

Potencialidad del índice *NAO* en la previsión de episodios de alta pluviometría en España

JAVIER MARTIN-VIDE, MARIANO BARRIENDOS, JUAN CARLOS PEQUE Y JOSÉ M. RASO

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA FÍSICA,
UNIVERSIDAD DE BARCELONA

M.º CARMEN LLASAT
Y ROBERTO RODRÍGUEZ

DEPARTAMENTO DE ASTRONOMÍA
Y METEOROLOGÍA, UNIVERSIDAD
DE BARCELONA

La modelización desarrollada correlaciona el índice *NAO* (*North Atlantic Oscillation*) Lisboa-Reykjavik con la precipitación de diciembre en 41 observatorios de la España peninsular (período 1900-1994).

Se ha ensayado, para el mismo mes, la correlación entre la presión en superficie en Lisboa y la precipitación. La misma correlación entre la presión en Barcelona y la precipitación muestra sorprendentemente valores no significativos en la franja mediterránea oriental, donde se sitúa el citado observatorio, y claramente negativos en el centro del país. Finalmente, el índice *NAO* causa una alta variabilidad pluviométrica en diciembre en el sur de España, lo que pone en evidencia los correspondientes mapas pluviométricos medios de los años con índice *NAO*.

Introducción

Es bien conocido que la Oscilación del Atlántico Norte (*NAO*) tiene una influencia destacada en las anomalías meteorológicas y en la variabilidad climática de la Europa occidental al norte del paralelo 45° (van Loon and Rogers, 1978; Meehl and van Loon, 1979; Parker and Folland, 1988; WMO, 1996, etc.). El índice *NAO*, al relacionar los valores de presión en un punto de las islas Azores, u otro lugar próximo al Atlántico subtropical, y uno de Islandia, o punto cercano del Atlántico subpolar, evalúa con claridad la intensidad y zonalidad de los flujos atlánticos sobre la Europa templada, entre las zonas subpolar y subtropical. La Península Ibérica queda, en cambio, en gran medida, inserta en la dinámica subtropical mediterránea, al menos durante la mitad cálida del año. En la mitad fresca o fría, los flujos de poniente alcanzan el área mediterránea, pero a menudo con un carácter margi-

nal. A todo ello se une, en el caso de la España peninsular, por una parte, una orografía compleja, compartimentada y con una gran altitud media (600 m), que actúa de obstáculo para la circulación de los flujos atlánticos hacia el este. Y, por otra, la dinámica atmosférica propia de la cuenca del Mediterráneo, especialmente activa en otoño y principios de invierno, por tener sus aguas una notable anomalía térmica positiva, produce situaciones atmosféricas en las tierras españolas más próximas al Mediterráneo poco comparables a las del centro y el norte de Europa. No ha de olvidarse, tampoco, que la franja más septentrional del país no es mediterránea, bajo ningún concepto, sino que tiene un claro carácter oceánico templado. Todo ello convierte a la España peninsular, con sus casi medio millón de km², es un espacio de una gran complejidad climática y, específicamente, pluviométrica (Martín-Vide, 1996; Gómez, 1997), con una sensibilidad variada ante la Oscilación del Atlántico Norte.

En el presente trabajo se hallan, a partir de un índice NAO, las correlaciones entre él y la precipitación de diciembre de 41 observatorios españoles peninsulares. El procedimiento de las correlaciones NAO-precipitación, para intervalos temporales estacionales o mensuales, ha sido ampliamente usado (Katz, 1988). La elección del mes de diciembre se ha realizado por coincidir en él una alta incidencia de la NAO con una activa ciclogénesis de origen mediterráneo. La cartografía del coeficiente de correlación revela comportamientos muy diferenciados según las regiones, que detallan los resultados a menor resolución espacial ya conocidos (Zorita *et al.*, 1992; Hurrell, 1995; Rodó *et al.*, 1997) y permite, con otros índices, establecer una regionalización pluviométrica del territorio. Se precisan, así, los resultados generales que asocian los períodos secos en España a elevados índices NAO y se avanza en el conocimiento de las teleconexiones en el Mediterráneo occidental (Laita, 1995).

Datos, observatorios y período de análisis

Con el objeto de que el índice NAO sea lo más explicativo posible de la compleja pluviometría española, se ha elegido como observatorio meridional uno ibérico, entre los más occidentales de la Península: Lisboa (coordenadas terrestres 38.43Norte; 9.08Oeste), ya utilizado en otros casos (Hurrell, 1995). La presión en superficie en Lisboa está íntimamente ligada a la potencia y la proximidad del anticiclón de las Azores, que con frecuencia proyecta una dorsal anticiclónica hacia las tierras ibéricas. Como observatorio septentrional se ha elegido Reykjavik (64.09Norte; 21.51Oeste), que junto a Lisboa forman parte de la base de datos barométricos de la Climatic Research Unit (University of East Anglia), utilizada aquí. Por otra parte, se han usado también los datos de presión en superficie de Barcelona (41.23Norte; 2.11Este), para establecer otras correlaciones.

