

## VARIABILIDAD CLIMÁTICA INVERNAL SOBRE LA MESETA MERIDIONAL Y SU RELACIÓN CON LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

D. RASILLA, F. FERNÁNDEZ, E. GALÁN, y R. CAÑADA  
*Dpto. de Geografía, Universidad Autónoma de Madrid*

### RESUMEN

La reciente variabilidad climática invernal de la Meseta Meridional ha estado estrechamente ligada a la circulación atmosférica hemisférica a través de dos escalas diferentes, pero complementarias, una interdecadal, representadas por regímenes zonales y meridianos, y otra interanual, manifestada por medio de algunas teleconexiones, siendo la *North Atlantic Oscillation* la más influyente.

**Palabras clave:** Meseta Meridional, variabilidad climática invernal, regímenes interdecadales, teleconexiones.

### ABSTRACT

The reciente wintertime climate variability over the Southern Meseta has been strongly linked to the large-scale atmospheric circulation through two different, but complementary, scales: interdecadal fluctuations of meridional and zonal regimes, and interannual variations of several teleconnection patterns, being the North Atlantic Oscillation the most related one.

**Key words:** Southern Meseta, wintertime climate variability, interdecadal regimes, teleconnection patterns.

### 1. INTRODUCCIÓN

Cambios de tendencia en la evolución climática de diversas regiones de latitudes medias han sido atribuidos a variaciones en la configuración de las grandes ondas de la circulación atmosférica (MOSES *et al.*, 1987). El presente trabajo estudia la relación entre la evolución invernal de la Meseta Meridional y las variaciones de intensidad y localización de los *Westerlies*. Para determinar dicha evolución, se han analizado las series climáticas de 24 observatorios de la red del I.N.M.; una vez rellenadas las lagunas (FERNÁNDEZ GARCÍA y GALÁN, 1992) y aplicados una serie de test de homogeneidad absoluta, los valores mensuales fueron transformados en anomalías estacionales, considerándose que el invierno engloba los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

La técnica empleada para la obtención de índices regionales de temperatura y precipitación fue el Análisis en Componentes Principales (WILKS, 1996), siendo cada elemento meteorológico analizado por separado usando un modo de descomposición *S* y una matriz de correlación. La solución no

rotada fue elegida ya que el primer componente, que explica la mayor parte de la varianza total, proporciona un valor homogéneo de variabilidad temporal. Mapas de anomalías de la circulación atmosférica fueron elaborados a partir de valores de la altura geopotencial de 500 hPa, obtenidos de NCAR. La fase y magnitud de las teleconexiones proceden del Climate Analysis Center (CAC, 1997).

## 2. EVOLUCIÓN CLIMÁTICA RECIENTE

La aplicación de cierto número de test de significación (NORTH *et al.*, 1982; OVERLAND y PREISENDORFER, 1982) determinó la extracción de un único componente de las series de precipitación y temperatura máxima (fig. 1); el mapa de ponderaciones refleja una distribución regional homogénea de ambas variables, con valores elevados y de igual signo. Dos componentes reprodujeron la variabilidad de las temperaturas mínimas, representando el primero la evolución común y el segundo el contraste entre los observatorios de montaña (y, en menor medida, en los urbanos) y localidades ubicadas en las llanuras. Estos resultados confirman que procesos diferentes guían las fluctuaciones de las temperaturas: mecanismos advectivos relacionados con la circulación atmosférica en el caso de las máximas, a los que se añaden los factores geográficos locales en el de las mínimas. (FERNÁNDEZ GARCÍA y GALÁN, 1993)

Las precipitaciones muestran una considerable variabilidad interanual, un inicio normal, condiciones húmedas entre 1955 y 1979, y un período seco durante los 80 y 90. Las temperaturas máximas siguieron una tendencia ligeramente descendente hasta la década de los 70 y ascendente desde ese momento, invertida respecto al 2º componente de las mínimas. Finalmente, el primer componente de las mínimas ha estado caracterizado por la ausencia de tendencia y por fluctuaciones de considerable amplitud. Las tendencias regionales no son aleatorias, sino que están interrelacionadas, pudiendo emplearse para delimitar períodos con características climáticas uniformes sobre la Meseta Meridional (cuadro 1); cambios simultáneos de su tendencia sirvieron para definir sus puntos iniciales y finales:

- Un período fresco y húmedo (A), hasta 1979, dividido a su vez en dos subperíodos, templado y normal desde el punto de vista de las precipitaciones, hasta 1955, y otro frío y húmedo desde 1960.
- Una fase cálida y seca (B), a partir de 1980.

