemos adoptado la de HURREL (1996).

Debido a la importancia de la NAO en el clima en el Atlántico Norte, el interés de la comunidad científica en predecir este fenómeno es cada vez mayor. En este trabajo se realizan algunos experimentos de predicción orientados a predecir el campo de las anomalías de la presión al nivel del mar (SLP). La elección del campo predictando se debe a que la mayor manifestación de la NAO se encuentra en esta variable atmosférica. El comportamiento del océano, caracterizado por lentas variaciones, constituye una fuente principal de predecibilidad a largo plazo. Por esta razón, hemos seleccionado como predictor el campo de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar (SST). Posteriormente a nuestra elección, han aparecido estudios en los que se afirma que el papel del océano en la variabilidad climática del Atlántico Norte puede ser activo (RODWELL *et al.*, 1999; MARSHALL *et al.*, 2001; RODWELL y FOLLAND, 2002). Estos trabajos sugieren la posibilidad de que el océano puede responder al forzamiento estocástico de la atmósfera en escalas temporales mayores y contribuir a su vez al reforzamiento o generación de anomalías atmosféricas. En MARSHALL *et al.* (2001) se propone un mecanismo físico en el que explica como una anomalía SST puede favorecer un cambio de signo de la NAO.

El procedimiento de predicción es empírico, es decir, los parámetros usados para la elaboración de los pronósticos se obtienen directamente de los datos. El modelo tiene como núcleo central una técnica del Análisis Multivariante, conocida como la Descomposición en Valores Singulares (SVD). La SVD se emplea en climatología para obtener relaciones entre dos variables (BERTHERTON *et al.* (1992)). Dados dos campos climatológicos, la SVD encuentra pares de patrones que representan la máxima covarianza entre los dos campos. Esta habilidad es muy útil si se orienta a la predicción estadística. El modelo de predicción ya ha sido empleado por los autores en diver-

tos trabajos (SÁNCHEZ GÓMEZ *et al.* (2000, 2001), para variables relacionadas con la inercia térmica, como la temperatura del aire.

A partir de los pronósticos de SLP se puede conseguir un pronóstico del índice de la NAO y evaluar de esta forma la habilidad del modelo para reproducir el signo de la NAO. En la parte final del trabajo, se realizará una estimación grosera de la evolución de la precipitación en la España Seca, atendiendo a las predicciones del signo de la NAO.

El trabajo se distribuye de la siguiente manera: en la sección 2 se describen los datos y el tratamiento de éstos, la sección 3 es una breve descripción del modelo empírico, en la sección 4 se presentan algunas características de la NAO, los resultados de los pronósticos se muestran en la sección 5 y las conclusiones finales en la sección 6.

## 2. DATOS Y SU TRATAMIENTO

El campo predictando se compone de las anomalías de presión a nivel del mar (SLP) en la cuenca noratlántica (90°W-10°E, 20°N-90°N). Este campo ha sido obtenido de los reanálisis de NCEP/NCAR (<ftp.cdc.noaa.gov>) para el periodo 1948-2001. A partir de los datos diarios se han calculado las medias mensuales y las anomalías. La variable de presión a nivel del mar pertenece a la categoría B de los reanálisis, lo que indica que hay una participación similar del modelo y de las observaciones en la generación de los valores de la variable. Sin embargo se ha comparado este campo de presión con las observaciones del registro GMSLP del Hadley Centre (BASNETT and PARKER, 1997) y se han encontrado que la diferencia es inapreciable.

El campo predictor lo componen las anomalías mensuales de la temperatura de la superficie del mar (SST), obtenido mediante la fusión de los datos de COADS (1950-1982) IGOSS (1982-2001). Este campo ha sido comparado con otros de SST como el HadISST1 (del Hadley Centre) a través de las EOFs (funciones ortogonales empíricas).

Los datos de precipitación pertenecen a 17 estaciones meteorológicas distribuidas en una región española a la que hemos denominado España Seca, por su régimen pluviométrico irregular. Estas estaciones son: Albacete, Alicante, Badajoz, Burgos, Ciudad Real, Córdoba, Huelva, Jaén, Madrid, Málaga, Murcia, Salamanca, San Fernando, Segovia, Sevilla, Valencia y Valladolid. Los ficheros de las lluvias han sido facilitados por el Instituto Nacional de Meteorología. A partir de datos semanales, hemos calculado las medias mensuales y las anomalías para cada una de las estaciones.

