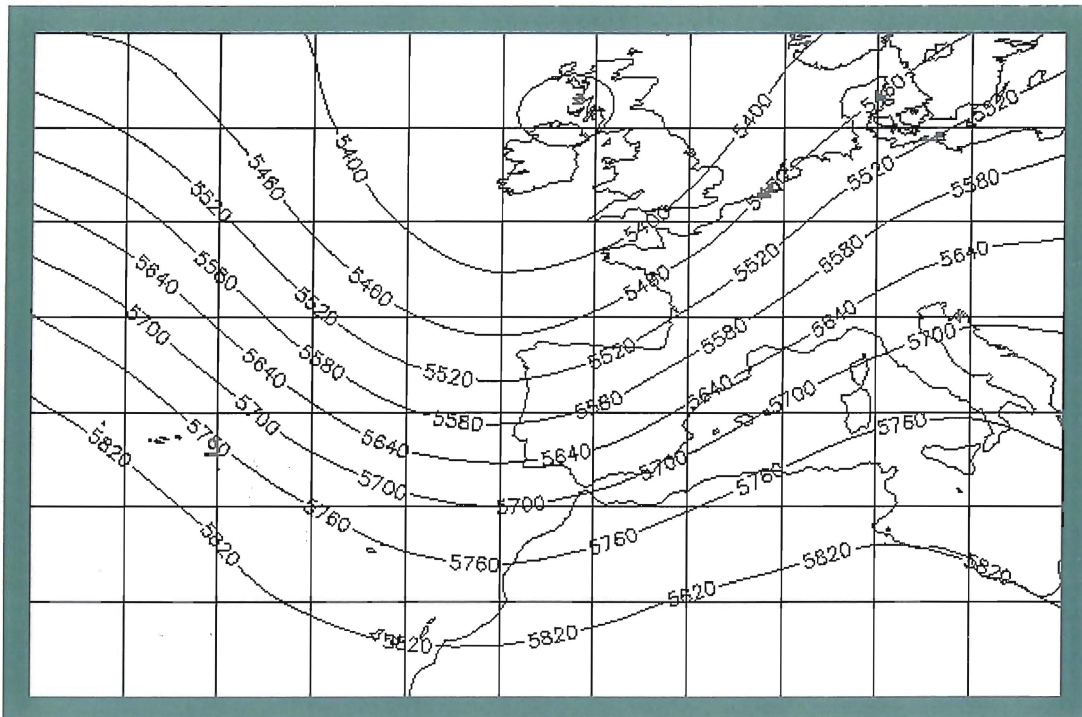


Aplicación de una caracterización de la circulación atmosférica en el área de la Península Ibérica y Baleares al análisis de resultados del modelo climático HadCM2SUL



Nota Técnica SVPC N.º 10



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL
DEL INSTITUTO NACIONAL
DE METEOROLOGÍA

Aplicación de una caracterización de la circulación atmosférica en el área de la Península Ibérica y Baleares al análisis de resultados del modelo climático HadCM2SUL

Nota Técnica 10 del Servicio de Variabilidad y
Predicción del Clima (NT SVPC-10)

Santos Eduardo Petisco de Lara

*Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA*



2003

*Nota Técnica 10 del Servicio de Variabilidad y
Predicción del Clima (NT SVPC-9)
Instituto Nacional de Meteorología*

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

ISBN: 84-8320-235-2

NIPO: 310-03-010-X

Depósito Legal: M-30425-2003

Imprime: Imprenta del Instituto Nacional de Meteorología

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN | 5 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 6 |
| 2. COMPARACIÓN ENTRE LA CIRCULACIÓN REAL Y LA CIRCULACIÓN MODELIZADA | 8 |
| 2.1 Comparación de frecuencias | 8 |
| 2.2 Comparación de mapas medios | 10 |
| 2.3 Análisis de las diferencias entre la circulación real y la simulada | 11 |
| 3. EVOLUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LOS TIPOS DE REFERENCIA EN LA CIRCULACIÓN SIMULADA | 17 |
| 4. CONCLUSIONES | 27 |
| BIBLIOGRAFÍA | 29 |
| ANEXO. MAPAS DE LAS SITUACIONES SINÓPTICAS DE REFERENCIA | 30 |

RESUMEN

Se trata, por un lado de analizar el comportamiento de la circulación atmosférica en el área de la Península Ibérica y Baleares simulada por el modelo climático HadCM2SUL comparándola con la circulación real en la misma zona representada por un conjunto de tipos sinópticos de referencia característicos. La comparación se hace para un periodo común de datos y basándose en los siguientes aspectos: 1) comparación de las frecuencias de los distintos tipos de referencia en la circulación real y la modelizada; 2) comparación de las características morfológicas de los mapas medios de los conjuntos de los elementos reales y modelizados clasificados en cada uno de los tipos de referencia; 3) comparación de tipos sinópticos obtenidos de la circulación real con tipos sinópticos obtenidos de la circulación modelizada con el mismo procedimiento, para así poder comprobar el grado en que la circulación modelizada representa las características de la circulación real y además si el modelo introduce algún rasgo no real en la circulación.

Por otro lado, se trata de verificar si se observan cambios o tendencias en las frecuencias de aparición de los tipos sinópticos de referencia en la circulación simulada en el periodo comprendido entre el 1-1-1940 y el 30-12-2099.

PALABRAS CLAVE: circulación atmosférica, centroide, tipo sinóptico, similitud, modelo climático, frecuencia de tipo sinóptico.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las variables mejor simuladas por los modelos climáticos es el geopotencial. La disponibilidad, por tanto, de campos de geopotencial simulados nos va a permitir analizar los rasgos o características de la circulación modelizada y nos va a permitir compararla con la circulación real y así, de alguna manera, validar el modelo en este aspecto; además podremos comprobar si cabe esperar cambios o tendencias futuros en la circulación deducidos de la información que nos suministra la circulación modelizada.

Con respecto a este último punto, no se trata de obtener conclusiones definitivas sino que se trata simplemente de presentar los resultados que se derivan del análisis de los datos proporcionados por el modelo concreto que estamos considerando.

La zona de estudio que se considera es la comprendida entre los 25 y 60 grados de latitud norte y las longitudes de 35 grados oeste y 20 grados este; se han utilizado las presiones en superficie y los geopotenciales de 500 hPa sobre una rejilla de 96 puntos separados por intervalos de 5 grados.

La información utilizada para definir la circulación real fue producida por el *Department of Atmospheric Sciences, University of Washington and Data Support Section, National Center for Atmospheric Research*. Estos datos se presentan en un *grid* octogonal de 1 977 puntos, igualmente espaciados vistos desde una perspectiva estereográfica polar. La rejilla se transformó en rejilla latitud-longitud mediante un programa que acompañaba a los datos seleccionándose el área de estudio y la resolución indicadas. Se dispone así de un conjunto de 14 407 situaciones sinópticas de presión en superficie y sus correspondientes de geopotencial en 500 hPa a 12 TMG, que se extienden desde el 1-1-1946 al 27-6-1989. Existen algunas lagunas de las que la más importante es la falta de parte de los datos de 1956 y de 1957 completo.

En cuanto a los datos modelizados se han utilizado datos del modelo HadCM2SUL del *Hadley Center* suministrados a través del proyecto LINK. Estos datos constan de salidas diarias de presión en superficie y geopotencial de 500 hPa reducidos a la misma rejilla y zona de trabajo mencionados y abarcando desde el 1-1-1940 al 30-12-2099.

Para realizar el estudio se procede en primer lugar a caracterizar la circulación real utilizando las 14 407 situaciones sinópticas reales del periodo de datos mencionado, es decir, del 1-1-1946 al 27-6-1989.

Un algoritmo de clasificación-caracterización encuentra agrupaciones de situaciones sinópticas similares cuyo centroide define un carácter sinóptico concreto. Para analizar la similaridad se calcula la correlación entre los campos de presión en superficie y geopotencial en 500 hPa. Con objeto de obtener mayor cantidad de información y poner de manifiesto características de la circulación bastante diversas, se utilizan unos umbrales rigurosos para definir la similaridad obteniendo así un conjunto de 209 centroides tipo. No obstante, para facilitar el estudio posterior y la manejabilidad de la caracterización sinóptica, los 209 centroides obtenidos se agrupan a su vez mediante otro algoritmo que utiliza, además de la presión en superficie y del geopotencial en 500 hPa, campos de componentes de gradiente de presión y de geopotencial, y campos de dirección de gradiente; en este caso se utiliza el coeficiente de correlación para analizar la similaridad de los campos de componentes de gradiente y la distancia euclídea para analizar la de los campos de dirección del gradiente. La aplicación de este segundo algoritmo da como resultado la agrupación de los 209 centroides en 21 grupos o *tipos sinópticos* de los cuales los centroides que los integran serían *subtipos* de los mismos. Cada uno de estos 21 tipos viene definido por los mapas promedio en superficie y en 500 hPa de los mapas que definen los centroides que los integran. Los detalles del proceso pueden consultarse en *Petisco* (2003).

Estos 21 tipos definen la circulación de referencia que constituirá la base para nuestro estudio y pueden verse en el anexo de este trabajo.

2. COMPARACIÓN ENTRE LA CIRCULACIÓN REAL Y LA CIRCULACIÓN MODELIZADA

Para comparar la circulación modelizada con la circulación real se toma como base el periodo común de datos reales y simulados, es decir, el periodo comprendido entre el 1-1-1946 y el 27-6-1989, por supuesto quitando en la circulación simulada los intervalos en los que hay lagunas en la circulación real. La comparación se realiza bajo tres aspectos:

- 1) Comparación de frecuencias de las situaciones reales y de las situaciones modelizadas para los 21 tipos de referencia.
- 2) Comparación de las características morfológicas de los mapas medios de los elementos de la circulación real y de los elementos de la circulación modelizada clasificados en cada tipo de referencia.
- 3) Análisis de rasgos o características de la circulación real que no se describen bien en la circulación simulada y de características introducidas por el modelo que no se ajustan del todo a la realidad.

2.1 COMPARACIÓN DE FRECUENCIAS

Para ello se toman las situaciones reales y las modelizadas y se clasifican ambas sobre los 21 tipos de referencia. El criterio de clasificación es asignar la situación sinóptica que se pretende clasificar al tipo al que pertenezca el centroide o subtipo con el que dicha situación sinóptica en cuestión tenga la mayor similaridad. En este caso se emplean la distancia de la correlación ($1 - \rho$) entre los campos de geopotencial, presión en superficie y de las componentes del gradiente en superficie y en 500 hPa, y la distancia de la dirección del gradiente en superficie y 500 hPa; se considera que hay similaridad si la distancia es inferior a un umbral para cualquiera de las distancias mencionadas. Habiendo similaridad según el criterio expuesto, se calcula la media de las distancias tipificadas entre elementos y centroides y cada elemento se asocia al centroide similar con el que dicha media de distancia sea menor. Para detalles del cálculo de la similaridad y del procedimiento de clasificación véase *Petisco*, 2003. El resultado es que el 75% de las situaciones sinópticas reales queda clasificado, según el criterio adoptado, sobre los 21 tipos de referencia. En cuanto a la circulación simulada el 73% de las situaciones queda clasificada sobre los mismos tipos utilizan-

do el mismo criterio. La distribución del tanto por ciento de clasificados en cada tipo para la circulación real y la circulación simulada se refleja en la siguiente tabla:

| TIPO | % Frec. real. | % Frec. model. | Diferencia | Dif. relativa |
|------|---------------|----------------|------------|---------------|
| 1 | 10,6 | 8,2 | -2,4 | -23% |
| 2 | 9,6 | 9,1 | -0,5 | -5% |
| 3 | 6,3 | 4,8 | -1,5 | -24% |
| 4 | 5,7 | 9,3 | 3,6 | 63% |
| 5 | 5,7 | 4,7 | -1,0 | -18% |
| 6 | 5,4 | 4,5 | -0,9 | -17% |
| 7 | 5,2 | 7,5 | 2,3 | 44% |
| 8 | 4,6 | 2,4 | -2,2 | -48% |
| 9 | 4,3 | 4,4 | 0,1 | 2% |
| 10 | 2,8 | 1,9 | -0,9 | -32% |
| 11 | 2,8 | 3,9 | 1,1 | 39% |
| 12 | 2,5 | 1,4 | -1,1 | -44% |
| 13 | 1,6 | 2,3 | 0,7 | 44% |
| 14 | 1,6 | 1,4 | -0,2 | -13% |
| 15 | 1,6 | 1,9 | 0,3 | 19% |
| 16 | 1,3 | 1,2 | -0,1 | -8% |
| 17 | 1,1 | 0,9 | -0,2 | -18% |
| 18 | 0,8 | 0,7 | -0,1 | -12% |
| 19 | 0,8 | 1,1 | 0,3 | 37% |
| 20 | 0,5 | 0,3 | -0,2 | -40% |
| 21 | 0,5 | 0,4 | -0,1 | -20% |

Como puede observarse existen diferencias en el porcentaje de clasificados en cada tipo entre los elementos de la circulación real y simulada siendo en algunos casos mayores entre los simulados (diferencias positivas) y en otros menores (diferencias negativas). Las diferencias más significativas (superiores al 30% en valor absoluto) se dan en los tipos 4, 7, 11, 13 y 19 donde el porcentaje es superior entre los modelizados, y en los tipos 8, 10, 12 y 20 donde el porcentaje es superior entre los reales.

