

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS CONVECTIVOS DURANTE LA CAMPAÑA PREVIMET MEDITERRÁNEO-90 (*)

Olinda Carretero Porris
Mercedes Canalejo Mendaza
Ricardo Riosalido Alonso

(Servicio de Técnicas de Análisis y Predicción, S.T.A.P.; -INM-)

RESUMEN

En este trabajo se estudian los SCM de la campaña Previmet-90 aplicando la técnica ya desarrollada para la campaña Previmet-89. Como objetivo se pretende ampliar la base de datos que sobre estos sistemas comenzó a generarse en 1989 con el fin de disponer de elementos de juicio para la elaboración de modelos conceptuales que sean de utilidad al predictor. También se incluye la descripción del ciclo de vida de los diferentes sistemas así como las diferencias y similitudes encontradas con respecto a la muestra de 1989.

1. Introducción.

Se continúa con este artículo el estudio ya iniciado en el INM sobre Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) (Riosalido, 1990, 1991).

En el área mediterránea, durante la época de otoño, se suelen producir intensas precipitaciones que con frecuencia están asociadas a estructuras nubosas convéctivas aisladas, compactas y de gran extensión. Gran parte de estas estructuras, conocidas como Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), son similares a aquellas descritas como Complejos Convectivos de Mesoescala -CCM- (Maddox, 1980). Los umbrales utilizados en la definición de los CCM fueron deducidos por Maddox a partir de las observacio-

nes sobre la apariencia, duración y tamaño de los CCM a través de las imágenes IR del GOES.

Los SCM, al igual que los CCM, poseen un grado de organización y una estructura interna dentro de la mesoescala, tienen su propio ciclo de vida y pueden interactuar con el entorno sinóptico, llegando incluso a modificarlo (Fritsch, 1981; Riosalido y otros, 1988; Rivera y otros, 1986). Sin embargo el tamaño de los SCM que surgen en el área mediterránea es menor que los CCM por lo que las condiciones propuestas por Maddox resultan demasiado restrictivas. La base de datos disponible para el área mediterránea (hasta la fecha solamente dos años, 1989 y 1990) es aún insuficiente para establecer nuestros propios umbrales y poder así caracterizar objetivamente

(*) En la separata de este volumen hay dos imágenes en color correspondientes a esta comunicación.

los SCM a partir de las imágenes IR del Meteosat, sin embargo sí se mantiene la condición de que el eje mayor, medida bajo la isoterma de -32°C , alcance al menos una longitud de 100 km.

2. Metodología.

La metodología de estudio ha sido la siguiente:

1. Localización del SCM a partir de las imágenes IR del Meteosat atendiendo a las condiciones de tamaño anteriormente señaladas.

2. Selección de las imágenes IR, VIS e WV. Ya que el estudio se basó en intervalos de temperatura, fue fundamental disponer de la mayor cantidad de imágenes IR del SCM vía SAIDAS, a ser posible cada media hora; en caso contrario se intentó rellenar los huecos utilizando imágenes WEFAX. Este tipo de imágenes no se puede usar para obtener los distintos parámetros que se describen a continuación, sin embargo puede servir de apoyo para determinar la hora de comienzo de un sistema, su posible unión con otros, hora de disipación, etc. De igual forma, las imágenes VIS pueden dar información sobre el tipo de nubosidad que acompaña al sistema, aparición de "overshootings", "outflows", etc., y las de WV ayudan a determinar la situación sinóptica.

3. En las imágenes IR se utilizó un realce de temperaturas que destaca las isotermas de -32 , -36 , -40 , -44 , -48 , -52 , -56 , -60 , -64 y -68°C .

4. Cada media hora, desde el inicio del SCM hasta su disipación, se anotaron las siguientes características:

- a) latitud y longitud del centro del sistema, entendiéndose por centro la parte más activa que corresponde a las temperaturas más bajas;
- b) longitud en km de los ejes mayor y menor del SCM siempre considerando el área bajo la isoterma de -32°C ;
- c) tratamiento estadístico vía SAIDAS (temperatura mínima, media, mediana, moda y desviación típica);

d) áreas en km^2 comprendidas bajo las isotermas mencionadas anteriormente.

5. Estudio de los resultados y extracción de conclusiones.

3. Resultados.

Dada la gran diversidad de tamaños encontrada fue necesario homogeneizar de alguna forma los SCM, para ello se utilizó la clasificación que se muestra en la tabla I, que ya fue empleada en el estudio del 89.

Tabla I

Clasificación de SCM según el área bajo la isoterma de -48°C (km^2)

TIPO	ÁREA ISOTERMA -48°C (km^2)
SCM-I	$50.000 \leq \text{área}$
SCM-II	$25.000 \leq \text{área} < 50.000$
SCM-III	$\text{área} < 25.000$

Durante la campaña Previmet-90 se estudiaron los 28 SCM que se especifican en la tabla II por orden decreciente de tamaño. Observando los valores de las áreas bajo la isoterma de -32°C se ve que varían desde 10.000 km^2 , del orden del tamaño de las grandes tormentas, hasta 253.000 km^2 , que ya alcanza el tamaño de los CCM de Maddox. En concreto los sistemas S y W llegaron a alcanzar características muy próximas a las de los CCM.

