

# FASES EXTREMAS DEL ÍNDICE NAO MENSUAL Y PRECIPITACIONES EN EL SW DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

David MUÑOZ DÍAZ y Fernando S. RODRIGO  
*Departamento de Física Aplicada. Universidad de Almería*

## RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis de la influencia del índice NAO mensual en las precipitaciones del sudoeste de la Península Ibérica, tomando los datos de la estación de San Fernando (Cádiz) desde 1825 hasta el presente como ejemplo ilustrativo de esta relación. Las series mensuales del índice NAO se expresan como anomalías respecto al periodo de referencia 1961-1990. Se realiza un análisis estadístico del índice NAO mensual, comprobando que se verifica la normalidad de las series y que no todos los meses verifican la hipótesis nula de media nula. Esto conduce a la determinación de valores umbral distintos de  $\pm 1$  para identificar las fases extremas positiva y negativa del índice NAO mensual. A continuación se analiza la relación del índice NAO con las precipitaciones totales mensuales en la estación elegida, comprobando que se cumple una correlación negativa estadísticamente significativa en todos los meses del año, exceptuando los tres meses de verano. Posteriormente, se comprueba que los valores umbral del índice NAO previamente determinados dan lugar a distribuciones significativamente diferentes para las precipitaciones. Finalmente, se analiza la relación existente entre valores extremos del NAO y frecuencia de meses muy secos, secos, húmedos y muy húmedos.

**Palabras clave:** Oscilación del Atlántico Norte, precipitaciones, valores extremos.

## ABSTRACT

*In this paper, an analysis of the influence of the NAO monthly index on rainfall in southwest of the Iberian Peninsula is presented. Rainfall data are from San Fernando (Cádiz), considered as station representative of the climatic conditions in the region, for the period from 1825 until the present. Monthly NAO index series are expressed as anomalies from the reference period 1961-1990. The gaussian behaviour of the monthly NAO index series is verified, but the null hypothesis of mean 0 is not verified in all the cases. This result leads the identification of threshold values to look for extreme modes of the oscillation. The relationship between NAO index and rainfall is analyzed, with significant negative correlations, except in the summer months. Threshold values of the NAO index allow to obtain statistical distributions significantly different for rainfall series. Finally, the relationship between extreme values of the NAO index and frequency of very dry, dry, wet and very wet months is analyzed.*

**Key words:** North Atlantic Oscillation, rainfall, extreme values.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha recibido un creciente interés el estudio sobre la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), dada su inequívoca influencia en el clima del continente europeo. El modo NAO se caracteriza por un patrón dipolar de anomalías de presión de signo opuesto, con centros situados en un eje Norte-Sur sobre el Atlántico Norte, aunque exhibe una considerable oscilación estacional. Debido al mayor vigor de la circulación atmosférica en invierno, en coincidencia con el mayor gradiente de temperaturas del Ecuador a los Polos, el patrón NAO es mucho más pronunciado durante el invierno, tanto en su intensidad como en el área cubierta (MOSES *et al.*, 1987). El NAO presenta una acusada variabilidad temporal en escalas estacional, anual, e interanual. Dicha variabilidad se manifiesta por la existencia de dos fases opuestas: una fase positiva, caracterizada por presiones y alturas geopotenciales por encima de las normales en el centro sur y por debajo de las normales en el centro norte; y una fase negativa, caracterizada por presiones y alturas geopotenciales por debajo de las normales en el centro sur y por encima de las normales en el centro norte. Ambas fases de la NAO están asociadas con situaciones climáticas distintas en su zona de influencia, fundamentalmente la región del Atlántico Norte. Lo que subyace a las dos fases de la NAO son cambios en la posición e intensidad de la corriente en chorro del Atlántico Norte y cambios en los patrones de transporte de humedad y calor desde el Océano Atlántico a las zonas continentales de Europa y el este de América del Norte. Puede obtenerse de forma simple un índice significativo de la oscilación a través de la diferencia de los valores de presión de dos estaciones representativas del centro sur y el centro norte del dipolo. Los datos de presión disponibles y con los cuales se puede construir un índice NAO corresponden, en la parte sur del dipolo, a Gibraltar (36.1°N, 5.4°W) (JONES *et al.*, 1997), Ponta Delgada en las islas Azores (37.7°N, 25.7°W) y Lisboa (38.7°N, 9.15°W) (HURRELL, 1995), mientras que en la parte norte del dipolo se dispone de datos Reykjavik y Stykkisholmur (65.0°N, 22.8°W) en Islandia.