	PERIODO A		PERIODO B		$t_{obs}$
	X	S	X	S	
PPPC1	0,32	0,93	-0,55	0,90	3,10**
TMAXPC1	-0,46	0,76	0,79	0,86	-5,10**
TMINPC1	-0,05	1,03	0,09	0,97	-0,48
TMINPC2	-0,57	0,62	0,98	0,73	-7,64**

Cuadro 1. Características termopluviométricas de la Meseta Meridional durante las dos fases climáticas definidas (\*\*sig. 0,01; \* sig. al 0,05).

### 3. VARIABILIDAD INTERDECADAL DE LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA.

Las condiciones de la circulación atmosférica fueron muy contrastadas en cada uno de esos períodos (fig. 2). Durante el primero la altura de la topografía de 500 hPa fue inferior a lo normal sobre la Península Ibérica. Esos valores negativos, que se extendieron formando una banda entre los paralelos 30° y 55° N, contrastan con las anomalías positivas de latitudes polares, implicando un desplazamiento hacia el S del Frente Polar, que mantuvo la región bajo masas de aire de origen septentrional (régimen meridiano). Durante el primer subperíodo, el mayor ahondamiento se produjo sobre el Mediterráneo Occidental, lo cual sugiere una procedencia septentrional del flujo hemisférico; de ahí que no se concretase en elevadas precipitaciones, ya que debía rebasar las barreras orográficas situadas al N (Sistema Central) y al E (Sistema Ibérico). En el segundo, la posición media de la vaguada troposférica se localizó al W, emplazando la Meseta en un área de vorticidad positiva y advecciones de procedencia atlántica, responsables del sustancial incremento de las precipitaciones (FERNÁNDEZ GARCÍA, 1985). Adicionalmente, el aumento de la nubosidad se unió a la advección de masas frías para reducir aún más las temperaturas máximas. El mapa de anomalías del periodo 1980-97 muestra una disposición invertida, con anomalías positivas en torno a la Península Ibérica y un reforzamiento de la Depresión de Islandia. Esta configuración tradujo un retorno a condiciones de zonalidad y un avance hacia el N de la circulación subtropical, responsable de una mayor frecuencia de advecciones de aire cálido, así como de un descenso de las precipitaciones (régimen zonal). Investigaciones a nivel global confirman cambios en las condiciones de la circulación atmosférica durante la década de los 50 y a fines de los 70 y principios de los 80 (TRENBERTH, 1996).

### 4. VARIABILIDAD INTERANUAL

El término *teleconnection patterns* hace referencia a anomalías recurrentes de la circulación atmosférica que ocupan vastas superficies del planeta. Consideradas modos preferentes de variabilidad de baja frecuencia, persisten durante semanas o meses, y una fase concreta puede predominar durante varios años. Al modificar la intensidad y localización del Jet Polar y Subtropical, están directamente relacionadas con la circulación sinóptica y con las condiciones climáticas regionales (YARNAL y LEATHERS, 1988).

La configuración que muestra en conjunto una relación más estrecha con las condiciones climáticas de la Meseta Meridional es la North Atlantic Oscillation (NAO; cuadro 3). Es una alternancia de la circulación atmosférica entre las regiones subtropicales y subpolares del Atlántico Norte, cuyos dos principales centros de acción, la Depresión de Islandia y el Anticiclón de Azores, están sometidos a variaciones de intensidad casi simultáneas. Está considerada uno de los mecanismos más importantes del sistema climático global (WMO, 1995) y la principal fuente de variabilidad interanual sobre el Atlántico Norte. El desplazamiento hacia latitudes meridionales de las situaciones perturbadas atlánticas durante las fases negativas (UENO, 1993) promueve en la Meseta Meridional precipitaciones por encima de lo normal y temperaturas máximas reducidas (cuadro 2), mientras el gradiente nocturno aumenta por la instalación de vaguadas en altura. Durante los inviernos con índices positivos las condiciones anticiclónicas predominantes se traducen en ausencia de precipitaciones, aumento de las temperaturas máximas y un gradiente térmico nocturno

más débil de lo normal por la advección de aire cálido en altura, probablemente asociado con frecuentes fenómenos de inversión térmica (LÓPEZ GÓMEZ, 1975). El primer componente de las mínimas muestra una débil relación con la NAO, pues durante las fases negativas las borrascas pueden seguir dos trayectorias (RASILLA y FERNÁNDEZ GARCÍA, 1998):-