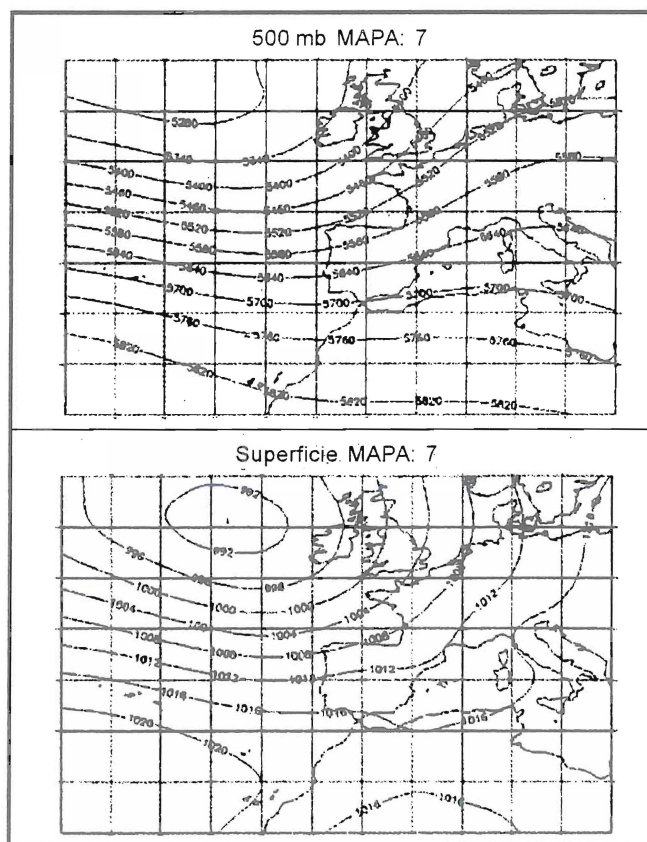
A primera vista, y sin pretender sacar conclusiones definitivas, parecería que el modelo tiende generalmente a potenciar la presencia de las situaciones en las que de alguna manera aparece una circulación del oeste o suroeste importante (tipos 4, 7, 13 y 19) y las situaciones anticiclónicas bien definidas (tipo 11) en las proximidades de la Península Ibérica y Baleares. Por el contrario, las situaciones que tienen menos presencia en la circulación simulada parecer tener, aparentemente, un carácter más meridiano.

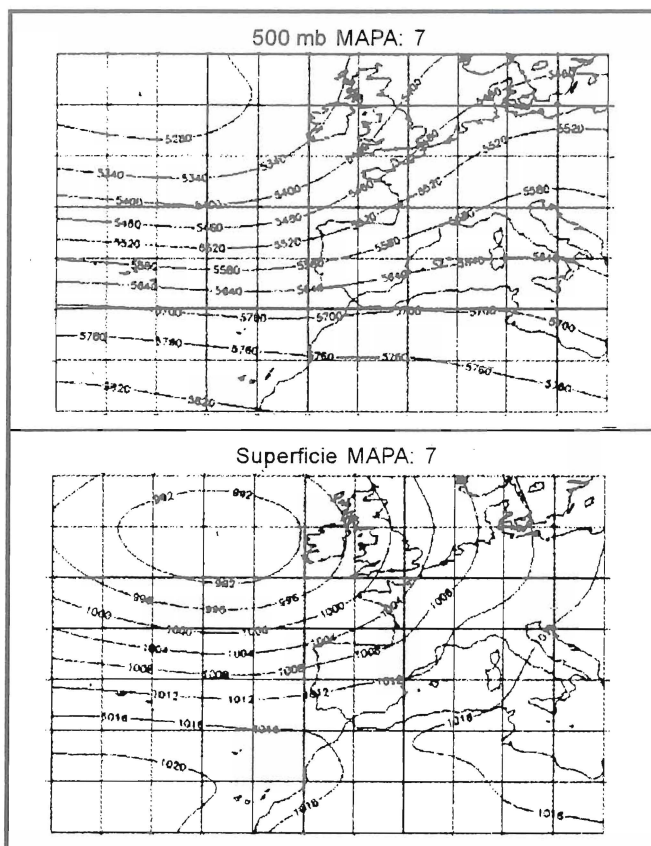
2.2 COMPARACIÓN DE MAPAS MEDIOS

Se han obtenido los mapas medios de los elementos reales y simulados clasificados en cada tipo de referencia para así comparar las características morfológicas de los mismos. Como puede verse en la siguiente tabla las correlaciones entre los mapas medios de los reales y modelizados clasificados en cada tipo de referencia son bastante altas.

| TIPO | Correlación superficie | Correlación 500 hPa | TIPO | Correlación superficie | Correlación 500 hPa |
|------|------------------------|---------------------|------|------------------------|---------------------|
| 1 | 0,99 | 0,99 | 12 | 0,99 | 0,99 |
| 2 | 0,99 | 1,00 | 13 | 0,99 | 0,99 |
| 3 | 0,99 | 1,00 | 14 | 0,99 | 1,00 |
| 4 | 0,99 | 1,00 | 15 | 0,99 | 0,99 |
| 5 | 0,99 | 1,00 | 16 | 0,97 | 0,99 |
| 6 | 0,99 | 1,00 | 17 | 0,98 | 1,00 |
| 7 | 0,98 | 0,99 | 18 | 0,97 | 1,00 |
| 8 | 0,99 | 1,00 | 19 | 0,98 | 0,99 |
| 9 | 0,98 | 1,00 | 20 | 0,98 | 0,99 |
| 10 | 0,99 | 1,00 | 21 | 0,97 | 0,98 |
| 11 | 0,99 | 1,00 | | | |

MAPA MEDIO TIPO 7
DATO REAL





MAPA MEDIO TIPO 7
DATO SIMULADO

No se observan pues diferencias morfológicas significativas entre los mapas promedio. A título de ejemplo se presentan para su comparación los mapas medios de los elementos reales y simulados clasificados en el tipo 7 que como se puede ver en la tabla tienen correlaciones de 0,98 en superficie y de 0,99 en 500 hPa.

2.3 ANÁLISIS DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LA CIRCULACIÓN REAL Y LA SIMULADA

Se trata de verificar si el modelo introduce alguna característica en la circulación que no se corresponde bien con la circulación real y, si de la misma manera, existe algún rasgo de la circulación real no bien representado en la circulación simulada.

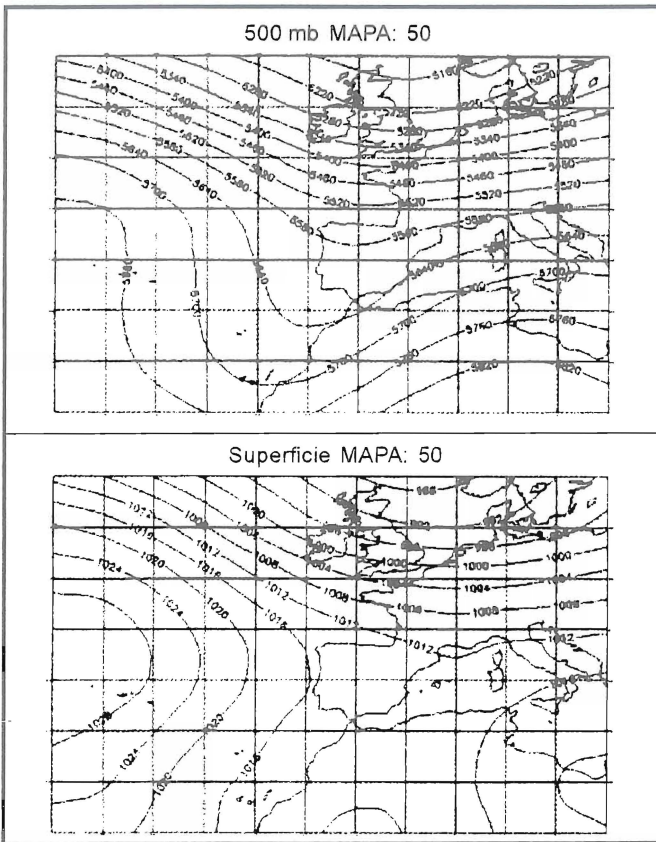
Para ello, procedemos en primer lugar a la caracterización de la circulación modelizada mediante la obtención de un conjunto de grupos de elemen-

tos que vendrían representados por sus correspondientes centroides. El proceso se hace de un modo semejante a como se hizo con la circulación real utilizando la misma medida de similaridad (coeficiente de correlación), el mismo algoritmo y los mismos umbrales de similaridad. En estas condiciones se obtienen 223 centroides representantes de la circulación simulada de igual manera que se obtuvieron 209 centroides representantes de la circulación real.

Ahora se procede a buscar para cada uno de los 209 centroides reales su homólogo, si es que existe, entre los 223 centroides de la circulación modelizada y viceversa para lo cual se busca el centroide más similar; la similaridad se determina calculando las correlaciones entre los campos de presión en superficie y de geopotencial en 500 hPa representativos de los centroides que se comparan y tomando la media de las correlaciones (calculadas tanto para la totalidad del campo como para la zona más meridional y más septentrional separadamente); aquellos centroides reales, cuya similaridad con su más próximo modelizado no sea suficiente, se considera que no se hallan bien representados o nada representados en la circulación simulada, concretamente estudiamos aquellos casos en que la media de las correlaciones calculadas es menor de 0,90. Igualmente se tomarían cada uno de los 223 centroides representativos de la circulación modelizada y se buscaría el centroide real más próximo; aquellos centroides cuya similaridad con el más próximo no sea suficiente representarían rasgos introducidos por el modelo que no se ajustarían a la circulación real.

Puede observarse que, en general, la relación entre la circulación real y la simulada para el mismo periodo es bastante buena; así en el caso de los 209 centroides de la circulación real 176 tienen una correlación media con el centroide más similar de la circulación simulada que es igual o superior a 0,90 y para los restantes la correlación media es siempre igual o superior a 0,83. De igual modo de los 223 centroides de la circulación simulada 180 tienen correlaciones medias iguales o superiores a 0,90 con el más similar de la circulación real mientras que los restantes tienen correlaciones medias no inferiores también a 0,83.

