



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

SUBSECRETARÍA

DIRECCIÓN GENERAL
DEL INSTITUTO NACIONAL
DE METEOROLOGÍA

Nota Técnica número 2
del Servicio de Variabilidad y Predicción
del Clima (INM)

**TELECONEXIONES EN LA ALTURA
DE GEOPOTENCIAL
DE 500 hPa EN DOS ESCALAS
DE TIEMPO: ANÁLISIS
COMPARATIVO ENTRE
LOS REANÁLISIS DEL CENTRO
EUROPEO Y SIMULACIONES
DE MODELOS CLIMÁTICOS**

Nota técnica n° 2
*del Servicio de Variabilidad
y Predicción del Clima del I.N.M*

Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Medio Ambiente ©

I.S.B.N.: 84-8320-110-0
NIPO: 310-00-050-3
Depósito Legal: M-20696-2000

Imprime: Centro de Publicaciones

Impreso en papel reciclado



24 JUL 2000

**TELECONEXIONES EN LA ALTURA DE GEOPOTENCIAL
DE 500 hPa EN DOS ESCALAS DE TIEMPO:
ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS REANÁLISIS DEL
CENTRO EUROPEO Y SIMULACIONES DE MODELOS
CLIMÁTICOS**

Nota Técnica núm. 2

Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima
Instituto Nacional de Meteorología

**MARÍA JESÚS CASADO CALLE
F. JAVIER DOBLAS-REYES
ASUNCIÓN PASTOR SAAVEDRA**

**TELECONEXIONES EN LA ALTURA DE GEOPOTENCIAL
DE 500 HPA EN DOS ESCALAS DE TIEMPO:**

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS REANÁLISIS DEL
CENTRO EUROPEO Y SIMULACIONES DE MODELOS
CLIMÁTICOS**

MARÍA JESÚS CASADO CALLE⁽¹⁾, F. JAVIER DOBLAS-REYES⁽²⁾ Y ASUNCIÓN PASTOR
SAAVEDRA⁽¹⁾

*(1) Instituto Nacional de Meteorología, Camino de las Moreras s/n Ciudad
Universitaria, 28040 Madrid*

*(2) Centro de Astrobiología, INTA, Ctra. Ajalvir km-4, 28850 Torrejón de Ardoz,
Madrid*

INDICE

- 1.- Resumen
- 2.- Introducción
- 3.- Descripción de los modelos climáticos y del análisis
- 4.- Datos utilizados
- 5.- Metodología
- 6.- Desv. típica de la altura de geopot. de 500 hPa en dos escalas de tiempo
- 7.- Patrones de teleconexión en dos escalas de tiempo
- 8.- Conclusiones
- 9.- Agradecimientos
- 10.- Bibliografía
- 11.- Lista de figuras

1 RESUMEN

El objetivo de este estudio es doble:

Por una parte se trata de identificar las **teleconexiones** durante el invierno del hemisferio norte extratropical en dos bandas: intramensual (20-30 días) e intermensual (superior a 30 días), tanto en los Re-análisis del CEPPM (Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio) como en dos simulaciones climáticas (UK Met Office, UKMO y Centre National de Recherches Meteorologiques, CNRM).

Por otra parte, se pretende analizar el **impacto que supone el aumento de la resolución horizontal** en las simulaciones climáticas.

Los primeros estudios que se hicieron sobre el impacto de la resolución fueron realizados por Manabe et al. (1970). En posteriores estudios Boville (1991) obtuvo grandes mejoras principalmente en el hemisferio sur. Hay que tener en cuenta que doblar la resolución horizontal implica multiplicar el tiempo de cálculo de ordenador por ocho.

2 INTRODUCCIÓN

La circulación atmosférica extratropical en invierno está dominada por las fluctuaciones de baja frecuencia. Es por lo tanto importante analizar y entender el comportamiento de la variabilidad de baja frecuencia (variabilidad de escalas de tiempo de 10 días a varios años), ya que su conocimiento servirá para mejorar la predecibilidad a gran escala (Tibaldi et al. 1990).

La variabilidad intraestacional puede deberse por un lado a la dinámica interna de la atmósfera, y por otro a las interacciones no lineales entre la atmósfera y cualquier otra componente climática.

Aunque el conocimiento de la variabilidad atmosférica ha mejorado considerablemente en los últimos años debido a mejoras teóricas, estudios de observación y modelización, no hay que olvidar que el último test para considerar una mejora en este conocimiento radica en buenas simulaciones de modelos de circulación general (GCM), los cuales, sin embargo, muestran en general su incapacidad para simular correctamente la estructura e intensidad de las variaciones de baja frecuencia (Schubert et al., 1993).

Uno de los métodos más extendido para el estudio de la circulación de baja frecuencia, y que se seguirá en este trabajo, es el método de las **teleconexiones**.

Las teleconexiones constituyen un concepto básico en la investigación científica que sirve para mejorar el conocimiento de potenciales conexiones entre el tiempo meteorológico y las anomalías climáticas que ocurren a grandes distancias. Constituyen las conexiones existentes entre anomalías del tiempo aparentemente no relacionadas, entre las que se encuentran correlaciones estadísticas (en espacio y tiempo).

Se tiene una amplia documentación de los patrones de teleconexión en el invierno del Hemisferio Norte, utilizando el campo del geopotencial, y han sido desarrollados principalmente por Wallace y Gutzler (1981) (más adelante WG).

Los resultados del presente estudio se compararán con los obtenidos por los siguientes autores:

Wallace y Gutzler (1981), quienes realizaron un estudio de patrones de teleconexión de series de 15 años de anomalías mensuales de 500 hPa en el Hemisferio Norte, identificando 5 patrones: Pacific-North American (PNA), East Atlantic (EA), West Atlantic (WE), West Pacific (WP) y Eurasian (EU). Estos patrones se consideran básicos en cualquier estudio de teleconexiones. Horel (1981) obtuvo resultados similares utilizando análisis de componentes principales rotadas (RPCA). Esbensen (1984) realizó un estudio de patrones de teleconexión intermensual e interanual en 700 hPa obteniendo clara evidencia de la presencia del patrón PNA en ambas bandas y los patrones WP, WA, NA, EA y PNA en la banda intermensual. Blackmon et al. (1984) realizaron un estudio similar al seguido por WG, pero separando los campos de baja frecuencia en tres categorías: períodos superiores a 30 días; escalas intermedias entre 10 y 30

días y periodos de 2.5-6 días. Encontraron diferencias dinámicas en la estructura horizontal de las fluctuaciones de los análisis. Estas fluctuaciones a gran escala tienden a estar dominadas por las estructuras dipolares norte-sur sobre las regiones de salida de la corriente en chorro medio climatológico, mientras que las fluctuaciones en las escalas intermedias de tiempo tienden a estar dominadas por trenes de onda originados en las regiones de entrada del chorro y no presentan una localización geográfica fija. Estos trenes de onda no se propagan zonalmente sino que muestran una dispersión de energía hacia el este y el polo. Barnston y Livezey (1987) realizaron un estudio completo de teleconexiones con RPCA utilizando 35 años de datos, identificaron patrones similares a los de WG y nuevos patrones como el del East Pacific y Northern Asian.

3 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS CLIMÁTICOS Y ANÁLISIS

La integración de los modelos climáticos utilizados en este estudio se ha realizado en el marco del proyecto **HIRETYCS** (High Resolution Ten Years Climate Simulation), cuyo principal objetivo ha consistido en analizar el impacto del aumento de la resolución en simulaciones de 3 modelos climáticos: **CNRM** (Centre National de Recherches Meteorologiques), **UKMO** (Met. Office, Bracknell) y **MPI** (Max Planck Institute).

Los modelos utilizados han sido integrados bajo las mismas condiciones. El experimento numérico ha consistido en integrar dichos modelos utilizando como condición de contorno las temperaturas observadas de la superficie del mar (SST) de 1979 a 1988, correspondientes al proyecto AMIP (Atmospheric Model Intercomparison Project) (Gates, 1992). Estas SST han sido ampliamente utilizadas por la comunidad científica de modelización climática a lo largo de los años 90. La simulación se comenzó con una situación inicial correspondiente al primero de enero.

Asímismo y dentro del mismo proyecto HIRETYCS se ha realizado una integración adicional para cada modelo con una resolución horizontal dividida por un factor de 3, lo que hace que el coste computacional se reduzca en un factor entre 10 y 30.

El presente estudio se ha realizado con dos de estos modelos: **CNRM** y **UKMO**.

3.1 Características de las simulaciones climáticas utilizadas:

El modelo **ARPEGE** (integrado en el CNRM, más adelante se le denominará **CNRM**) es una versión climática del modelo atmosférico espectral ARPEGE-IFS, desarrollado por Météo-France y el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (CEPPM). La versión climática del modelo está descrita por Déqué et al. (1994).

Utiliza principalmente las parametrizaciones físicas del modelo operativo de Météo-France, con algunas más adicionales, como por ejemplo la concentración de ozono como una variable de pronóstico (Cariolle y Déqué, 1986) y un esquema de vegetación-suelo de Noilhan y Planton, (1989). Este modelo se caracteriza por presentar gran resolución vertical en la estratosfera, 20 niveles están por encima de 200 hPa. Su resolución horizontal es la correspondiente a una truncación espectral T106, con un tamaño de rejilla de 125 Km aproximadamente.

El modelo **UKMO**, modelo unificado del Meteorological Office del Reino Unido, es una versión del modelo HadAM2b del centro Hadley en Bracknell. Este modelo ha sido desarrollado para uso operativo y climático. La discretización del modelo se realiza en una rejilla regular latitud-longitud. La versión de alta resolución utiliza una rejilla horizontal de 0.833° en latitud y 1.25° en longitud.

La versión de baja resolución del CNRM tiene una truncación espectral correspondiente a T42, con un tamaño de rejilla de 200 Km aproximadamente. La versión de baja resolución del UKMO utiliza una rejilla latitud-longitud de 2.5° latitud por 3.75° de longitud.

Los experimentos de alta resolución se denominarán **HR** y los de baja resolución **LR**.

Las Figuras 1-2, muestran la orografía de ambos modelos.

En la tabla siguiente se muestran de forma resumida las características principales de ambos modelos.

CENTRO	CNRM	UKMO
Modelo	ARPEGE	HadAM2b
Nº de niveles verticales	30	19
Tipo de modelo	Espectral	Punto de rejilla
Alta resolución	T106	0.833*1.25
Paso de tiempo	7.5 minutos	10 minutos
Baja resolución	T42	2.5*3.75
Paso de tiempo	15 minutos	30 minutos
Física de la rejilla	Gaussiana reducida	Regular lat*lon
Paso de tiempo de la radiación	3 horas	3 horas
Gases	H ₂ O, C ₂ O, O ₃ , CH ₄ , N ₂ O, CO, aerosoles, O ₃ pronóstico	H ₂ O, CO ₂ , O ₃ , Sin aerosoles
Esquema de radiación		
Onda corta	Ritter&Geleyn 1992 0.25-4.64µm	Slingo1985 4 bandas
Onda larga	Ritter&Geleyn 1992 4.64-104.5µm	Slingo& Wilderspin 1986 6 bandas

3.2 Características del análisis utilizado:

Como análisis se han utilizado los Re-análisis del CEPPM (proyecto ERA). Este proyecto ha consistido en obtener un conjunto de 15 años de datos asimilados del período 1979 al 1993.

El sistema de asimilación considerado utiliza una resolución horizontal de T106 con 31 niveles en la vertical, utilizando como campo previo una predicción a 6 horas del IFS (Integrated Forecast System) del CEPPM.

4 DATOS UTILIZADOS

Se han utilizado 5 conjuntos de datos diarios del campo de geopotencial de 500 hPa.

- Re-análisis del CEPPM, correspondientes al proyecto ERA .
- Simulaciones de alta resolución (HR) de los modelos: CNRM_HR y UKMO_HR.
- Simulaciones de baja resolución (LR) de los modelos: CNRM_LR y UKMO_LR.

Se han considerado nueve inviernos (Diciembre-Enero-Febrero) del período 1979-80 al 1987-88.

El área considerada para este estudio es: 24°N-90°N, 180°W-180°E.

El número de puntos de rejilla correspondiente a esta área es de 18.880 en HR y de 3.072 en LR.

5 METODOLOGÍA

5.1 En primer lugar se han eliminado de las series originales una estimación del ciclo estacional con las cuatro primeras componentes (ciclos anual, semianual, cuatrimestral y trimestral), para lo cual a la serie de datos se la resta la siguiente función:

$$F(t) = C_0 + \left(\sum_{i=1}^4 C_i \cos(wit) + D_i \sin(wit) \right)$$

Los coeficientes de F(t) se calculan mediante un ajuste por mínimos cuadrados.