En nuestro procedimiento de predicción, hemos considerado dos esquemas para elaborar los pronósticos empíricos. El primero de estos esquemas y más antiguo se describe con detalle en los trabajos de SÁNCHEZ GÓMEZ *et al.* (2001, 2002), y básicamente consiste en realizar un filtrado previo a los campos predictor y predictando antes de elaborar las predicciones. Las razones del filtrado tienen su origen en la inspección de los espectros de los campos atmosféricos y oceánicos. En estos espectros aparece una variabilidad de alta frecuencia muy importante correspondiente a periodos menores de 8 meses. Estos picos son más importantes en la atmósfera que en el océano. Las escalas temporales cortas, aunque importantes, están asociadas a una baja predecibilidad, por este motivo se han eliminado de los campos implicados en el estudio. El filtro empleado se basa en la convolución de dos funciones. Debemos de ser muy cuidadosos en el procedimiento de filtrado,

porque si se pretenden realizar predicciones auténticas, no se puede incluir ninguna información del *futuro* en la porción de los datos que va a actuar como periodo de entrenamiento. Los parámetros del modelo empírico, que después se emplearán en la elaboración de las predicciones, se obtienen del periodo de entrenamiento. El intervalo temporal que se predice se denomina periodo de validación.

En el segundo de los esquema de predicción se trabaja con campos estacionales, en los que predictor y predictando se dividen en cuatro subconjuntos de acuerdo con el ciclo estacional. Este esquema se describe con más detalle en uno de los trabajos de este volumen. Los resultados que se van a presentar en este trabajo corresponden a predicciones elaboradas con el procedimiento de filtrado.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO EMPÍRICO DE PREDICCIÓN

El esquema de predicción tiene como eje central la SVD, una técnica lineal del análisis multivariante, muy empleada por los climatólogos. La SVD realiza una descomposición de la matriz de covarianza cruzada entre dos variables. Si  $C$  es esta matriz, la SVD viene dada por:

$$C = UWV^T$$

Donde  $U$  son los patrones asociados al predictando y  $V$  los asociados al predictor, y  $W$  es una matriz diagonal cuyos elementos son los valores singulares. Esta descomposición garantiza que los pares de patrones  $U$  y  $V$  tienen la máxima covarianza. El problema de la maximización está sujeto a condiciones de ortogonalidad entre los vectores.

Si se proyectan los campos originales sobre los vectores singulares, se obtienen unos coeficientes temporales para ambos campos. Usando los patrones singulares y estos coeficientes se puede conseguir una aproximación a los campos originales, si se reducen los grados de libertad, esto es, reteniendo los primeros patrones que son aquellos que expresan la máxima covarianza.

En el planteamiento de los problemas de predecibilidad hay que incluir una relación causa-efecto entre el campo predictor y el campo predictando. Esto se consigue introduciendo un desfase en el campo predictor, de forma que este preceda en el tiempo al predictando:

$$C = \langle z(t)y(t-l) \rangle$$

donde  $z(t)$  es el campo predictando y  $y(t)$  el predictor.

Una cuestión importante es la que está relacionada con la elección del número de patrones que se tienen que retener para obtener una buena aproximación de los campos. Existen tests estadísticos como los que se presentan en el libro de PREISENDORFER (1988), pero en la mayoría de los casos no pueden aplicarse directamente a datos climáticos, por las restricciones que imponen sobre los residuos. Nosotros hemos tenido en cuenta dos cosas: la varianza explicada y el estudio del número de patrones necesario para reconstruir una señal tan relevante como la NAO. Con este criterio se retienen entre 15-20 patrones, y se explican un 90 % de la varianza total de los campos. Conviene hacer notar que los campos originales han sido filtrados y que la variabilidad que se ha eliminado es muy importante. Con el filtro de 8 meses se elimina entre un 30 % y un 80 % de la

