

LA DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN A TRAVÉS DEL ÍNDICE NAO. EL EFECTO DEL RELIEVE A ESCALA LOCAL: EL PIRINEO ORIENTAL

Pere ESTEBAN*, Xavier SOLER*, Marc PROHOM* y Olivier PLANCHON**

* *Grupo de Climatología, Universidad de Barcelona. gc@pcb.ub.es*

** *COSTEL-LETG, Université de Rennes, Olivier.Planchon@Uhb.Fr*

RESUMEN

Se ha calculado el coeficiente de correlación de la r de Pearson entre el índice NAO y la precipitación de diciembre (1961-90) en 70 observatorios repartidos por las dos vertientes del Pirineo oriental (Francia, Andorra y España). Los resultados muestran una clara relación entre la distribución de las isolíneas y el relieve, sobretodo en aquellos sectores con barreras orográficas destacables y valles bien orientados a los flujos de suroeste.

Palabras clave: índice NAO, precipitación, Pirineos, orografía.

ABSTRACT

In this work, the Pearsons "r" values were calculated for the correlation between NAO index and December precipitation (1961-90) in 70 weather stations in the two sides of the eastern Pyrenees (France, Andorra and Spain). The results show an intimate relationship between isopleth distribution and relief, specially in the high orographic barriers and valleys well oriented to southwest flows.

Key words: NAO index, precipitation, Pyrenees, orography.

1. INTRODUCCIÓN

La oscilación del Atlántico norte (NAO) es una de las principales fuentes de variabilidad interanual de la circulación atmosférica en dicho sector. Tradicionalmente se define el índice NAO como la diferencia de presión atmosférica entre una estación localizada en Islandia (Akuyeri o Stykkisholmur) y otra en las islas Azores (Ponta Delgada) (WALKER y BLISS, 1932).

El interés de este índice se ha renovado últimamente por el aparente dominio de fases positivas desde finales de los años 70 (Fig. 1). De hecho, HURRELL (1995), demostró que este fenómeno explica más del 36 % de la varianza del campo de presión medio de Diciembre a Marzo, dentro de la región comprendida entre los 20°-80°N y 90°W-40°E. Junto a la presión atmosférica, el índice NAO condiciona buena parte de la variabilidad de los patrones de temperatura y de precipitación sobre Europa (OSBORN, *et al.*, 1999).

La Península Ibérica no queda fuera de esta influencia (Fig. 2a), siendo el sector más suroccidental, y durante la mitad fría del año (Octubre-Marzo), la que presenta una mejor correlación entre los valores de los índices y la precipitación (MARTÍN-VIDE *et al.*, 1999; PITA *et al.*, 1999). Si

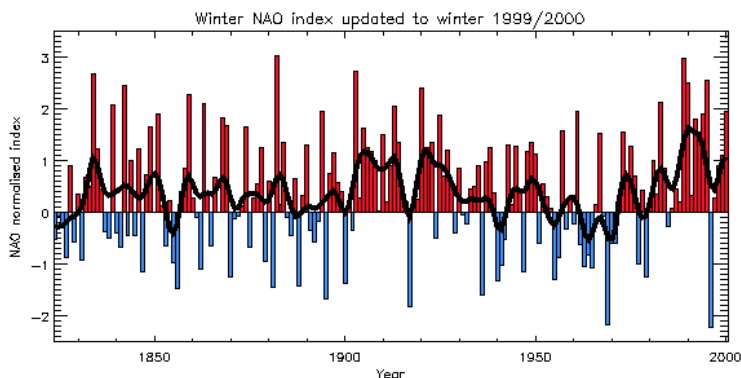


Figura 1: Índice NAO de invierno (Diciembre a Marzo). Fuente: CRU

se analizan las correlaciones entre los valores NAO y la precipitación en diciembre, se puede comprobar como las correlaciones tienen valores entre $-0,5$ y $-0,7$ en buena parte del centro y sudoeste de la península. Por tanto, buena parte del comportamiento del régimen pluviométrico de este sector, responde a la dinámica del dipolo de presión entre Islandia y Lisboa o Azores.