De la observación de los centroides reales peor relacionados parecen deducirse algunas diferencias que podrían clasificarse en las siguientes categorías:

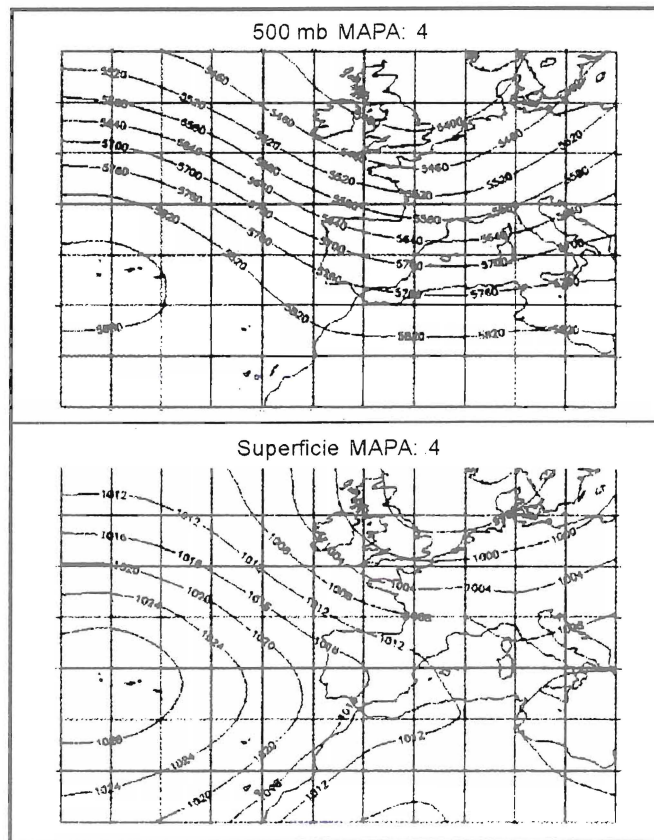


REAL

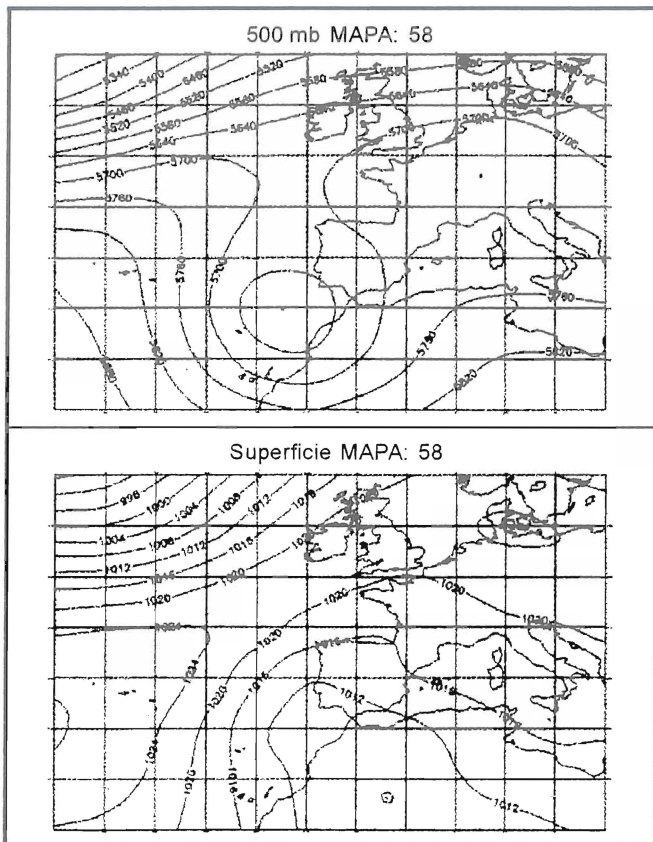
1) *Casos reales con circulación con componente meridiana*

En casos de centroides de circulación real con componente meridiana puede observarse con frecuencia que los centroides simulados más similares tienen circulación menos meridiana que sus homólogos reales.

Como ejemplo de lo dicho tenemos el centroide real que tenemos al lado y su homólogo de la circulación simulada que se puede ver debajo.



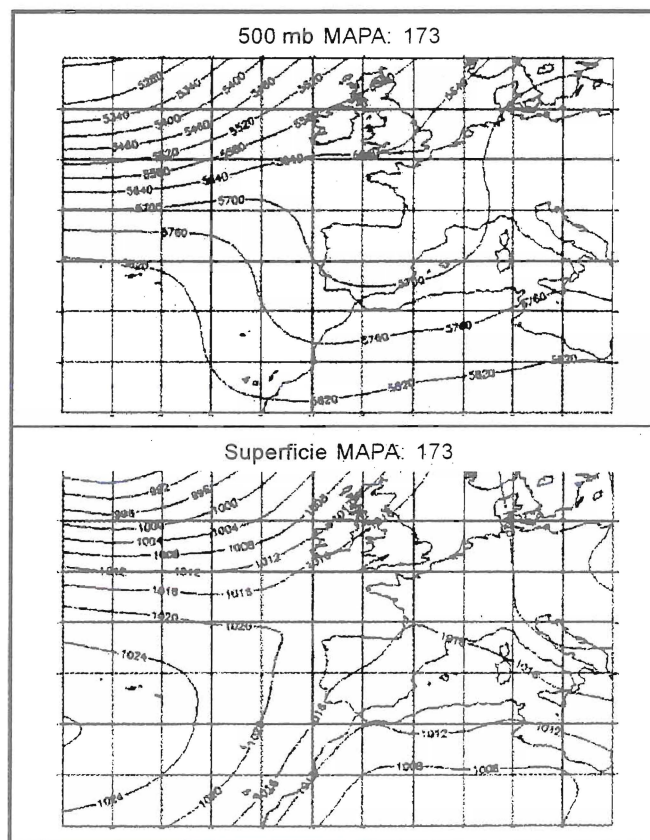
SIMULADO



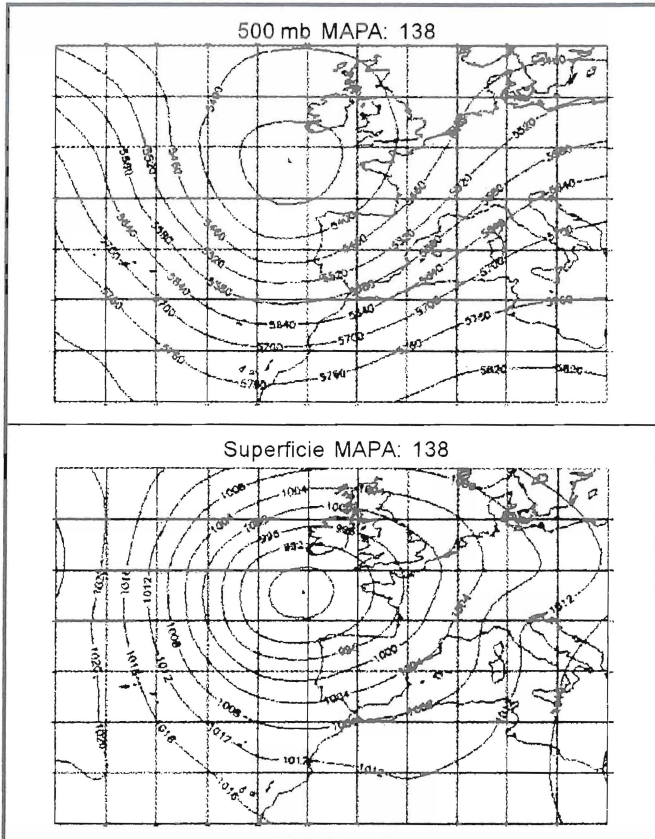
REAL

2) *Circulaciones del este acompañadas de baja en altura*

Este caso está también relacionado con el anterior. Puede observarse que, en general, las bajas en altura quedan peor definidas entre los centroides de la circulación simulada. Como ejemplo se presenta al lado un centroide real de esta categoría y debajo el homólogo o más similar en la circulación simulada.



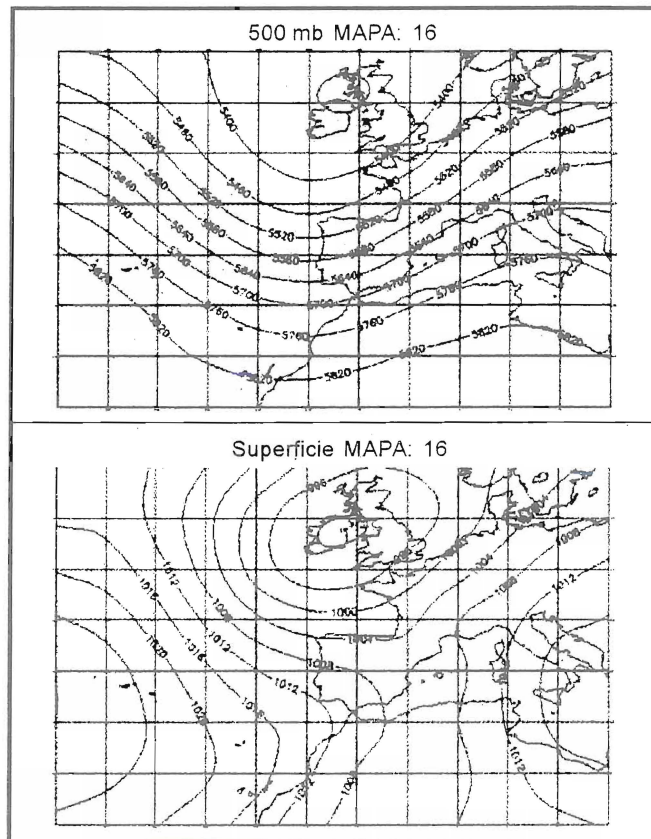
SIMULADO



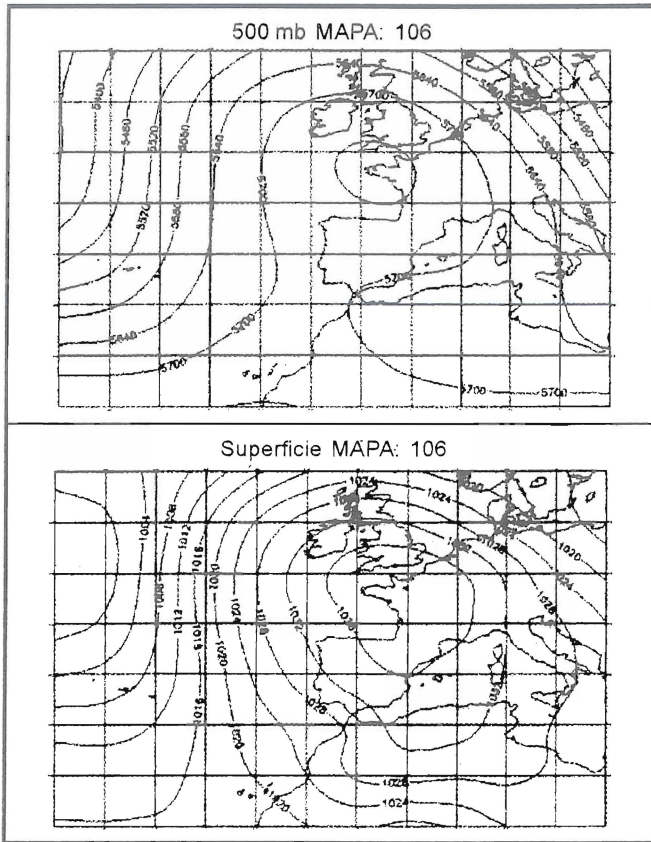
REAL

3) *Depresiones al norte de la costa cantábrica*

Estos casos son relativamente poco frecuentes en la circulación real y en la simulada parecen quedar peor representados al tender a desplazarse hacia el norte la posición de las depresiones. Esto puede verse en el ejemplo que se presenta al lado en el caso real y debajo el homólogo en la circulación simulada.