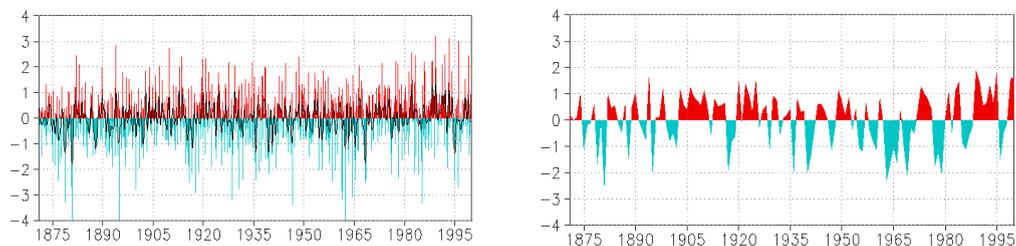


Figura 1: (a) Índice de la NAO mensual obtenido según HURREL (1996). Se ha superpuesto el índice de la NAO filtrado con 8 meses. (b) El mismo índice pero calculado sólo para los meses de invierno (diciembre-marzo). Para la obtención de este índice, se han combinado los datos del GMSLP y los datos de los reanálisis de NCEP/NCAR.

varianza de los campos. Este porcentaje depende fuertemente de la región, siendo mucho mayor en las zonas del norte que en las del sur.

La calidad de las predicciones se estima con lo que se conoce como habilidad de predicción. Se pueden usar diversas medidas de la habilidad de predicción, pero en este trabajo únicamente se va a considerar la correlación entre el campo predicho y el campo observado, ambos reconstruidos con el mismo número de patrones.

El problema de la habilidad de predicción artificial o debida a la casualidad es abordado mediante la generación de campos predictor y predictando sintéticos usando una simulación de Montecarlo.

Los autores remiten al lector a los trabajos SÁNCHEZ GÓMEZ *et al.* (2001, 2002), donde se dan más detalles sobre el método empírico.

#### 4. LA OSCILACIÓN DEL ATLÁNTICO NORTE

Como se ha comentado en la introducción, la naturaleza regional de la NAO hace que sea posible representarla mediante un índice o una serie temporal. HURREL (1996) entre otros, propuso una definición para el índice de la NAO: se puede obtener como la diferencia entre las anomalías de presión a nivel del mar entre Lisboa (Portugal) y Stykkisholmur (Islandia). Aunque el fenómeno de la NAO está presente durante todo el año, su intensidad aumenta en invierno, por este motivo se suele calcular el índice de la NAO para los meses de diciembre a marzo. La figura 1 muestra los índices de la NAO calculado para datos de presión mensuales (a) y para los meses de invierno (b). En la figura 1.a se ha superpuesto al índice mensual, el índice filtrado resultante al eliminar periodos menores de 8 meses. Las oscilaciones decadales son más evidentes en el índice de invierno.

Los valores positivos del índice están asociados a unas anomalías de presión por encima de lo normal en Azores y por debajo de lo normal en Islandia. Esto está conectado a una intensificación del flujo zonal del oeste, que además se desvía hacia el noreste, llevando aire templado y húmedo

hacia las costas del norte de Europa (Escandinavia y Reino Unido) donde se favorecen las condiciones húmedas. En el sur de Europa (Península Ibérica) el Anticiclón provoca una situación de bloqueo y por lo tanto la trayectoria de las tormentas no pasa por estas regiones, por lo que hay un descenso de la precipitación.

Cuando el índice de la NAO es negativo, nos encontramos justamente con la situación contraria. Los centros de presión de Islandia y Azores se debilitan y esto hace que los vientos del oeste adquieran una dirección más zonal y por tanto alcancen a la Península Ibérica, llevando aire húmedo oceánico y favoreciendo la lluvias.

La mayor parte de la variabilidad de las lluvias en España se debe a la influencia Atlántica y esta viene determinada en gran medida por el estado de la NAO. Así que podemos suponer que conociendo el signo del índice de la NAO, se puede realizar una estimación a grosso modo de la evolución de la precipitación en ciertas regiones españolas.