En este trabajo, tras analizar las características estadísticas del índice NAO mensual, se analiza la influencia que tiene en las precipitaciones del Sudoeste de la Península Ibérica. Para ello se utilizan datos de precipitaciones mensuales de San Fernando desde 1825 hasta 1999, una de las series de precipitaciones más largas de la Península Ibérica, que destaca además por sus condiciones de calidad y homogeneidad.

## 2. CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS DEL ÍNDICE NAO MENSUAL

Para la elaboración del índice NAO mensual se utilizaron datos de presión media mensual en Islandia y Gibraltar, siguiendo el criterio de JONES *et al.* (1997) para la elección de la estación representativa del polo sur de la oscilación. Debido a las diferentes características estadísticas de los datos de presión en las estaciones sur y norte, y debido al cambio a lo largo del año tanto de la media como de la desviación típica, es necesario realizar una normalización para cada serie temporal de presión antes de construir el índice, para que éste tenga significado físico. Así, hemos realizado un proceso de desestacionalización y normalización de los datos de presión en base mensual. El proceso consiste en calcular, para cada estación, la diferencia entre el valor mensual de la presión y el valor medio de un periodo de referencia. El valor resultante se divide por la desviación típica del periodo de referencia. Este procedimiento elimina el ciclo determinístico anual.

Como periodo de referencia, se eligió el periodo 1961-1990, recomendado por la Organización Meteorológica Mundial para el establecimiento de los “normales climatológicos”, aunque esta elección haya suscitado debate en la bibliografía (OJO y AFIESIMAMA, 2000). Debido al proceso de normalización empleado, los índices mensuales resultantes no tienen media nula ni desviación típica unidad. Este resultado es importante, por cuanto los índices no muestran simetría respecto al valor cero, y, en consecuencia, la determinación de las fases “positiva” y “negativa” del índice, así como el intervalo de valores de índice extremo con mayor impacto climático, puede verse afectada. El índice NAO mensual fue obtenido para cada mes del año como la diferencia entre los valores normalizados de las presiones en Gibraltar e Islandia. Para comprobar los resultados se calculó, para el periodo común 1865-1999, el coeficiente de correlación con el índice NAO de Hurrell (HURRELL, 1995), usualmente utilizado en la bibliografía, y que utiliza la estación de Ponta Delgada en las Azores como estación representativa del polo sur de la oscilación. En la Tabla 1 se recogen los parámetros estadísticos básicos de los índices mensuales, así como los coeficientes de correlación con el índice de Hurrell. Todos ellos fueron estadísticamente significativos con un nivel de confianza del 95%, destacando los valores mayores de la correlación para los meses de Noviembre a Marzo, precisamente cuando es más activa la acción de la Oscilación.

Tabla 1. ESTADÍSTICOS BÁSICOS DEL ÍNDICE NAO MENSUAL, Y COEFICIENTE DE CORRELACIÓN CON EL ÍNDICE DE HURRELL (NIVEL DE CONFIANZA, 95%).