- mínimas altas cuando circulan al N de la Península Ibérica, arrastrando advecciones templadas y húmedas del SW;
- mínimas bajas, si adquieren una trayectoria zonal y atraviesan la Península Ibérica.

	FASE NEGATIVA		FASE POSITIVA		t <sub>obs</sub>
	X	S	X	S	
PPPC1	0,63	0,81	-0,69	0,69	5,92**
TMAXPC1	-0,39	0,81	0,43	1,03	-3,02**
TMINPC1	0,32	1,04	-0,35	0,84	2,39*
TMINPC2	-0,51	0,75	0,56	0,95	-4,25**

Cuadro 2. Características climáticas de la Meseta Meridional durante las fases positivas y negativas de la NAO (\*\*sig. 0,01; \* sig. al 0,05).

Otra importante teleconexión es la Eastern Atlantic (EA), el segundo modo de variabilidad en importancia sobre el Atlántico N. Goza de una gran similitud con la NAO, aunque el nodo positivo se ubica entre los 50° y 60°N, mientras el negativo, menos desarrollado, aparece en latitudes subtropicales. Las advecciones asociadas a este patrón afectan a las temperaturas (cuadro 3): durante las fases positivas las borrascas que cruzan el Atlántico dirigen masas de aire templado; durante las negativas las condiciones de estabilidad aerológica y abrigo topográfico en las que se mueven las advecciones septentrionales provocan bruscos descensos térmicos.

	FASE NEGATIVA		FASE POSITIVA		t <sub>obs</sub>
	X	S	X	S	
PPPC1	0,21	1,11	-0,19	0,87	1,38
TMAXPC1	-0,45	0,93	0,41	0,89	-3,20**
TMINPC1	-0,32	0,98	0,30	0,95	-2,18*
TMINPC2	-0,41	1,02	0,38	0,84	-2,86**

Cuadro 3. Características climáticas de la Meseta Meridional durante las fases positivas y negativas de la Eastern Atlantic Oscillation (\*\*sig. 0,01; \* sig. al 0,05).

La configuración Eastern Atlantic/Western Russia (EA/WR) es conocido también como Eurasian 2 (BARNSTON y LIVEZEY, 1987). Tan sólo el primer componente de las temperaturas mínimas manifiesta alguna influencia, ya que los anticiclones de bloqueo sobre las Islas Británicas o Europa Occidental (fases positivas) estabilizan las depresiones en torno a las Azores, por lo que las advecciones adquieren una componente continental. Una activa circulación del W y NW caracteriza las fases negativas, dirigiendo masas relativamente templadas, que aun no produciendo abundantes precipitaciones por el apantallamiento del Sistema Central, amortiguan la caída de las temperaturas (cuadro 4).

Cuadro 4. Características climáticas de la Meseta Meridional durante las fases positivas y negativas de la

	FASE NEGATIVA		FASE POSITIVA		t <sub>obs</sub>
	X	S	X	S	
PPPC1	0,22	0,96	-0,34	0,99	2,10
TMAXPC1	-0,01	1,06	0,01	1,06	1,51
TMINPC1	0,33	1,07	-0,51	0,62	3,00**
TMINPC2	-0,03	0,94	0,04	1,11	-0,21

Eastern Atlantic/Western Russia Oscillation (\*\*sig. 0,01; \* sig. al 0,05).

No obstante, la relación entre las condiciones climáticas y los índices de las teleconexiones pueden ser producto de asociaciones interdecales más que interanuales, a causa del cambio estadísticamente significativo experimentado por algunas durante el tránsito del régimen meridiano al zonal (cuadro 5).