Tabla 1. Observatorios pluviométricos utilizados, abreviatura cartográfica (Abr.) y número de datos existentes en el período 1900-1994 (n.º)

Observatorio	Abr.	n.º
Albacete	AB	88
Alicante	A	95
Almería	AL	83
Ávila	AV	75
Badajoz	BA	95
Barcelona	B	93
Bilbao	BI	69
Burgos	BU	95
Cáceres	CC	88
Ciudad Real	CR	89

Tabla 1. Observatorios pluviométricos utilizados, abreviatura cartográfica (Abr.) y número de datos existentes en el período 1900-1994 (n.º) (continuación)

Observatorio	Abr.	n.º
Córdoba	CO	95
La Coruña	C	95
Cuenca	CU	80
Gijón	GJ	71
Granada	GR	88
Huelva	H	92
Huesca	HU	95
Jaén	J	92
León	LE	73
Lérida	L	73
Logroño	LO	82
Madrid	M	95
Málaga	MA	89
Murcia	MU	94
Pamplona	P	89
Pontevedra	PO	77
Salamanca	SA	88
San Fernando	SF	95
San Sebastián	SS	95
Santander	S	83
Santiago	ST	88
Segovia	SG	90
Sevilla	SE	95
Soria	SO	95
Teruel	TE	67
Toledo	TO	87
Tortosa	TR	95
Valencia	V	94
Valladolid	VA	95
Zamora	ZA	79
Zaragoza	Z	90

Se han utilizado 41 observatorios pluviométricos, con series normalizadas, los mejores disponibles para la España peninsular (INM, 1996). Con el objeto de utilizar el mayor número de estaciones de total garantía, se ha elegido 1900-1994. Anteriormente a 1900 funcionaron un cierto número de ellas, aunque con registros más incompletos. En la tabla 1 se indica el número de años con datos en el período de análisis, es decir, el número de diciembres con dato pluviométrico. Hay 13 observatorios con la serie pluviométrica de diciembre completa, es decir, con 95 datos pluviométricos, y otros 7 más con un número de datos igual o superior a 90, lo que totaliza casi la mitad. Sólo 8 disponen de menos de 80 años, de los cuales 2 no llegan a los 70 datos. Estos últimos se han utilizado como complementarios, en áreas de interés geográfico y poca cobertura.

Correlación entre el índice NAO y la precipitación de diciembre

El índice NAO utilizado es la diferencia entre los valores estandarizados de la presión media mensual en Lisboa y en Reykjavik. En el mes de diciembre y para el período de análisis (1900-1994), las presiones medias en Lisboa y en Reykjavik son de 1.020,9 hPa y 998,9 hPa y sus desviaciones típicas, de 3,9 hPa y 7,5 hPa, respectivamente. El valor más alto del índice NAO es +3,19, correspondiente a 1924, y el menor, -3,84, en 1976.

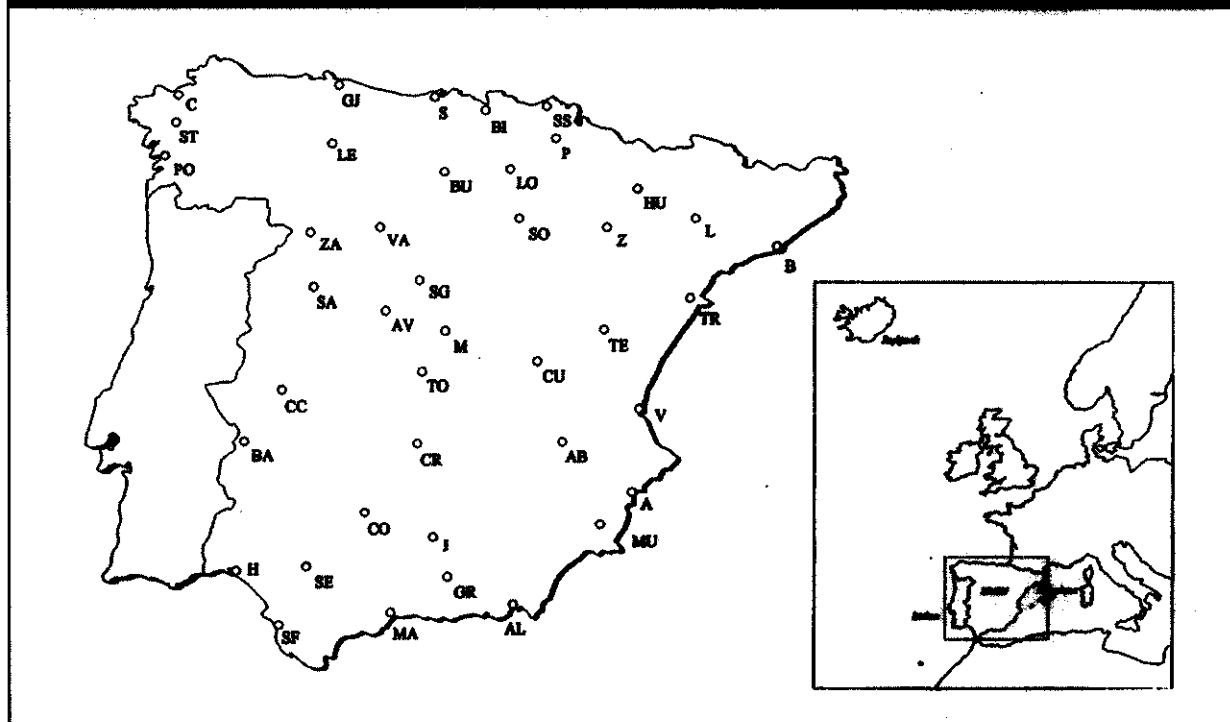
Todos los valores de la *r* de Pearson obtenidos por la correlación entre el índice NAO y la precipitación en diciembre son negativos, excepto el correspondiente a San Sebastián (+0,04), en el golfo de Vizcaya (tabla 2). **Este resultado es acorde con la pauta general de que en el sur de Europa los índices NAO positi-**