5.2 Posteriormente, para estudiar la dependencia con la frecuencia de la variabilidad de la altura de geopotencial de 500 hPa., se ha filtrado la serie de anomalías en dos bandas espectrales: a) de baja frecuencia, superior a 30 días y b) intramensual, entre 20-30 días,

Procedimiento de filtrado:

Para la primera banda se ha utilizado un **filtro paso baja**, que es aquel en el que se suprimen todas las componentes con frecuencia superior a un cierto valor. Su

función de transferencia deberá aproximarse a 1 para frecuencias en el intervalo asociado con la componente de baja frecuencia y próximo a 0 en el resto.

Sabemos que cualquier filtro de longitud finita se apartará de un filtro ideal, en el que la función de transferencia tenga exactamente los valores 0 ó 1, apareciendo una banda de transición finita en la que la función de transferencia cae desde valores próximos a 1 a 0. Otro fenómeno que aparece y no es deseable son las denominadas oscilaciones o fenómeno de Gibbs, que aparecen en la función de transferencia. El truncamiento produce discontinuidades y oscilaciones espúreas, para evitar este problema se utilizan ventanas de convergencia.

El filtro que se ha utilizado es el definido por Bloomfield (1976). Este filtro es un filtro digital, lineal simétrico de dos parámetros: ω_c , la frecuencia de corte, ($\nu_c = 1/30$ días⁻¹) y K el número de términos del filtro (en nuestro caso 91). Los coeficientes se han calculado por un procedimiento de mínimos cuadrados.

En consecuencia resultan los siguientes coeficientes del filtro:

$$C_0 = \frac{\omega_c}{\pi} \quad C_k = C_{-k} = \frac{C_0 \sin(k\omega_c)}{k\omega_c} \frac{\sin(\frac{2\pi k}{2K+1})}{\frac{2\pi k}{2K+1}}$$

donde $k=1$ a K

La anchura efectiva de la banda de transición se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{4\pi}{2K+1}$$

Se comprueba que si se utilizan pocos términos se tiene un peor comportamiento en la banda de transición.

Para la banda de 20-30 días se ha utilizado un **filtro de paso banda**, que es aquel en el que se suprimen las frecuencias superiores a un cierto valor ω_c e inferiores a un determinado valor ω_d . El conjunto de coeficientes será:

$$C_0 = \frac{\omega_c - \omega_d}{\pi}$$

$$C_j = \frac{2}{\pi j} \frac{\sin(\frac{2\pi j}{2K+1})}{\frac{2\pi j}{2K+1}} \sin((\frac{\omega_c - \omega_d}{2}) * j) \cos((\frac{\omega_c + \omega_d}{2}) * j)$$

5.3 Cálculo de las teleconexiones

El procedimiento de cálculo se sustenta en las siguientes etapas:

- * Cálculo de la matriz de correlación temporal **R** (los datos son la serie de anomalías), cuyos elementos r_{ij} , son los coeficientes de correlación entre las series de tiempo en los puntos i-ésimo y j-ésimo de la rejilla. La columna i-ésima de **R** contiene información del punto de rejilla j-ésimo.

- * Obtención de los mapas de correlación. Estos patrones representan como está relacionado cada punto de rejilla con sus vecinos. Se caracterizan por presentar un área más ó menos elíptica de correlaciones positivas alrededor del punto base, esto ocurrirá para todos los puntos. En determinados puntos se encontrarán zonas con grandes correlaciones negativas que junto con la elipse original mostrarán estructuras dipolares.

- * Cálculo del campo de **teleconexiones**: este campo representa la distribución geográfica del valor absoluto de la mayor correlación:

$$T_i = | (r_{ij} \text{ mínimo para todo } j) |$$

La representación de los $T(i)$ para todos los puntos de la rejilla constituye el mapa de teleconexión. Los máximos que aparecen en estos mapas son los centros de acción de los patrones de teleconexión. WG demostraron que estos máximos están muy relacionados con tan sólo un subconjunto de otros centros de acción. Cada grupo de centros de acción que están correlacionados intensamente constituyen un patrón de teleconexión.

En las figuras 14-18 se han representado estos valores multiplicados por 100.

6 DESVIACIÓN TÍPICA DEL GEOPOTENCIAL DE 500 hPa EN LAS DOS ESCALAS DE TIEMPO

6.1) Simulaciones de alta resolución:

a) Variabilidad total

ERA se caracteriza por presentar tres centros de máxima actividad localizados sobre el Atlántico Norte, Nordeste del Pacífico y sobre la península Escandinava. Las simulaciones de alta resolución, UKMO_HR reproducen estos tres máximos, aunque se desplazan ligeramente hacia el sureste. La simulación CNRM_HR coloca bien el máximo del Pacífico, y presenta dos máximos sobre Europa occidental y norte de Rusia.

En resumen, se puede considerar que el modelo CNRM infraestima la variabilidad total.

b) Variabilidad de baja frecuencia

ERA se caracteriza por la presencia de tres máximos sobre el Norte de Rusia, NE del Pacífico y NE de los Estados Unidos. Estos máximos están muy bien simulados en UKMO_HR, sin embargo esta simulación presenta otro máximo de actividad al este de Gran Bretaña, ausente en ERA. La simulación CNRM_HR captura los máximos sobre el NE de Rusia y NE de los Estados Unidos, aunque los infraestima, el máximo del Pacífico está desplazado hacia el NW e infraestimado.

c) Variabilidad de 20-30 días

ERA presenta tres máximos sobre Alaska, península Escandinava y norte del Atlántico, lo mismo que en la variabilidad total. Estos máximos están bien recogidos en UKMO_HR aunque desplazando el máximo del norte del Atlántico sobre el norte de Gran Bretaña y hacia el sur el del NE del Pacífico. La simulación CNRM_HR muestra el máximo del Pacífico desplazado hacia el SE. Los otros máximos están bastante bien recogidos, aunque infraestimados.

6.2) Simulaciones de baja resolución

UKMO_LR muestra la variabilidad de baja frecuencia sobre el E del Pacífico, presentando una zona de máxima variabilidad al Este de Gran Bretaña. CNRM_LR captura el máximo del NE del Pacífico aunque lo infraestima y presenta, además, una zona de máxima variabilidad al este de la península Escandinava.

Teniendo en cuenta la variabilidad en la banda 20-30 días, UKMO_LR coloca bastante bien los máximos del NE del Pacífico y el de la península Escandinava. La simulación CNRM_LR captura e infraestima el máximo del NE del Pacífico y desplaza ligeramente hacia el sur el máximo de Escandinavia, también recoge, aunque muy infraestimado, el máximo sobre el norte del Atlántico, que está desplazado hacia el oeste.

En resumen se puede comprobar un mejor comportamiento en las versiones de alta resolución, especialmente en la zona del Atlántico en ambas bandas.

Las Fig. 3-5, muestran el geopotencial medio del análisis y de los modelos y las Fig. 6-13, muestran las desviaciones típicas del análisis y de los modelos en las dos escalas de tiempo.

7 PATRONES DE TELECONEXIÓN EN DOS ESCALAS DE TIEMPO

Tanto ERA como las dos simulaciones presentan un comportamiento bastante similar al obtenido en otros estudios (Wallace y Gutzler 1982; Horel 1981; Esbensen 1984; Blakmon et al. 1984 y Barnston y Livezey 1987). Hemos utilizado las siguientes siglas para denotar las teleconexiones:

EA - East Atlantic, **WA** - West Atlantic, **PNA** - Pacific North American, **NA** - Northern Asian, **WP** - West Pacific, **EU** - Eurasian, **TE** - Trans-European.

7.1 Simulaciones de alta resolución

En el caso de paso banda sólo se ha podido comparar con el estudio realizado por Blackmon y Wallace, debido a que en los demás estudios la banda seleccionada no se corresponde con nuestro límite intermensual.

En las simulaciones de alta resolución, los patrones de teleconexión recogidos en ambas subescalas son: PNA, los dipolos oceánicos y la TE (ésta última salvo en ERA en paso baja).

En la banda de paso baja no hay evidencia del patrón WP en el reanálisis. En ésta banda, la simulación CNRM_HR recupera los patrones: PNA, EA, NA, WA y TE. La simulación UKMO_HR simula: PNA, EA, TE y NA.

En paso banda, ERA no recupera WP, estando la PNA menos definida que en paso baja. La simulación CNRM_HR recupera: PNA, WA, NA, WP y TE mientras que la simulación UKMO_HR sólo recupera PNA, EA, EU y TE. Se ha de destacar la presencia del patrón TE en ambas simulaciones.

7.2 Simulaciones de baja resolución

En las versiones de baja resolución, para paso baja, CNRM_LR sólo simula PNA, WP y EU. UKMO_LR recupera: PNA, EA, WA, NA y TE.

En la banda de 20-30 días, CNRM_LR recupera PNA, EA y EU, mientras que la simulación UKMO_LR recupera: PNA, NA, EU y TE.

Las Fig. 14-18, muestran los patrones de teleconexión del análisis y de los modelos en las dos escalas de tiempo.

8 CONCLUSIONES

Respecto al **primer objetivo** de este estudio, se ha demostrado que tanto en ERA como en las simulaciones consideradas se recuperan gran parte de los patrones identificados en la bibliografía, observándose que ERA recupera más patrones que las simulaciones en paso banda. Considerando las simulaciones climáticas el CNRM recupera más patrones en alta resolución y UKMO en baja resolución.

La existencia de errores sistemáticos en los modelos, así como la excesiva zonalidad que muestra el CNRM, especialmente en la versión de alta resolución concuerda con los resultados obtenidos por Déqué y Piedelievre (1995) y Doblas-Reyes et al. (1998), y pueden ser una las causas de las diferencias apreciables relativas a la generación y propagación de estos patrones.

Respecto al **segundo objetivo**, se ha de destacar una mejora con el aumento de la resolución, tanto de la variabilidad como en los patrones de teleconexión, siendo esta mejora más notable en el CNRM.

Se ha de tener en cuenta que una mayor resolución horizontal puede resolver de mejor manera las interacciones entre la orografía y la circulación y entre las perturbaciones de distintas escalas.

Se ha de destacar la importancia que tiene el filtrado digital, ya que permite investigar la variabilidad en distintas bandas temporales, lo que permitirá analizar la importancia relativa de los procesos físicos y dinámicos en cada banda de estudio.

9 AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha realizado gracias al proyecto HIRETYCS, proyecto financiado por la Unión Económica Europea (ENV4-CT95-0184), sin cuyas simulaciones de alta y baja resolución de modelos climáticos no hubiera sido posible su realización.

Asímismo este trabajo se ha elaborado en parte dentro del marco del Proyecto de la CICYT: "Análisis de los modos de variabilidad intraestacional en escenarios de control y perturbados (2°CO_2) en la cuenca Atlántica y su influencia en la precipitación de la España peninsular", (CLI970558) y dirigido por el Dr. Francisco Valero Rodríguez (UCM).

10 BIBLIOGRAFIA

- Barnston A.G y R.E.Livezey, 1987: Classification, Seasonality and Persistence Low Frequency Atmospheric Circulation Patterns. *Mon.Wea.Rev*, **115**, 1083-1126.
- Blackmon M.L, Y.H. Lee y J.M.Wallace, 1984 a: Horizontal structure of 500 mb height fluctuations with long, intermediate and short time scales. *J. Atmos. Sci.* , **41**, 961-979.
- Blackmon M.L, Y.H. Lee, J.M.Wallace y H.-H. Hsu, 1984 b : Time variations of 500 mb height fluctuations with long, intermediate and short time scales as deduced from lag-correlation statistics. *J. Atmos. Sci.* , **41**, 981-991.
- Bloomfield P., 1976: Fourier Analysis of Time Series: An introduction. Wiley, New York, 258 pp.
- Boville, B.A., 1991:Sensitivity of simulated climate to model resolution, *J. Clim.*, **4**, 469-485.
- Déqué M., C. Dreveton, A.Braun y D.Cariolle, 1994: The ARPEGE/IFS atmosphere model: a contribution to the French community climate modelling. *Climate Dyn.*, **10**, 49-266.
- Déqué M. y J.P. Piedelievre. 1995: High resolution climate simulation over Europe. *Climate Dyn.*, **11**, 321-339.
- Doblas-Reyes F.J, M. Déqué, 1998: A flexible bandpass filtering procedure applied to midlatitude intraseasonal variability. *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 3326-3335.
- Doblas-Reyes F.J, M. Dequé, F.Valero and D.B Stephenson, 1998: North-Atlantic Wintertime Intraseasonal Variability and its Sensitivity to GCM Horizontal Resolution. *Tellus*, **50A**, 573-595.
- Esbensen S.K., 1984: A comparison of intermonthly and interannual teleconnection in the 700 mb geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev* , **112**, 2016-2032.
- Gates L.W., 1992, AMIP: the Atmospheric Model Intercomparison Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* **73**, 1962-1970.
- Horel J.D., 1981: A rotated principal component analysis of the interannual variability of the Northern Hemisphere 500 mb height field. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 2080-2092.
- Hsu H.H., y J.M.Wallace, 1985: Vertical structure of wintertime teleconnection patterns. *J.Atmos. Sci.* , **42**, 1693-1710.