Mes	Media	Mediana	Desv. Standar	Correlación
Enero	0.11	0.28	1.52	0.88
Febrero	0.33	0.33	1.89	0.90
Marzo	-0.46	-0.59	1.72	0.87
Abril	0.62	0.51	1.69	0.79
Mayo	-0.05	-0.19	1.38	0.72
Junio	0.4	0.47	1.56	0.70
Julio	0.69	0.70	1.61	0.70
Agosto	0.74	0.56	1.61	0.58
Septiembre	-0.19	-0.10	1.66	0.75
Octubre	-0.55	-0.34	1.67	0.78
Noviembre	0.01	-0.02	1.70	0.85
Diciembre	0.28	0.38	1.81	0.86

Los valores negativos de media y mediana para los meses de primavera y otoño no deben sorprender, por cuanto el índice se debe interpretar como anomalía respecto al periodo de referencia 1961-1990, expresada en unidades de desviación típica de este periodo. Dado que media y mediana corresponden al periodo completo desde 1825, este resultado indica la aparición de índices NAO mayores durante estos meses del periodo de referencia.

Como se aprecia en la Tabla 1, los índices NAO mensuales obtenidos no tienen media nula ni desviación típica unidad. Esto supone una dificultad de cara a distinguir entre las dos fases del índice, positiva y negativa. Por otra parte, las diferencias entre media y mediana sugieren que la distribución de los índices NAO mensuales no es simétrica, y está desviada de la normalidad. El

hecho de que el índice se desvíe de la normalidad puede tener importantes implicaciones de cara a estudios de predicción; además, la no-normalidad puede fácilmente dar la impresión de no-estacionariedad en las series temporales, y por tanto debería tenerse en cuenta cuando se realizan estudios de variabilidad climática (BURGERS y STEPHENSON, 1999). En consecuencia, es preciso además analizar la normalidad de las distribuciones estadísticas que representan el índice para cada mes del año.

Se aplicó un t-test para comprobar la hipótesis de media nula y calcular el intervalo de confianza de la media, con un nivel de confianza del 95%. Además, se aplicó un test de rachas para el número de valores por debajo y por encima de la mediana para comprobar la hipótesis nula de mediana cero. En la Tabla 2 se resumen los resultados.

Tabla 2. TEST DE MEDIA Y MEDIANA NULA PARA EL ÍNDICE NAO MENSUAL

Mes	t-test	Intervalo	Test mediana
Enero	0.94*	(-0.12, 0.34)*	1.98
Febrero	2.28	(0.04, 0.61)	1.98
Marzo	-3.53	(-0.72, -0.20)	2.89
Abril	4.83	(0.37, 0.87)	3.04
Mayo	-0.47*	(-0.26, 0.16)*	1.98
Junio	3.35	(0.16, 0.63)	2.43
Julio	5.61	(0.45, 0.93)	3.65
Agosto	6.10	(0.50, 0.99)	5.17
Septiembre	-1.50*	(-0.44, 0.06)*	0.76*
Octubre	-4.34	(-0.80, -0.30)	2.13
Noviembre	0.05*	(-0.25, 0.26)*	0.00*
Diciembre	2.04	(0.01, 0.55)	0.76*

\* Aceptación de la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95%.

Como principal resultado obtenemos que sólo en los meses de Enero, Mayo, Septiembre y Noviembre puede aceptarse, con un nivel de confianza del 95%, media nula. En cuanto a la mediana, sólo puede aceptarse la hipótesis nula de mediana nula en los meses de Septiembre, Noviembre y Diciembre, con un nivel de confianza del 95%.

No obstante estos resultados, podrían determinarse los valores umbral para la determinación de casos extremos teniendo en cuenta el valor medio obtenido y suponiendo simetría en torno a este valor central. Para ello hay que comprobar previamente que la distribución de los índices NAO mensual se ajusta a una distribución normal. Para ello se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov, basado en el cálculo del estadístico

$$D = \max\{|Q_i - P_i|\}; i=1, \dots, n$$

donde  $Q_i$  es la la distribución acumulativa empírica y  $P_i$  la teórica a ser comprobada, para  $n$  observaciones. La hipótesis nula de normalidad se cumple con un nivel de confianza del 95% si el estadístico  $D$  es igual o menor que  $1.36/\sqrt{n}$  (PEÑA SÁNCHEZ DE RIVERA, 1995). Esta condi-

ción se cumple para todos los meses del año, con valores del estadístico del orden de 0.06 frente al valor de  $1.36\sqrt{n}=0.1034$ . La Figura 1 muestra el histograma del índice de Diciembre, junto con la distribución normal ajustada.