En la figura 1.b es evidente la tendencia del índice de la NAO a ser positivo. Esta tendencia comenzó a finales de los sesenta y está conectada con cambios climáticos ocurridos en el Atlántico Norte, como la Gran Anomalía de Salinidad (DICKSON *et al.*, 1988). Muchos han atribuido este cambio a efectos antropogénicos. La base de esta hipótesis es la falta de precedentes de una tendencia semejante en las observaciones y en los modelos de paleoclima que han reconstruido el índice de la NAO algunos siglos atrás.

El análisis espectral de la NAO (no se muestra) presenta una gran variedad de escalas temporales desde sinópticas hasta decadales. Los picos encontrados en las bajas frecuencias muestran que no se puede considerar a esta serie temporal exclusivamente como un ruido blanco. El hecho de que el índice de la NAO no se comporte como un proceso puramente estocástico puede ser aprovechado con vistas a la predecibilidad a largo plazo. No obstante, la dificultad para predecir la NAO es enorme, ya que la dinámica interna de la atmósfera en las latitudes medias tiene una gran componente caótica, ligada a la alta frecuencia.

## **5. RESULTADOS DE LOS PRONÓSTICOS**

En esta sección se van a presentar en primer lugar los resultados de los experimentos de predicción para el campo de las anomalías de SLP. A continuación se calculan los índices de la NAO para el campo de SLP predicho y observado. La comparación entre estos campos, se va a realizar atendiendo al número de veces que el modelo puede predecir el signo de la NAO. Finalmente se va a obtener una estimación de las predicciones de la precipitación en España.

### **5.1. Predicciones de la NAO**

Se han realizado predicciones de las anomalías de SLP a diferentes plazos, de 3 a 18 meses. El periodo de validación comprende el intervalo 1962-2002. La relación entre las varianzas entre el índice de la NAO sin filtrar y filtrado es de 0.45. Esto muestra que la variabilidad que hemos eliminado y que está asociada a la baja predecibilidad es muy importante. Por lo tanto la posibilidad de predecir el índice de la NAO se reduce a poder reproducir menos de un 50 % de su varianza. De todas maneras nuestro interés está centrado el éxito en predecir el signo de la NAO, que está ligado a oscilaciones de baja frecuencia.

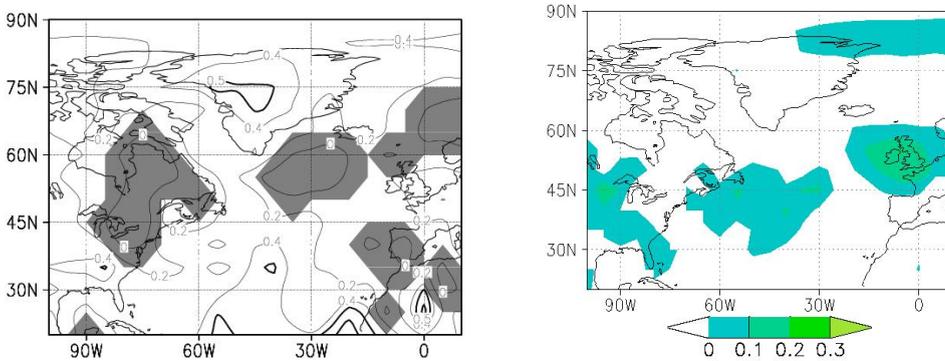


Figura 2: (a) Habilidad de predicción (H) obtenida en un pronóstico del campo de SLP con 12 meses de antelación cuando las anomalías de SST son el campo predictor. (b) Diferencia entre la habilidad de predicción obtenida con el modelo y la obtenida mediante la persistencia calculada a 12 meses.

En la figura 2.a se ha representado la habilidad de predicción (H) para un pronóstico de SLP realizado con 12 meses de antelación usando la SST como campo predictor. Las regiones donde los valores de H están por debajo de los estimados para una habilidad artificial se encuentran sombreadas. La comparación con las predicciones dadas asumiendo persistencia (autocorrelación del predictando) se encuentra en la figura 2.b. Los valores más altos de H se encuentran en Groenlandia y cerca de los trópicos. Sin embargo, como puede verse en estas figuras, el origen de H se debe principalmente a la persistencia de las anomalías. Se observa que la predecibilidad es muy baja en la zona central del dominio, donde el gradiente meridiano de temperatura es más intenso y por lo tanto donde la baroclinidad es mayor.