El objetivo de este trabajo es profundizar en el análisis de la relación existente entre el índice NAO y la precipitación invernal peninsular en el periodo internacional 1961-1990. En este sentido, el área de estudio se circunscribe a las dos vertientes del sector oriental de los pirineos, es decir del denominado Pirineo Catalán y su correspondiente homónimo francés en su vertiente norte.

Todo ello responde a la siguiente hipótesis de trabajo: el relieve del Pirineo, con valles generalmente orientados N-S o NE-SW, presenta una buena disposición a la entrada de flujos meridionales. Estos tipos de flujos se encuentran en general ligados a las fases negativas del índice NAO, y por tanto, existe la posibilidad de que la correlación precipitación-índice NAO sea más alta de lo esperada este sector en relación a otros puntos teóricamente más cercanos al área suroccidental de la Península Ibérica y potencialmente más sensibles.

Esta hipótesis ya fue planteada para la vertiente sur del Pirineo aragonés (Fig. 2b), y los resultados mostraban claramente la importancia de relieve a la hora de la distribución espacial de los valores de correlación (MARTÍN-VIDE *et al.*, 2000)

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio como se ha mencionado anteriormente, se localiza en el sector oriental de los Pirineos, y en sus dos vertientes (Fig. 3): la sur, correspondiente al sector catalán y andorrano, y la norte, en su mayor parte coincidente con territorio francés. El hecho de haber optado por incluir determinadas estaciones meteorológicas alejadas de la cordillera pirenaica propiamente dicha, para poder comparar resultados en ambos sectores, comporta una ampliación del área de estudio inicial. Por tanto los límites del área son: al noroeste el observatorio meteorológico francés

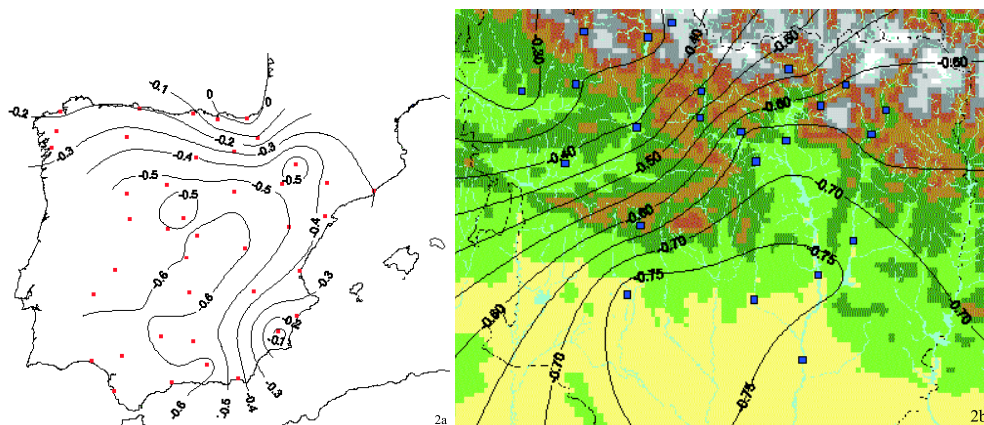


Figura 2: Distribución de las correlaciones para la Península Ibérica (1900-94) (a), y en detalle para el sector del Pirineo aragonés (1975-80) (b), (MARTÍN-VIDE *et al.*, 2000).

de Cierp-Gaud en la cuenca del Garona y al nordeste Opoul-Perillos en el tramo final de la cuenca del Agly. al suroeste el curso medio-bajo de los ríos Noguera Ribagorzana y Pallaresa, y Segre con estaciones como Tamarite de Llitera, Almacelles o Agramunt. Finalmente, el sector este-sureste, con el curso medio del río Llobregat y la Costa Brava sur, donde se localizan respectivamente los observatorios de Callus, y St. Feliu de Guíxols.

Una de las características básicas del relieve pirenaico es que se encuentra formado por dos subunidades: el Pirineo Axial y el Prepirineo. El primer sector se caracteriza por presentar una línea de máximas altitudes, mientras que el segundo comprende un sector de sierras interiores y exteriores separadas por la llamada depresión media pirenaica (PEDROCHHI, 1997).