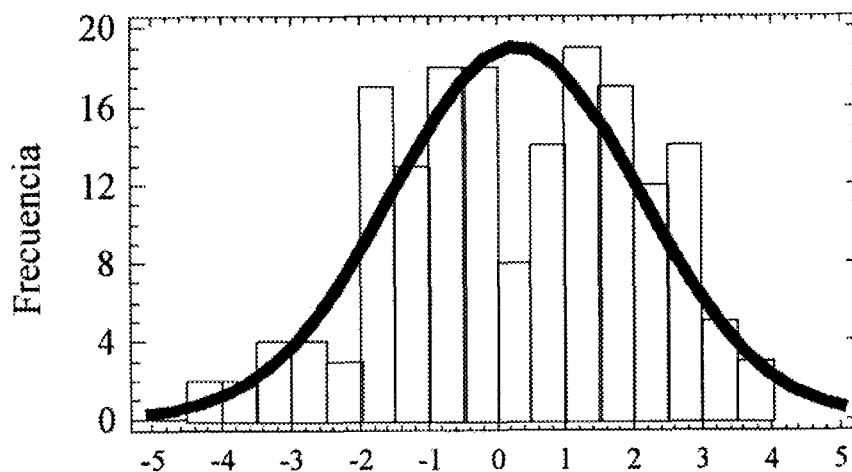


Fig. 1. Histograma del índice NAO de Diciembre y distribución normal ajustada.

El hecho de que todos los meses pasen el test de bondad del ajuste a una distribución normal, permite afirmar la simetría de las distribuciones respecto al valor central (en este caso el valor medio). Esto nos permite buscar desde un punto de vista estadístico los valores umbral que determinan las fases extremas “positiva” y “negativa” del índice NAO. Para ello se han seguido dos criterios: según el primero de ellos, se expresa el valor umbral en unidades de desviación típica del periodo

Tabla 3. VALORES UMBRAL PARA DETERMINAR LAS FASES EXTREMAS DEL ÍNDICE NAO MENSUAL

Mes	$\bar{x} - 1$	$\bar{x} + 2$	$Q_{25}$	$Q_{75}$
Enero	-0.89	1.11	-0.95	1.12
Febrero	-0.67	1.33	-0.72	1.55
Marzo	-1.46	0.54	-1.72	0.88
Abril	-0.38	1.62	-0.58	1.74
Mayo	-1.05	0.95	-1.04	0.93
Junio	-0.60	1.40	-0.63	1.54
Julio	-0.31	1.69	-0.48	1.72
Agosto	-1.74	0.26	-0.29	1.72
Septiembre	-0.81	1.19	-1.29	1.04
Octubre	-1.55	0.45	-1.77	0.67
Noviembre	-0.99	1.01	-1.39	1.27
Diciembre	-0.72	1.28	-1.12	1.78

de referencia, es decir, como  $\bar{x} \pm 1$ , siendo  $\bar{x}$  el valor medio del índice NAO mensual; el otro criterio es no paramétrico, y se basa en la determinación de los cuartiles primero ( $Q_{25}$ ) y tercero ( $Q_{75}$ ), que determinan el rango intercuartílico, el cual comprende el 50% de las observaciones centrales, que podemos clasificar como “normales” o no-extremas. Los resultados se muestran en la Tabla 3. Como principal resultado podemos destacar la similitud de los valores encontrados, aunque en términos generales los cuartiles determinan un intervalo de valores “normales” más amplio. Obsérvese cómo solamente en el caso de los meses con media nula a un 95% de nivel de confianza se obtienen valores umbral en torno a  $\pm 1$  (Enero, Mayo, Noviembre), mientras que en otros meses del año, como por ejemplo Febrero, Marzo o Diciembre, los valores umbral se encuentran desplazados respecto a estos valores.