Kushnir Y., y J.M.Wallace, 1989: Low-frequency variability in the Northern Hemisphere Winter: Geographical distribution, structure and time-scale dependence. *J.Atmos. Sci*, **46**, 3122-3141.

Manabe, S. Y T. B. Terpstra, 1974: The effects of mountains on the general circulation of the atmosphere as identified by numerical experiments. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 3-42.

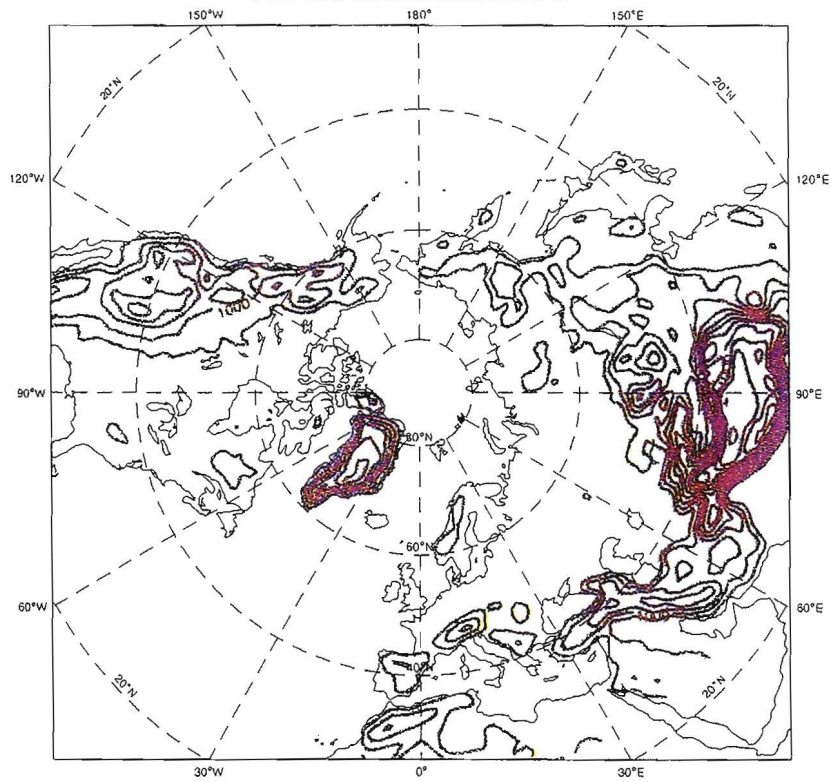
Schubert S., M. Suarez, C. Park y S. Moorthi, 1993: GCM simulations of intraseasonal variability in the Pacific/North American regim. *J. Atmos. Sci.*, **50**, 1991-2707.

Wallace J.M., y D.S. Gutzler, 1981: Teleconnections in the geopotential height field during Northern Hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.* , **109**, 784-812.

11 LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1** Orografía del CNRM_HR y UKMO_HR
- Fig. 2** Orografía del CNRM_HR y CNRM_LR
- Fig. 3** Geopotencial medio de 500 hPa y Viento Geostrófico del ERA y CNRM_HR
- Fig. 4** Geopotencial medio de 500 hPa y Viento Geostrófico del ERA y UKMO_HR
- Fig. 5** Geopotencial medio de 500 hPa y Viento Geostrófico del CNRM_LR y UKMO_LR
- Fig. 6** Desviación típica del geopotencial de 500 hPa del ERA
- Fig. 7** Desviación típica del geopotencial de 500 hPa del CNRM_HR y UKMO_HR
- Fig. 8** Desviación típica del geopotencial de 500 hPa del CNRM_LR y UKMO_LR
- Fig. 9** Desviación típica del geopotencial de 500 hPa del ERA filtrado paso banda y baja
- Fig. 10** Desv. típica del geopotencial de 500 hPa del CNRM_HR filtrado paso banda y baja
- Fig. 11** Desv. típica del geopotencial de 500 hPa del UKMO_HR filtrado paso banda y baja
- Fig. 12** Desv. típica del geopotencial de 500 hPa del CNRM_LR filtrado paso banda y baja
- Fig. 13** Desv. típica del geopotencial de 500 hPa del UKMO_LR filtrado paso banda y baja
- Fig. 14** Teleconexiones ERA filtrado paso banda y baja
- Fig. 15** Teleconexiones CNRM_HR filtrado paso banda y baja
- Fig. 16** Teleconexiones UKMO_HR filtrado paso banda y baja
- Fig. 17** Teleconexiones CNRM_LR filtrado paso banda y baja
- Fig. 18** Teleconexiones UKMO_LR filtrado paso banda y baja

OROGRAFIA CNRM_HR
Intervalo de isolneas a 500 m



OROGRAFIA UKMO_HR
Intervalo de isolneas a 500 m

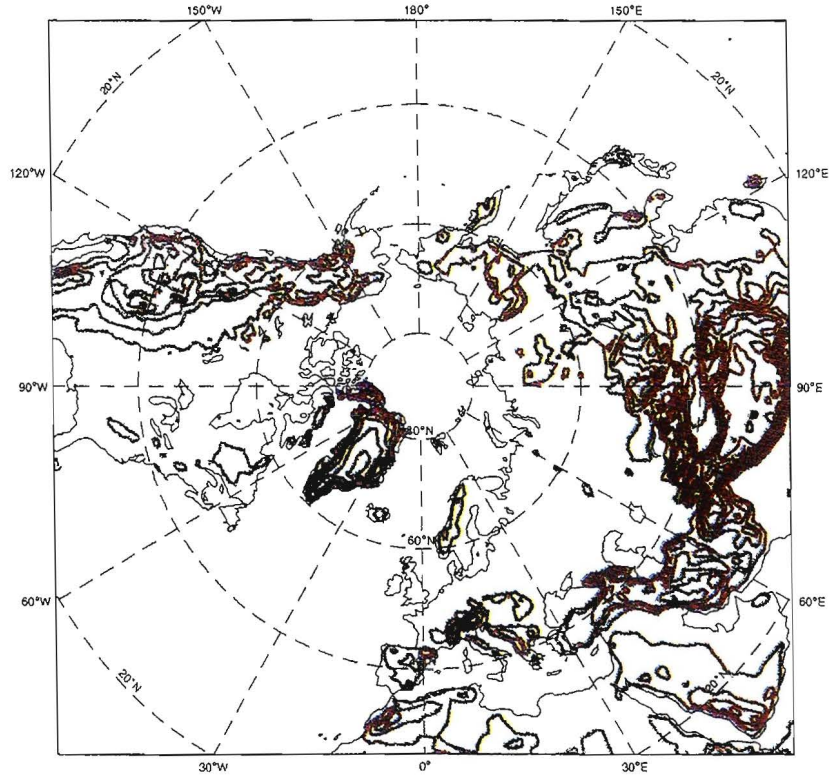
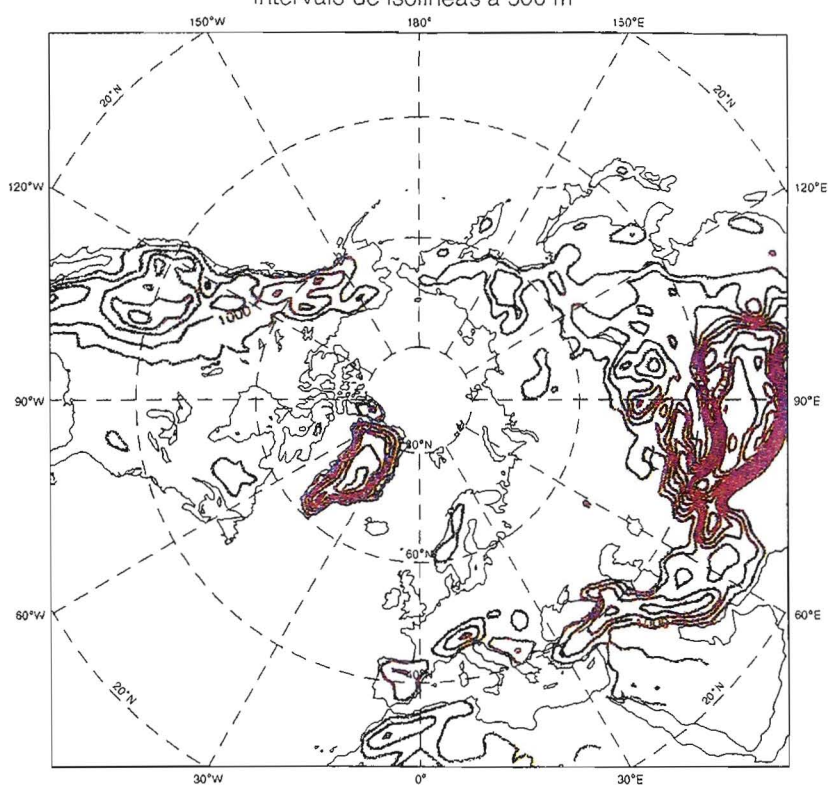


