

Cambios en los patrones estacionales de circulación en Europa Centro - Occidental, en la segunda mitad del siglo xx. Precipitaciones asociadas en la Península Ibérica.

Autores: ANTONIO DE JESÚS FERNÁNDEZ GARCÍA* Y JAVIER MARTÍN VIDE**

*Centro Meteorológico Prov. Cienfuegos, Instituto de Meteorología,

E-mail: antoniodedejesus_fernandezgarcia@yahoo.es

** Grupo de Climatología, Departamento de Geografía e Historia de la Universidad de Barcelona, Barcelona, España, E-mail: jmartinvide@ub.edu

Resumen

Empleando la clasificación sinóptica automática de Fernández y Díaz (2003), se comparan los patrones de circulación estacionales en Europa, para dos períodos: 1957-1976 y 1977-1996. Se analiza la frecuencia de los llamados Procesos Sinópticos Objetivos (PSOs), para ambos períodos. Se establece además, las características de los patrones de circulación de mayor frecuencia y su relación con los acumulados diarios de precipitaciones en la España peninsular, observándose la tendencia a una disminución de las precipitaciones en el segundo período. Se compara también la distribución espacial de las precipitaciones asociadas con los procesos de baja frecuencia, y los que corresponden a las situaciones sinópticas que no integraron los PSOs, -frecuencia inferior al 1%-; observándose, la tendencia a un aumento significativo de las precipitaciones en el segundo período. Se incluyen tablas y figuras que ilustran el contenido del trabajo.

Palabras claves: Tendencia procesos sinópticos, clasificación sinóptica automática, Proceso Sinóptico Objetivo, tipo de tiempo, cambio climático.

Introducción

Los resultados de las investigaciones relacionadas con los estudios globales sobre el cambio climático, según el Tercer IPCC, (2001), insisten en que la temperatura media global en superficie ha aumentado en 0.6 grados Celsius desde 1860 y que en el transcurso del siglo XX el calentamiento se ha concentrado en el período 1910-1945 y a partir de 1976. Se afirma además que la década de los años 90 del siglo XX y 1998 son los más cálidos del último milenio y que el aumento de las temperaturas mínimas diarias en los continentes ha aumentado el doble que las máximas diarias desde la década de los años 50 del pasado siglo.

El propio informe del Tercer IPCC con relación a las precipitaciones insiste en que probablemente en latitudes medias y altas se haya dado un incremento de los episodios de precipitaciones, aunque por otro lado se afirma la tendencia a que en muchas áreas continentales subtropicales las precipitaciones han disminuido. Todos estos cambios están vinculados a cambios que de una forma u otra han experimentado los patrones de circulación de las diversas regiones del planeta, aspecto que puede considerarse como un elemento medular para profundizar sobre la causa de estos cambios y la tendencia que en la actualidad ocurre en los procesos de la circulación atmosférica.

La climatología sinóptica ayuda a identificar las configuraciones claves en los patrones de circulación, y las causas que modifican el comportamiento de las variables meteorológicas, Hidy (1988). Según Yarnal (1993) los esquemas de clasificación traen orden y simplicidad en el sistema climático, proporcionando una gran cantidad de información en forma codificada. También se tiene el establecimiento de nexos entre las escalas, vinculados con los procesos de circulación global y los que caracterizan los diversos fenómenos que ocurren en superficie, Turner *et.al.* (1989); aspecto que hoy en día presenta gran actualidad y connotación, en el establecimiento de la conexión existente entre los procesos físicos y los fenómenos atmosféricos de diferentes escalas espaciales y temporales.

En los últimos 20 años se ha observado una tendencia a acelerar el proceso cognoscitivo sobre el desarrollo de clasificaciones sinópticas automáticas o de carácter objetivo, caracterizadas por su dependencia con un algoritmo determinado y la reducción considerable del tiempo en el proceso de la clasificación. En el caso específico de Europa y especialmente de España, no existe una clasificación sinóptica que haya tenido amplia aceptación, y entre los trabajos más generalizados se encuentran los de Lines (1981), con 25 tipos en 300 hPa, Font Tullot (1983), con 23 tipos que combinan superficie y 500

hPa y Martín Vide (1991), con 16 tipos usando los mismos niveles. Más recientemente Fernández y Díaz (2003), Fernández *et. al.* (2004), han llevado a cabo un procedimiento de clasificación objetiva denominado **Procesos Sinópticos Objetivos, -PSOs-**, el cual fue aplicado a la península Ibérica por Fernández *et. al.* (2003), en el período otoñal de los meses de septiembre-octubre. El algoritmo de cálculo estratifica los períodos del año en bimestres, y considera cada situación o caso como parte de un proceso temporal de 24 horas antes y después del día de la clasificación. También Soriano *et. al.* (2004), empleó la clasificación mencionada para caracterizar las situaciones sinópticas y asociarla con las salidas correspondientes del modelo TAPM en la región de Catalunya.