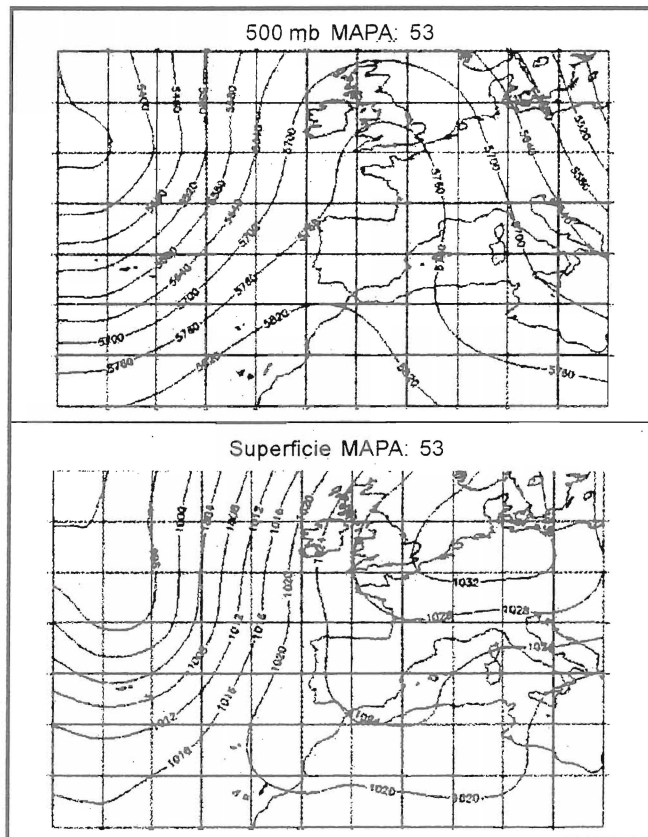
SIMULADO



SIMULADO

Entre los centroides de la circulación modelizada no hay, en general, signos claros de casos no presentes en la circulación real.

Únicamente podrían reseñarse quizás, casos de grandes anticiclones que aparecen desplazados y con un gradiente mayor y más potentes que en sus más similares de la circulación real como puede verse en el ejemplo que se muestra.



REAL

3. EVOLUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LOS TIPOS DE REFERENCIA EN LA CIRCULACIÓN SIMULADA

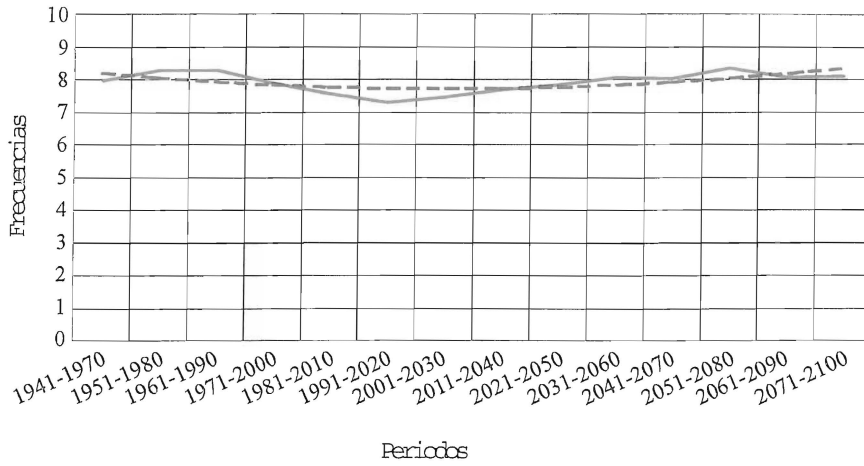
Con objeto de poder estimar la posibilidad de cambios en la circulación en el futuro, se han determinado las frecuencias de los 21 tipos de referencia, según los datos simulados por el modelo, para periodos de 30 años cuyo inicio se va desplazando 10 años hacia adelante sucesivamente, comenzando en el periodo 1941-1970 y terminando en el periodo 2071-2099, lo que hace un total de 14 periodos.

Se trata ahora de analizar el comportamiento de la serie de frecuencias de cada tipo con vistas a analizar posibles tendencias. Ciertamente el número de datos de la serie no es grande pero sí puede aportar alguna información.

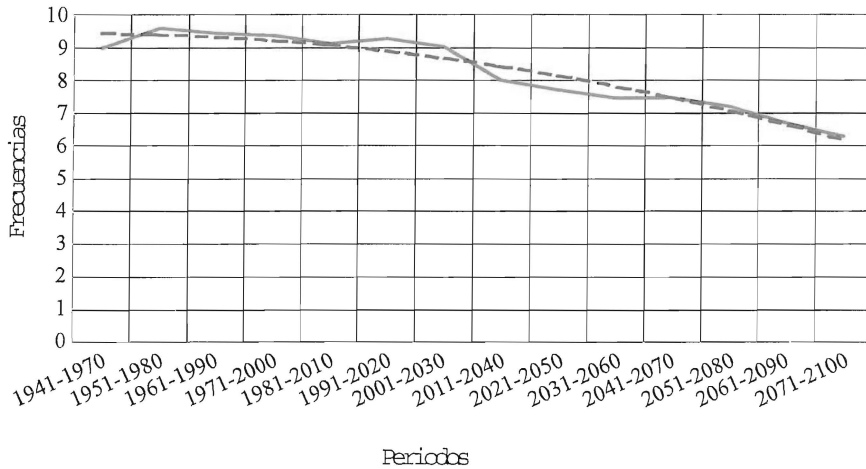
Por otro lado, al comparar las frecuencias de los tipos de referencia en la circulación real y en la simulada para un periodo común de datos vimos que había diferencias significativas en el caso de algunos tipos. Esto no es obstáculo para que el análisis que se pretende pues no se trata de obtener valores concretos de las frecuencias sino analizar sus posibles evoluciones y tendencias.

Para hacer este análisis se han aplicado, para cada tipo, diversos tests: el test de las rachas basado en el número de rachas en las que el valor de la frecuencia se mantiene por encima o por debajo de la correspondiente mediana; el test de Helmer basado en el número de veces en que la anomalía de frecuencia (desviación respecto a la media) mantiene su signo (permanencia) o lo cambia (cambio); y el test de Abbe en el que se tienen en cuenta los valores algebraicos de las anomalías de frecuencias (*Peinado*, 1985). Además se han construido las gráficas de las series, las cuales se presentan a continuación acompañadas de la curva polinómica de tendencia ajustada a los datos. En estas gráficas se ha utilizado distinta escala según el orden de magnitud de los datos dado que si se utiliza la misma escala en todos los casos no se verían bien las variaciones cuando las frecuencias son bajas; no obstante, es preciso ser cuidadoso a la hora de realizar la interpretación de las gráficas que deberían utilizarse a título solamente orientativo:

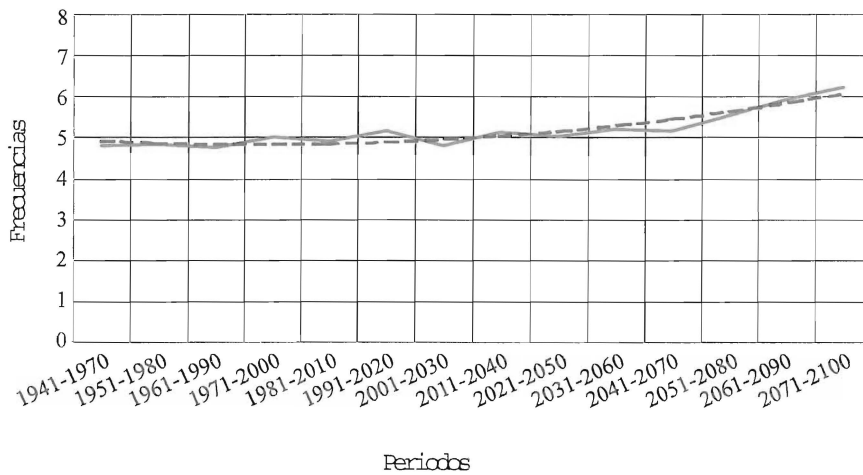
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 01



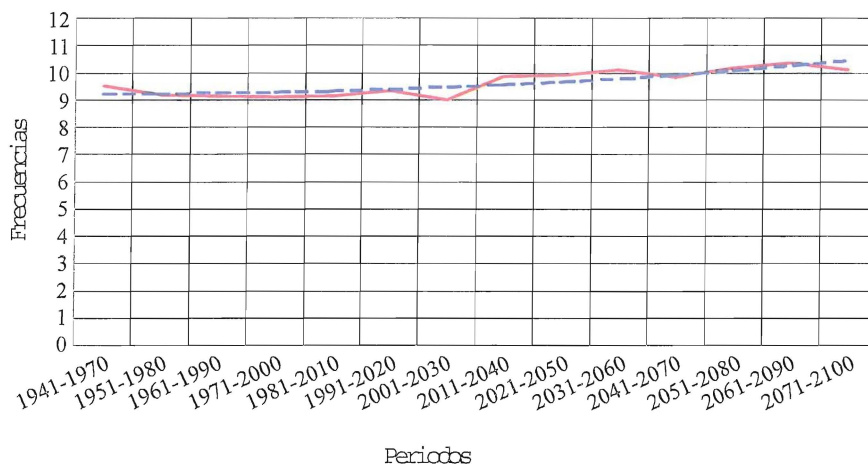
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 02



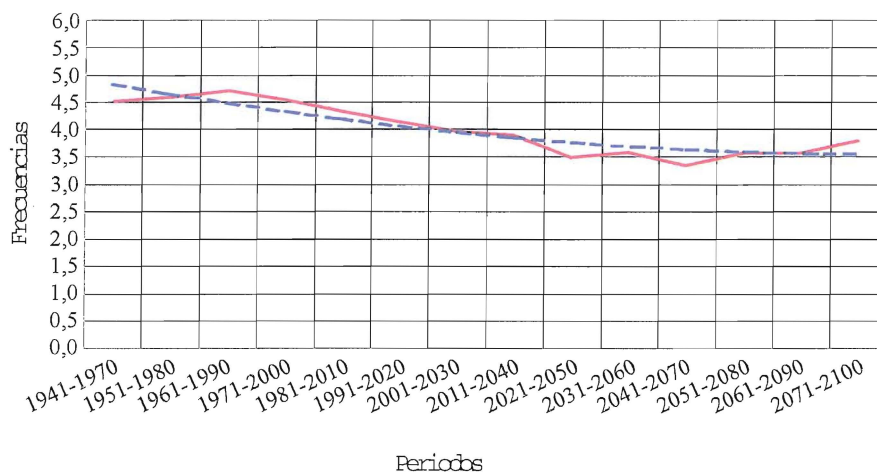
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 03



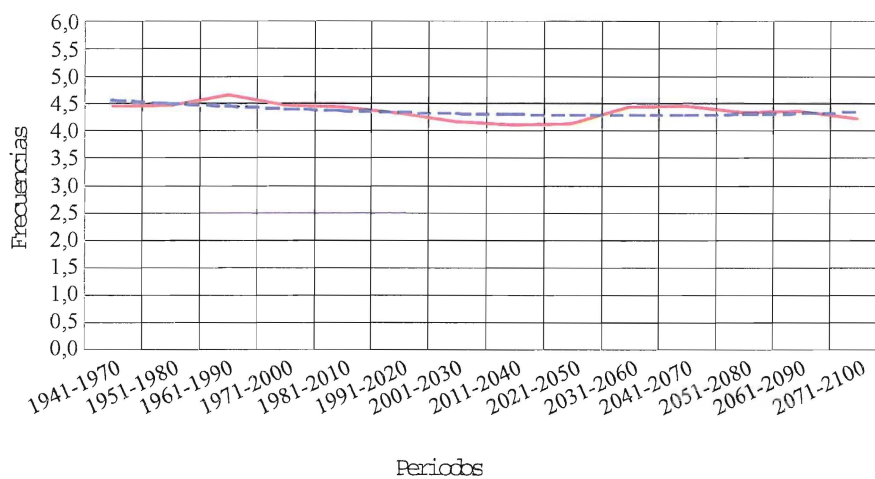
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 04