Figura 1

OROGRAFIA CNRM_HR
Intervalo de isolíneas a 500 m



OROGRAFIA CNRM_LR
Intervalo de isolíneas a 500 m

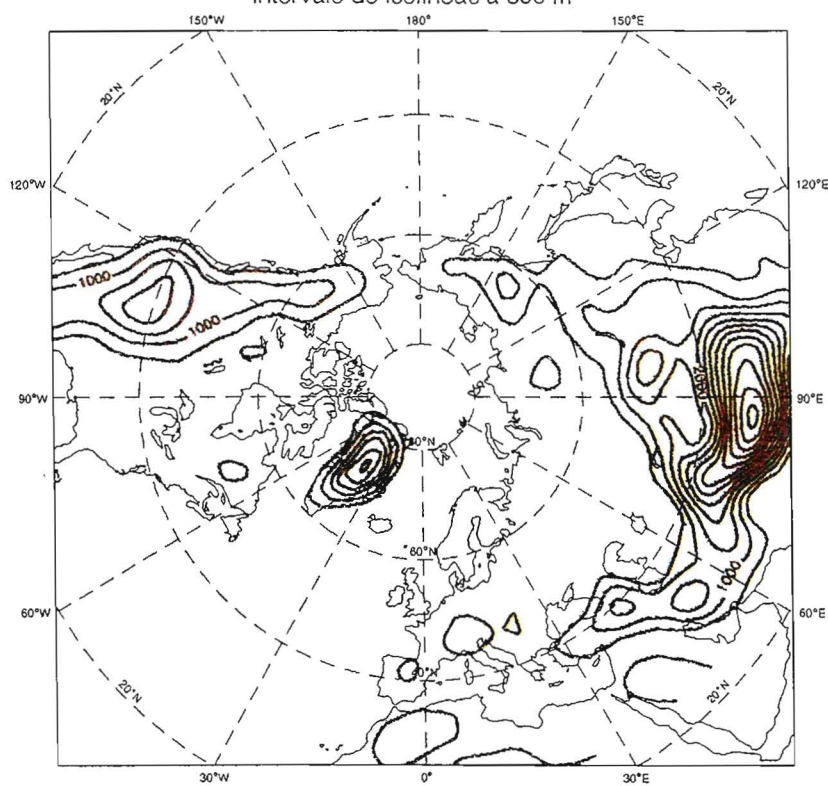


Figura 2

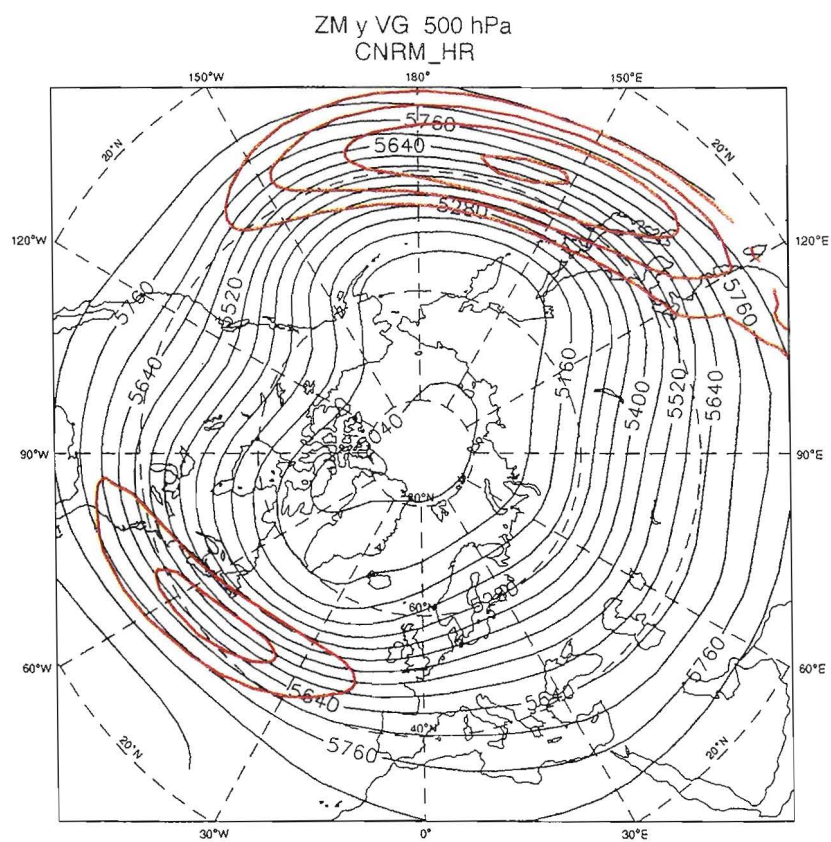
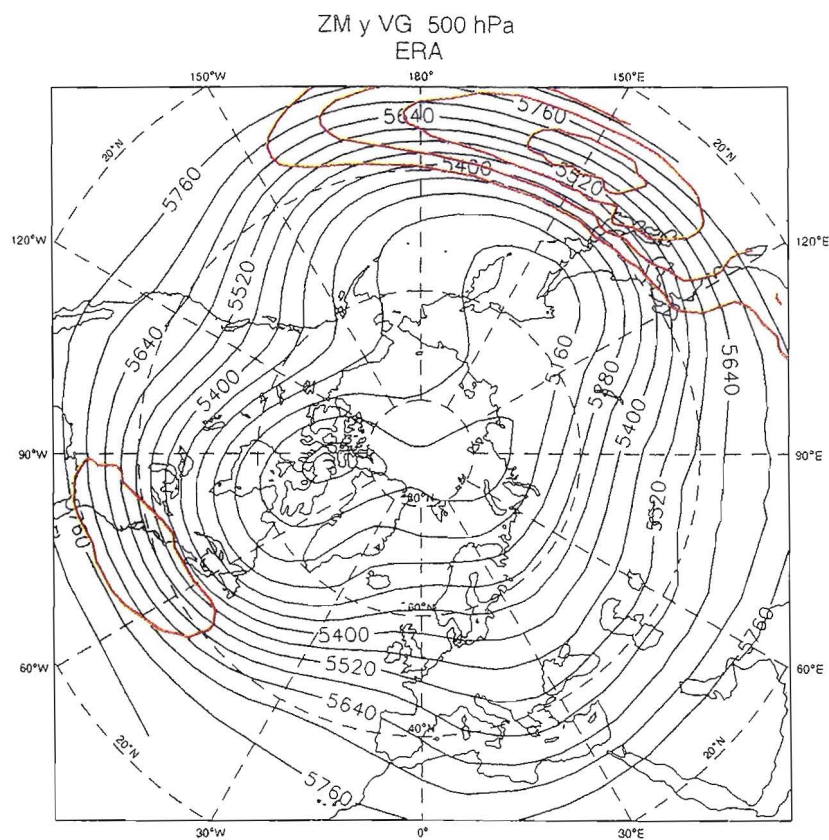


Figura 3

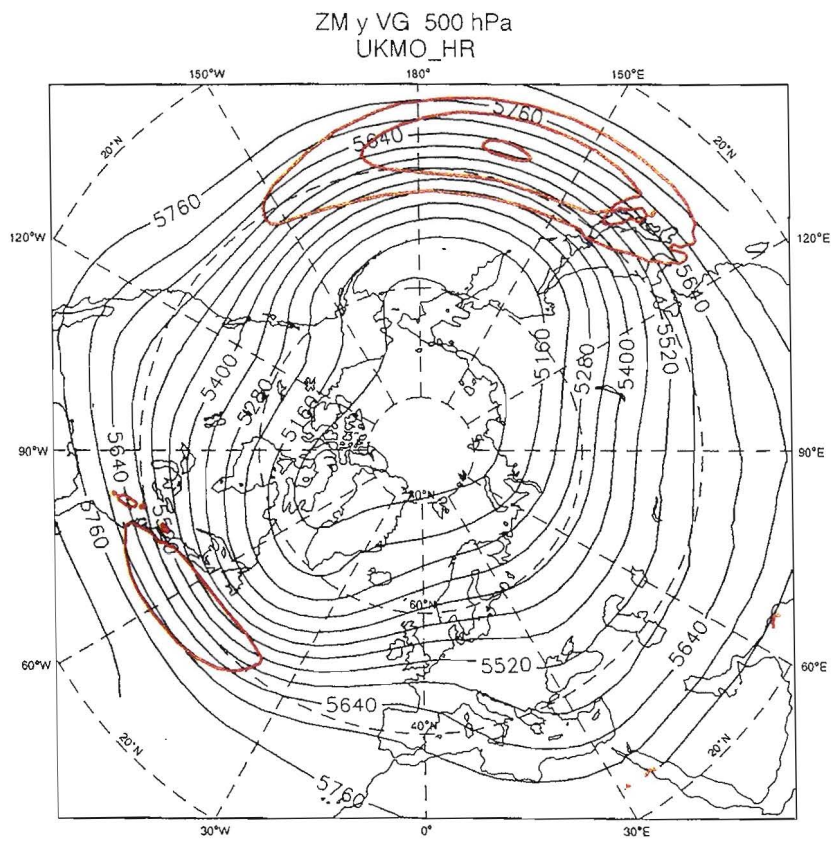
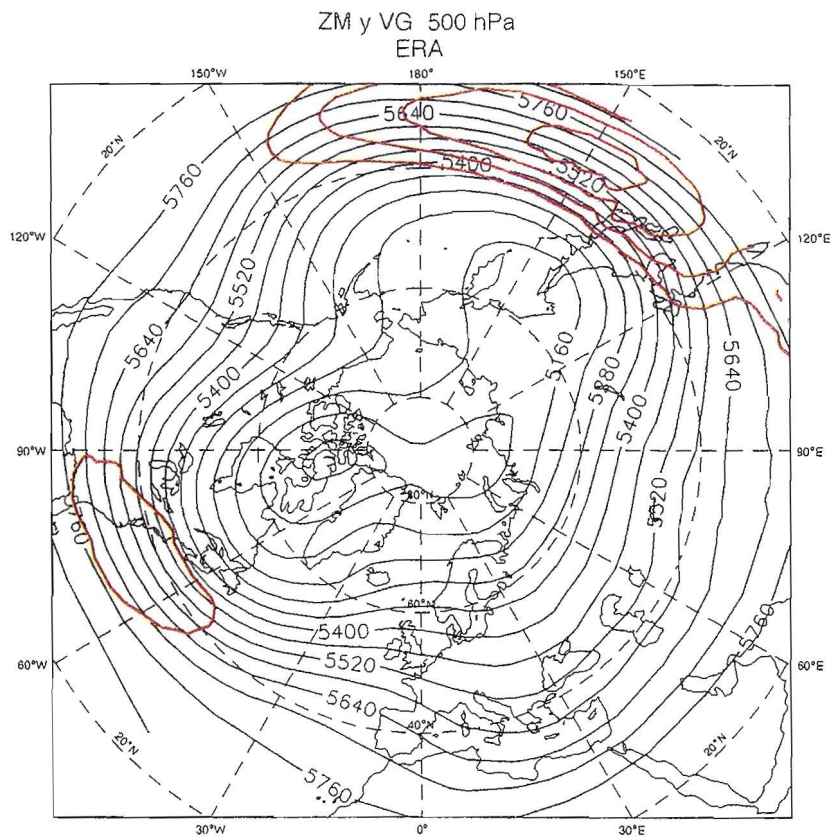


Figura 4

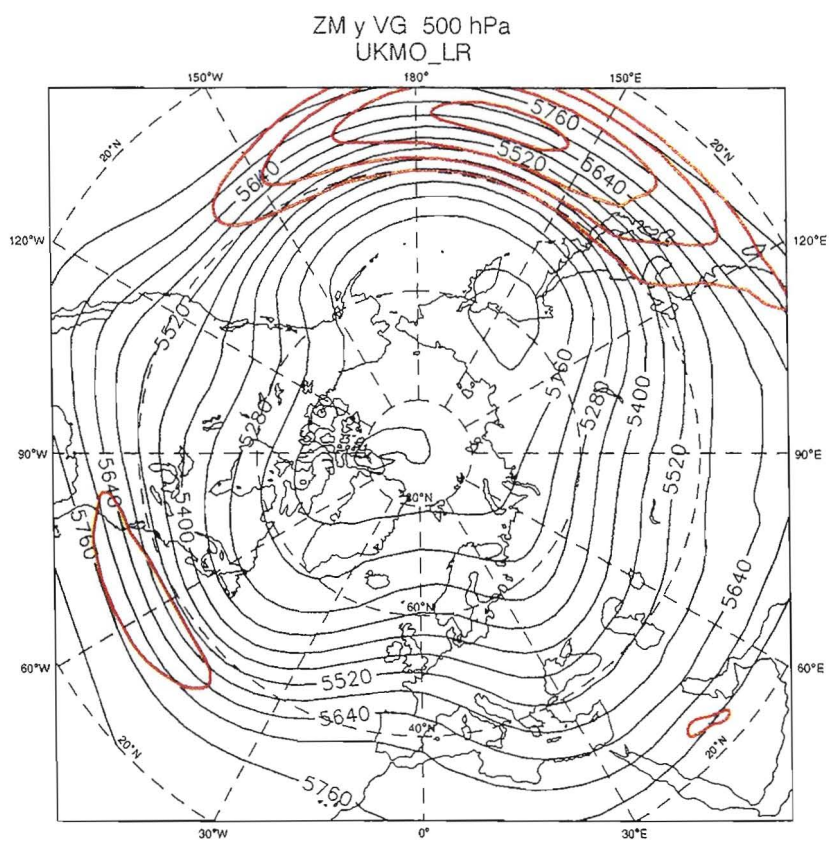
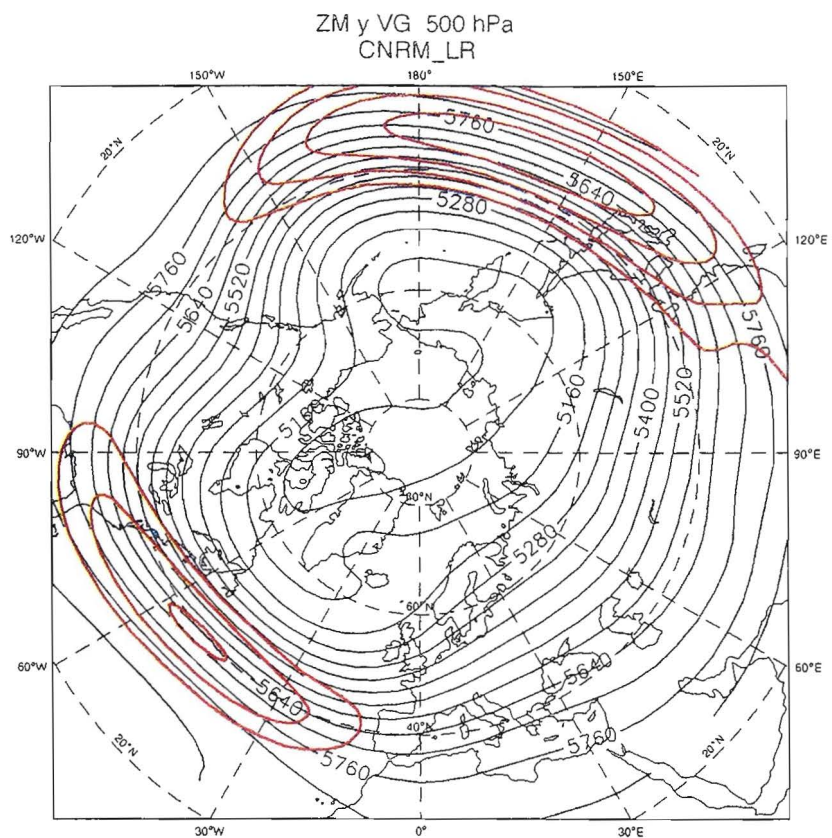