En el presente trabajo, se pretende aplicar los **PSOs** al entorno geográfico de la parte centro-occidental del continente europeo, en el período estival, conformado por los meses de julio y agosto, y tomando como referencia dos períodos de 20 años correspondientes con la segunda mitad del siglo XX. El primero de ellos comprendido entre los años 1957 – 1976 y el segundo abarcando el período 1977-1996, a partir del cual, los informes científicos del IPCC (2001), indican el proceso de aceleración del calentamiento global. El planteamiento de la problemática abordada en el tema, establecerá la comparación entre los procesos de circulación más comunes de ambos períodos, con el objetivo de encontrar señales o tendencias asociadas a los procesos más frecuentes de circulación atmosféricos que caracterizaron ambos períodos. Se analizará además las variaciones experimentadas por el campo de precipitaciones en la parte española de la península Ibérica.

Materiales y metodología científica aplicada en la investigación.

Para llevar a cabo el presente trabajo se empleó la base de datos NCEP-NCAR, con resolución de 2,5 grados, en el período correspondiente a los años 1957-1996. Esta muestra de datos de 40 años, fue subdividida en dos períodos: 1957-1976 y 1977-1996, con relación a los 2 campos meteorológicos empleados por la clasificación automática de Fernández y Díaz (2003), dadas por la presión atmosférica al nivel medio del mar, -Psup- y la altura del geopotencial en el nivel de 500 hPa, -H500-. La región analizada en el procedimiento de la clasificación, quedó conformada por la región 25 – 65 Lat. Norte y 30 Long. Oeste – 30 Long. Este, con una resolución de 2,5 grados, que conforma una malla de 425 puntos: - 17 paralelos x 25 meridianos. Para igual período se empleó la base de datos de precipitación diaria del Instituto Nacional de Meteorología de

España, con resolución de 55 Kilómetros, para un total de 202 puntos de rejilla ubicados sobre la península y las islas Baleares respectivamente.

Se utilizó la salida de clasificación automática de Fernández y Díaz (2003), aplicada también a los procesos sinópticos en el período otoñal en la península, Fernández *et. al.* (2003) y empleada para relacionar la salida de un modelo mesoescalar en la región de Catalunya, Soriano, *et. al.* (2004), con relación al proceso sinóptico dominante. El procedimiento metodológico de la clasificación ha sido empleado para estudiar la distribución mesoescalar de las precipitaciones en varios polígonos del archipiélago cubano, Fernández *et. al.* (2004). Fue calculada además la distribución de frecuencia de los **PSOs** para los períodos: 1957-1976 y 1977-1996, así como su período de retorno, estableciéndose comparaciones entre los 4 PSOs de mayor frecuencia, así como del campo de probabilidad e intensidad media de las precipitaciones en el territorio peninsular. El criterio de corte de la clasificación automática referida se aplica a partir de que el k-ésimo grupo o **PSO** alcance una frecuencia inferior al 1%.

Para estudiar la influencia que tienen los patrones de circulación en ambos períodos, y sus tendencias con relación al comportamiento de las precipitaciones, se estableció la comparación entre los grupos de los primeros procesos que identifican un aproximado del 50% de la muestra y se obtuvo además la carta media de probabilidad e intensidad media de precipitaciones en el territorio peninsular español. El mismo procedimiento se aplicó para los PSOs ubicados hacia la «cola de la distribución», correspondiendo con las bajas frecuencias y finalmente para los grupos de casos de situaciones sinópticas independientes, que no quedaron agrupados por la metodología de selección, -frecuencia menor del 1%-.

Análisis y discusión de los principales resultados

Distribución de la frecuencia de los Procesos Sinópticos Objetivos, PSOs, para ambos períodos

La Tabla 1 refleja distribución de los PSOs en ambos períodos: 1957-1976 y 1977-1996, respectivamente. Del análisis se infiere, cómo en el período 1956-1977, quedaron identificados un total de 23 procesos, mientras que en los 20 años comprendidos entre 1977-1996 se produjo una disminución de los mismos, no sobrepasando la cifra de 19. Es significativo observar que la frecuencia alcanzada por el PSO 1 del segundo período, duplica la del primero, lo cual sugiere mayor permanencia de la situación sinóptica más típica que caracteriza el último cuarto del siglo XX.

Tabla 1: Frecuencia expresada, -en porciento- y período de retorno, -días en el bimestre- de los psos en dos períodos: 1957-1976 Y 1977-1996.