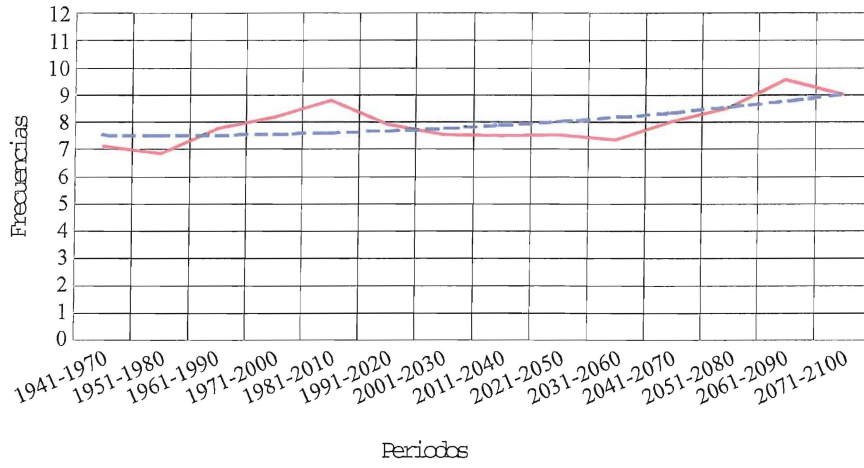
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 05



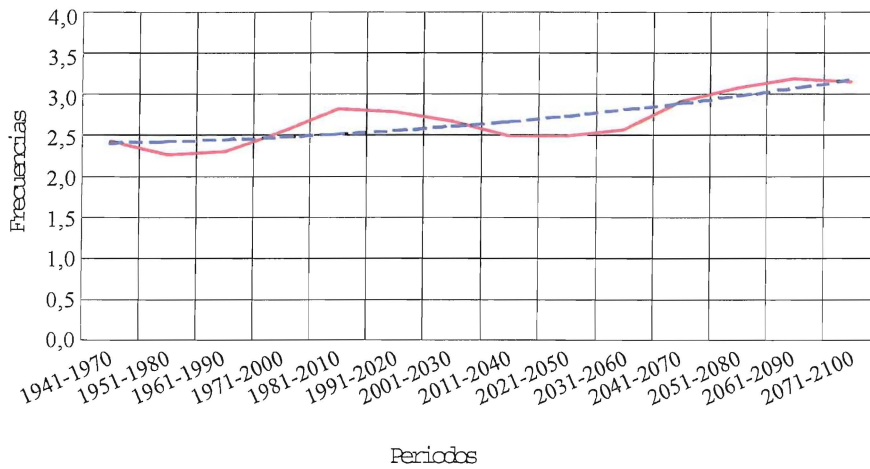
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 06



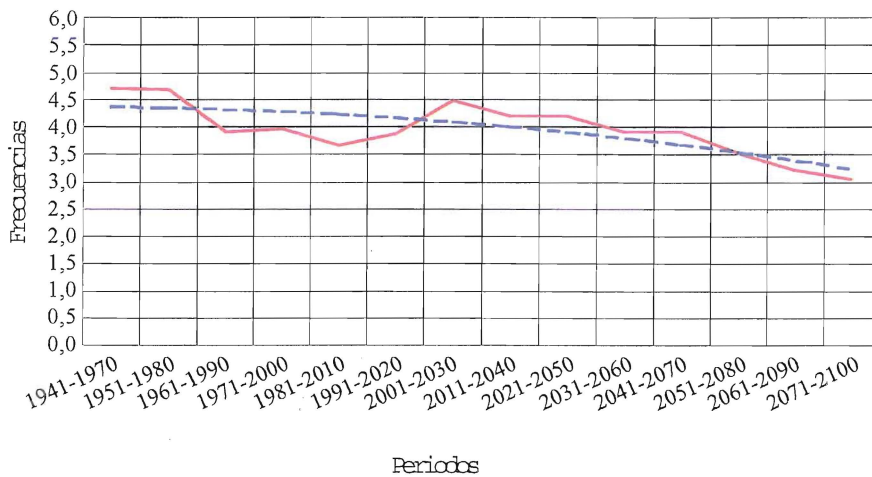
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 07



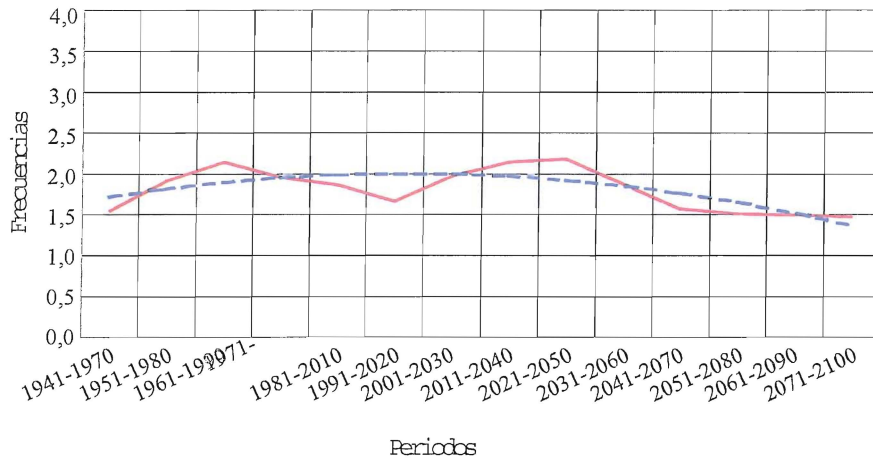
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 08



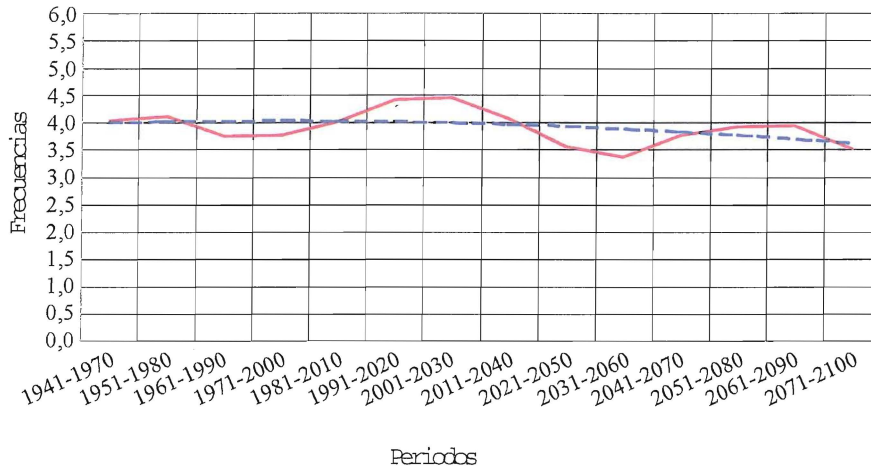
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 09



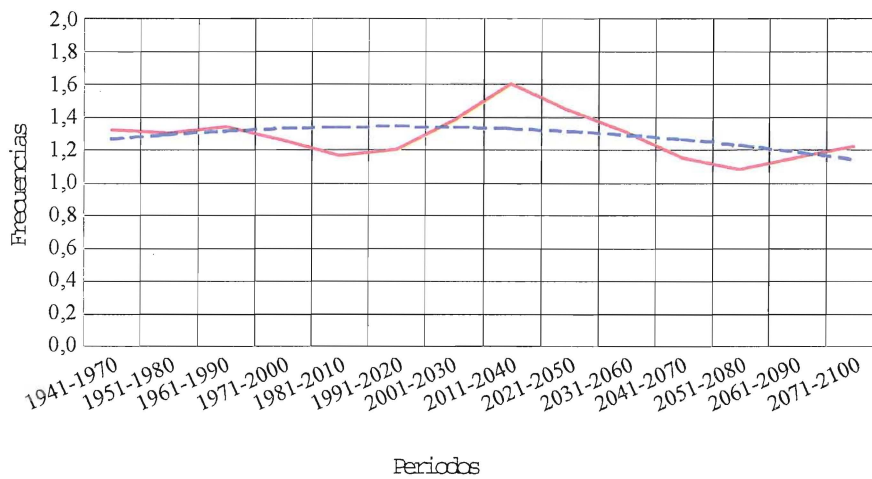
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 10



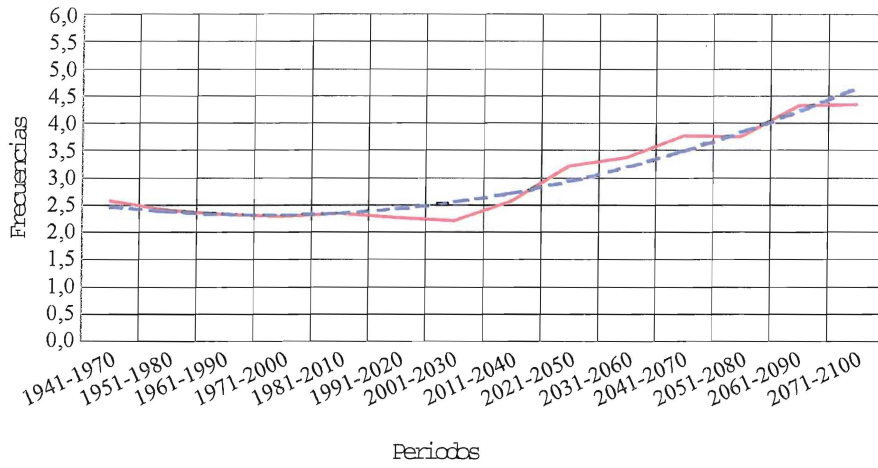
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 11



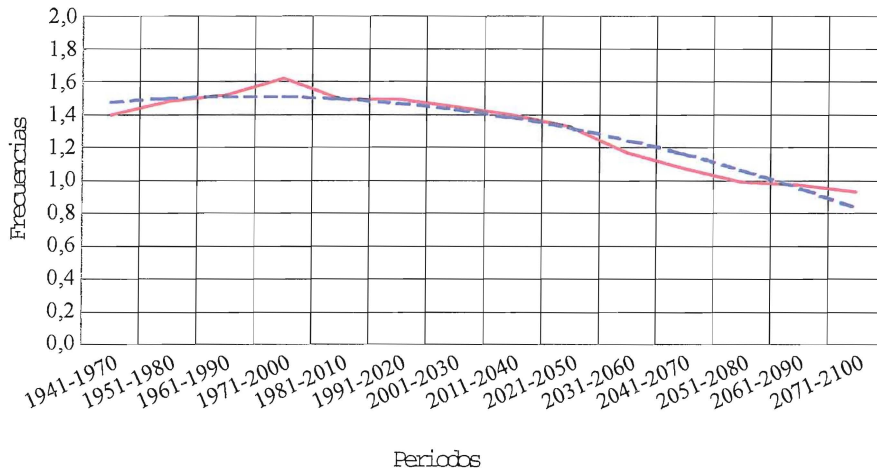
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 12



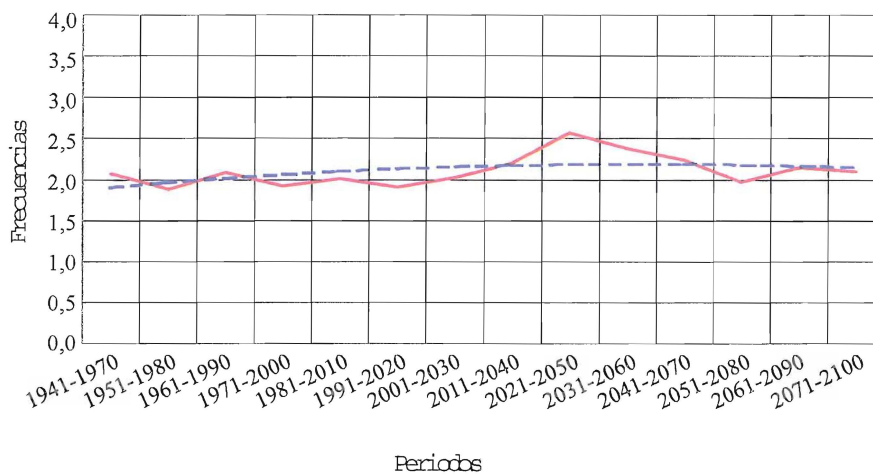
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 13