El Pirineo axial, en su sector más oriental, comprende dos zonas diferentes, una occidental, más agreste, centrada en las comarcas de Lleida y los departamentos de l'Haute Garonne y l'Ariège, y una oriental, más suavizada, a partir de la depresión de la Cerdanya ya en las comarcas de la provincia de Girona y el departamento francés de Pyrénées Orientales.

En la zona más occidental del Pirineo axial se encuentran las altitudes más importantes, superando en diferentes casos los 3000 metros (Pica d'Estats 3140 m) donde el glaciarismo pleistoceno tuvo especial importancia configurando el abrupto paisaje actual de les Valls d'Aran, Ferrera, Cardos, etc. Las condiciones pluviométricas de la vertiente sur de este sector presentan un máximo en verano, como consecuencia de las lluvias convectivas, seguido de otro máximo equinoccial. Por eso no es raro superar los 1000 mm anuales de precipitación como ocurre en los observatorios de Cabdella y Estany Gento (Lleida, 1400 y 2000 m respectivamente), que reciben de media 1200 y 1300 mm de precipitación. En la vertiente norte, la precipitación asociada a los flujos atlánticos toma, rápidamente, una gran importancia en los totales anuales, hecho que se da en el resto de la vertiente septentrional del Pirineo.

En cambio, en la mitad oriental las características tanto pluviométricas como topográficas se suavizan a medida que se avanza hacia levante. Las cotas a partir de la Depresión de la Cerdanya no

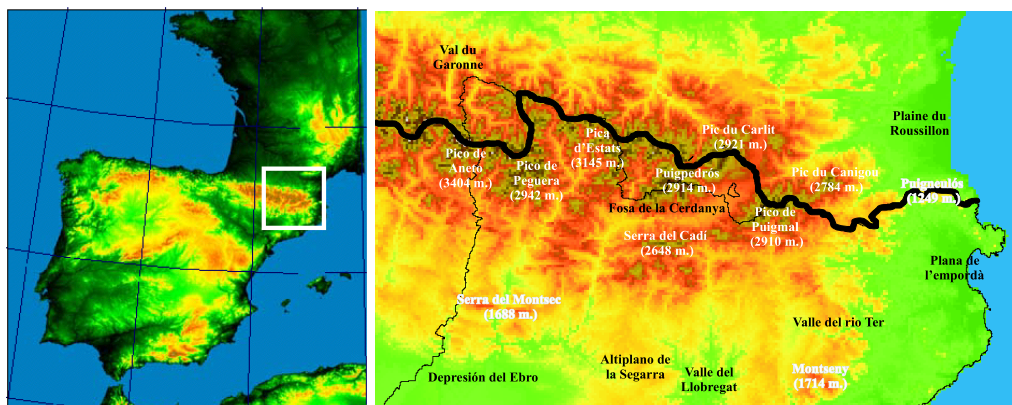


Figura 3: Localización de la zona de estudio, con los elementos fisiográficos más destacables. La línea gruesa de color negro marca el cambio de vertiente.

superan los 2900 metros y rápidamente en el Ripollés oriental las cimas más elevadas superan en poco los 2500 metros. En los contrafuertes más orientales del Pirineo Axial, las máximas altitudes no llegan a los 1300 metros (Puigneulós, 1249 m). Finalmente, encontramos el Pirineo más marítimo, poco antes de morir en la Península del Cap de Creus. Las condiciones climáticas de este sector son claramente mediterráneas, pero matizadas por la orografía. Es por ello que la zona de máximas altitudes de este sector, puede considerarse como una variante del clima subalpino, con menor pluviosidad e innivación pero aun así en determinados sectores se superan los 1000 mm anuales (Nuria, 1038 mm). La vertiente norte (francesa) de este sector también presenta un claro comportamiento mediterráneo, aunque las situaciones atlánticas, de forma ya muy mermada, influyen de forma destacada.

A medida que avanzamos hacia el este las altitudes se reducen considerablemente y el clima se caracteriza definitivamente por los rasgos típicamente mediterráneos. Es por ello que a las puertas del mar Mediterráneo, Figueres, Cadaqués y Roses, por solo citar unos ejemplos, no superan o ligeramente los 600 mm anuales.