vos se asocian a períodos secos y los negativos a precipitaciones abundantes, es decir, que existe una correlación negativa entre la NAO y la precipitación. Sin embargo, este resultado puede matizarse bastante, a la luz de los resultados aquí hallados. En primer lugar, la citada correlación negativa es muy débil o, incluso, no es estadísticamente significativa en la zona septentrional de España, donde los valores no alcanzan $-0,3$. Tampoco en gran parte de la franja oriental de la Península Ibérica, donde los valores de « r » quedan por debajo de $-0,4$, la correlación es apreciable. En segundo lugar, el centro y el cuadrante suroccidental de la Península Ibérica presentan valores de « r » entre $-0,5$ y $-0,7$, claramente significativos. Las isopletas del coeficiente de correlación dibujan un haz zonal con elevado gradiente en el norte de España, separando la franja septentrional de clima marítimo del resto del país, de clima mediterráneo (figura 1). Hacia el este, el

citado haz se incurva en dirección sur para individualizar las tierras orientales próximas al mar Mediterráneo. Los valores de « r » más significativos ocupan las regiones de la Meseta, excepto su parte más septentrional, puntos del valle del Ebro y Andalucía occidental. Ciudad Real ($-0,69$), Sevilla ($-0,68$) y Madrid ($-0,67$) ofrecen las mejores correlaciones.

En resumen, el territorio español peninsular queda dividido en tres áreas. La primera es la zona septentrional, donde la práctica ausencia de correlación entre la NAO y la precipitación es fruto de su situación latitudinal, fronteriza entre la Europa templada, con « r » en general positiva, y la meridional, con « r » negativa. La segunda área es la franja oriental, que, a sotavento de la dinámica del oeste y los flujos atlánticos, es poco sensible a la NAO. Como caso extremo, el observatorio de Murcia presenta una correlación prácticamente nula ($-0,06$). La tercera área, la más extensa, es

Figura 1. Isopletas de la r de Pearson de la correlación entre el índice NAO (Lisboa-Reykjavik) y la precipitación, en diciembre



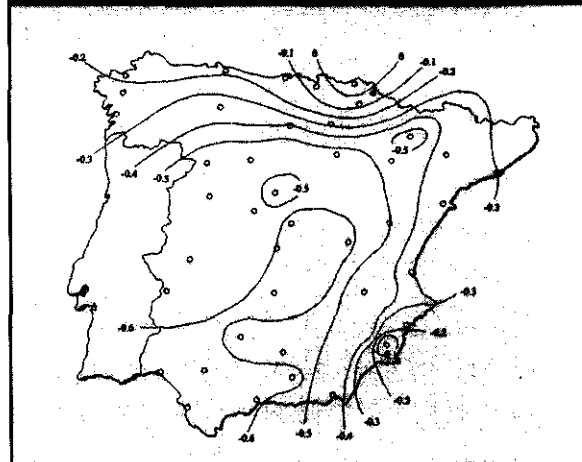
aquella, salvo alguna excepción en el valle del Ebro, en la que los temporales atlánticos, del oeste y sudoeste, producen la mayor parte del total pluviométrico. Esto suele ocurrir con depresiones localizadas hacia el oeste y sudoeste de la Península Ibérica, asociadas, pues, a índices NAO negativos. Parece incluso insinuarse en el trazado de las isoplefas un eje diagonal sudoeste-nordeste, coincidente con la dirección de los flujos húmedos procedentes del sudoeste.