Período 1957-1976				Período 1977-1996			
PSOs	Casos	Frec (%)	Rec.(días)	PSOs	Casos	Frec (%)	Rec.(días)
1	85	6.9	15	1	139	11.2	9
2	83	6.7	15	2	90	7.3	14
3	83	6.7	15	3	89	7.2	14
4	81	6.5	15	4	85	6.9	15
5	72	5.8	17	5	84	6.8	15
6	69	5.6	18	6	83	6.7	15
7	67	5.4	18	7	77	6.2	16
8	64	5.2	19	8	72	5.8	17
9	61	4.9	20	9	71	5.7	17
10	60	4.9	21	10	64	5.2	19
11	53	4.3	23	11	57	4.6	22
12	52	4.2	24	12	56	4.5	22
13	50	4.0	25	13	51	4.1	24
14	50	4.0	25	14	40	3.2	31
15	49	4.0	25	15	38	3.1	33
16	48	3.9	26	16	37	3.0	33
17	43	3.5	29	17	32	2.6	39
18	31	2.5	40	18	31	2.5	40
19	29	2.3	43	19	24	1.9	51
20	27	2.2	46				
21	24	1.9	52				
22	24	1.9	52				
23	16	1.3	77				

Una disminución gradual de la frecuencia se aprecia en la Fig. 1, ilustrando cómo los patrones de circulación van paulatinamente desde los más frecuentes, hasta aquellos que se presentan con baja frecuencia. Esta particularidad se ha hecho visible en

otros escenarios climáticos, donde ha sido aplicada esta metodología, como es el caso del estudio realizado de la distribución espacial de las precipitaciones en diferentes polígonos de trabajo del territorio de Cuba, Fernández *et. al.* (2004). Se ilustra

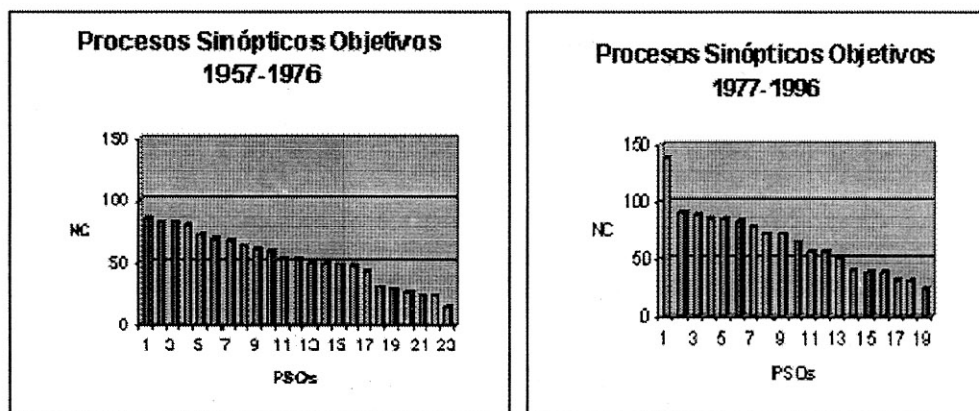


Fig. 1: Distribución de los PSOs para los períodos analizados del bimestre julio – agosto. 1957 – 1976 y 1977 – 1996.

con claridad la continuidad existente entre los **PSOs**, que denota la forma típica de una distribución tipo exponencial negativa. Por otro lado, la distribución del período más reciente, se caracteriza por una elevada frecuencia del primer proceso, lo cual pudiera estar relacionado con mayor permanencia de los patrones sinópticos dominantes en esta época del año. De hecho, el número de PSOs encontrados en el período 1977-1996 es menor, a diferencia con el período inicial 1957-1976, en que la gama de patrones tuvo un espectro mayor. En la medida que la frecuencia disminuye, se aprecia un incremento gradual del período de recurrencia, expresado número de días en el bimestre.

Características de los PSOs más frecuentes en ambos períodos. Distribución de las precipitaciones asociadas a ellos.

La Fig. 2, muestra el PSO 1 para ambos períodos que fueron analizados en la investigación. En el segundo período, la influencia anticiclónica es mucho más potente, caracterizada ante todo por la penetración de una intensa dorsal anticiclónica, cuyo eje se extiende desde la porción noroeste del continente africano, el oriente de España y gran parte de la Europa central. En correspondencia con esta situación el campo medio de las precipitaciones es de un orden significativamente menor, mientras que el campo de probabilidades de ocurrencia también se muestra deprimido en comparación con la distribución espacial del período 1957-1976.

Hay otro factor, relacionado con la frecuencia de ocurrencia de ambos procesos. El significativo aumento de la frecuencia vinculado al PSO 1, del período más reciente, ilustra la tendencia al fortalecimiento y mayor permanencia de la circulación anticiclónica en niveles medios, aspecto que pudiera vincularse también con el calentamiento que ha sido reportado a partir de 1976. En el primer período la dorsal anticiclónica en niveles medios no es penetrante y menos pronunciada, inclinándose hacia el noreste sobre la parte central y oriental del continente europeo.

En superficie, las diferencias no son tan visibles como las apreciables en los niveles medios. A pesar de esto, la influencia anticiclónica se esparce desde las aguas del Atlántico hasta la parte centro-oriental del continente, siendo algo más intensa en el período reciente, en correspondencia con la potente estructura anticiclónica apreciable en niveles medios. La comparación entre los patrones más frecuentes de esta época del año, indica un aumento apreciable de las condiciones de estabilidad atmosférica, -dado por la permanencia que tiene el PSO 1 en el período 1977-1996-, lo cual queda corroborado por las características del campo de las precipitaciones asociadas. Es significativa la apreciable disminución de las probabilidades de lluvia en la región de los Pirineos y Cataluña, a diferencia de las décadas anteriores, en las que se aprecia porcentajes altos de ocurrencia de precipitaciones, en presencia de los patrones de circulación más frecuentes.