### 3. ÍNDICE NAO Y PRECIPITACIONES EN SAN FERNANDO

Se han utilizado datos mensuales de precipitación de la estación de San Fernando (Cádiz) durante el periodo 1825-1999. Esta serie, además de ser una de las más largas de la Península Ibérica, presenta uno de los mayores grados de calidad, hasta el punto de ser utilizada como serie de referencia para estudios de homogeneidad (ALMARZA *et al.*, 1996). Con este trabajo se pretende una primera aproximación al estudio de la influencia del índice NAO mensual en las precipitaciones de San Fernando, considerada ésta como estación representativa de la variabilidad de las precipitaciones en el sudoeste de la Península Ibérica. Los estadísticos básicos de las series mensuales de precipitaciones en San Fernando se muestran en la Tabla 4. La serie de precipitaciones mensuales en San Fernando muestra un patrón típicamente mediterráneo, con un mínimo correspondiente a los meses de verano, y un máximo correspondiente a los meses de otoño e invierno, cuando es más intensa la Oscilación del Atlántico Norte. El coeficiente de variación CV permite caracterizar la irregularidad de las precipitaciones, mostrando valores altos, sobre todo en los meses de verano.

Tabla 4. ESTADÍSTICOS BÁSICOS DE LAS SERIES DE PRECIPITACIONES MENSUALES DE SAN FERNANDO, 1825-1999

Mes	Media	S	P10	P25	P50	P75	P90	CV
Enero	79.3	61.4	13.5	34.9	63.5	114.1	153.9	0.77
Febrero	67.5	52.2	5.8	27.2	61.6	100.0	129.5	0.77
Marzo	71.2	48.9	13.5	33.6	63.5	99.4	134.1	0.69
Abril	49.4	39.2	12.1	23.0	38.3	65.0	93.9	0.79
Mayo	34.9	34.6	1.3	9.6	26.9	50.7	77.9	0.99
Junio	12.5	20.8	0	1.0	5.6	16.0	30.8	1.66
Julio	1.0	3.8	0	0	0	0.4	1.8	3.69
Agosto	2.9	8.6	0	0	0	1.3	7.2	3.00
Sept.	22.6	33.4	0	1.9	11.6	29.3	54.7	1.47
Octubre	71.9	60.7	7.3	24.5	55.8	102.8	158.4	0.84
Nov.	97.8	75.3	15.9	42.5	85.9	131.4	187.4	0.77
Dic.	91.5	71.8	17.9	38.9	77.3	130.9	173.8	0.78

S: desviación típica; Pi: percentil i-ésimo; CV: coeficiente de variación

Se utilizó una simple regresión lineal con el objeto de analizar la dependencia de las precipitaciones respecto a los valores del índice NAO y contabilizar el porcentaje de varianza que puede asociarse a las fluctuaciones del NAO. Este simple modelo lineal puede expresarse como

$$P_i = a_i + b_i \text{NAO}_i + \varepsilon_i, i=1, \dots, 12.$$

La regresión lineal sólo es fiable en el caso de que los residuos sean series aleatorias de media nula (SNEYERS, 1992). Por tanto, cuando el coeficiente de correlación lineal resultó significativo a un 95% de nivel de confianza, se analizaron los residuos del modelo,  $\varepsilon$ . Para comprobar la aleatoriedad de los residuos se utilizaron tests no paramétricos de rachas por encima y por debajo de la mediana (estadístico  $Z_1$ ), y de rachas crecientes y decrecientes (estadístico  $Z_2$ ). En la Tabla 5 se expresan los resultados de la correlación lineal, indicando los resultados de aplicar los tests de aleatoriedad y el test t para la media de los residuos.