Correlación entre la presión en superficie y la precipitación de diciembre

Los valores de la «*r*» de Pearson correspondientes a la correlación entre el índice NAO y la precipitación en diciembre son escasamente significativos, tal como se ha visto, en dos áreas de la Península Ibérica. Con el objeto de evaluar la bondad de la anterior correlación, y, si es posible, mejorarla, se han hallado los valores de «*r*» de la correlación entre el valor estandarizado de la presión en Lisboa y la precipitación. Los resultados mejoran la correlación en prácticamente todo el territorio estudiado (tabla 2). En 37 de los 41 observatorios analizados la «*r*» de Pearson para la correlación del índice NAO y la precipitación. Es decir, la precipitación de diciembre está mejor correlacionada con la presión en Lisboa que con la diferencia entre los valores de «*r*» es mínima. En Galicia (NW de España), y en el norte de la Meseta (centro) la correlación negativa mejora mucho usando la presión en Lisboa. Así, por ejemplo, en Pontevedra pasa de $-0,25$ a $-0,51$, en Santiago, de $-0,25$ a $-0,45$, en León, de $-0,35$ a $-0,53$, en Burgos, de $-0,40$ a $-0,58$ y en Valladolid, de $-0,53$ a $-0,71$. En la zona norte, excluyendo Galicia, y en la franja oriental,

la nueva correlación no mejora mucho la establecida a partir del índice NAO. La configuración de las isoplefas de la correlación entre la presión en superficie en Lisboa y la precipitación presenta una gran similitud con la de la correlación entre el índice NAO y la precipitación, distinguiéndose también las tres regiones antes citadas (figura 2).

Figura 2. Isoplefas de la *r* de Pearson de la correlación entre la presión en superficie en Lisboa y la precipitación, en diciembre.



El resultado anterior anuncia una débil o nula correlación entre la presión en superficie en Reykjavik y la precipitación en la Península Ibérica en el mes de diciembre (figura 3). Los valores de la correspondiente «*r*» de Pearson, positivos excepto en los dos observatorios gallegos litorales, sólo rebasan $+0,3$ en un área central (la Mancha y el sur de Aragón) y en buena parte de Andalucía, llegando como máximo a $+0,43$ en Málaga (tabla 2).

La presencia del mar Mediterráneo, con una dinámica atmosférica propia, y el hecho de que, precisamente, la franja oriental de la Península Ibérica, encarada hacia ese mar, presente un comportamiento poco sensible en la NAO invita a analizar la correlación entre la presión en superficie en un punto del litoral me-

Tabla 2. Valores del coeficiente de correlación (*r* de Pearson) para las correlaciones índice NAO-precipitación (NAO), presión en superficie en Lisboa-precipitación (P. Lis), presión en superficie en Reykjavik-precipitación (P. Rey) y presión en superficie en Barcelona-precipitación (P. Bar), en el mes de diciembre (1900-1994) (en negrita, valores no significativos estadísticamente, $\alpha = 0,05$).

Observatorio	NAO	P. Lis	P. Rey	P. Bar	Observatorio	NAO	P. Lis	P. Rey	P. Bar
Albacete	-0,45	-0,49	+0,28	-0,35	Madrid	-0,67	-0,80	+0,35	-0,58
Alicante	-0,26	-0,28	+0,16	-0,02	Málaga	-0,61	-0,63	+0,43	-0,34
Almería	-0,43	-0,45	+0,28	-0,27	Murcia	-0,06	-0,09	+0,02	+0,06
Ávila	-0,51	-0,69	+0,20	-0,47	Pamplona	-0,10	-0,09	+0,08	-0,46
Badajoz	-0,57	-0,75	+0,23	-0,52	Pontevedra	-0,25	-0,51	-0,08	-0,56
Barcelona	-0,30	-0,28	+0,24	-0,11	Salamanca	-0,52	-0,66	+0,24	-0,62
Bilbao	-0,01	+0,10	+0,12	-0,43	San Fernando	-0,66	-0,77	+0,37	-0,45
Burgos	-0,40	-0,58	+0,11	-0,65	San Sebastián	+0,04	+0,11	+0,04	-0,42
Cáceres	-0,51	-0,70	+0,18	-0,50	Santander	-0,12	-0,05	+0,15	-0,53
Ciudad Real	-0,69	-0,74	+0,46	-0,61	Santiago	-0,25	-0,45	0,00	-0,49
Córdoba	-0,57	-0,70	+0,28	-0,52	Segovia	-0,40	-0,53	+0,17	-0,63
La Coruña	-0,18	-0,35	-0,04	-0,51	Sevilla	-0,68	-0,77	+0,40	-0,48
Cuenca	-0,61	-0,71	+0,34	-0,70	Soria	-0,57	-0,72	+0,27	-0,70
Gijón	-0,19	-0,18	+0,14	-0,59	Teruel	-0,50	-0,52	+0,34	0,27
Granada	-0,64	-0,72	+0,39	-0,58	Toledo	-0,60	-0,75	+0,30	-0,61
Huelva	-0,66	-0,74	+0,39	-0,34	Tortosa	-0,36	-0,43	+0,19	-0,18
Huesca	-0,59	-0,70	+0,32	-0,62	Valencia	-0,37	-0,39	+0,26	-0,04
Jaén	-0,52	-0,64	+0,25	-0,61	Valladolid	-0,53	-0,71	+0,21	-0,58
León	-0,35	-0,53	+0,06	-0,38	Zamora	-0,55	-0,66	+0,28	-0,55
Lérida	-0,35	-0,48	+0,12	-0,41	Zaragoza	-0,48	-0,56	+0,28	-0,44
Logroño	-0,30	-0,32	+0,20	-0,64					