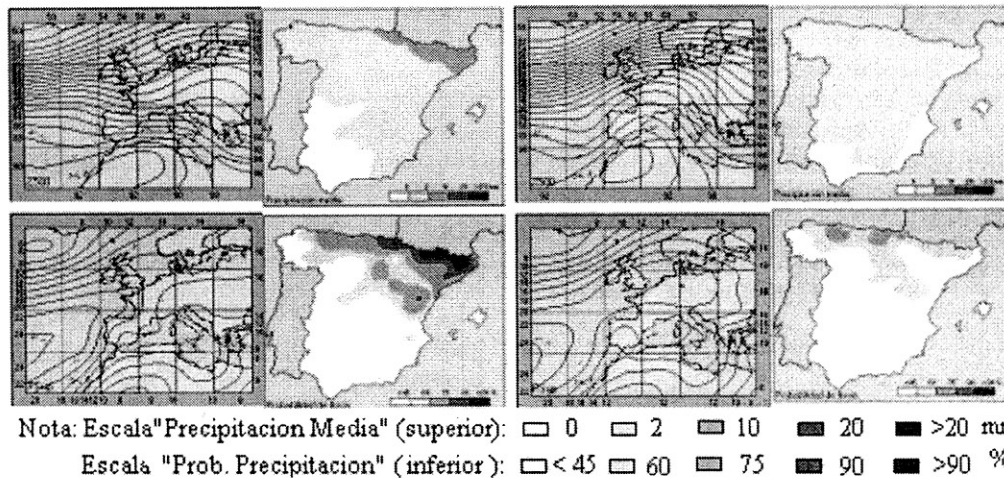


Fig. 2: PSO 1 correspondiente al día central «d» ($P_{sup} - H500$) y distribución de la probabilidad (inferior) e intensidad media de las precipitaciones (superior). Izquierda, período 1957 – 1976. Derecha, período 1997 – 1996.

La Fig. 3, muestra un estado comparativo entre los patrones de circulación representativos de los PSO 2 de ambos períodos. Una situación similar a la anterior, ilustra el análisis de ambos patrones. Aunque

de forma menos marcada, en el primer período se aprecia bien estructurada la dorsal en niveles medios, aunque con una posición media más al este sobre la parte central de Europa, mientras que en el segundo

período la dorsal es mucho menos pronunciada. Sin embargo, el eje de la influencia anticiclónica en superficie es más pronunciado en el segundo periodo, penetrando sobre el golfo de Vizcaya, Francia y el centro de Europa, aspecto que estimula la reducción de las precipitaciones, -ver Fig. 3-. La frecuencia de ambos procesos de circulación se equilibra más, pero sin embargo la suma de las frecuencias de los dos primeros patrones de circulación del periodo más reciente marca mayor influencia anticiclónica y una tendencia clara a la disminución de las precipitaciones.

El tercero en orden de la frecuencia de los procesos, es representado en ambos periodos a través del PSO3, -Fig. 4 -. Aquí, los contrastes entre ambos periodos son mayores y el patrón de circulación en el periodo 1957-1976, ilustra la influencia anticiclónica en superficie, extendida desde el Atlántico oriental hasta la península Escandinava, influyendo un centro anticiclónico secundario del orden de 1022 hPa., entre Inglaterra y Noruega. Sobre España influye un patrón de flujo curvado en forma ciclónica, que deja entrever la formación de un mínimo de presión atmosférica.

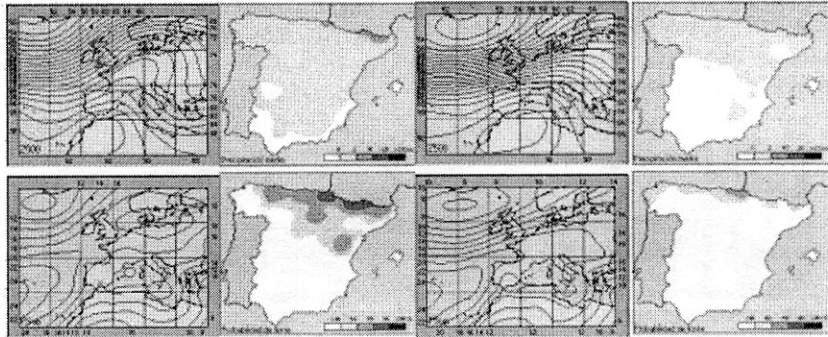


Fig. 3: PSO 2 correspondiente al día central «d» ($P_{sup} - H500$) y distribución de la probabilidad (inferior) e intensidad media de las precipitaciones (superior). Izquierda, período 1957 - 1976. Derecha, período 1997 - 1996.