La segunda gran subunidad (en la vertiente sur) es el Prepirineo y se encuentra separada del Pirineo Axial por una serie de depresiones interiores discontinuas. En el sector occidental del área de estudio se encuentran las Sierras de Montsec, Os, Montrroig, Boumort, con altitudes que superan escasamente los dos mil metros y con precipitaciones en general poco cuantiosas (Santa Ana, 529 mm).

El Prepirineo oriental en cambio aparece a partir de la Serra del Cadí y del Moixeró, con importantes altitudes que superan los 2000 metros (Tossa d'Alp, 2536 m). En dirección a levante, este Prepirineo se desdibuja y forman parte de él las montañas de la Alta Garrotxa (Comanegre, 1558 m) hasta el macizo del Mongrí cerca del mar, pasando por la Serralada Transversal (Puigsacalm, 1503 m) en el límite entre las comarcas de la Garrotxa y Osona.

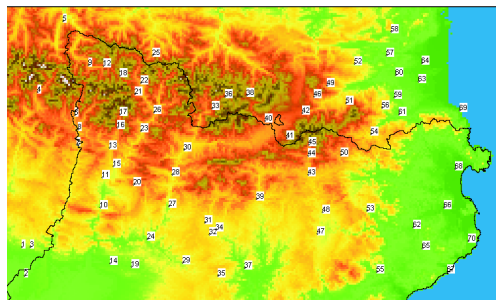


Figura 4: Localización de los observatorios utilizados

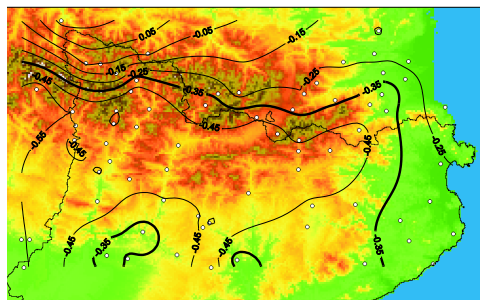


Figura 5: Mapa resultado de la interpolación de los valores de la r de Pearson entre precipitación e índice NAO para Diciembre (1961-90)

3. ORIGEN DE LOS DATOS

3.1. Índice NAO

Para este estudio se ha utilizado un índice NAO generado por la Climatic Research Unit (Norwich, Inglaterra) a partir de la base diaria de presión atmosférica de los observatorios Reykjavik (64,09°N - 21,51°W) y Ponta Delgada (Islas Azores) para el mes de diciembre del periodo internacional 1961-1990. Con ambas series se han obtenido las diferencias de los valores estandarizados de la presión media mensual, es decir el propio índice NAO.

3.2. Datos pluviométricos

Para el estudio de la precipitación del mes de diciembre en la mitad oriental de los Pirineos y su relación con el índice NAO se han utilizado un total de 70 estaciones meteorológicas (Fig. 4 y tabla 1) que presentan a su vez una buena cobertura espacial. Concretamente se han conseguido datos pluviométricos de las cuencas de ríos principales tales como la Noguera Ribagorzana y Pallaresa, Segre, La Valira, Llobregat, Cardener, Ter, Freser y Muga en la vertiente sur de los Pirineos y Garona, Agly, Tet y Tech en la vertiente norte.

Respecto al origen de las series meteorológicas decir que es muy diverso. Se han utilizado datos pluviométricos de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) que están disponibles a través de su página web (<http://oph.chebro.es/>). El resto de los datos ha sido suministrado por el Instituto Nacional de Meteorología, observadores particulares y instituciones públicas municipales. Finalmente MétéoFrance es la institución consultada para la vertiente norte de la cordillera pirenaica.