En la Tabla 1 hemos representado los valores de la habilidad de predicción para el índice de la NAO. La anticipación con la que se han realizado las predicciones también se ha indicado. La comparación con la persistencia también se ha tenido en cuenta. El modelo mejora a la persistencia a partir de las predicciones realizadas con un adelanto de 6 meses. Otra medida de la habilidad de predicción viene dada por el porcentaje de veces que el modelo puede predecir el signo de la NAO. Esta medida se comporta de una manera muy similar a la correlación. El modelo puede predecir el signo de la NAO hasta un 65 % de las veces con una antelación de 18 meses.

Analizando las predicciones del índice de la NAO hemos encontrado unos resultados interesantes y que en parte coinciden con los obtenidos en los anteriores trabajos de los autores. Hay una evidente dependencia decadal de la habilidad de predicción. Concretamente en los ochenta las predicciones son peores que en el resto de las décadas. Este hecho está conectado a los cambios climáticos ocurridos entre finales de los sesenta y principios de los setenta. En la elaboración de las predicciones de los ochenta, el periodo de entrenamiento contiene una información que no está presente en el periodo de validación.

Tabla 1: Habilidad de predicción (H) del índice de la NAO para pronósticos realizados con diferentes anticipaciones. H se ha estimado mediante la correlación entre el índice observado y el predicho y también con el porcentaje de veces que se acierta en predecir el signo de la NAO.

Desfase ⇒	3	6	9	12	15	18
<b>Modelo</b>	0.60	0.41	0.27	0.31	0.41	0.43
<b>Persistencia</b>	0.62	0.35	0.23	0.25	0.32	0.26
<b>Modelo</b>	76	65	59	63	62	65
<b>Persistencia</b>	86	77	69	64	63	60

Otro hecho interesante es que hay cierta influencia de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) en la predecibilidad de la NAO. Por ejemplo, hemos observado que la NAO se predice mejor durante una Niña (enfriamiento anómalo en el Pacífico Ecuatorial).

Como se dispone de datos hasta el año 2001 incluido, se ha podido realizar una predicción auténtica del índice de la NAO. Se han conseguido predicciones hasta el verano de 2003. Las predicciones se han realizado a diferentes plazos y se ha intentado llegar a un consenso entre todos los resultados. Con este propósito hemos elaborado una tabla comenzando en el mes de enero de 2002 y terminando en el mes de julio de 2003 indicando el signo de la NAO que predice cada experimento. Hay que tener en cuenta que, dependiendo del plazo de la predicción, el mes de febrero puede predecirse con noviembre si la antelación es de 3 meses o por febrero del año anterior si la antelación es de 12 meses. En nuestro caso, si todos los experimentos se ponen de acuerdo en predecir el mismo signo, consideraremos esa predicción como fiable. Según los resultados, la NAO permanece en la fase positiva hasta el verano de 2002. A partir de ahí, experimenta un cambio de fase, que ocurre durante el periodo de otoño e invierno del año 2002. A principios de 2003 la NAO está en la fase negativa, y se mantiene así hasta el verano.

## 5.2. Estimación de la evolución de la precipitación en la España Seca

En este apartado se realizará una estimación de las lluvias en la España seca para el invierno del año 2002. Hay que recalcar que se trata de una estimación grosera de la precipitación, pues nos basamos en el signo del índice de la NAO para realizarla. Aunque es el modo dominante en la precipitación de la Península (un 50 % de la varianza), las lluvias en España vienen determinadas por causas muy diversas (influencia mediterránea, etc). Un índice de la NAO positivo no implica necesariamente un descenso de la precipitación en la Península y viceversa.