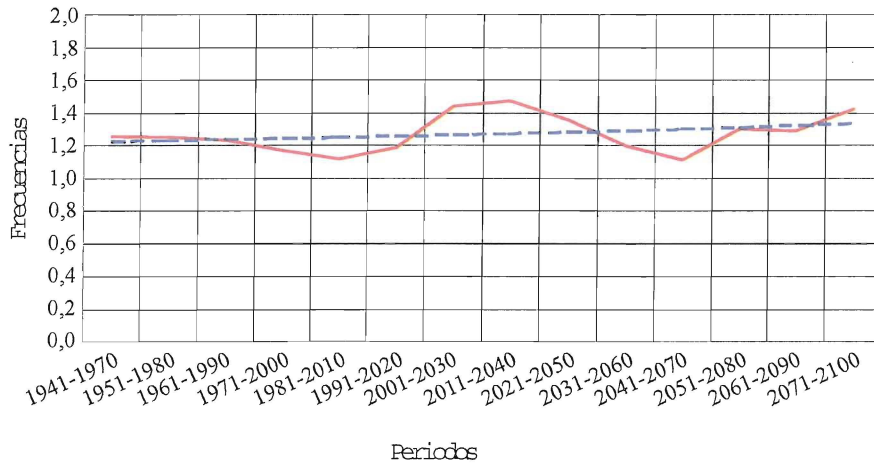
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 14



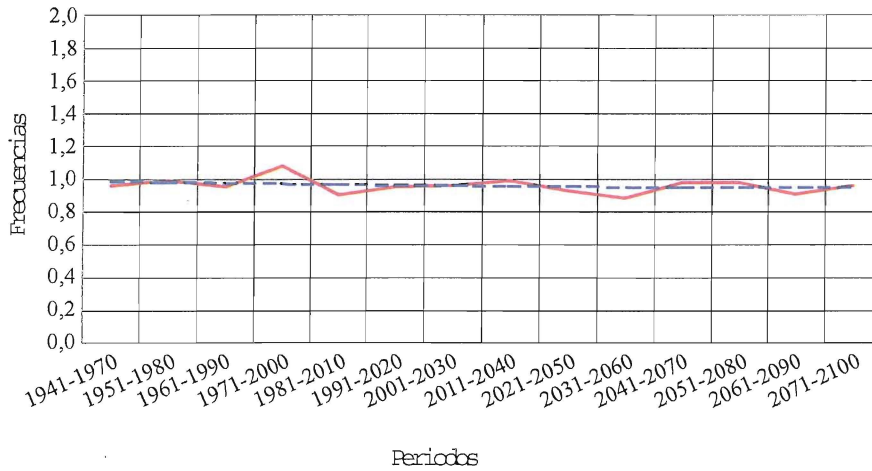
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 15



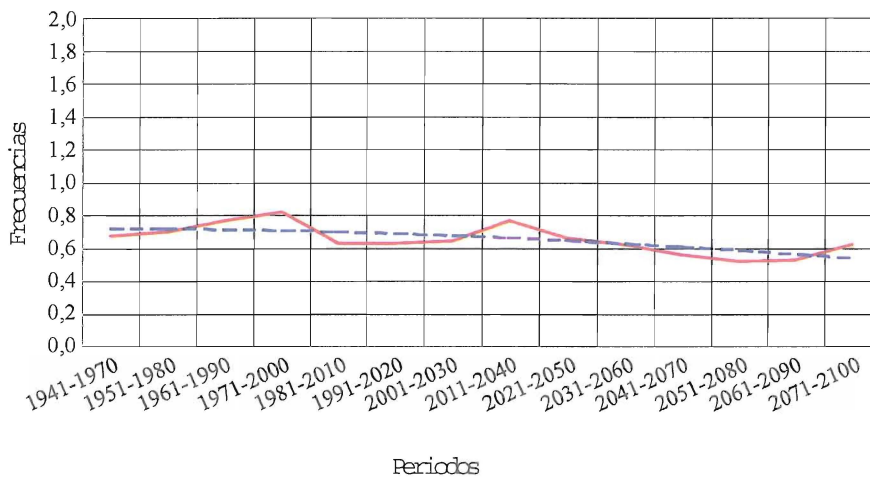
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 16



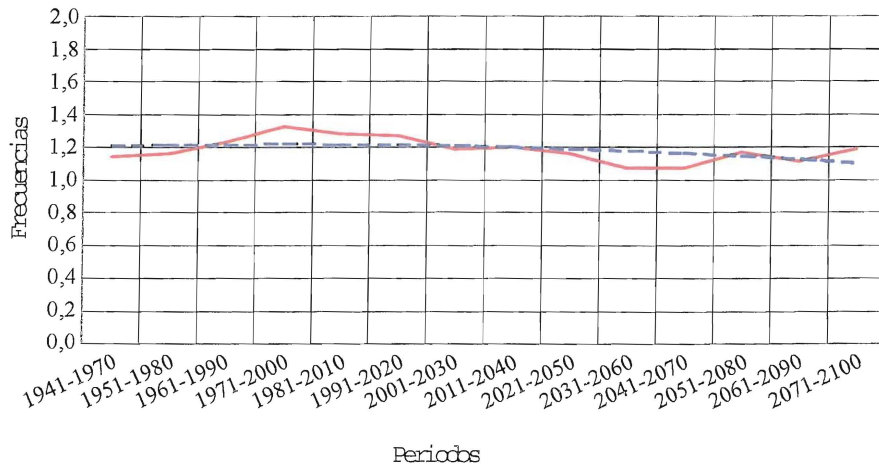
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 17



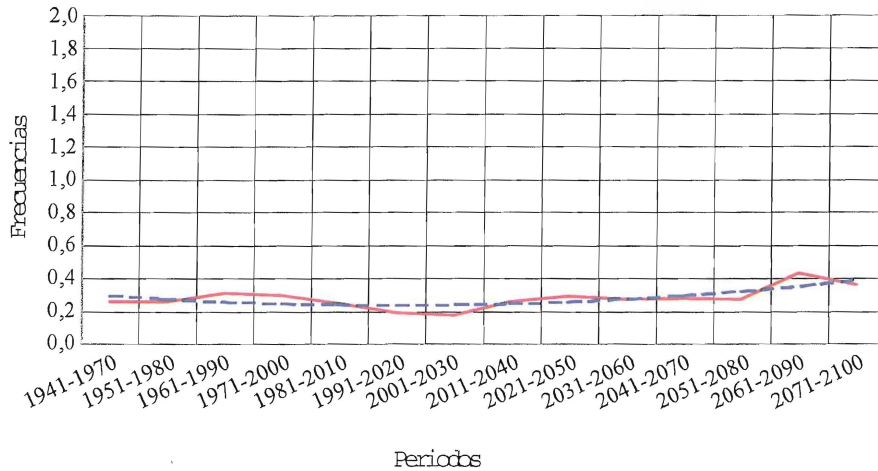
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 18



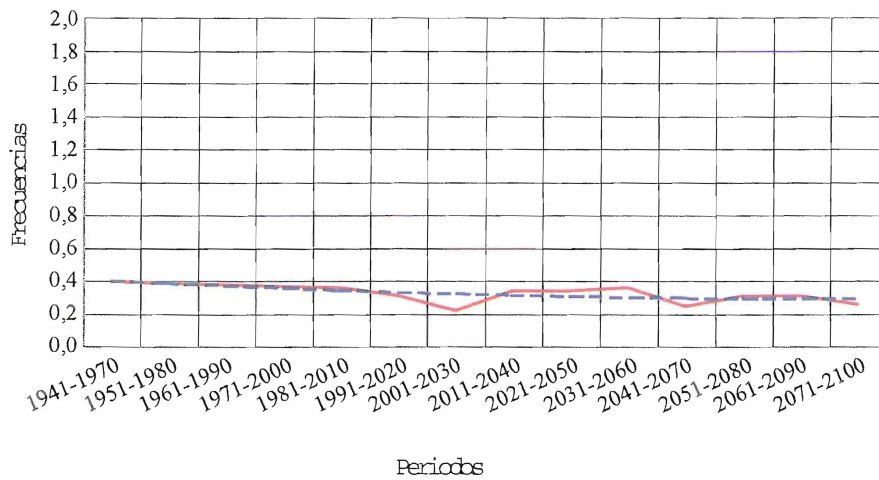
EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 19



EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 20



EVOLUCIÓN FRECUENCIAS TIPO 21



La aplicación de los tests mencionados da tendencia en todos ellos en el caso de los tipos 2, 5, 13 y 14, cosa que también parece deducirse de las correspondientes gráficas de evolución por lo que cabría, en principio, dar crédito a la realidad de esta tendencia; la tendencia sería creciente en el caso del tipo 13 (flujo del SW), y decreciente en los casos de los tipos 2 (anticiclón atlántico al WSW de la Península), 5 (anticiclón atlántico al oeste con flujo N al oeste de la Península) y 14 (depresión británica con flujo del NW sobre nuestra zona).

En el caso del tipo 4 (zona de alta presión al sur de Europa) también parece deducirse una tendencia ligeramente creciente cosa que parece afianzarse más claramente a partir del periodo 2011-2040; la gráfica parece expresarlo al igual que los tests de las rachas y de Helmert cuyos estadísticos toman valores propios de tendencia; el test de Abbe también parece indicar cierta tendencia aunque el valor del estadístico se halla más cerca de la zona de aleatoriedad. En resumen, podría aceptarse la tendencia creciente aunque con algo menos de seguridad.

Otros casos dignos de mención en cuanto a posible tendencia, aunque con resultados menos claros pues los valores de los estadísticos están más próximos a la zona de aleatoriedad o alguno de ellos da aleatoriedad, son:

El tipo 3 (anticiclón extendiéndose desde el Atlántico hacia Europa) con valores de los estadísticos de Helmert y de Abbe que revelan tendencia posible, mientras que el test de las rachas indicaría aleatoriedad; podría pensarse en tendencia creciente que podría estar empezando a manifestarse a partir del periodo 2011-2040.

El tipo 7 (circulación del oeste) presenta oscilaciones aunque podría haber una tendencia general creciente; el test de Helmert indica cierta posibilidad de tendencia al igual que el test de Abbe aunque este último es más dudoso al estar el estadístico cercano al valor de aleatoriedad.

El tipo 8 (pantano barométrico) presenta también oscilaciones aunque podría haber posible tendencia creciente; los tests de Helmert y de Abbe presentan cierta posibilidad.

El tipo 9 (flujo del NE) podría presentar posible tendencia decreciente; realmente sólo el test de Abbe podría admitir en algún grado esta posibilidad que no es avalada por los otros dos tests quizás debido a las oscilaciones que se presentan en los periodos anteriores al periodo 2001-2030 aunque a partir de ese periodo la gráfica parece adaptarse mejor a una tendencia decreciente.

Los tipos 18 (depresión al norte de la Península Ibérica) y 21 (anticiclón al norte de la Península Ibérica) podrían ambos tener ligera tendencia decreciente que sólo avalaría en cierto grado el test de Helmert.

Los demás tipos no presentan evidencias de tendencia avaladas por ninguno de los tests aplicados. Además, como se aprecia en las gráficas, aunque en algún caso pudiera parecer que hay cierta tendencia, la presencia de oscilaciones debe predisponer a aceptar la aleatoriedad como así confirman los resultados de los tests.

4. CONCLUSIONES

Hemos analizado el comportamiento de la circulación simulada por el modelo climático atmósfera-océano acoplado HadCM2SUL comparando la circulación simulada por el mismo en el área de la Península Ibérica, Baleares y zonas adyacentes, con la circulación real en la misma zona y para un periodo común de datos. Al clasificar las situaciones sinópticas reales y simuladas del periodo sobre un grupo de 21 tipos de circulación de referencia se observa que las situaciones reales y simuladas se clasifican en porcentajes bastante similares aunque un poco inferiores para las simuladas; también se observa que los porcentajes de clasificación en cada tipo (frecuencias) difieren en algunos casos entre la circulación real y la simulada. Estos hechos pueden interpretarse en el sentido de que la circulación simulada es, en general, una buena representación de la circulación real aunque puede haber algunos rasgos que no se corresponden completamente entre ambas circulaciones.