A partir de todas estas fuentes meteorológicas se realizó una criba de las estaciones más idóneas, tanto por cobertura espacial como calidad de las propias series. La existencia de lagunas en el registro de los datos se solucionó aplicando el criterio del valor medio, es decir, calculando la media de precipitación del mes de diciembre del periodo 1961-1990 y substituyendo dicho valor por el vacío correspondiente. Por otro lado las estaciones de la Confederación Hidrográfica del

Tabla 1: Lista de los observatorios utilizados (en mayúsculas, los localizados en la vertiente norte del Pirineo), algunas características de las series, y valor de la r de Pearson entre la precipitación de Diciembre y el índice NAO 1961-90.

ID Mapa	Estación Meteorológica	Homogeneidad según test Von Newman	Lagunas	Método de relleno	Correlación precipitación-Índice NAO (1961-1990)
1	Tamarit de Llitera	2.37	0		-0.56
2	Almacelles	2.11	2	MOSS	-0.56
3	Albelda	2.44	0		-0.54
4	Eriste	2.36	2	MOSS	-0.62
5	CIERP-GAUD	1.68	0		0.19
6	Vilaller	2.41	0		-0.55
7	Embalse de Escales	2.05	4	MOSS	-0.41
8	Pont de Suert	2.39	0		-0.52
9	VIELLA	1.93	0		-0.03
10	Embalse de Terradets	2.56	0		-0.53
11	Talarn	2.38	0		-0.44
12	ARTIES	2.37	1	MOSS	-0.05
13	Senterada	2.52	0		-0.51
14	Mongai	2.53	2	MOSS	-0.29
15	Pobla de Segur	2.56	0		-0.5
16	Molinos	2.60	1	MOSS	-0.56
17	Cabdella	2.55	0		-0.55
18	Bonaigua	2.36	5	MOSS	-0.13
19	Agramunt	2.33	0		-0.36
20	Abella de la Conca	2.28	5	MOSS	-0.48
21	Esport	2.56	1	MOSS	-0.46
22	Esterri d'Àneu	2.26	0		-0.41
23	Sort	2.55	1	MOSS	-0.47
24	Pons	1.59	1	MOSS	-0.31
25	COUFLÈS	1.64	0		-0.03
26	Llavorsí	2.56	0		-0.54
27	Oliana	2.41	0		-0.45
28	Organyà	2.40	0		-0.48
29	Torà	2.28	0		-0.39
30	Adrall	2.48	0		-0.46
31	Solsona	2.18	5	MOSS	-0.43
32	Riner	2.29	1	MOSS	-0.47
33	Engolasters	2.34	1	MOSS	-0.4
34	PantaSPons	2.29	5	MOSS	-0.57
35	Aguilar segarra	2.33	1	MOSS	-0.51
36	Ransol	2.17	1	MOSS	-0.33
37	Callús	2.20	1	MOSS	-0.31
38	L'HOSPITALET-PRES-L'ANDORRE	1.88	0		-0.2
39	Berga	2.30	2	MOSS	-0.54
40	LA-TOUR-DE-CAROL	2.49	0		-0.44
41	VALCEBOLLÈRE	2.45	0		-0.49
42	MONT-LOUIS	1.80	0		-0.33
43	Campdevànol	2.12	0		-0.53
44	Ribes de Freser	2.28	3	Valor medio	-0.53
45	Freser Superior	1.90	4	Valor medio	-0.41
46	RAILLEU	1.82	0		-0.25
47	Gurb	1.64	0		-0.41
48	Torelló	1.95	0		-0.43
49	CANOHES	1.88	0		-0.3
50	Campprodon	2.04	0		-0.53
51	FILLOLS	1.63	0		-0.33
52	SOURNIA	1.74	0		-0.23
53	Les Planes Hostoles	1.56	0		-0.41
54	LE TECH	1.97	0		-0.48
55	St. Feliu de Buixalleu	1.77	0		-0.39
56	SAINT-MARSAL	1.88	0		-0.36
57	LA-TOUR-DE-FRANCE	1.89	0		-0.22
58	OPOUL-PERILLOS	1.87	0		-0.26
59	CAIXAS (Fontcouverte)	1.99	0		-0.44
60	MILLAS	1.96	0		-0.29
61	CERET	2.11	0		-0.37
62	Girona	1.53	0		-0.3
63	NOHEDES	1.86	0		-0.3
64	PERPIGNAN (Labanère)	1.92	0		-0.22
65	Cassà de la Selva	1.84	0		-0.27
66	Jafre	1.78	2	Valor medio	-0.31
67	St. Feliu Guixols	1.95	1	Valor medio	-0.31
68	Castelló d'empúries	1.88	0		-0.26
69	PORT-VENDRES	1.58	0		-0.17
70	Palafrugell	1.87	1	Valor medio	-0.34

Ebro emplean el llamado Método MOSS para cubrir las lagunas de datos en sus series a partir de un análisis de regresión múltiple (MOPT, 1993).