En niveles medios el patrón de circulación adopta una configuración vinculada con una onda corta en la circulación de las corrientes del oeste, bloqueada por una profunda dorsal que se expande sobre la parte central de Europa. Esta combinación de patrones superficiales y a niveles medios exagera la difluencia y en cierta medida estimulan los procesos generadores de precipitación hacia el norte y el este de España, tal y como se observa en la figura referida.

En el análisis de las situaciones sinópticas que conforman el PSO 3 del periodo 1957-1976, aparecen en ocasiones circulaciones de bajas presiones en las inmediaciones de la península, -en correspondencia con la solución propuesta por el PSO-. El patrón asociado al PSO 3, del periodo reciente: 1977-1996,

sugiere un proceso caracterizado por la disminución del régimen de precipitaciones en la península, -ver Fig. 4-. En este caso el sistema de altas presiones en superficie se hace más intenso, reubicándose el centro de circulación principal en los mares al norte de España y Francia respectivamente. El gradiente de presión en la península se incrementa con relación al patrón de circulación del primer periodo. Sin embargo, la explicación más consecuente vinculada con la disminución de las lluvias, se aprecia en el patrón de niveles medios. En este caso se establece una dorsal profunda en la dirección meridional norte - sur, que atraviesa la península y el noroeste africano, incentivando un marcado flujo de componente noroeste que influye sobre la mitad oriental de España y el resto del territorio ocupado por la Europa Central.

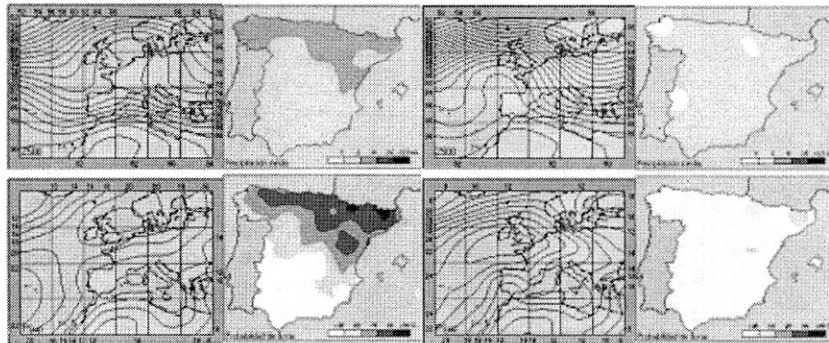


Fig. 4: PSO 3 correspondiente al día central «d» ($P_{sup} - H500$) y distribución de la probabilidad de ocurrencia (inferior) e intensidad media de las precipitaciones (superior). Izquierda, período 1957 - 1976. Derecha, período 1997 - 1996.

Cómo hemos visto, los primeros tres patrones de la circulación que caracterizan los procesos atmosféricos para ambos periodos, insisten en la tendencia de que para el segundo período se ha reforzado más la tendencia de la influencia anticiclónica, -más evidente en los niveles medios-, aspecto que justifica la disminución de las lluvias asociadas con los patrones de circulación más frecuentes, que son predominantes en el período estival.

La Fig. 5 presenta los patrones de circulación asociados con el PSO 4, para los dos periodos. El patrón de circulación asociado con el período 1957-1976, asemeja al PSO 3 del período 1977-1996, el

cual infiere igualmente la presencia de una dorsal profunda y corrientes del noroeste en niveles medios, con la consecuente disminución de la lámina de precipitación asociada con el proceso. Por el contrario el PSO 4 del período 1977-1996, mostrado en la misma figura, presenta semejanzas con el PSO 3 del primer período, -1957-1976-. En los primeros tres PSOs, se evidencia la tendencia a que los patrones de mayor frecuencia son algo menos estables, en el primer período, y éstos en gran medida han sido sustituidos por patrones más estables y secos en el último cuarto del siglo pasado, aspecto que justifica la reducción de las precipitaciones, asociadas con los patrones de circulación que presentan mayor frecuencia y persistencia.

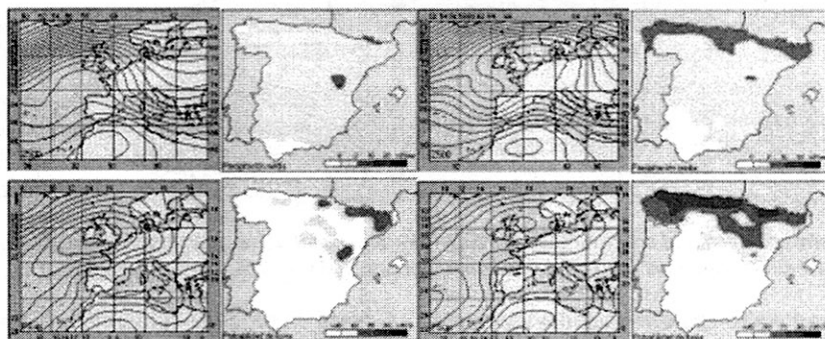


Fig. 5: PSO 4 correspondiente al día central «d» ($P_{sup} - H500$) y distribución de la probabilidad de ocurrencia (inferior) e intensidad media de las precipitaciones (superior). Izquierda, período 1957 - 1976. Derecha, período 1977 - 1996.