diterráneo y la precipitación en la España peninsular, en diciembre. Se ha elegido el observatorio de Barcelona, estandarizándose sus datos de presión en superficie en diciembre. El resultado que suministra la «*r*» de Pearson es sorprendente (tabla 2). La correlación no es significativa (<0,2 en valor absoluto) a lo largo de todo el litoral mediterráneo oriental, mientras

que resulta significativa en el resto del país, en especial en el centro de España, con valores que alcanzan -0,70 en Soria y en Cuenca. El mapa de isopletas correspondiente (figura 4) muestra un elevado gradiente en el coeficiente de correlación entre el litoral oriental y el centro de la Península Ibérica, con valores tanto más negativos cuanto más hacia el oeste,

Figura 3. Isopletas de la r de Pearson de la correlación entre la presión en superficie en Reykjavik y la precipitación, en diciembre.

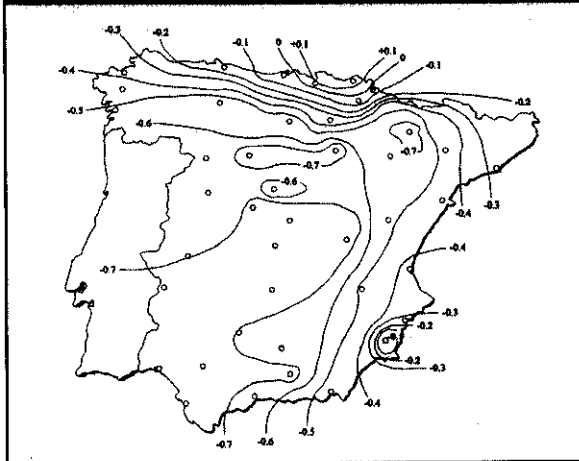
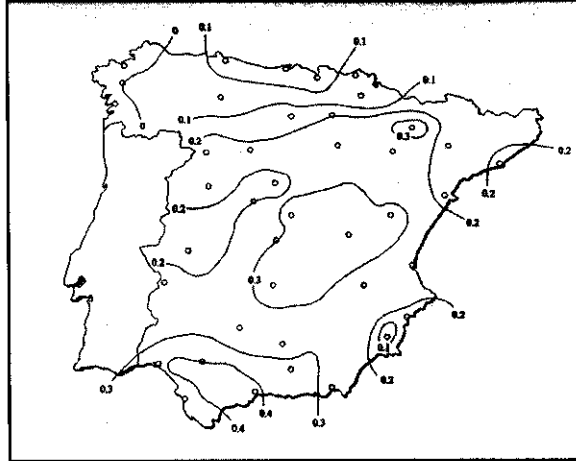


Figura 4. Isopletas de la r de Pearson de la correlación entre la presión en superficie en Barcelona y la precipitación, en diciembre.



hasta el centro peninsular. En consecuencia, la precipitación en el litoral mediterráneo en diciembre no está correlacionada con la presión, mientras que al progresar hacia el interior sí que depende de la presión en el Mediterráneo. La elevada intensidad de la lluvia en las comarcas de mayor influencia del mar Mediterráneo puede explicar en parte este comportamiento anómalo. En ellas unos pocos episodios torrenciales, a menudo con un campo bórico superficial poco definido y con valores próximos a los normales, y hasta superiores, aporta gran parte del total pluviométrico del mes (Martín-Vide, 1987; Llasat and Puigcerver, 1994). A menudo, son depresiones o vaguadas en altura las que, con escaso reflejo en superficie, causan las mayores cantidades de lluvia (Llasat, 1991; Martín-Vide, 1994). En el centro de España, en cambio, la precipitación no

muestra ese carácter torrencial, apareciendo preferentemente cuando la situación sinóptica es claramente depresionaria. Por otra parte, es interesante observar que la correlación entre la presión en Barcelona y la precipitación en la zona septentrional de España mejora ostensiblemente las correlaciones entre esta última variable y el índice NAO, así como con la presión en Lisboa.

Para mejorar el conocimiento de la dependencia entre la presión en superficie y la precipitación en el litoral oriental de la Península Ibérica, se han hallado los valores del coeficiente de correlación para todos los meses del año entre la presión y la precipitación en Barcelona durante el período 1850-1990. Los resultados, que se muestran en la tabla 3, dejan clara la débil, cuando no nula, correlación entre los dos citados parámetros. Los valores de

Tabla 3. Valores mensuales de la r de Pearson de la correlación entre la presión en superficie y la precipitación en Barcelona (1850-1990) (en **negrita**, valores no significativos estadísticamente, $\alpha = 0,05$).