Finalmente se ha realizado el estudio de la homogeneidad de las series pluviométricas mediante el test de Von Neumann sobre los valores mensuales del mes de diciembre. Se han aceptado valores comprendidos entre 1,5 y 2,6 recordando que 2 es el resultado óptimo.

4. METODOLOGÍA

Buena parte de los estudios llevados a cabo con el índice NAO, han intentado buscar posibles relaciones con la pluviometría de diferentes lugares. De este modo se ha utilizado la técnica de los coeficientes de correlación para detectar la intensidad de la relación entre los dos parámetros. Este estudio se basa en la misma metodología, lo que permitirá comparar los resultados con los obtenidos en el Pirineo Aragonés (MARTÍN-VIDE *et al.*, 2000) y otros lugares de la Península Ibérica (MARTÍN-VIDE *et al.*, 1999).

En primer lugar se ha obtenido los coeficientes de correlación entre los valores mensuales de precipitación de diciembre de cada una de las 70 estaciones y su correspondiente índice NAO.

La cartografía se realizó de forma automática, con el programa Surfer®, y utilizando como método de interpolación el Kriging ordinario (con variograma lineal), de tipo geoestadístico, local, gradual y exacto, y que intenta optimizar los resultados dividiendo la variación espacial en tres componentes (BURROUGH, 2000): a) la variación determinística (tendencias), b) la autocorrelación espacial y c) el ruido no correlacionado. La base cartográfica es un modelo digital de elevaciones de resolución 1 km. extraído de The Global Land One-km Base Elevation (GLOBE) Project. La localización geográfica de las estaciones se ha realizado con el Sistema de Información Geográfica MiraMon®.

5. RESULTADOS

El análisis de los valores de la r de Pearson obtenidos para la correlación del índice NAO y la precipitación del mes de Diciembre (Fig. 5), muestra un aspecto general importante: si observamos el área que presenta valores de correlación negativos, marcando el límite con el valor más bajo y estadísticamente significativo para 30 observaciones (-0.35), vemos como gran parte del área de estudio queda englobada por dicha isolínea. Estos valores, que oscilan entre -0.35 y -0.62, están asociados a flujos de componente sur o suroeste, coincidiendo con la presencia de depresiones al oeste o suroeste de la Península Ibérica, como sucede también en buena parte del cuadrante suroccidental peninsular. Por tanto, estos valores negativos y significativos de la r de Pearson indicarán un mayor peso de los flujos meridionales sobre el total pluviométrico del mes estudiado, mientras que valores negativos inferiores, o positivos, marcarán una influencia muy modesta o inexistente. Teniendo en cuenta estos aspectos, podemos pasar a un análisis más detallado:

- Los valores de correlación negativa más elevados se localizan en la vertiente sur del Pirineo, aumentando hacia el oeste, mientras que los valores de correlación positiva más elevados se localizan en la vertiente norte, y también incrementan hacia el oeste.