Tendencia de los campos de precipitaciones en la península, vinculada a los patrones de alta y baja frecuencia. Comportamiento de las lluvias en las situaciones sinópticas que no integraron los PSOs.

La Fig. 6 presenta la climatología de la distribución espacial del acumulado de precipitaciones y de la probabilidad de ocurrencia para los dos periodos

analizados. Fuerte similitud se aprecia en la distribución de los campos de éstas variables y solamente pueden ser señaladas aspectos específicos como el hecho de que hacia la parte sur de la península se aprecia un aumento ligero de los valores de intensidad media en el segundo período. No obstante, el análisis arroja pobres variaciones y no se aprecian tendencias significativas al comparar ambos periodos.

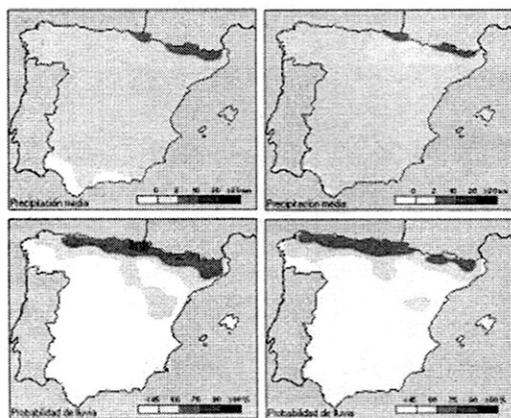


Fig. 6: Climatología de la distribución espacial del acumulado diario de precipitaciones en España, para el período Julio - Agosto. Izquierda: 1957 - 1976. Derecha: 1977 - 1996.

La comparación de los campos de precipitación en presencia de los patrones de circulación más frecuentes, -en este caso los PSOs-, arroja resultados interesantes, Fig. 7. Para el período 1957-1976, los primeros 8 PSOs representan el 52% de la muestra, mientras que para el segundo período 1977-1996, los primeros 7 PSOs representa un porcentaje equivalente al 48%. En el primer período se aprecia que las precipitaciones medias diarias asociadas con los patrones de circulación más frecuentes, son significativamente superiores a los del segundo período. Por ejemplo en la región de Pirineo se aprecian regiones con precipitaciones medias diarias entre 2 y 10 mm, a diferencia con el segundo período en que éstas no rebasan el límite de los 2 mm.

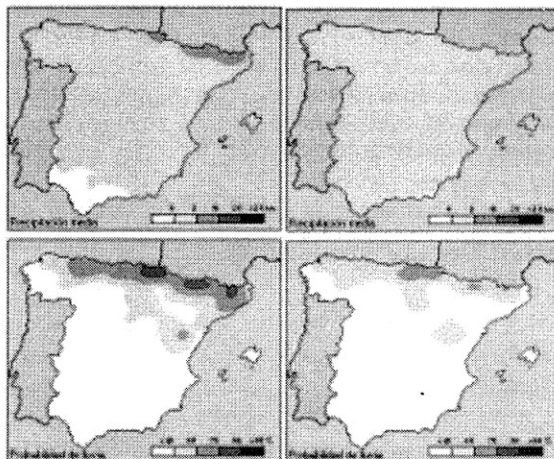


Fig. 7: Distribución espacial de las precipitaciones asociadas con la muestra de casos que integran los primeros PSOs (48.8% de la muestra). Izquierda: período 1957 – 1976 y a los 7 primeros PSOs (52.2%) de la muestra. Derecha: período 1977 – 1996.

Mayor contraste se refleja en la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones, en presencia de estos patrones de circulación. En la región de los Pirineos se aprecia máximos de probabilidad superiores al 80%, en el período 1957-1976, mientras que en el segundo período los máximos en la misma región no superan el 50-60%. Este comportamiento esta en fase con los análisis realizado en el epígrafe anterior, observándose la tendencia a un mayor predominio de las circulaciones anticiclónicas combinadas en superficie y 500 hPa, en el segundo período. Aquí se aprecia la tendencia a la disminución de las precipitaciones asociadas con los procesos sinópticos más comunes, que con mayor frecuencia influyen en el área, de acuerdo con el criterio organizado de selección de cada uno de los PSOs que caracterizan los dos períodos analizados.

La Fig. 8 ilustra la comparación de los procesos en ambos períodos, que se concentran hacia la cola de las distribuciones observadas en la Fig.1, formando aproximadamente el 10% de los casos de las muestras. Estos procesos en el caso del período 1957-1976, corresponden con los 5 últimos PSOs, mientras que para el período 1977-1996 corresponde con los últimos 4. Los patrones de distribución de la lluvia adoptan configuraciones similares, sin embargo, hacia el noroeste de la península, -la región de la Coruña-, se aprecia un incremento significativo de las precipitaciones y de las probabilidades, en el segundo período. En el período más reciente, aparece una franja que presenta valores de precipitación entre 2 y 10 mm, a lo largo de toda la costa norte de la península, en contraposición con el primer período donde el área cubierta aparece mucho más limitada.