Figura 5

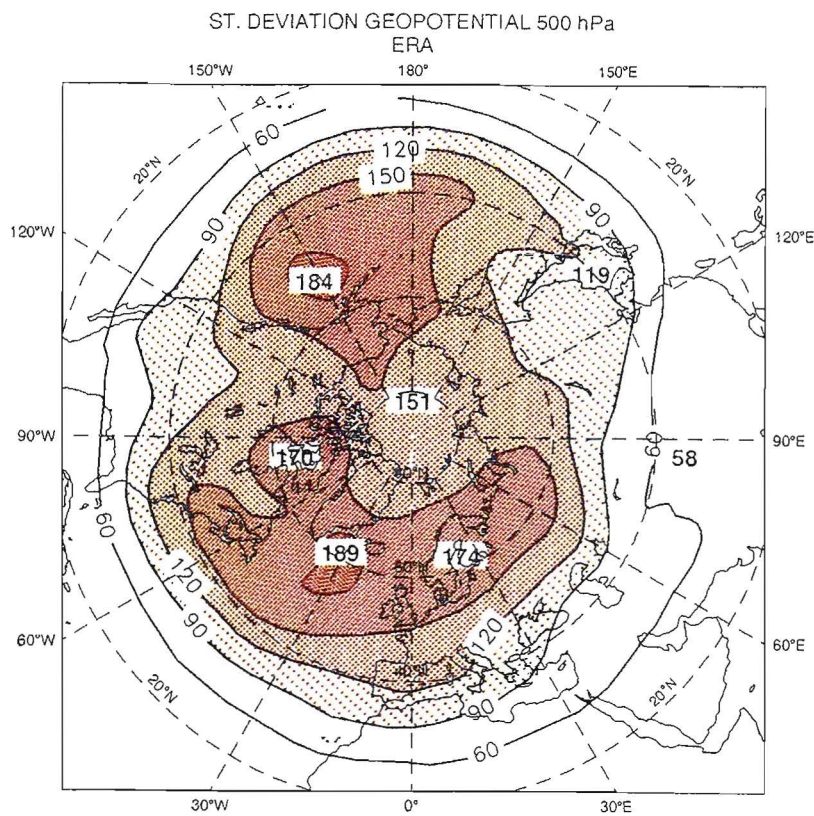


Figura 6

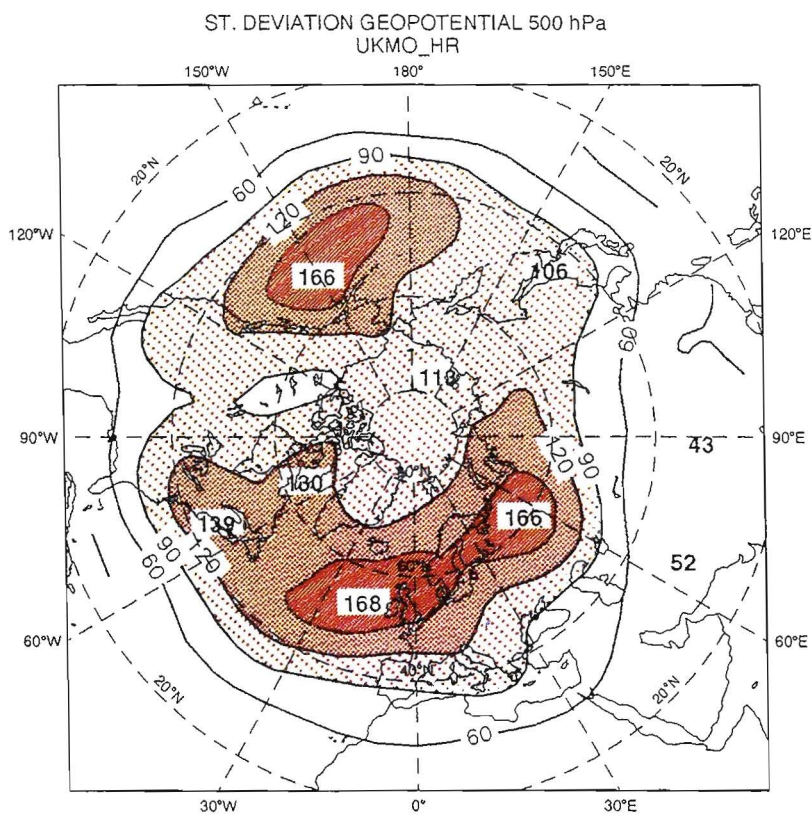
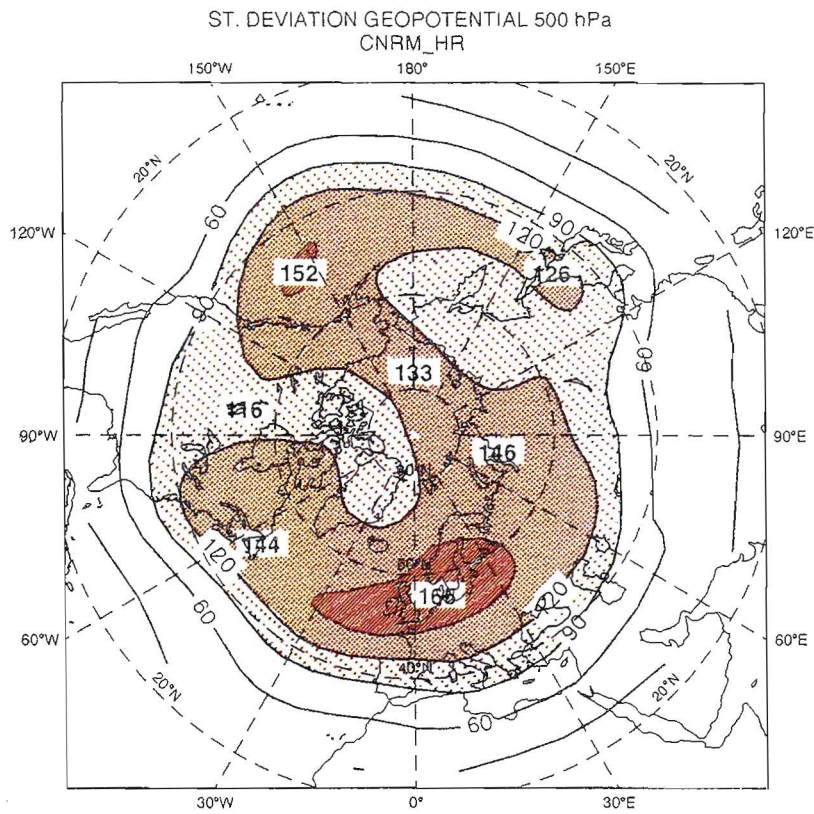


Figura 7

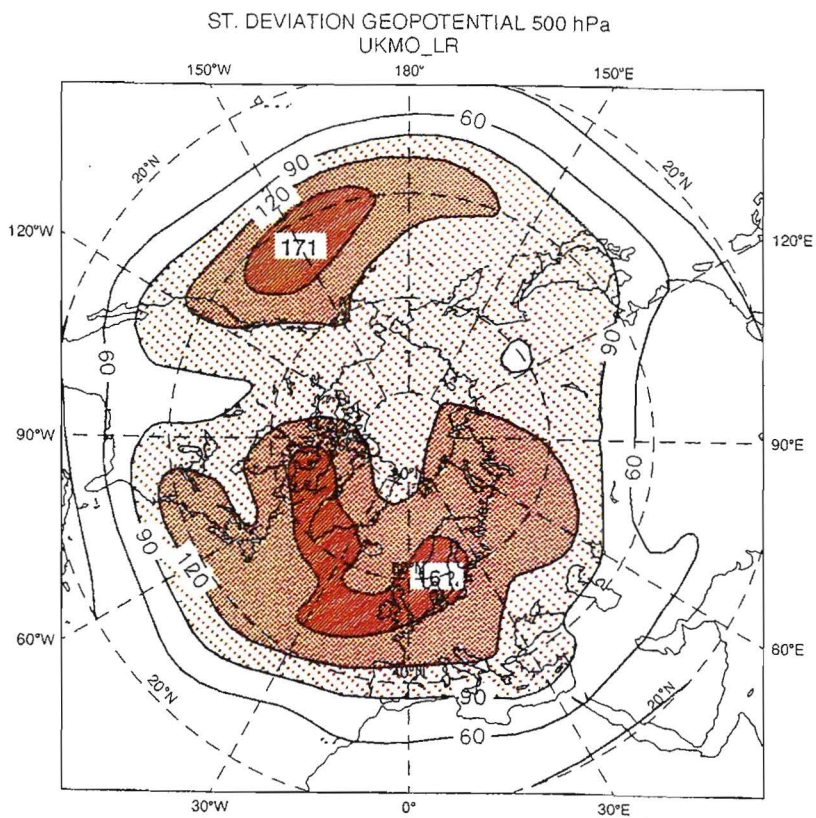
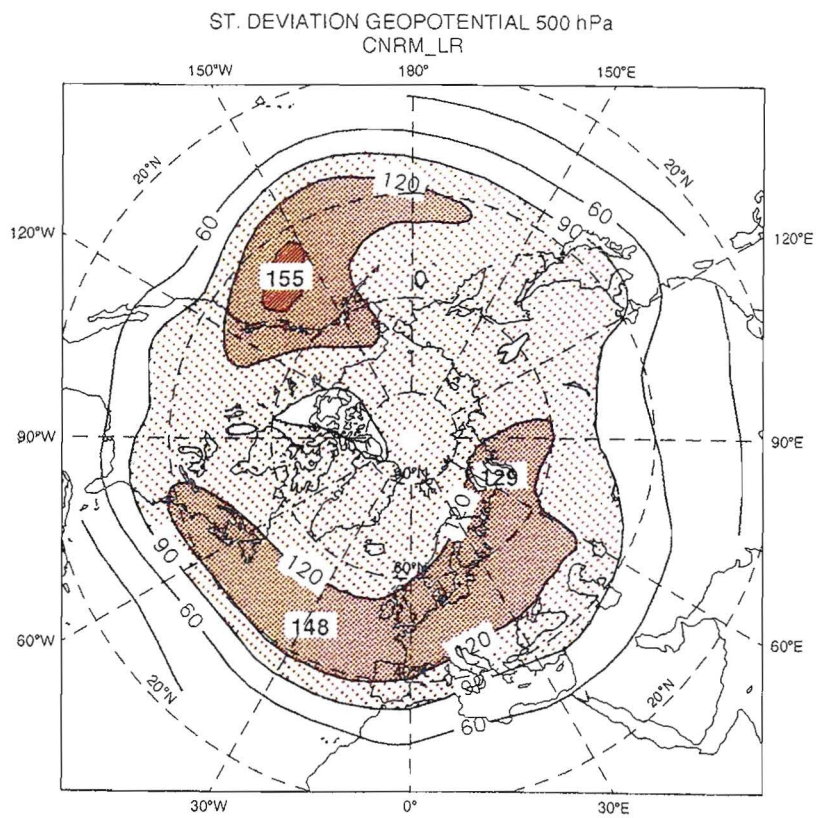