- La isolínea de correlación estadísticamente significativa de -0.35, sigue, de forma general, la línea de cambio de vertiente de la cordillera Pirenaica, excepto en su sector más oriental, donde se introduce en territorio francés en dirección a la Llanura del Rosellón, aspecto de marcado interés y que nos ha planteado algunos interrogantes. La posibilidad de que el ascenso más o menos progresivo del relieve (sucesión de altiplanos o sierras con altitudes moderadas), desde la Depresión del Ebro hasta los relieves previos a dicha llanura costera francesa, facilite la generación de precipitación sin frenar los flujos de suroeste de forma marcada, es la hipótesis que podría explicar esta inesperada inflexión de la isolínea hacia territorio galó.
- Podemos observar el marcado gradiente de las isolíneas en el Pirineo de Lleida (muy destacable en la Val d'Aran y hacia el Pirineo Aragonés). La marcada barrera que representan las altitudes de más de 2500-3000 metros que localizamos en todo este sector, facilitan el desarrollo de nubosidad orográfica en la vertiente sur, generándose con situaciones de componente sur y suroeste, precipitaciones que se identifican con correlaciones altas y significativas. La barrera montañosa provoca un efecto de sombra pluviométrica en la vertiente norte respecto a estos flujos meridionales, por lo que en la línea de crestas localizamos el límite de significación estadística.
- La morfología de las isolíneas responde de forma clara a la distribución del relieve. Los sectores con barreras montañosas determinan límites más meridionales a las correlaciones con significación estadística, mientras que los valles de la vertiente sur de los Pirineos, en general bien orientados a los flujos de sur y suroeste, permiten que el trazo de las líneas quede desplazado hacia sectores más septentrionales. En el Pirineo axial, se puede ver el efecto barrera en el sector de Aiguestortes y St. Maurici (entre la Val d'Aran en la vertiente norte y las comarcas del Pallars en la vertiente sur), las montañas del norte de la fosa de la Cerdanya (fronterizas con Andorra), y el sector del pico del Puigmal, mientras que los valles del río Noguera Pallaresa y Segre funcionan como corredor húmedo.
- En el Prepirineo, de forma inversa al punto anterior, podemos observar el efecto de barrera orográfica en la Serra del Montsec y el Altiplano de la Segarra, mientras que sectores con menos altitudes (valle del Segre en su sector más próximo a la depresión del Ebro), no tienen valores significativos a causa de la ausencia de relieves lo suficientemente elevados para generar nubosidad orográfica y precipitaciones, hecho que sí se produciría en los primeros contrafuertes de la Serra del Cadí. También la orientación del Valle del Llobregat no permite la fácil llegada de los flujos húmedos del SW, quedando protegida de ellos como delimita la citada isolínea de significación.
- En la distribución de las isolíneas de la vertiente norte Pirenaica, podemos identificar cómo, a medida que nos alejamos del Atlántico, el gradiente disminuye y las isolíneas, orientadas de este a oeste y con valores no significativos, pasan a presentar una disposición norte-sur (Plana del Rosellón), que se prolonga por toda la costa de Girona (Plana del Empordà y Costa Brava), gracias también a la sombra pluviométrica respecto de los flujos occidentales o de SW que genera la Serralada Transversal. Es la consecuencia de la entrada en juego de la influencia mediterránea, que merma la importancia en el total de precipitación a los flujos

de noroeste, como también a los de suroeste, aunque algunas veces vayan asociados con estos últimos por sucesión de tipos de tiempo.

Finalmente, para evaluar la magnitud de los coeficientes obtenidos para Diciembre, se han comparado estos resultados con otras estaciones peninsulares y del sur de Francia, especialmente aquellas con correlaciones más altas del centro y suroeste. Para ello, se han calculado los coeficientes de correlación del periodo 1961-90 entre la precipitación del mes de diciembre y el índice NAO correspondiente (Tabla 2). Los resultados demuestran que los coeficientes que hemos obtenido son bastante lógicos teniendo en cuenta la distribución geográfica de las estaciones utilizadas, su entorno orográfico, y/o su buena orientación a los flujos del SW.

Tabla 2: Estaciones peninsulares y del sur de Francia con los correspondientes valores de la r de Pearson entre el índice NAO y la precipitación de Diciembre para el periodo 1961-90.

Observatorios	Periodo 1961-90	Observatorios	Periodo 1961-90
Ciudad Real	-0.72	Toledo	-0.70
Cuenca	-0.73	Zaragoza	-0.48
Granada	-0.83	Lleida	-0.58
Huelva	-0.73	Tortosa	-0.40
Huesca	-0.70	S. Sebastián	0.17
Madrid	-0.68	Biarritz	0.20
Málaga	-0.75	Carcassone	-0.04
San Fernando	-0.70	Pau	0.21
Sevilla	-0.69	Toulouse	0.03

6. CONCLUSIONES

El índice NAO establecido como la diferencia entre la presión atmosférica estandarizada entre Ponta Delgada (Azores) y Islandia está correlacionado negativamente con la precipitación de buena parte de la vertiente sur del Pirineo oriental, y con algunos sectores de la vertiente norte.