Para comprobar este hecho se comparan 209 centroides representativos de la circulación real con 223 representativos de la circulación simulada obtenidos ambos mediante el mismo algoritmo de clasificación sobre las situaciones reales y simuladas del mismo periodo de referencia. Parecen encontrarse algunos rasgos que pudieran ser indicios de algunas ligeras diferencias como una cierta tendencia a circulación algo menos meridiana en las simulaciones, tendencia a desplazamiento hacia el norte en la circulación simulada de las depresiones que se desplazan al norte de la costa cantábrica, o la aparente presencia de grandes anticiclones en la circulación simulada algo desplazados y algo más potentes que sus homólogos de la circulación real.

Por otro lado, se ha analizado la evolución de las frecuencias de cada tipo en la circulación simulada en periodos de 30 años cuyo año inicial se va desplazando de 10 en 10 años comenzando en el periodo 1941-1970 y terminando en el periodo 2071-2099, lo que hace un total de 14 periodos.

De este análisis parecen deducirse algunas conclusiones:

Con una cierta seguridad, pues los tres tests aplicados dan tendencia, (véanse las correspondientes gráficas de evolución de frecuencias) parece haber tres tipos con tendencia decreciente en su frecuencia y que son, el tipo 2 (anticiclón atlántico al WSW de Península), el tipo 5 (anticiclón atlántico al oeste con flujo N al oeste de la Península Ibérica) y el tipo 14 (depresión

británica con flujo del NW sobre nuestra zona). Igualmente los tres tests dan tendencia, en este caso creciente, para el tipo 13 (flujo del SW) y para el 4 (zona de alta presión al sur de Europa) aunque en este caso el test de Abbe es algo menos concluyente.

Hay otros casos, en los que podría haber tendencia aunque hay dudas pues no todos los tests dan claramente tendencia, presentándose en algunos casos valores de aleatoriedad en el estadístico de alguno de ellos. Entre estos tendríamos, con posible tendencia creciente, los tipos 3 (anticiclón extendiéndose desde el Atlántico hacia Europa), el tipo 7 (circulación del oeste) y el 8 (pantano barométrico). Y con posible tendencia decreciente el tipo 9 (flujo del NE), el 18 (depresión al norte de la Península Ibérica) y el 21 (anticiclón al norte de la Península Ibérica). Es de notar que las dudas sobre la posibilidad de tendencia son algo mayores en los tres últimos tipos citados. En el resto de los tipos no parece deducirse ningún signo claro de tendencia.

En resumen, según las simulaciones del modelo HadCM2SUL cabría esperar algunos cambios en la circulación a lo largo del siglo XXI que se presentan de una manera más clara en algunos tipos sinópticos que en otros, mientras que existen algunos tipos para los que no parece deducirse cambios en sus frecuencias.

AGRADECIMIENTO

A mi compañero del Servicio de Variabilidad y Predicción del clima José María Martín Herreros por sus sugerencias y apoyos a la hora de realizar este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

CORTE-REAL, J., B. QUIAN, H. XU, 1999: Circulation patterns, daily precipitation in Portugal and implications for climate change simulated by The Second Hadley Centre coupled ocean-atmosphere GCM. *Climate Dynamics* 15, 921-935.

JOHNS, T. C. y otros, 1997: The Second Hadley Centre coupled ocean-atmosphere GCM: Model Description, spinud and validation. *Climate Dynamics* 13, 103-134.

PEINADO, A., 1985: Lecciones de Climatología. Conceptos y Técnicas. INM, Madrid.

PETISCO DE LARA, S. E. y J. M. MARTÍN HERREROS, 1995: Caracterización de la Circulación Atmosférica en la Península Ibérica y Baleares. Servicio de Análisis e Investigación del Clima. *Informe 5*. INM, Madrid.

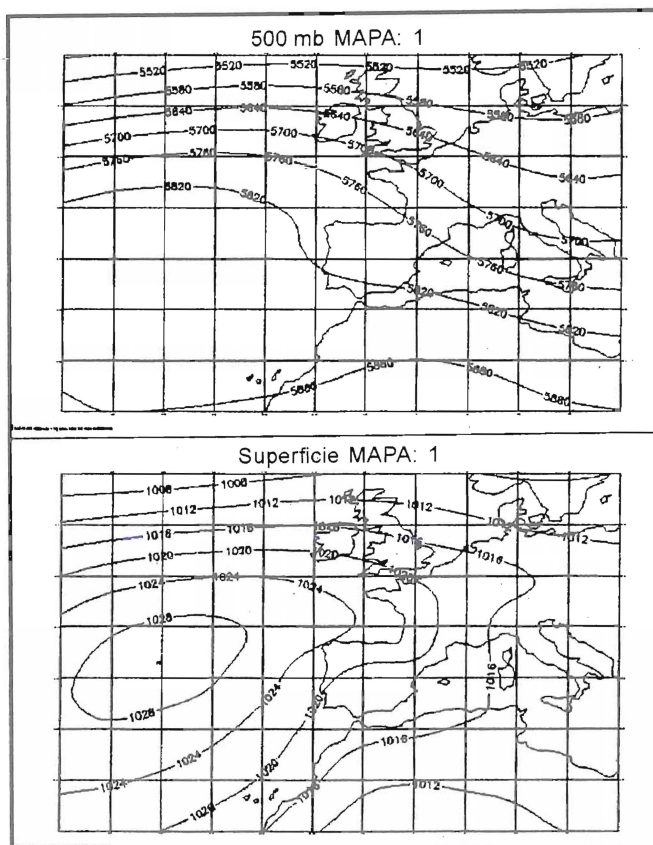
PETISCO DE LARA, S. E., 1997: Caracterización de la Circulación Atmosférica en Superficie y Niveles Altos en el Área de la Península Ibérica y Baleares. *Informe 11*. Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima. INM, Madrid.

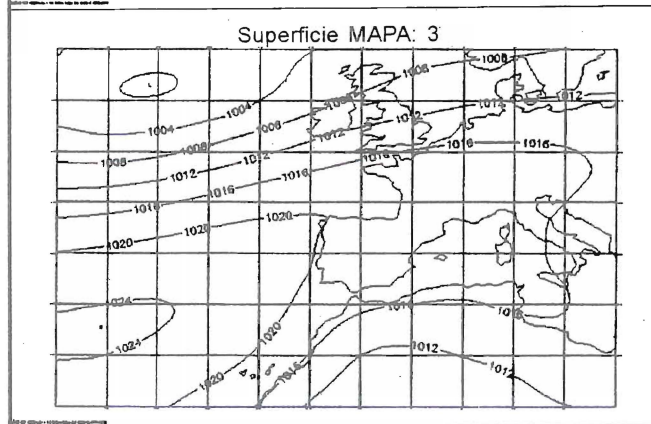
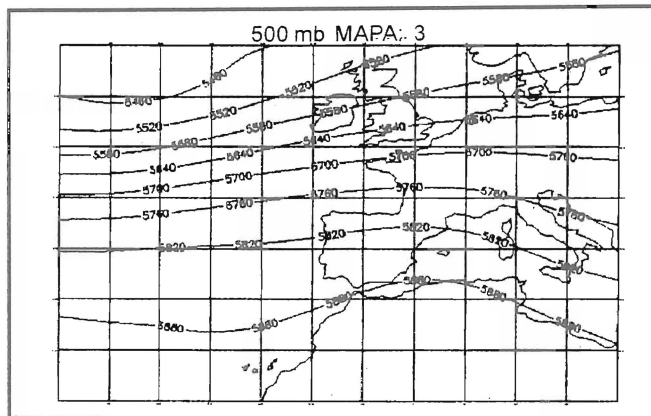
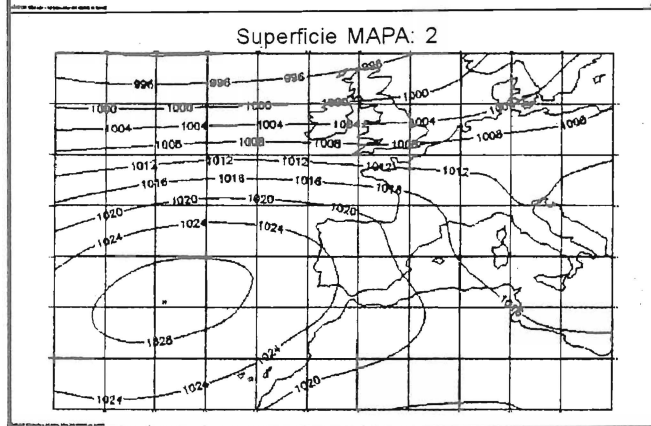
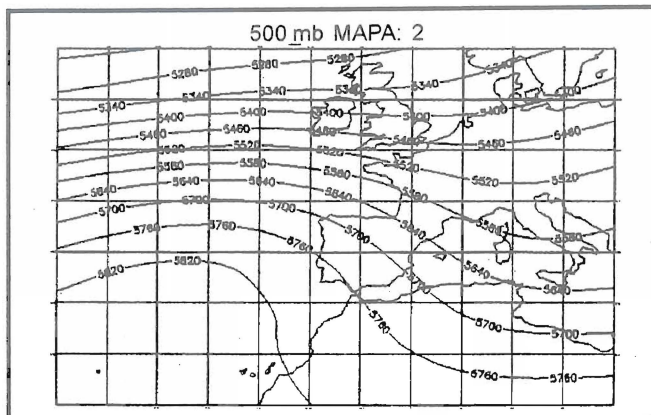
PETISCO DE LARA, S. E., 2000: Aplicación de una caracterización de la circulación atmosférica en el entorno de la Península Ibérica y Baleares al análisis de resultados de un modelo climático (HADCM2-SUL). *Informe 17*. Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima. INM, Madrid.