Tabla 5. CORRELACIÓN LINEAL NAO-PRECIPITACIONES EN SAN FERNANDO

Mes	r	%	$\Delta\varepsilon$	$Z_1$	$Z_2$
Enero	-0.60*	36	(-7.43, +7.43)	-0.6923*	-0.0914*
Febrero	-0.64*	41	(-6.07, +6.07)	-1.1539*	1.0058*
Marzo	-0.57*	33	(-6.06, +6.06)	-1.6154*	-1.0058*
Abril	-0.33*	10	(-5.61, +5.61)	0.5385*	-0.2743*
Mayo	-0.40*	16	(-4.80, +4.80)	0.0769*	0.8230*
Junio	-0.08	0			
Julio	-0.01	0			
Agosto	-0.13	1			
Septiembre	-0.23*	5	(-4.91, +4.91)	-1.1539*	-0.2743*
Octubre	-0.56*	31	(-7.59, +7.59)	0.2308*	0.6401*
Noviembre	-0.53*	28	(-9.64, +9.64)	0.0769*	1.0058*
Diciembre	-0.57*	32	(-8.96, +8.96)	0.6923*	-2.1031

r: coeficiente de correlación, %: porcentaje de varianza explicada;  $\Delta\varepsilon$ : intervalo de confianza para la media de los residuos al 95% de nivel de confianza;  $Z_1, Z_2$ : estadísticos de aleatoriedad de los residuos; \*: significación al 95% de nivel de confianza

Los resultados indican una correlación significativa y negativa para todos los meses del año excepto los meses de verano. Esta correlación es especialmente importante para el periodo comprendido entre Octubre y Marzo, con un porcentaje de varianza explicado del orden del 30%, que alcanza un 41% para el mes de Febrero, es decir, coincidiendo con la época del año de mayor intensidad del índice NAO. La explicación física de esta correlación negativa es simple: altos valores del índice NAO indican circulación hemisférica zonal con situación anticiclónica en la Península Ibérica y condiciones de sequía, mientras que bajos valores del índice indican circulación hemisférica meridional, con irrupción de depresiones de origen atlántico y circulación ciclónica sobre la Península Ibérica, dando lugar a frecuentes e intensas precipitaciones.

En todos los meses donde la correlación es significativa, los residuos se comportan como una serie aleatoria de media nula. Aunque es posible que otras influencias no aleatorias estén presentes en los datos (particularmente en el mes de Diciembre donde falla el segundo test de aleatoriedad),

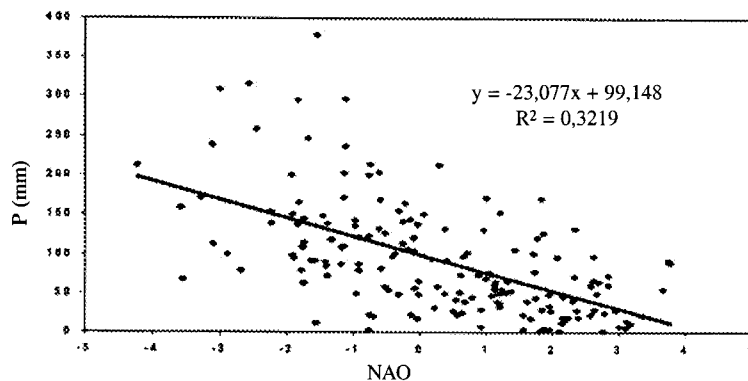


Fig. 2. Precipitaciones en San Fernando en función del índice NAO, mes de Diciembre.

éstas quedan enmascaradas en el ruido de fondo de la serie, y, en consecuencia, su aportación a la variabilidad de las precipitaciones debe ser de mucha menor magnitud que la correspondiente al NAO. La Figura 2 muestra el diagrama de dispersión de los datos de precipitaciones como función de los valores del índice NAO para el mes de Diciembre.