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Noviem.	Diciem.
r	-0,26	-0,18	-0,23	-0,24	-0,41	-0,18	-0,14	-0,21	-0,03	-0,27	-0,13

los meses de julio, septiembre y diciembre no son estadísticamente significativos y los de febrero y junio están en el límite de la significación. El mayor (mayo, -0,41) refleja una correlación sólo modesta. Este comportamiento de muy débil o nula correlación entre la presión en superficie y la precipitación refuerza el carácter singular de la pluviometría mediterránea.

Influencia de la NAO en la distribución espacial de la precipitación en diciembre

Dada la estimable correlación negativa entre el índice NAO y la precipitación en el centro y el sudoeste de la España peninsular durante diciembre, cabe esperar contrastes pluviométricos acusados en esa área entre los meses con índices positivos y negativos. Por el contrario, en el norte del país y en la franja oriental próxima al mar Mediterráneo, la escasa o nula significación de la correlación ha de reflejarse en una escasa variabilidad pluviométrica respecto al valor del índice NAO.

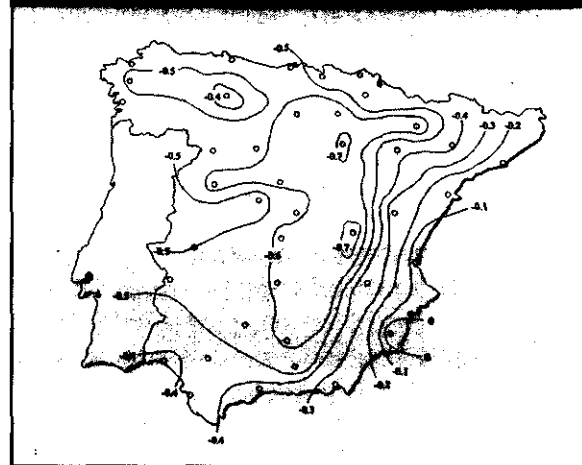
En la figura 5, donde se ha representado la precipitación media de diciembre a partir de los 41 observatorios analizados y el período básico 1900-1994, se aprecian las notables diferencias pluviométricas existentes en este mes en la España peninsular. La zona septentrional del país recibe más de 100 mm, e incluso, en Galicia llegan a superarse los 200 mm (máximo en Santiago, 224,0 mm). Otra área relativamente lluviosa es el sudoeste, con algunos núcleos que rebasan los 80 mm. En cambio, algunos sectores del centro y buena parte del este del país quedan con valores inferiores a los 40 mm (mínimo en Teruel, 19,5 mm).

Se han analizado los mapas pluviométricos de diciembre de los años con un índice NAO

superior a +1,0 (figura 5), que son en total 31, e inferior a -1,0 (figura 5), en total 28. En el primer caso la precipitación media se reduce a menos de la mitad de la media en varios observatorios del sudeste y en otros del noreste. Las mayores reducciones absolutas se dan en el sudoeste, con cerca de 50 mm menos en San Fernando. En resumen, con índice NAO mayor que +1,0, la zona norte sigue siendo muy lluviosa, con valores parecidos a los de la media, la franja oriental reduce algo sus bajos promedios y el sudoeste experimenta una merma notable, perdiendo el carácter de área relativamente lluviosa.

El mapa pluviométrico medio de los diciembre con índice NAO menor que -1,0 mantiene la zona norte con el carácter muy lluvioso, aumentando el promedio en Galicia. La franja oriental experimenta un incremento respecto al promedio, aunque los valores no superan los 60 mm, excepto en su extremo norte. El centro y sur del país eleva notablemente la media, apareciendo valores superiores a 100 mm en gran parte del sudoeste, con máximos que llegan a rebasar los 140 mm (San Fernando). De esta manera, el extremo sudoccidental de la

Figura 5.