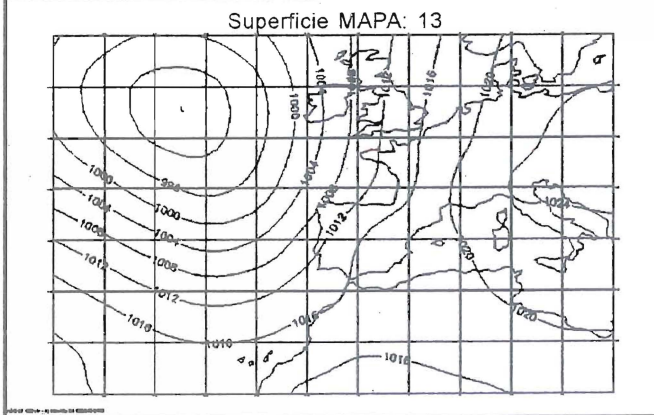
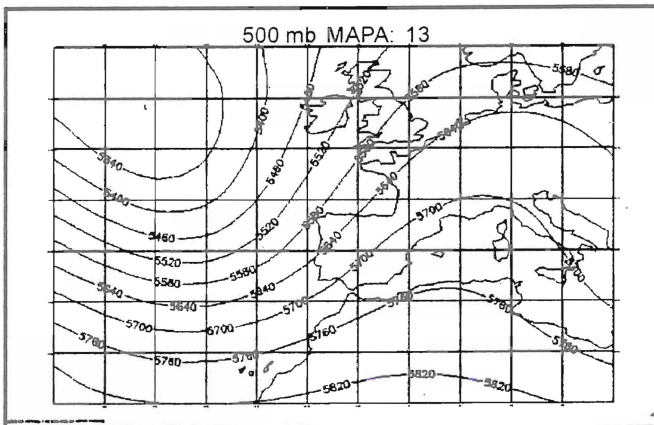
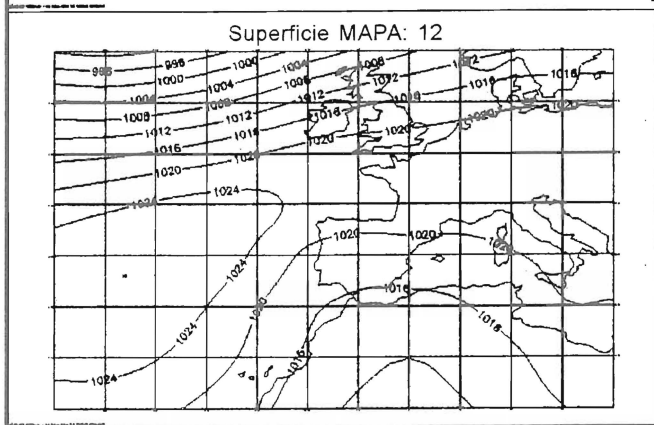
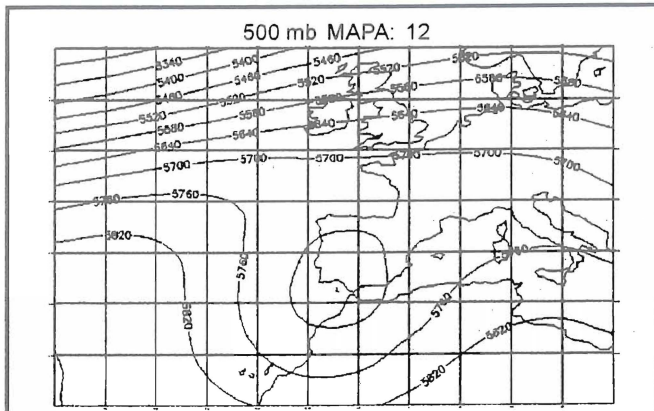
PETISCO DE LARA, S. E., 2003: Metodología para una caracterización de la circulación atmosférica en el entorno de la Península Ibérica y Baleares. *Nota Técnica 9*. Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima. INM, Madrid.

ANEXO

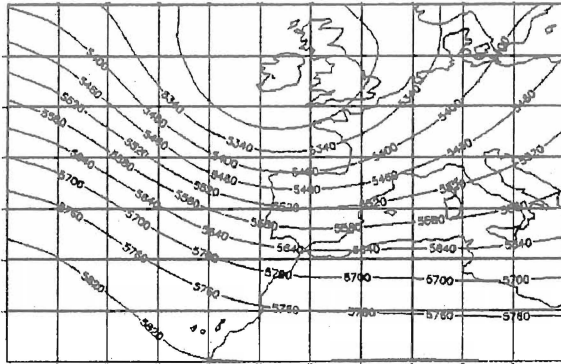
MAPAS DE LAS SITUACIONES SINÓPTICAS DE REFERENCIA



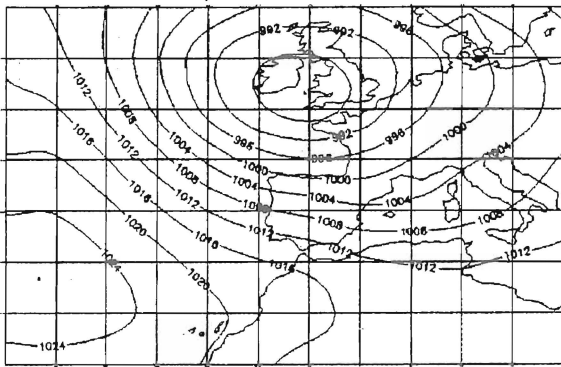




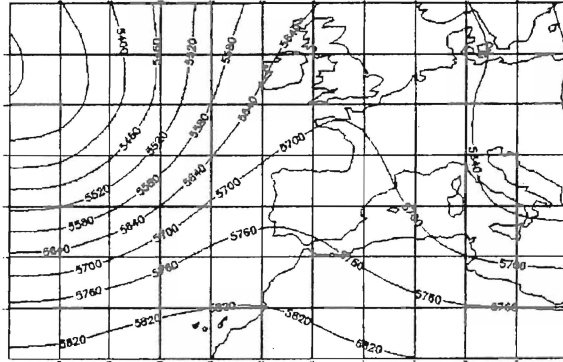
500 mb MAPA: 14



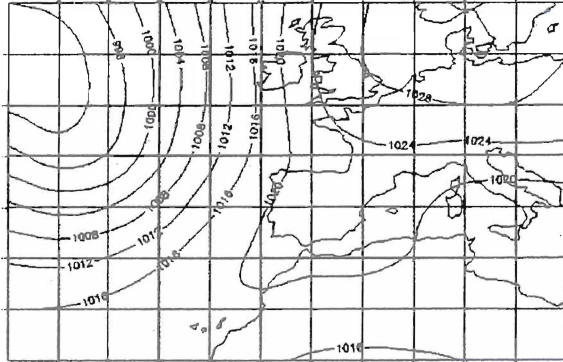
Superficie MAPA: 14



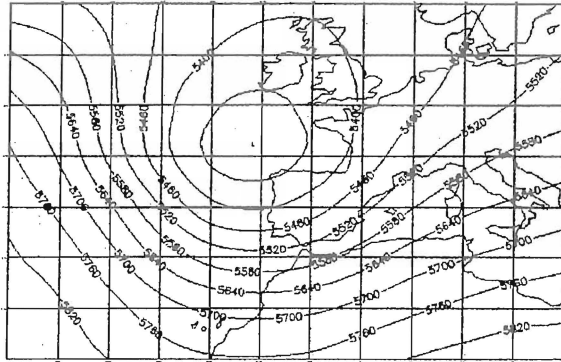
500 mb MAPA: 15



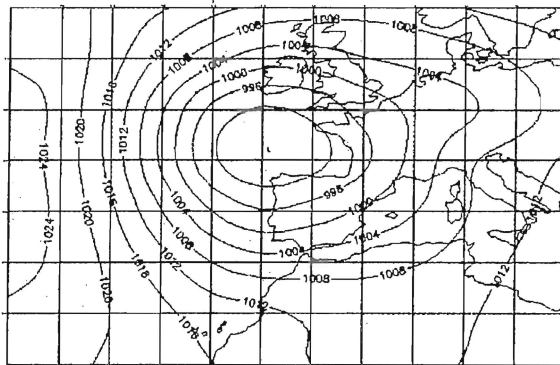
Superficie MAPA: 15



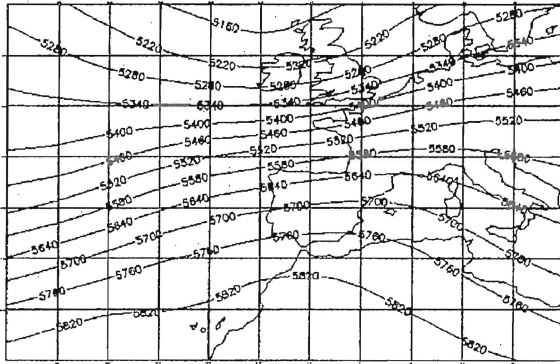
500 mb MAPA: 18



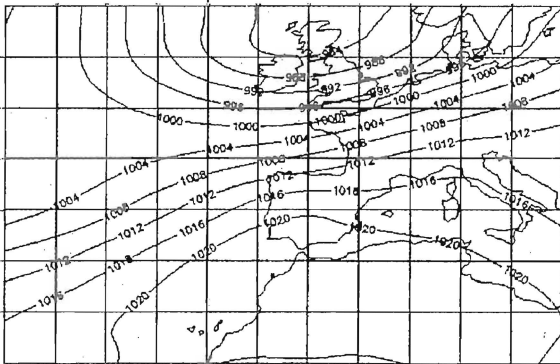
Superficie MAPA: 18

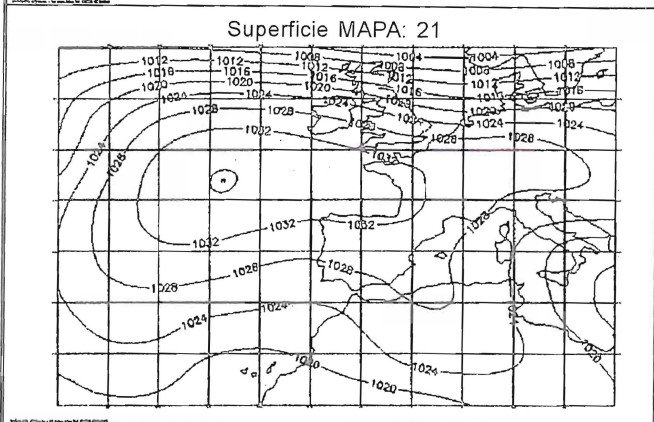
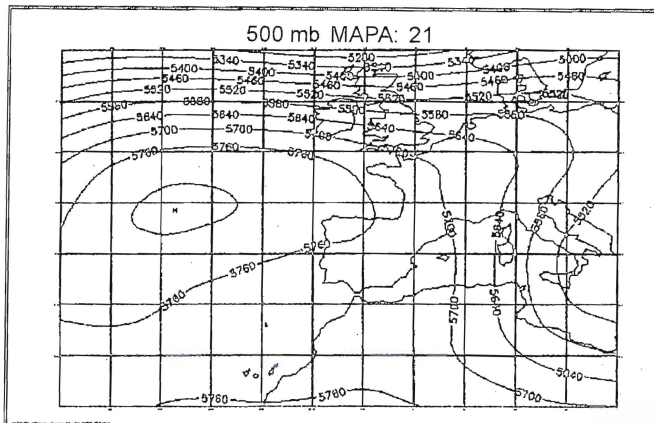
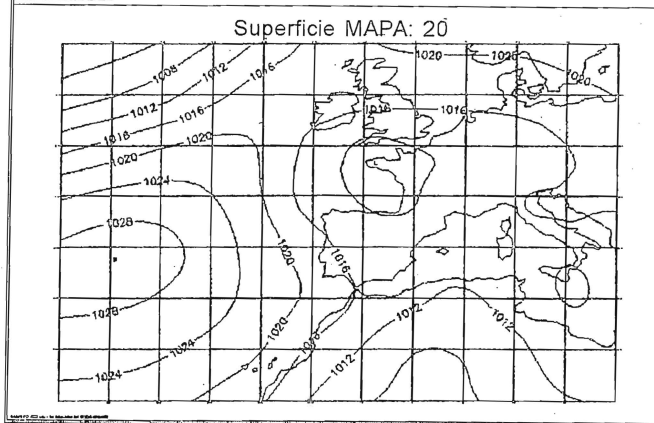
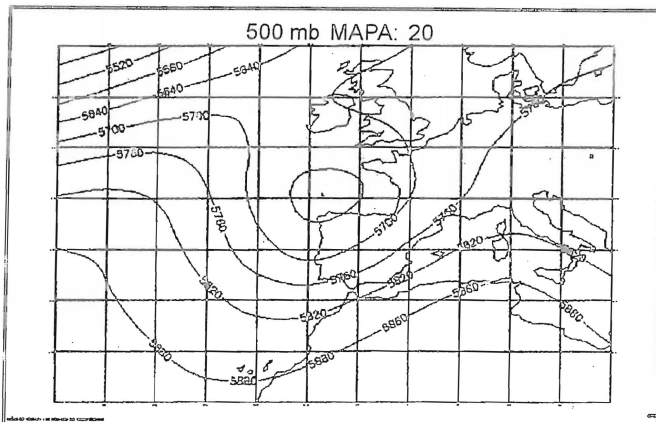


500 mb MAPA: 19

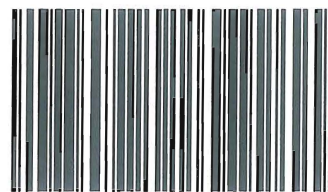


Superficie MAPA: 19





ISBN: 84-8320-235-2



9 788483 201930

3,00 €
IVA incluido



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA
GENERAL TÉCNICA

CENTRO DE PUBLICACIONES