El efecto de la orientación de los valles, la magnitud de los relieves y la distancia al Atlántico y al mediterráneo, marcan la distribución de los valores de correlación sobre el área estudiada.

Los valores más altos se localizan en el Prepirineo catalán, especialmente a pies de las estribaciones más abruptas previas al pirineo axial. Por otro lado, la isolínea que marca el límite del área significativa estadísticamente (-0.35) coincide, de forma general, con la línea de cambio de vertiente del Pirineo. Por último, el mayor peso de la influencia mediterránea se deja notar en todo el sector más oriental, tanto en el sector francés como español.

Un cálculo tan sencillo como la correlación de Pearson, y su posterior representación cartográfica confirma la importancia de ciertas situaciones de tiempo en determinados sectores, como también refleja dicha importancia en áreas que aparentemente quedan al margen en estudios más generales.

Estos trabajos pueden ser útiles en la previsión de la variabilidad de la precipitación en función del índice aquí tratado.

7. AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación se ha llevado a cabo gracias al proyecto REN2001-2865-C02-01 (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y en el marco de las actividades del Grup de Climatologia (Parc Científic de Barcelona).

Los investigadores disfrutaron de la beca predoctoral FI de la Generalitat de Catalunya (P.E.), de la FPI del Ministerio de Educación y Cultura (M.P.) y una beca de colaboración con el Departamento de Geografía Física y AGR de la Facultad de Geografía e Història de la Universidad de Barcelona (X.S.).

8. REFERENCIAS

BURROUGH, P.A., MCDONNELL, R.A. (2000): *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, NY. 333p.

Hurrell, J.W. (1995): Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperature and precipitation. *Science*, 269, pp. 676-679.

MARTÍN-VIDE, J.; ESTEBAN, P.; PROHOM, M. J. and FERNÁNDEZ, D. (2000): NAO Influence on Rain-fall in Spain. The modifying Role of Orography. En AGU Chapman Conference on "The North Atlantic Oscillation", Ourense (Galicia). Póster.

MARTÍN VIDE, J., BARRIENDOS, M., PEÑA, J.C., RASO, J.M., LLASAT, M.C. Y RODRÍGUEZ, R. (1999): Potencialidad del índice NAO en la previsión de episodios de alta pluviometría en España. *Análisis*, GR 67, pp. 19-29.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES, MOPT (1993): *Estudio de recursos hidráulicos de la cuenca del Ebro (Plan hidrológico): Ebro y Garona*. Confederación hidrográfica del Ebro, Dirección general de obras hidráulicas, Secretaria de estado para políticas del agua y el medio ambiente.

OSBORN, T.J., BRIFFA, K.R., TETT, S.F.B., JONES, P.D. Y TRIGO, R.M. (1999): Evaluation of the North Atlantic Oscillation as simulated by a coupled climate model. *Climate Dynamics*, 15, pp. 685-702.

PEDROCCHI, C. (1997): *Guía del Naturalista de los Pirineos*. Ed. Planeta, Barcelona, pp. 495.

PITA, M.F., CAMARILLO, J.M., AGUILAR, M. (1999): La evolución de la variabilidad pluviométrica en Andalucía y sus relaciones con el índice de la NAO. En *La Climatología española en los albores del siglo XXI*, Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, AEC, Serie A, nº 1, pp. 399-408.

WALKER, G.T. Y BLISS, E.W. (1932): World weather V. *Memories of the Royal Meteorological Society*, 4, pp. 53-84.

Páginas web consultadas:

<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm> : Climatic Research Unit (Norwich, England)

<http://oph.chebro.es> : Confederación Hidrográfica del Ebro.

<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/topo/gltils.shtml> : The Global Land One-km Base Elevation (GLOBE) Project.