Figura 8

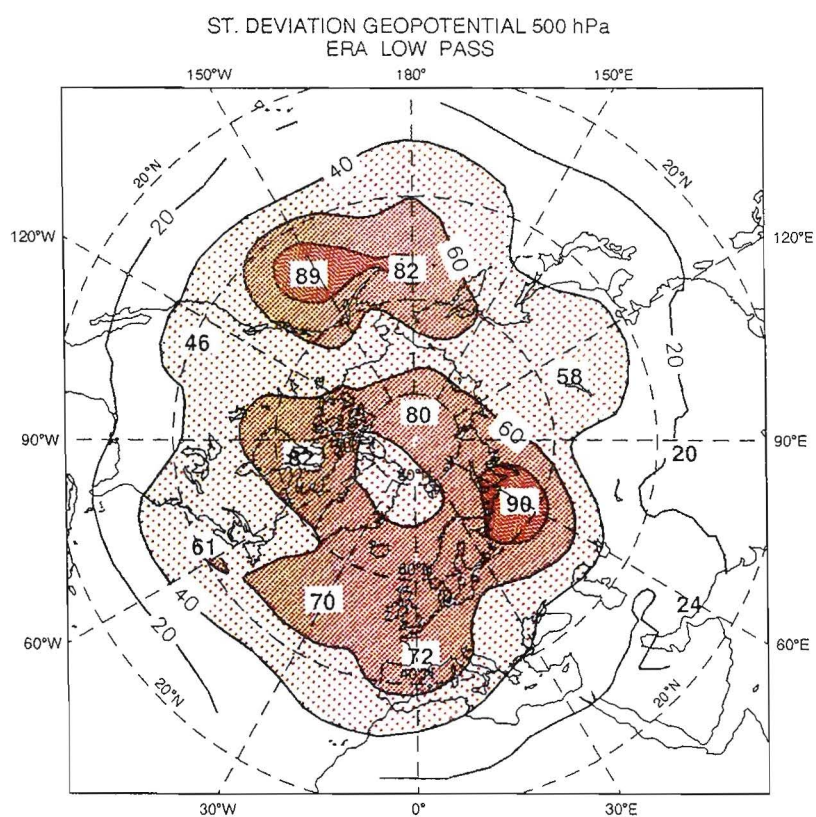
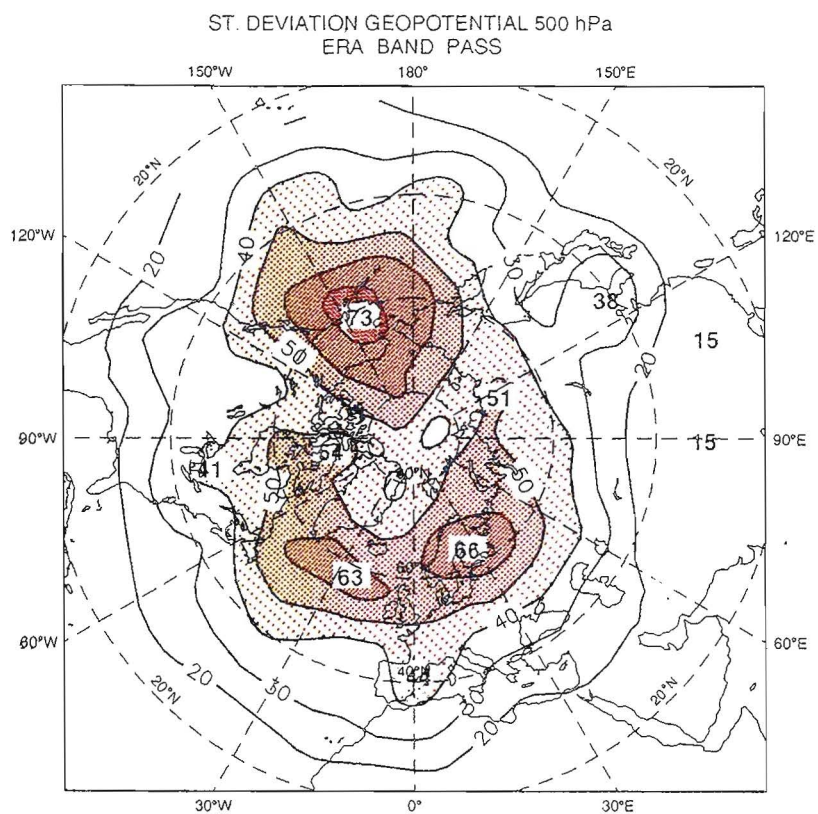


Figura 9

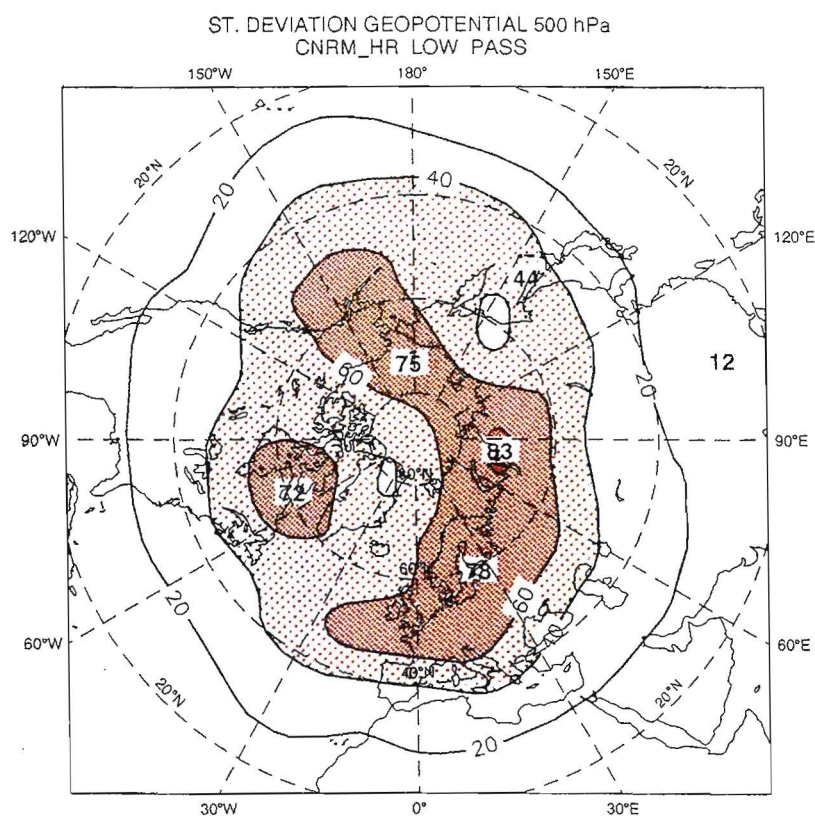
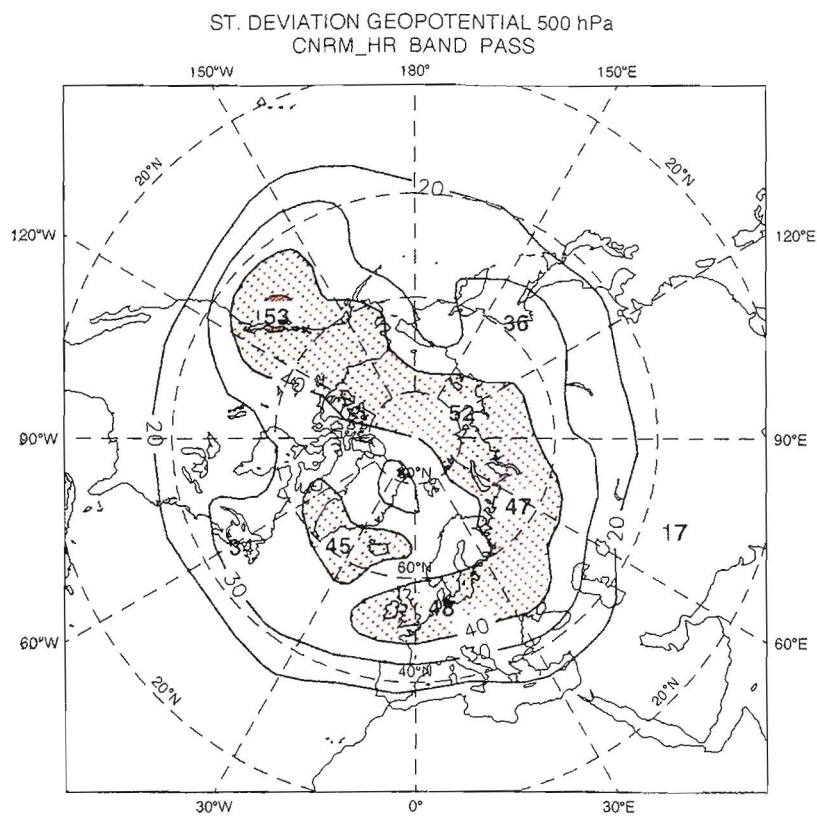


Figura 10

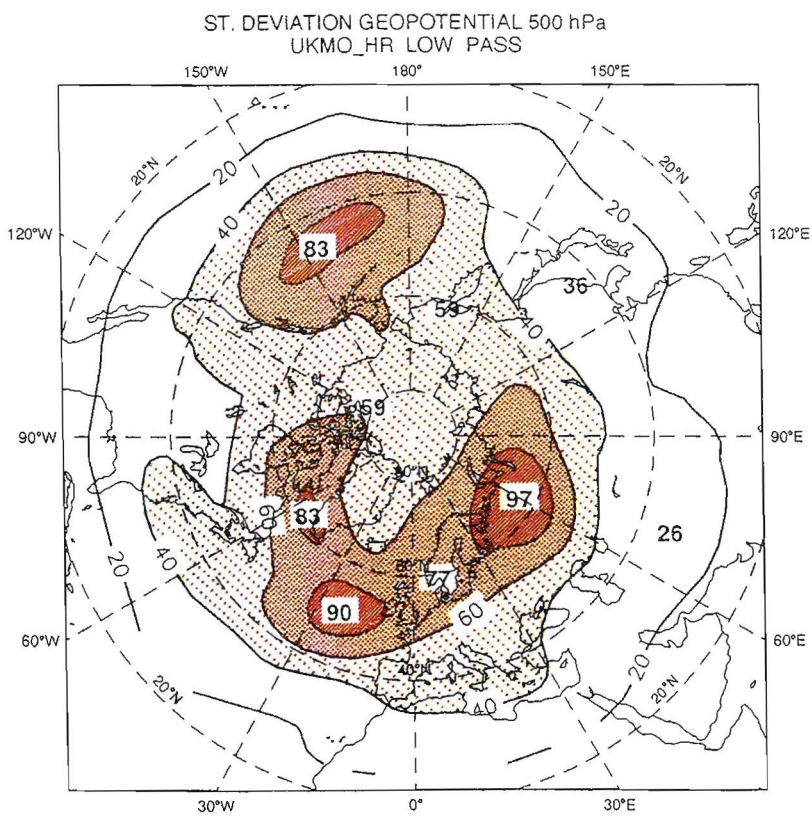
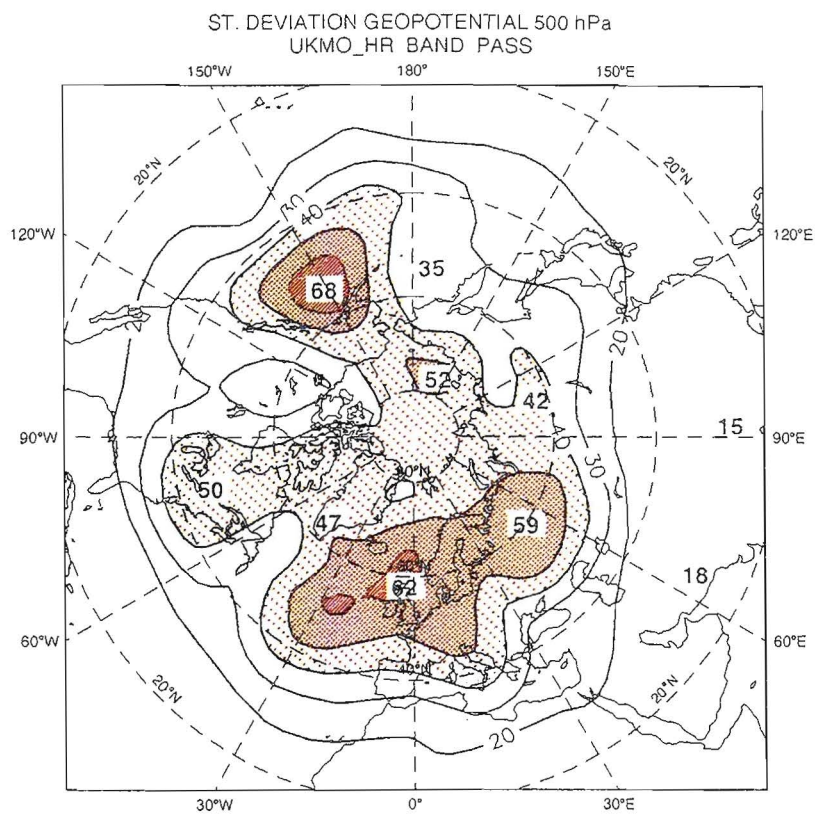