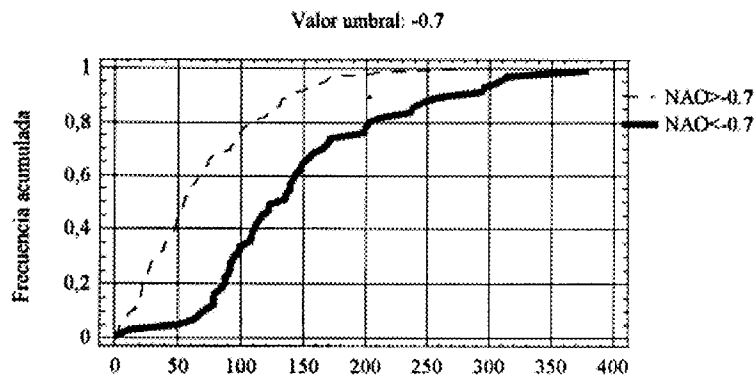


Fig. 3. Frecuencias acumuladas de las distribuciones resultantes de dividir las precipitaciones mensuales de Diciembre según el valor umbral  $-0.7$  del índice NAO.

Para buscar fases extremas del NAO (y, por tanto, de mayor impacto climático), la elección de valores umbral puede realizarse atendiendo a criterios puramente estadísticos, o bien a criterios físicos (LANG *et al.*, 1999). En el apartado anterior se utilizaron dos criterios de índole estadística para identificar valores umbral que determinaran las fases de NAO extremo positivo y NAO extremo negativo. Para comprobar estos resultados, los datos de precipitación de San Fernando se dividieron en dos grupos, uno correspondiente a los años con valores del índice NAO menores que el valor umbral, y otro correspondiente a años con valores del índice NAO mayores que el valor umbral. A continuación se aplicó un test no-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para apreciar si existe una diferencia significativa entre las dos distribuciones resultantes. Eliendo como valores



umbrales los determinados por  $\bar{x} \pm 1$ , es decir, el criterio más restringido, en todos los casos, y para todos los meses se obtuvo que las distribuciones empíricas de los datos resultaban significativamente diferentes con un 95% de nivel de confianza. Como ejemplo, la figura 3 muestra las frecuencias acumulativas de las distribuciones resultantes de elegir como valor umbral  $-0.7$ , correspondiente al mes de Diciembre.

Como puede apreciarse en la Figura 3, la distribución resultante correspondiente a la fase “negativa” del índice ( $NAO < -0.7$ ) indica una tendencia hacia valores mayores de las precipitaciones. En este caso, el valor medio de la distribución con  $NAO < -0.7$  es 146 mm, frente a 68 mm, correspondientes a la distribución con  $NAO > -0.7$ . La comparación de estos valores medios mediante un t-test para diferencia entre las medias da como resultado una diferencia estadísticamente significativa al 95% de nivel de confianza.

La influencia de las fases extremas del índice NAO en los valores extremos de las precipitaciones mensuales puede evaluarse contabilizando la frecuencia de meses muy secos, secos, normales, húmedos y muy húmedos en cada una de las distribuciones resultantes. El criterio de clasificación para el carácter húmedo o seco de los meses tiene en cuenta los valores de los percentiles de la serie completa, tal y como se recogen en la Tabla 4. Así, meses con precipitaciones inferiores al percentil  $P_{10}$  se clasifican como muy secos, con precipitaciones entre  $P_{10}$  y  $P_{25}$  secos, entre  $P_{75}$  y  $P_{90}$  húmedos y con precipitaciones mayores que  $P_{90}$  muy húmedos. La Figura 4 muestra para el caso de Diciembre el porcentaje de meses que pueden clasificarse como muy húmedos (MH) y muy secos (MS) dependiendo de la elección del valor umbral para el índice NAO.