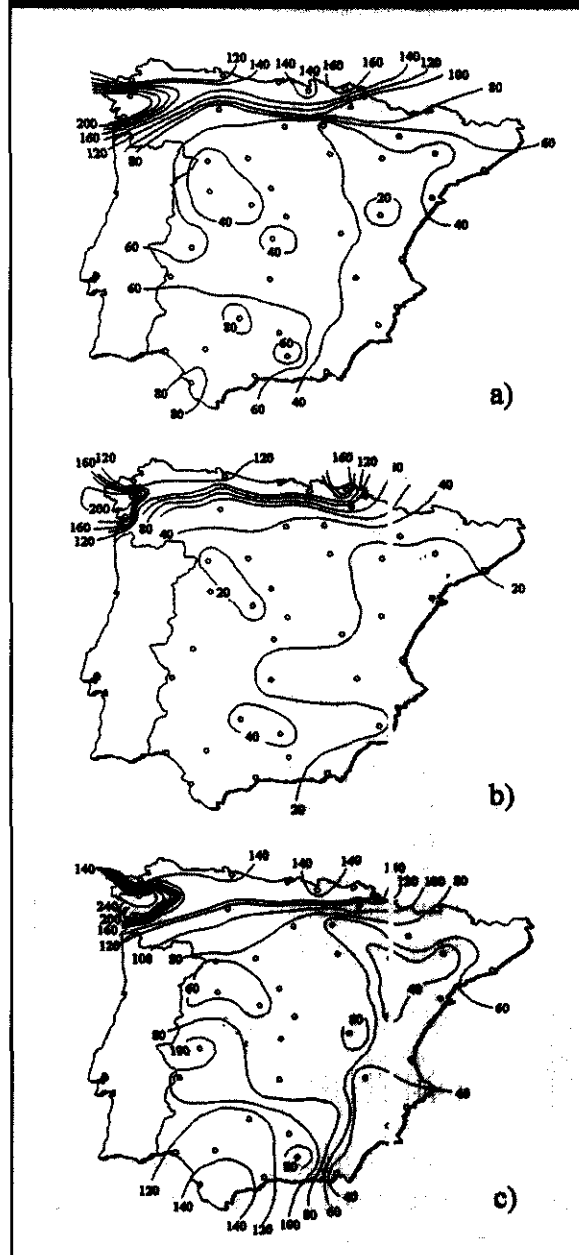
Península Ibérica resulta en diciembre tan lluvioso como muchos lugares del norte de España en los meses con índice NAO menor que $-1,0$. Atendiendo a que diciembre es uno de los meses en que más llueve en Andalucía, cabe pensar en una relación estrecha entre valores positivos del índice NAO y sequía en esta región y valores negativos NAO y precipitaciones extremas. Estudios previos realizados por los autores (Rodríguez y Llasat, 1995) ponen de manifiesto la disminución de la precipitación en Sevilla en los diciembre de los primeros años de la década de los años 90, período de grave sequía en el centro y sur de España. Por el contrario, en esos años apenas se observa disminución de la lluvia en Barcelona, lo que ajusta a los resultados aquí obtenidos.

En resumen, la NAO produce una alta variabilidad en la precipitación de diciembre en el centro y el sudoeste de la España peninsular, a diferencia del resto del país, poco sensible a ella. Como se ha demostrado en otros lugares (Wilby *et al.*, 1997), en España la correlación entre el índice NAO y la precipitación confirma, en el mes de diciembre, una regionalización pluviométrica basada en la cantidad media.

Potencialidades del índice NAO en la previsión de episodios de alta pluviometría en España

Aunque el presente estudio se circunscribe temporalmente al mes de diciembre, se puede entrever, por lo expuesto en el apartado anterior, que un índice NAO fuertemente negativo, es decir, con valores inferiores a $-2,0$, o incluso a $-3,0$, puede asociarse con un notable riesgo de episodios atmosféricos con elevados riesgos

Figura 6. a) Isoyetas medias de diciembre (1900-1994). b) Isoyetas medias de los diciembre con índice NAO $> +1,0$. c) Isoyetas medias de los diciembre con índice NAO $< -1,0$.



pluviométricos en buena parte del oeste de la Península Ibérica, y, en especial, en su cuadrante suroccidental.

A título de ejemplo, los diciembres con un índice NAO inferior a $-3,0$, que fueron, en el período de estudio, los de 1963, 1976, 1989 y 1995, totalizaron cantidades de precipitación muy cuantiosas, e incluso daños severos, en numerosos lugares del área citada. Así, en diciembre de 1989, con un índice de $-3,02$, Galicia, parte de la Meseta, Extremadura, muchas comarcas andaluzas e incluso los Pirineos sufren repetidos temporales, que en Málaga suponen la continuación de las cinco inundaciones habidas en el noviembre precedente. Las copiosas precipitaciones y el viento causaron varios muertos e importantes destrozos materiales.

En diciembre de 1995, con un índice de $-3,70$, se iniciaron las copiosas lluvias que dieron fin a uno de los períodos más secos del siglo en el centro y el sur de España. En diciembre de 1976, con un índice de $-3,84$, la lluviosa Grazalema llega a totalizar nada menos que 1.106 mm, la segunda cantidad más alta en el último mes del año, después de los 1.479 mm de diciembre de 1958, también con un índice claramente negativo ($-2,34$). Una cantidad asimismo muy elevada, 991 mm, se registró en la citada población gaditana en diciembre de 1963, con un índice de $-3,39$.

Aunque fuera del período temporal y del mes analizados, las graves inundaciones de Badajoz de noviembre de 1997 pueden asociarse con la fase negativa del índice NAO que ha caracterizado el período del invierno 1995-1996 al invierno 1997-1998

Conclusiones

El índice NAO establecido a partir de la diferencia de los valores estandarizados de presión en superficie entre Lisboa y Reykjavik está correlacionado negativamente con la precipitación de diciembre en prácticamente toda la España peninsular. Sin embargo, en la zona septentrional y en la franja mediterránea orien-

tal la correlación es débil o incluso no significativa. Por el contrario, en el centro y el cuadrante suroccidental del país los valores de r muestran una clara correlación negativa (superan 0,5 en valor absoluto). El índice NAO produce una marcada variabilidad pluviométrica en diciembre en el sur de España, acorde con la frecuencia variable de los temporales atlánticos causados por depresiones situadas hacia el suroeste y el oeste de la Península Ibérica.