	REGIMEN MERIDIANO		REGIMEN ZONAL		t <sub>obs</sub>
	X	S	X	S	
NAO	-0,29	0,57	0,35	0,45	-3,96**
EA	-0,20	0,68	0,29	0,51	-2,57**
EA/WR	-0,09	0,52	0,05	0,47	-0,94

Cuadro 5. Valor medio y desviación de los índices de las teleconexiones durante los periodos meridiano y zonal (\*\*sig. 0,01; \* sig. al 0,05).

Para confirmarlo los años pertenecientes a cada uno de los regímenes hemisféricos fueron separados, y dentro de ellos se calculó el valor medio de los índices de cada teleconexión. Posteriormente, temperaturas y precipitaciones durante años con índices superiores e inferiores a ese valor medio fueron promediadas y comparadas (cuadro 6).

	REGIMEN MERIDIANO					REGIMEN ZONAL				
	NAO<-0,29		NAO>-0,29		T <sub>obs</sub>	NAO<0,35		NAO>0,35		T <sub>obs</sub>
	X	S	X	S		X	S	X	S	
PPPC1	-0,12	0,90	0,80	0,71	-3,0**	-0,82	0,73	-0,24	1,01	-1,36
TMAXPC1	-0,35	0,81	-0,58	0,73	0,80	0,87	1,13	0,69	0,47	0,41
TMINPC1	-0,46	0,71	0,38	1,17	-2,35*	-0,10	0,88	0,31	1,07	-0,85
TMINPC2	-0,32	0,64	-0,85	0,50	2,48*	1,12	0,77	0,81	0,68	0,89
	EA<-0,20		EA>-0,20		T <sub>obs</sub>	EA<0,29		EA>0,29		T <sub>obs</sub>
	X	S	X	S		X	S	X	S	
PPPC1	0,22	0,91	0,41	0,96	-0,54	-0,65	0,82	-0,48	0,98	-0,37
TMAXPC1	-0,05	0,55	-0,80	0,77	2,9**	1,19	0,77	0,51	0,85	1,69
TMINPC1	0,36	0,96	-0,39	1,00	2,04*	0,40	0,96	-0,12	0,96	1,12
TMINPC2	-0,28	0,56	-0,81	0,59	2,43*	1,21	0,37	0,81	0,88	1,11
	EA/WR<-,09		EA/WR>-,09		T <sub>obs</sub>	EA/WR<-,05		EA/WR>-,05		T <sub>obs</sub>
	X	S	X	S		X	S	X	S	
PPPC1	0,07	0,93	0,63	0,85	-1,65	-1,20	0,54	-0,27	0,89	-2,16*
TMAXPC1	-0,50	0,80	-0,42	0,74	-0,28	0,97	0,21	0,71	1,02	0,55
TMINPC1	-0,41	0,65	0,39	1,26	-2,21*	-0,76	0,45	0,45	0,90	-2,8**
TMINPC2	-0,60	0,74	-0,54	0,48	-0,22	1,38	0,62	0,81	0,72	1,55

Cuadro 6. Promedio y desviación de la temperatura y precipitación en la Submeseta Sur bajo las diferentes teleconexiones y según el régimen hemisférico (\*\*sig. 0,01; \* sig. al 0,05).

Los resultados confirman la hipótesis precedente, sobre todo en el caso de las teleconexiones con influencias más débiles, y pone de relieve la no estacionariedad de las relaciones entre las variables en superficie y la circulación atmosférica.