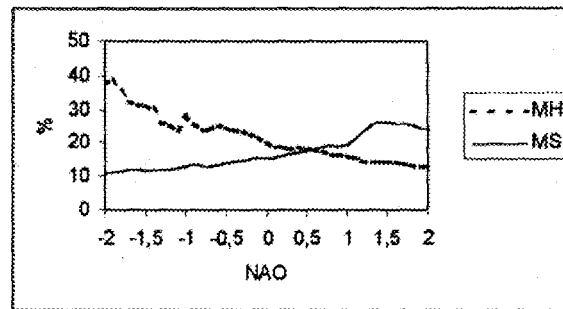


Fig. 4. Porcentaje de meses muy húmedos (MH) y muy secos (MS) en las distribuciones resultantes según la elección del valor umbral para el índice NAO, mes de Diciembre.

Como es lógico, el porcentaje de meses MH decrece con el índice NAO mientras que el de meses MS crece con el índice. Dado el criterio de clasificación percentil, este tipo de meses suponen un 10% de la serie total. Para los valores umbral de  $-0.7$  y  $+1.3$  el porcentaje de meses MH y MS (respectivamente) es del 25%.

#### 4. CONCLUSIONES.

Las principales conclusiones de este trabajo pueden resumirse como sigue:

- Se ha comprobado el comportamiento gaussiano del índice NAO mensual.

- En términos generales, no se verifica la hipótesis de media nula para el índice NAO.
- Se han encontrado los valores umbral para la determinación de las fases extremas positiva y negativa del índice NAO, como  $\bar{x} \pm 1$ .
- Las precipitaciones de San Fernando muestran una correlación negativa significativa con el índice NAO, excepto en los meses de verano.
- Las distribuciones de precipitaciones resultantes de considerar los valores umbral del índice NAO son significativamente diferentes.
- Como consecuencia de ello, la frecuencia de meses de precipitación extrema cambia de forma importante con variaciones del índice NAO. El aumento del índice NAO implica una frecuencia de meses muy húmedos decreciente, y de meses muy secos creciente.

El siguiente paso en la investigación consistirá en profundizar en el análisis de los cambios provocados en las funciones de distribución de las precipitaciones por las variaciones del índice NAO, entendiendo a éste como principal factor causal en la variabilidad de las precipitaciones de la región. La extensión de los análisis a otras series locales y/o regionales, así como a escalas estacional y anual será motivo de un futuro trabajo.

## 5. REFERENCIAS.

- ALMARZA MATA, C., LÓPEZ DÍAZ, J.A., y FLORES HERRÁEZ, C. (1996): “Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación de España”. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, 318 pp.
- BURGERS, G. y STEPHENSON, D.B. (1999): “The ‘Normality’ of El Niño”. *Geophysical Research Letters*, 26, 1027-1030.
- HURRELL, J.W. (1995): “Decadal trends in North Atlantic Oscillation and relationship to regional temperature and precipitation”. *Science*, 269, 676-679.
- JONES, P.D., JONSSON, T. y WHEELER, D. (1997): “Extension to the North Atlantic Oscillation index using early instrumental pressure observations from Gibraltar and south-west Iceland”. *International Journal of Climatology*, 17, 1-18.
- LANG, M., OUARDA, T.B.M.J., y BOBÉE, B. (1999): “Towards operational guidelines for over-threshold modeling”. *Journal of Hydrology*, 225, 103-117.
- MOSES, T., KELADIS, G., DÍAZ, H.F. y BARRY, R. (1987): “Characteristic and frequency of reversal in mean sea level pressure in the North Atlantic sector and their relationship to long-term temperature trends”. *International Journal of Climatology*, 7, 13-30.
- OJO, S.O. y AFIESIMAMA, E.A. (2000): “Uso de promedios de periodos de referencia para examinar anomalías del clima”. *Boletín de la Organización Meteorológica Mundial*, 49, 288-291.
- PEÑA SÁNCHEZ DE RIVERA, D. (1995): “Estadística. Modelos y métodos”. Vol. I, Alianza Universitaria, Madrid.
- SNEYERS, R. (1992): “On the use of statistical analysis for the objective determination of climate change” *Meteorol. Zeitschrift*, 1, 247-256.