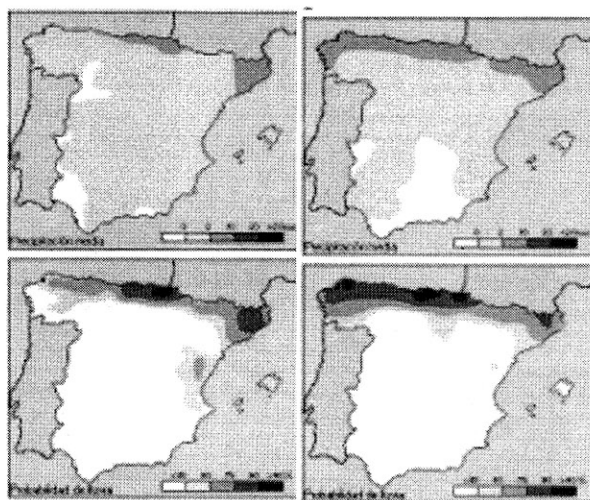


Fig. 8: Distribución espacial de las precipitaciones asociadas con la muestra de casos que integran los últimos PSOs (9.7% de la muestra). Izquierda: período 1957 – 1976 y a los últimos 4 PSOs (10.03%) de la muestra. Derecha: período 1977 – 1996.

En los patrones de circulación habituales y de elevada frecuencia se muestra un descenso apreciable de la actividad de precipitaciones en varias zonas del país, ocurriendo lo contrario, en aquellos patrones de circulación de baja frecuencia, asociados con situaciones meteorológicas mucho menos frecuentes. Por último, se establece la comparación para ambos periodos, en aquellos casos o situaciones

meteorológicas aisladas que no formaron parte integrante de los PSOs, con una frecuencia inferior al 1%. En la Tabla 2, se anexan las fechas de las situaciones sinópticas que no formaron parte integrante de los PSOs, y que por su baja probabilidad de ocurrencia, pudieran estar relacionadas con la ocurrencia de condiciones meteorológicas extremas.

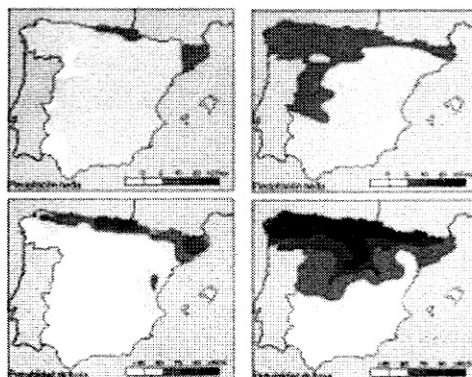


Fig. 9: Distribución espacial de las precipitaciones asociadas con el número de casos de situaciones sinópticas no comprendidas en los PSOs. Izquierda: 19 casos, 1957 – 1976. Derecha: 20 casos, 1977 – 1996.

La Fig. 9, muestra la distribución de las precipitaciones asociadas a ambos periodos, para la muestra formada por las situaciones sinópticas que no formaron parte de los PSOs y con probabilidad inferior al 1%. Mientras que en el primer periodo las probabilidades de lluvias asociadas se concentran hacia la faja costera de la península, entre los años 1977-1996, se incrementa significativamente el área de afectación de las precipitaciones. Una amplia franja con probabilidades de precipitación superiores al 80%, cubre el sector norte de la península, mientras que los valores de intensidad entre 2 y 10 mm abarcan más de un tercio de la superficie del país. Aquí, se aprecia la tendencia de incremento general de las precipitaciones, en la medida que los patrones sinópticos asociados

son de menor frecuencia, correspondiendo con situaciones sinópticas poco comunes, que pueden presentar rasgos extremos. Este resultado, pudiera corroborar la afirmación del Tercer IPCC (2001), que plantea: «...» Probablemente se haya dado un incremento de los episodios de precipitaciones intensas en latitudes medias y altas del hemisferio norte»... Existe alguna relación entre los episodios de precipitaciones intensas y su posible nexa con los PSOs de baja frecuencia o probabilidad. Precisamente, el aumento en el segundo periodo de las precipitaciones asociadas a los PSOs de baja probabilidad o de las situaciones sinópticas no incluidas, pudiera estar relacionado con el aumento de los episodios de lluvias intensas, citado por el Tercer Informe del IPCC (2001).

Tabla 2: Fechas de las situaciones sinópticas que no integraron los PSOs para ambos periodos.