## 5. CONCLUSIONES

La reciente evolución climática invernal de la Meseta Meridional ha sido sensible a las variaciones de la circulación atmosférica, que ha actuado a dos escalas temporales diferentes, pero complementarias: una interdecadal, producto de fluctuaciones hemisféricas, y otra interanual, de ámbito regional, cuantificada gracias a las teleconexiones. El régimen meridiano entre los años 50 al 80 produjo temperaturas bajas y precipitaciones iguales o superiores a los promedios en función de la localización de las vaguadas. El régimen zonal imperante desde principios de los 80 ha significado un aumento de las temperaturas y una reducción de las precipitaciones y del gradiente térmico vertical nocturno. Inmersos en esos regímenes también experimentó una variabilidad interanual ligada a las fases de varias conocidas teleconexiones del Hemisferio Norte, siendo la NAO la más significativa.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARNSTON, A.G. y LIVEZEY, R.E. (1987): "Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns". *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1083-1126.
- CAC (1997): *Climate Diagnostics Bulletin*. NOAA/NWS/NMC, Washington D.C.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1986): *El clima de la Meseta Meridional. Los tipos de tiempo*. Universidad Autónoma de Madrid, 215 pp, Madrid.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. y GALÁN GALLEGO, E. (1993): "L'evolution thermique dans la Peninsule Iberique pendant la deuxieme moitie du XX siecle". *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, **6**, 161-171.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1973): "Inversión de temperatura entre Madrid y la Sierra de Guadarrama con advección cálida superior". *Estudios Geográficos*, pp. 167-188.
- MOSES, T., KILANDIS, G., DIAZ, H.F. y BARRY, R.G. (1987): "Characteristics and frequency of reversals in mean sea level pressure in the North Atlantic sector and their relationship to long term temperature trends". *J. Climatol*, **7**, 13-30.
- NORTH, G.R.; BELL, T.L. y COHALAN, R.F. (1982): "Sampling errors in estimation of empirical orthogonal functions". *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 699-706.
- OVERLAND, J.E. y PREISENDORFER, R.W. (1982): "A significance test for principal components applied to cyclone climatology". *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 1-8.
- RASILLA, D. y FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1998): "The NAO pattern and winter temperatures over Spain". *Abstracts of the Pre-regional Conference Meeting of the Commission on Climatology (Climate and Environmental Change)*, International Geographical Union, Evora 1998.
- TRENBERTH, K. (1995). "Atmospheric circulation climate changes". *Climatic Change*, **31**, 427-453.
- UENO, K. (1993). "Inter-annual variability of surface cyclone tracks, atmospheric circulation patterns and precipitation patterns, in winter". *J. Meteorol. Soc. Japan*, **71**, 655-671.
- WILKS, D.S. (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Academic Press, vol. 59, 464 pp.
- WMO (1995). *The global climate system review*. Climate system monitoring, WMO n° 819, 150 pp.
- YARNAL, B. y LEATHERS, D.J. (1988). "Relationships between interdecadal and interannual climatic variations and their effect on Pennsylvania climate". *Ann. Ass. Amer. Geo.*, **78**, 624-641.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación sobre la "Dimensión espacial y temporal del cambio climático en la Meseta Meridional (CICYT, CLI96-1842-C05-03)