Figura 11

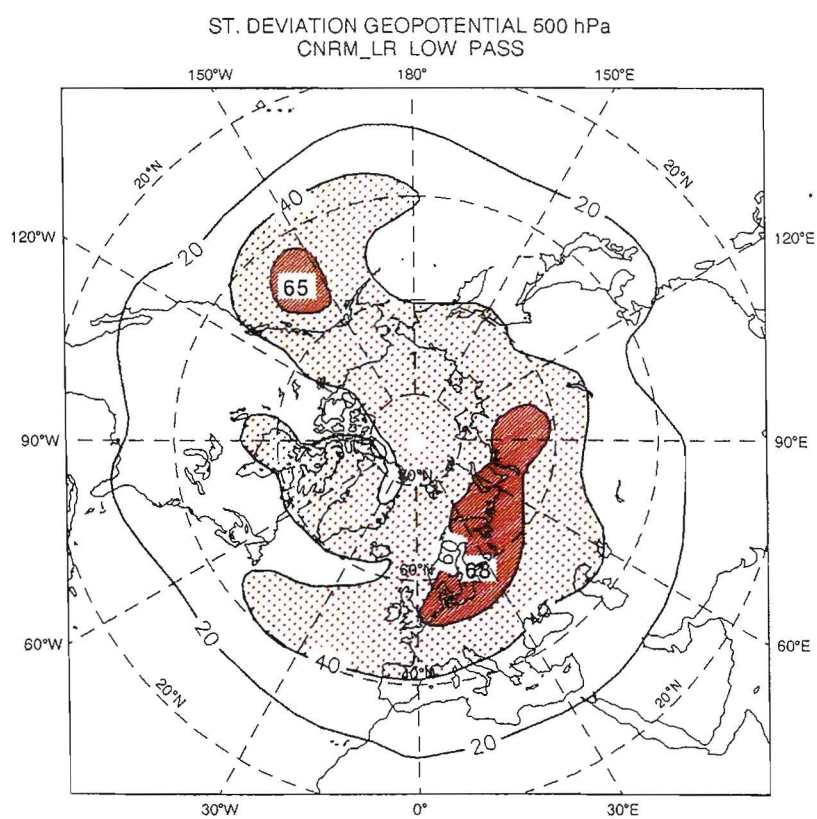
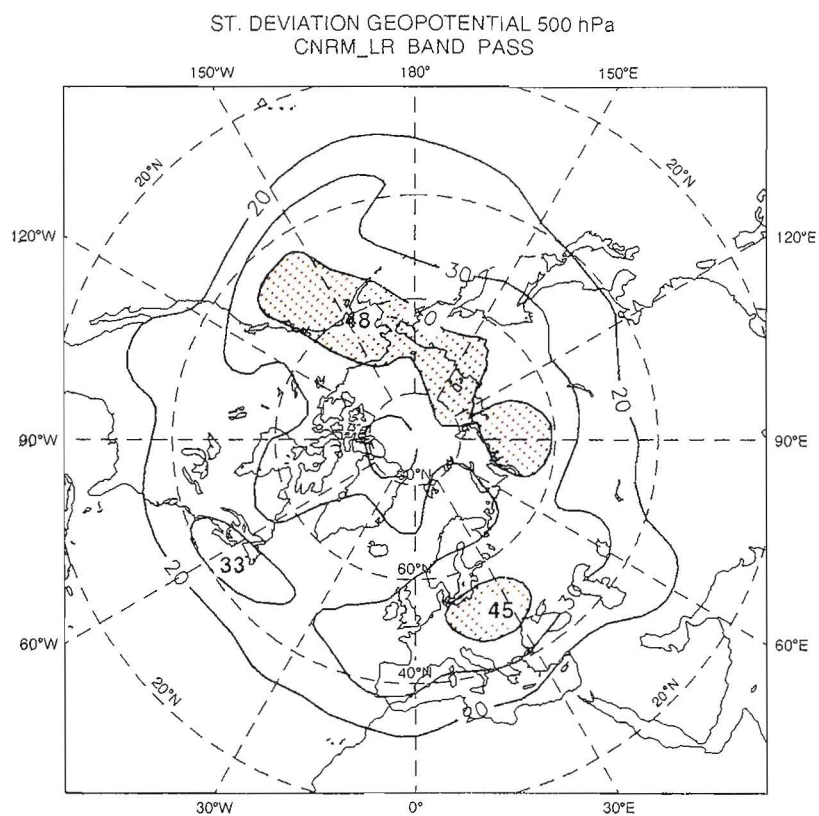


Figura 12

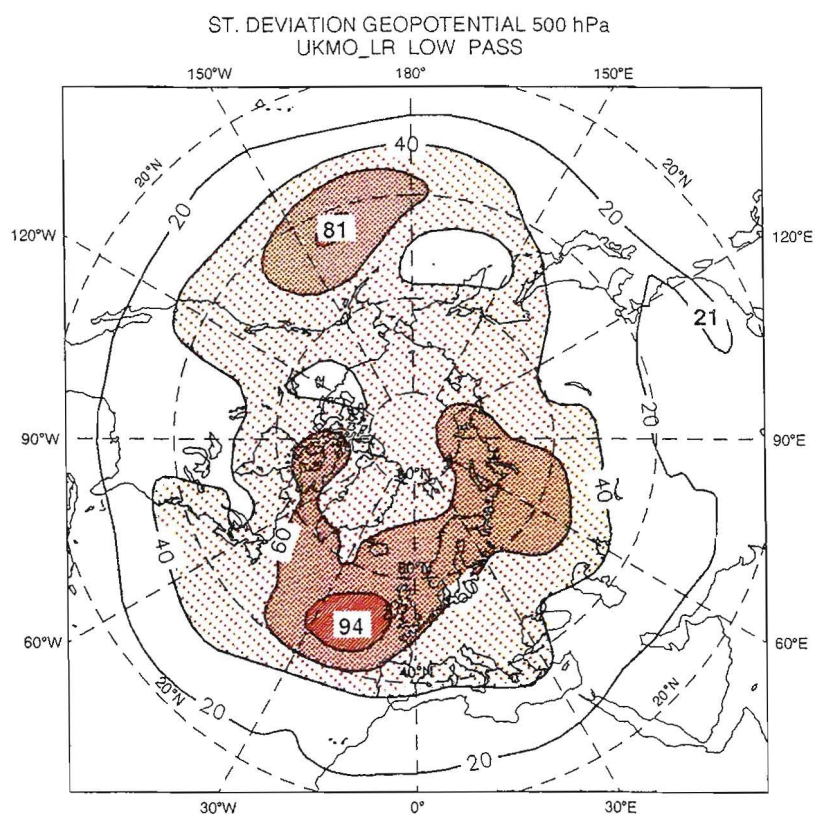
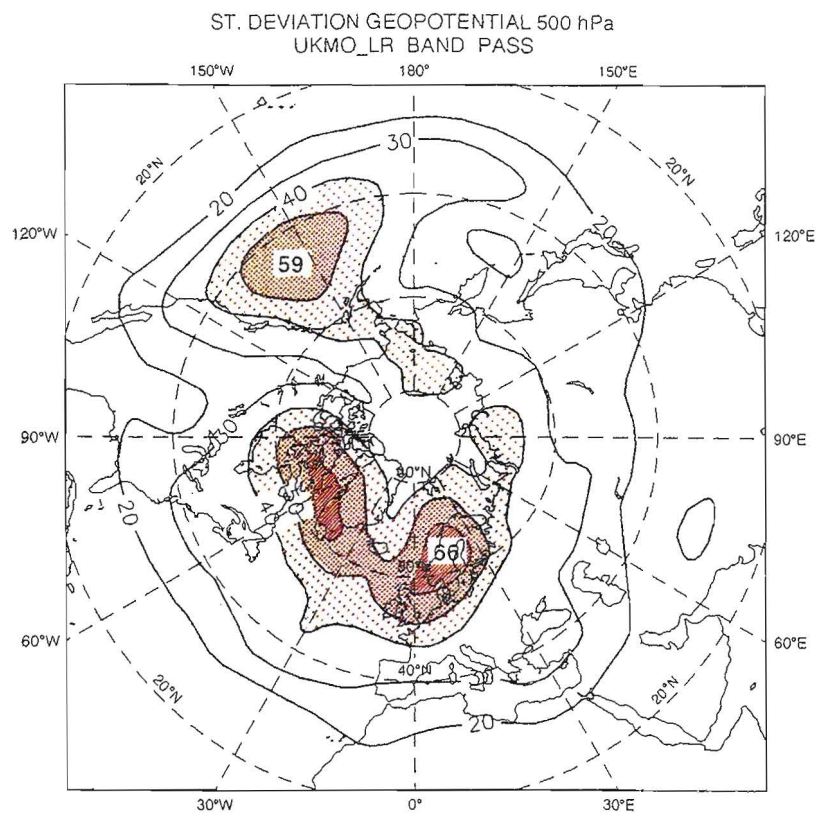
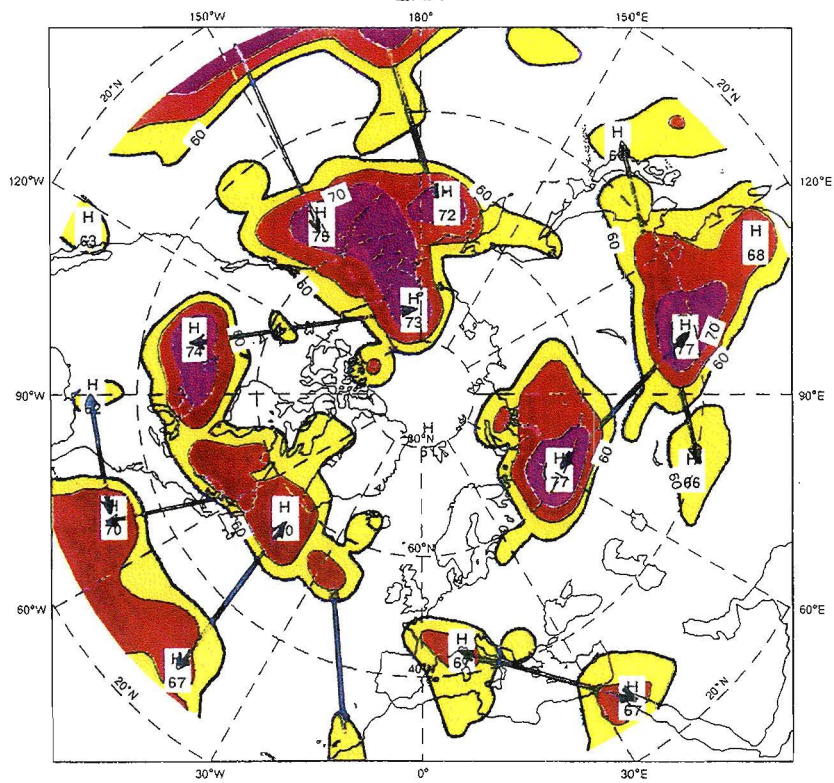


Figura 13

TELECONNECTIONS BAND PASS
ERA



TELECONNECTIONS LOW PASS
ERA

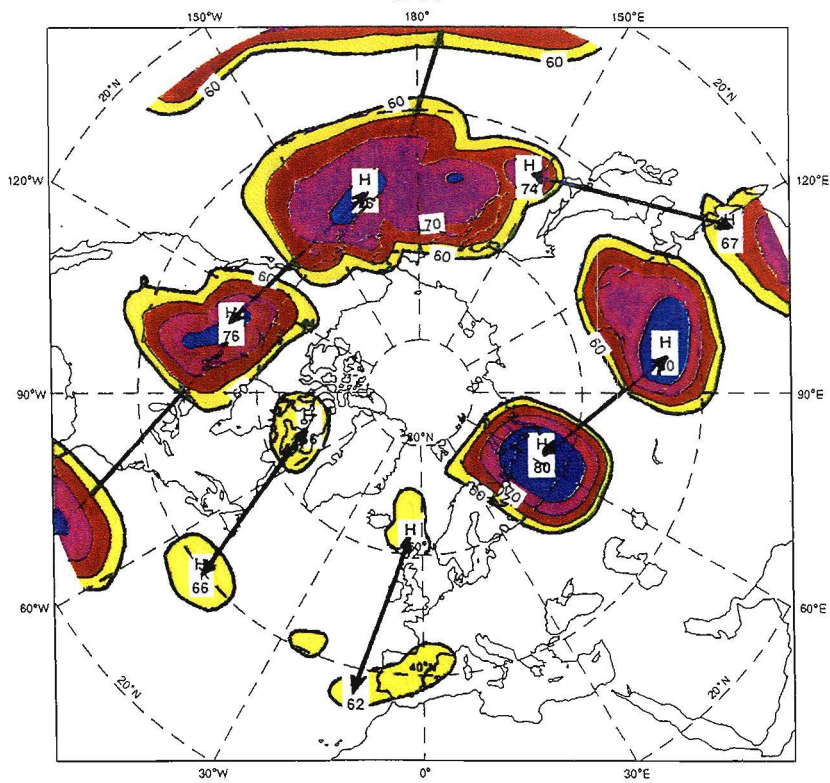
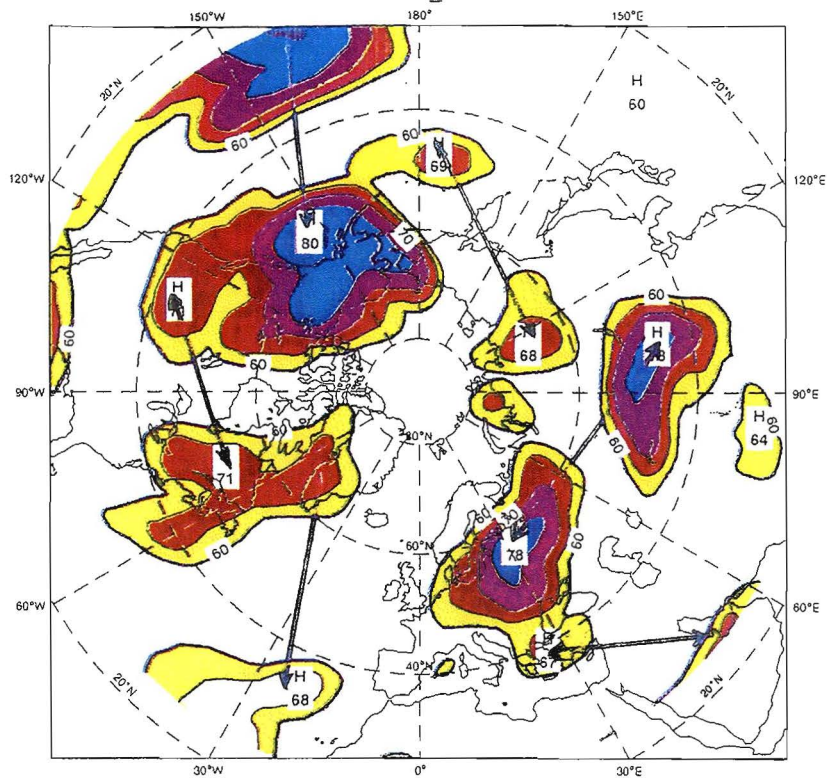