1957-1976			1977-1996		
Día	Mes	Año	Día	Mes	Año
9	Agosto	1957	19	Agosto	1977
1	Julio	1958	20	Agosto	1977
2	Julio	1958	21	Agosto	1977
3	Julio	1958	22	Agosto	1977
19	Agosto	1958	23	Agosto	1977
20	Agosto	1958	8	Julio	1980
21	Agosto	1958	20	Agosto	1980
22	Agosto	1958	21	Agosto	1980
12	Julio	1961	5	Agosto	1985
30	Agosto	1963	17	Julio	1987
31	Agosto	1963	18	Julio	1987
17	Agosto	1964	1	Julio	1988
18	Agosto	1964	2	Julio	1988
22	Agosto	1965	3	Julio	1988
11	Julio	1969	4	Julio	1988
12	Julio	1969	5	Julio	1988
15	Julio	1973	6	Julio	1988
16	Julio	1973	29	Agosto	1992
31	Agosto	1974	30	Agosto	1992
			31	Agosto	1992

Conclusiones

La presente investigación apunta a que los patrones frecuentes de circulación del período estival, que han caracterizado la circulación en la parte centro - occidental europea, en la segunda mitad del siglo XX, han presentado la tendencia a aumentar la influencia anticiclónica, aspecto que se identifica con una disminución de los campos de precipitación asociados en el territorio de la península Ibérica. En sentido general, los PSOs de mayor frecuencia han incrementado las condiciones de estabilidad y la persistencia de su influencia en el tiempo, mientras que los patrones de baja probabilidad y especialmente aquellas situaciones sinópticas que por sus rasgos particulares no formaron parte de los PSOs, han incentivado un incremento significativo de las precipitaciones en la mitad norte de la península.

La disyuntiva formulada en el párrafo anterior, puede confirmarse en el sentido de tendencia de los procesos, el comportamiento de las precipitaciones medias y la ocurrencia de las precipitaciones en la Península. En términos de hipótesis, estos cambios estructurales de los patrones de la circulación pudieran estar vinculados a señales relacionadas con los procesos del cambio climático. La salida de los PSOs, permite deslindar con nitidez entre aquellos procesos de elevada frecuencia, de comportamiento intermedio y de aquellos que se presentan con baja frecuencia o probabilidad, así como conocer las fechas de aquellas situaciones sinópticas particulares, que quedaron fuera de los procesos. La aplicación comparativa de esta técnica, puede arrojar resultados importantes para estudiar los procesos de tendencia en la circulación atmosférica y conocer mejor las posibles señales de cambio climático que pueden ser comprobadas a través de futuras investigaciones.

Referencias

Fernández A., Martín Vide J., Díaz Y. y Mestre A. (2003): *Aplicación de los Procesos Sinópticos Objetivos a la península Ibérica.* Revista Investigaciones Geográficas, No. 31, 33-52 pp.

Fernández A., Barcia S., Orbe G., Llanes M., García M. y Arcia D. (2004): *Climatología sinóptica de la distribución mesoescalar de las precipitaciones,*

en varios polígonos del territorio de Cuba, CD-Memorias de la Convención Trópico 2004, Ciudad de La Habana, 5-9 de abril de 2004, 15 pp.

Hidy, G.M. (1988): *Scientific considerations for empirical determination of regional source-receptor relationships,* Atmospheric Environment 22,1801-1820pp.

IPCC (2001): *Climate Change 2001.* Synthesis Report. Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Lines, A. (1981): *Perturbaciones típicas que afectan a la península Ibérica y precipitaciones asociadas,* Madrid, Instituto Nacional de Meteorología.

Font Tullot, I. (1983): *Climatología de España y Portugal,* Madrid, Instituto Nacional de Meteorología.

Martin-Vide, J (1991): *Mapas del tiempo: fundamentos, interpretaciones e imágenes de satélite,* Oikos-tau S.A, Vilassar del Mar, Barcelona-España, 170 pp.

Soriano, C., Fernández A. y Martín-Vide (2004): *Sobre el uso de los procesos sinópticos objetivos y los modelos meteorológicos a alta resolución para el estudio de los patrones circulatorios atmosféricos a escala regional,* CD-Memorias de la Convención Trópico 2004, Ciudad de La Habana, 5-9 de abril 2004, 15 pp.

Turner, M.G., Dale, V. H. and Gardner, R.H. (1989): *Predicting across scale: theory development and testing,* Landscape Ecology 3, 245-252 pp.

Yarnal, B (1993): *Synoptic climatology in environmental analysis.* Belhaven Press. London and Florida, 195pp

Abstract

Using the objective weather-type system of Synoptic Objective Processes (PSOs) by Fernández and Díaz (2003), the summer European patterns of circulation in two periods, 1957-1976 and 1977-1996, are compared. The frequency of the PSOs is analyzed for both periods. The characteristics of the more frequent circulation patterns and their relationships with the amounts and the rain probability in the peninsular Spain are established. A decreasing trend in the precipitation of those patterns in the second period is observed, related with more anticyclonic conditions. It is also compared the spatial distribution of the precipitations associated with the processes of low frequency.

Key words: *Tendency synoptic processes, synoptic automatic classification, Synoptic Objective Processes, weather-type, climate change.*