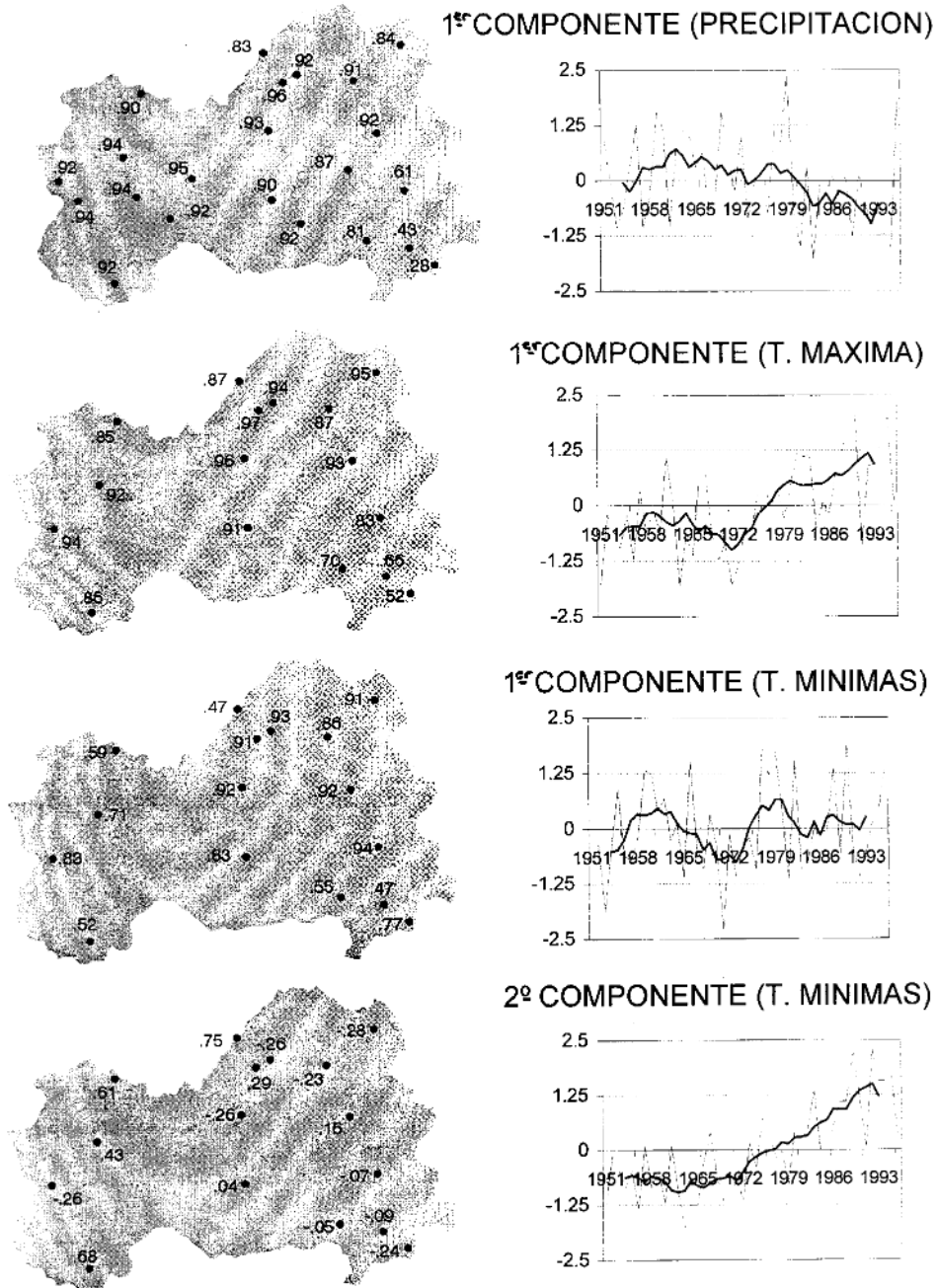
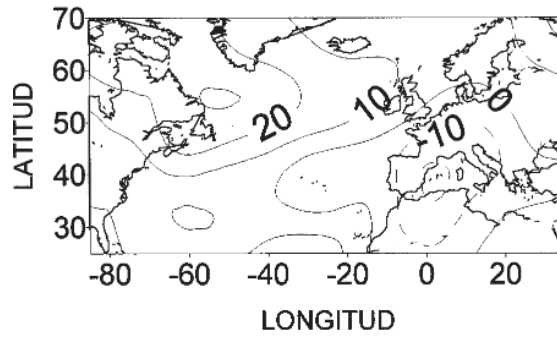


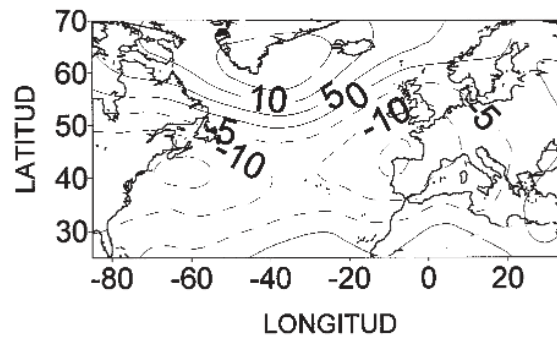
Figura 1. Distribución espacial de las ponderaciones y evolución temporal de las puntuaciones estandarizadas.



### SUBPERIODO 1951-55



### SUBPERIODO 1956-79



### PERIODO ZONAL: 1980-97

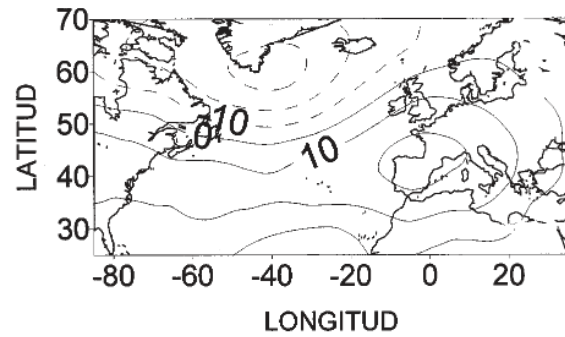


Figura 2. Anomalías de la circulación atmosférica a 500 hPa.