Figura 14

TELECONNECTIONS BAND PASS
CNRM_HR



TELECONNECTIONS LOW PASS
CNRM_HR

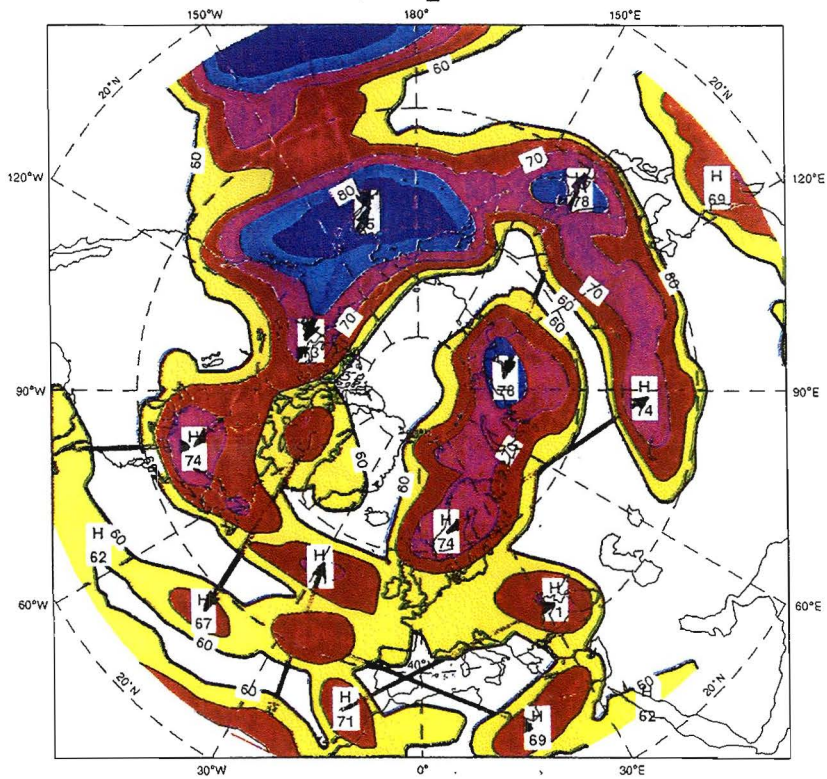
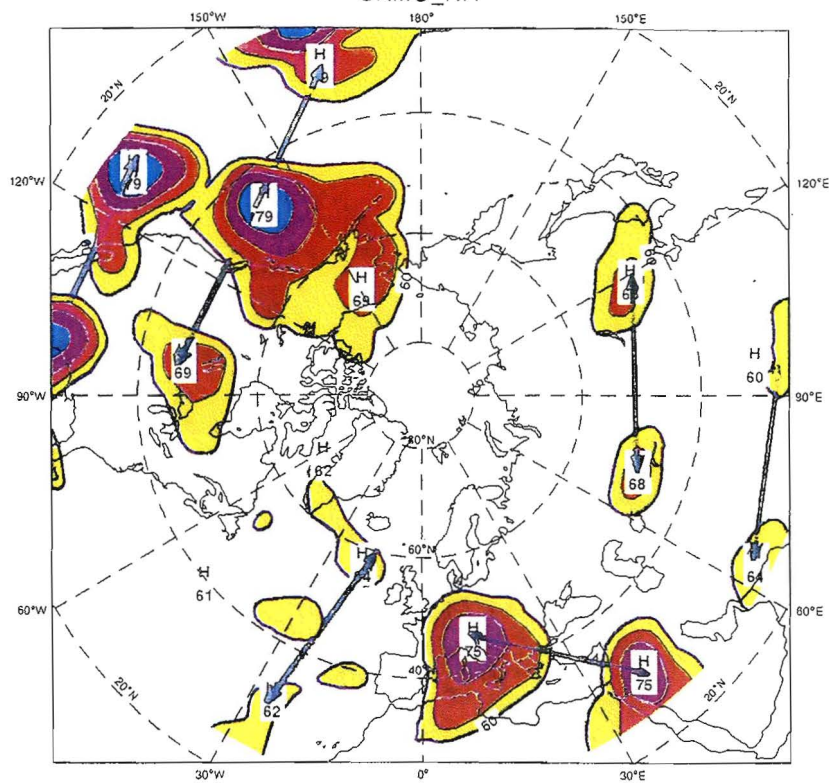


Figura 15

TELECONNECTIONS BAND PASS
UKMO_HR



TELECONNECTIONS LOW PASS
UKMO_HR

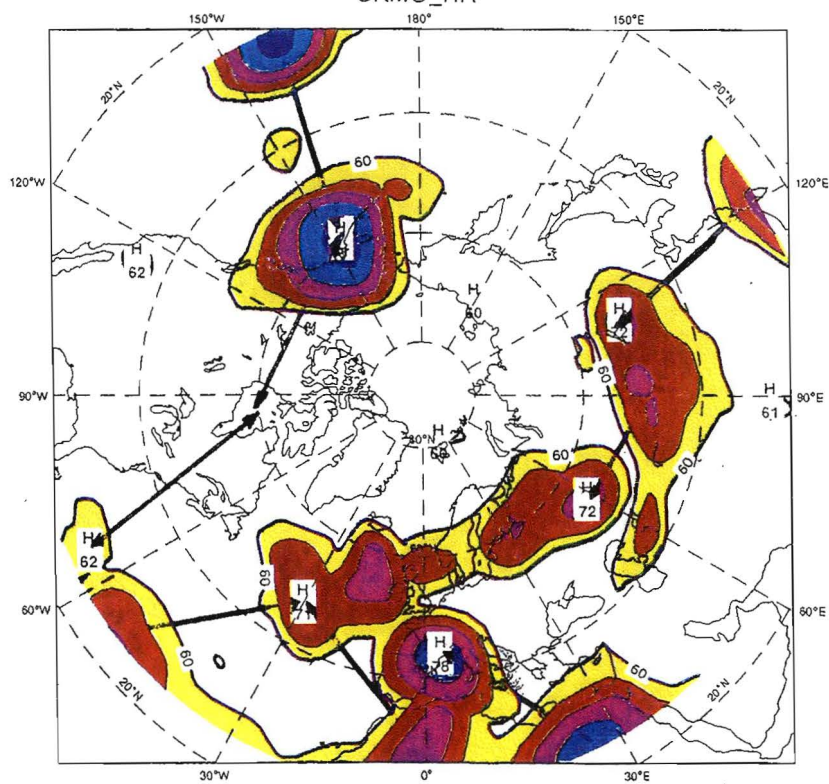


Figura 16

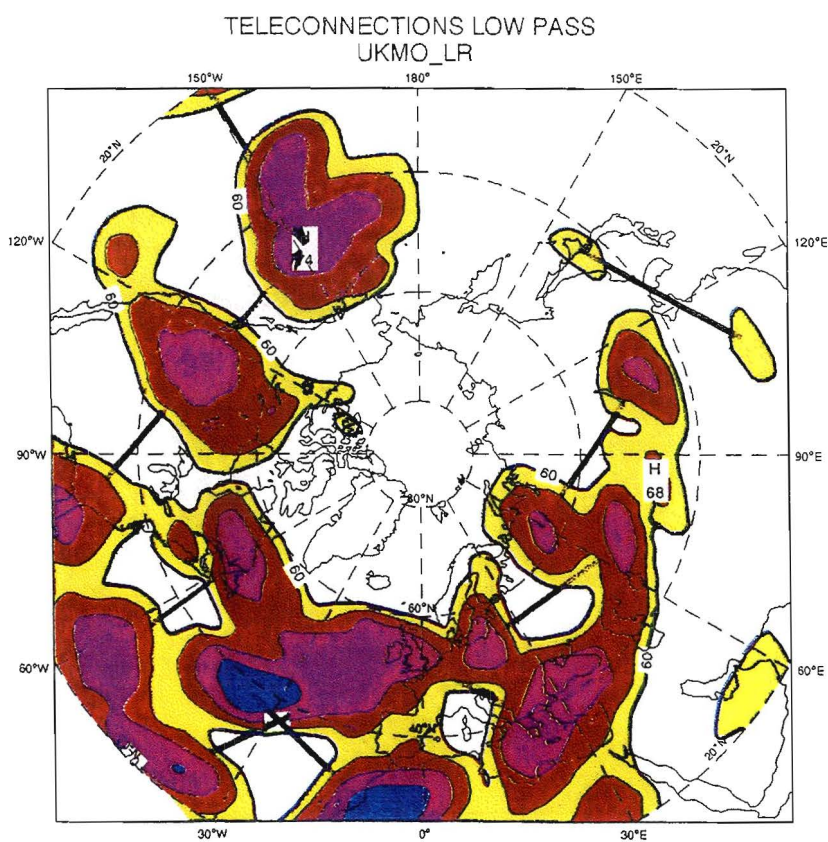
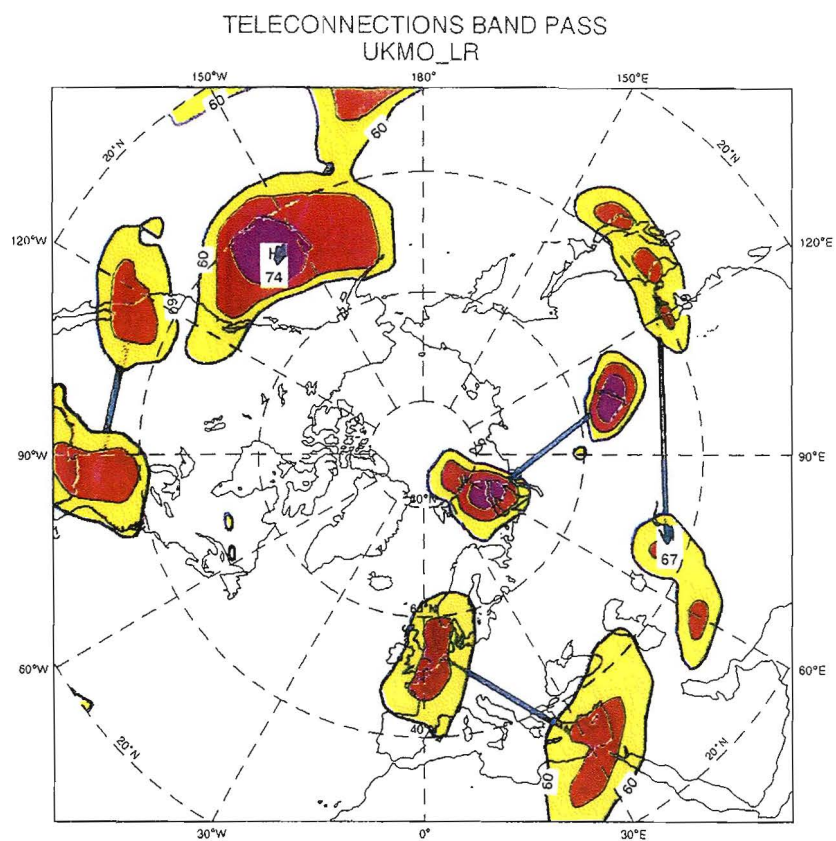


Figura 18