La influencia de la NAO en la precipitación en la Península Ibérica es mayor en invierno. Durante el verano los gradientes se debilitan y la influencia atlántica pierde fuerza. En la estación otoñal la influencia mediterránea es muy importante. En esta parte del trabajo hemos trabajado únicamente con los datos de lluvia correspondientes a los meses de invierno (diciembre a febrero) que son los que presentan una correlación mayor con el índice de la NAO. Hemos representado para el periodo de validación, el índice de la NAO observado en invierno, el índice predicho y las series de lluvia. En general el comportamiento de la lluvia es el esperado, cuando la NAO es positiva se reduce

y cuando es negativa aumenta. Este comportamiento es más claro en las estaciones de: Badajoz, Córdoba, Huelva, Málaga, Salamanca, San Fernando, Segovia, Sevilla y Valladolid. La mayoría de estas regiones están cercanas al Atlántico y por esto son en las que nos centramos. Según los pronósticos obtenidos para invierno de 2002, la NAO está en la fase negativa, por lo que se puede favorecer un aumento de la precipitación en las estaciones más afectadas por esta señal.

## 6. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha estudiado brevemente la predecibilidad del índice de la NAO con técnicas empíricas. El método se basa en la SVD de la matriz de covarianza cruzada entre el predictor (anomalías de SST) y el predictando (anomalías de SLP). A partir de las predicciones de SLP, se elabora el índice de la NAO predicho y se compara con el observado.

Los valores mayores de la habilidad de predicción para los pronósticos de SLP se encuentran localizados sobre Groenlandia y una región cercana al subtropical. El modelo puede batir a la persistencia cuando los pronósticos se realizan con plazos mayores de 9 meses.

Se ha estudiado la capacidad del modelo para predecir el signo de la NAO, y se ha encontrado que se puede predecir el signo de la NAO un 65 % de las veces con una antelación de 18 meses. Además varios análisis realizados sobre los pronósticos muestran una dependencia decadal de la habilidad de predicción y un empeoramiento evidente de la calidad de las predicciones en la década de los ochenta. Otros estudios prueban que ENSO puede tener alguna influencia en la predecibilidad de la NAO.

Usando los pronósticos del índice de la NAO se ha estimado groseramente la evolución de las lluvias en España para el próximo invierno. Los resultados sugieren que la NAO estará en la fase negativa, por lo que se favorece el aumento de la precipitación.

Los resultados que se han presentado aquí muestran que la NAO no es absolutamente impredecible y que además pueden tener interés para España. Se ha probado que, usando técnicas estadísticas que asumen comportamiento lineal entre las variables del problema, es posible predecir ciertos aspectos de este fenómeno.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración del resto del grupo de Física del Clima de la Universidad de Alcalá: Francisco Álvarez Gracia, William Cabos Narváez y Antonio Ruiz de Elvira.

## 8. REFERENCIAS

- BASNETT, T.A. y PARKER, D.E. (1997): *Development of the global mean sea level pressure data set GMSLP2*. Climate Research Technical Note 78, UK Meteorological Office, Brackwell.
- BRETHERTON, C.S., SMITH, C. y WALLACE, J.M. (1992): An intercomparison of methods for finding coupled patterns in climate data. *J. Climate*, 5, pp. 541-560.
- HURRELL, J.W. (1996): Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperatures. *Geophys. Res. Lett.*, 23, pp. 665-668.
- MARSHALL, J., JONHSON, H. y GOODMAN, J. (2001): A study of the interaction of the North Atlantic Oscillation with Ocean Circulation. *J. Climate*, 14, pp. 1399-1421.
- PREISENDORFER, R.W. (1988): *Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- RODWELL, M.J., ROWELL, D.P y FOLLAND, C.K. (1999): Oceanic forcing of the wintertime North Atlantic Oscillation and European Climate. *Nature*, 398, pp. 320-322.
- RODWELL, M.J. y FOLLAND, C.K. (2002): Atlantic air-sea interaction and seasonal predictability. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, en prensa.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, E., ÁLVAREZ GRACÍA, F.J. y ORTIZ BEVIÁ, M.J. (2001): Empirical prediction of 850 hPa North Atlantic air temperature anomalies. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 127, pp. 2761-2786.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, E., CABOS NARVÁEZ, W. y ORTIZ BEVIÁ, M.J. (2002): Sea ice anomalies as long range predictors of atmospheric conditions. *Tellus A*, 45, 245-259.