En casi toda España la presión en superficie en Lisboa está mejor correlacionada con la precipitación que el índice NAO, en diciembre, mientras que la influencia de la presión en Reykjavik apenas es significativa. Ello es explicable por la cercanía a España de la capital portuguesa y su alta sensibilidad a las variaciones del anticiclón de las Azores, y la lejanía de la islandesa.

La presión en superficie en Barcelona, como probablemente en otros puntos del litoral mediterráneo oriental de la Península Ibérica, no muestra correlación significativa con la precipitación, en diciembre, en la misma franja mediterránea, pero sí, negativamente, en el centro de España. La torrencialidad de la precipitación en el litoral mediterráneo y el predominio de los mecanismos atmosféricos de altura puede explicar este sorprendente resultado.

Finalmente, un índice NAO fuertemente negativo ha de asociarse con un notable riesgo de precipitaciones copiosas en el cuadrante suroccidental de la Península Ibérica, y, en general, en el oeste peninsular, susceptibles de provocar inundaciones y otros efectos no deseados.

Agradecimientos

La presente investigación se ha realizado en el marco de los proyectos EC **ENV4-CT97-0511** (*IMPRO-FE*) y CICYT (España) **CLI98-0930-CO2-02**, así como el Grup de Climatologia (Generalitat de Catalunya). Los autores desean, asimismo, expresar su agradecimiento a María Teresa Piserra (MAPFRE RE), por su interés en la publicación de este estudio.

Bibliografía

- Barnston, A. G. and Livezey, R. E. (1987). «Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns». *Mon. Weather Rev.*, 115, pp. 1.083-1.126.
- Gómez, L. (1997). *Regionalización climática de la España peninsular mediante el análisis markoviano de las sequías*. Universidad de Barcelona, Barcelona (Tesis doctoral inédita).
- Hurrell, J. W. (1995). «Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperature and precipitation». *Science*, 269, pp. 676-679.
- INM (1996). *Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación de España*. Madrid.
- Katz, R. W. (1988). «Use of cross-correlations in the search for teleconnections». *J. of Climatology*, 8, pp. 241-253.
- Laita, M. (1995). *El fenómeno del Niño y su influencia climática en el Mediterráneo occidental*. Universitat de les Illes Balears, Palma (Tesis doctoral inédita).
- Lamb, P. J. and Pepler, R. A. (1987). «North Atlantic Oscillation: concept and an application». *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 68, pp. 1.218-1.225.
- Llasat, M. C. (1991). *Gota fría*. Marcombo, Barcelona.
- Martín-Vide, J. (1987). *Característiques climatològiques de la precipitació en la franja costera mediterrànea de la Península Ibèrica*. I.C.C., Barcelona.
- Martín-Vide, J. (1994). «Geographical factors in the pluviometry of Mediterranean Spain: drought and torrential rainfall», en Corominas, J. y Georgakakos, K. P. (Eds.): *U.S.-Spain Workshop on Natural Hazards*, 9-25, The University of Iowa, Iowa City.
- Martín-Vide, J. (1996). «Decálogo de la pluviometría español», en Marzol, M.^o V. et al (Eds.): *Clima y agua. La gestión de un recurso climático*, 15-24, A.G.E., Universidad de La Laguna.
- Meehl, G. A. and van Loon, H., (1979). «The Seesaw in Winter Temperatures between Greenland and Northern Europe. Part III: Teleconnections with lower latitudes». *Mon. Weather Rev.*, 107, pp. 1.095-1.106.
- Moses, T. et al (1987). «Characteristics and Frequency Reversals in Mean Sea Level Pressure in the North Atlantic Sector and their Relationships to Long-Term Temperature Trends». *J. of Climatology*, 7, pp. 13-30.
- Parker, D. E. and Folland, C. K. (1988). «The Nature of Climatic Variability». *Met. Mag.*, 117, pp. 201-210.
- Rodó, X. et al (1997). «Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century relationships with the North Atlantic Oscillation and the El Niño-Southern Oscillation». *Climate Dynamics*, 13, pp. 275-284.
- Rogers, J. C. (1984). «The association between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere». *Mon. Weather Rev.*, 112, pp. 1.999-2.017.
- Van Loon, H. and Rogers, J. C. (1978). «The Seesaw in Winter Temperatures between Greenland and Northern Europe. Part I: General Description». *Mon. Weather Rev.*, 106, pp. 296-310.
- WMO (1996). *The Global Climate System Review. Climate System Monitoring, June 1991-November 1993*, 819.
- Wilby, R. L. et al (1997). «The North Atlantic Oscillation and British Isles climate variability, 1865-1996». *Weather*, oct., pp. 266-276.
- Zorita, E. 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. Clim.*, 5, pp. 1.097-1.108. ■