Los primeros resultados de tipo estadístico obtenidos fueron los valores medios que se observan en la tabla III, que se mantienen en valores muy similares a los obtenidos en el 89. Los valores del eje mayor, medido bajo la isoterma de -32°C , en el momento de máxima extensión oscilan entre 233 y 451 km y la duración entre 5 y 12,5 horas, por lo que se confirma la estructura mesoescalar de estos sistemas.

COMUNICACIÓN E9

TIPO	SCM	DÍA	Máxima Extensión							
			-32°C				-48°C			
			HORA	ÁREA	EJE	EXC	HORA	ÁREA	EJE	EXC
SCM-I	S	25/09	23:00	253	620	0,9	23:00	165	620	0,9
	W	09/10	13:00	141	565	0,7	11:30	107	503	0,7
	Y	11/10	11:00	126	426	0,7	13:00	73	489	0,6
	C	08/09	22:30	119	588	0,5	21:30	67	538	0,6
	U	02/10	22:30	94	413	0,7	22:30	65	413	0,7
	G	08/09	20:30	92	316	1,0	20:30	63	316	1,0
	Q	20/09	18:30	89	351	0,9	18:30	62	351	0,9
	R	24/09	08:00	80	329	0,9	07:30	54	307	0,9
SCM-II	F	08/09	19:00	67	301	1,0	19:00	44	301	1,0
	T	02/10	14:30	70	344	0,7	14:30	39	344	0,7
	X	09/10	23:00	52	315	0,7	22:00	35	341	0,5
	D	08/09	20:00	48	319	0,7	19:30	34	328	0,7
	B	16/09	21:00	47	240	1,0	21:00	32	240	1,0
	A	07/09	02:00	39	258	0,7	02:00	30	258	0,7
	E	08/09	16:30	48	261	1,0	16:30	26	261	1,0
	H	08/09	03:00	48	218	0,8	01:30	25	269	0,7
SCM-III	L	09/09	21:30	46	246	1,0	20:30	24	225	1,0
	O	11/09	19:30	36	233	1,0	19:00	23	214	0,9
	P	20/09	09:30	31	216	0,8	09:30	20	216	0,8
	N	09/09	23:00	32	222	0,8	23:00	19	222	0,8
	M	09/09	23:00	29	220	0,8	22:00	19	198	0,9
	Z	10/11	22:00	37	286	0,5	21:30	18	293	0,6
	B	08/09	16:30	26	222	0,7	16:00	18	203	0,8
	Z2	10/11	21:30	38	206	0,9	21:00	15	210	0,9
	Z1	10/11	16:00	46	349	0,6	16:30	13	206	1,0
	K	09/09	17:30	18	190	0,6	17:00	9	167	0,7
	I	09/09	06:00	14	184	0,6	05:00	8	191	0,3
	Z3	10/11	20:00	10	106	0,8	20:00	5	106	0,8

Tabla II:
SCM estudiados en la campaña Previmet-90

TIPO	NÚM. DE CASOS	EXTENSIÓN (miles de km ²)		EJE MAYOR (km)		EXCENRICIDAD		DURACIÓN TOTAL (horas)
		-32°C	-48°C	-32°C	-48°C	-32°C	-48°C	
SCM-II	8	52	32	282	293	0,8	0,8	9
SCM-III	13	31	16	233	213	0,8	0,8	5

Tabla III:
Características medias de los distintos tipos de SCM (sept.-nov. de 1990)

4. Tamaños de los SCM.

Como ocurrió en 1989 la mayoría de los sistemas tienen ejes con longitudes entre 200 y 300 km, sobrepasando muy pocos los 400 km (Figura 1).

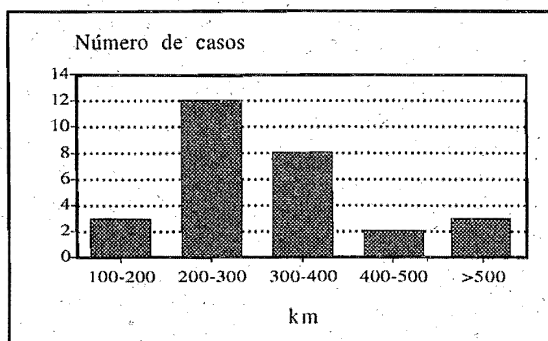


Fig. 1.- Longitud del eje mayor de los SCM en el momento de máxima extensión del área de -32°C

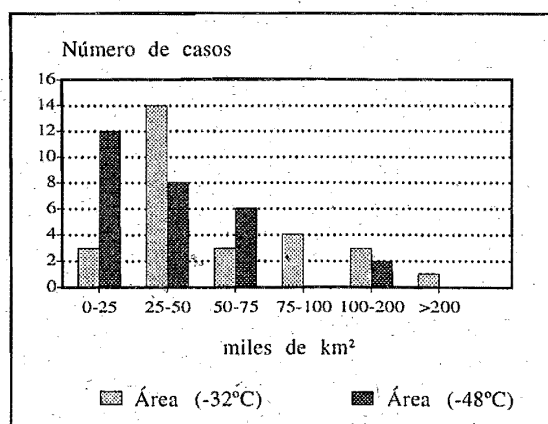


Fig. 2.- Área bajo isotermas de -32 y -48°C en el momento de máxima extensión

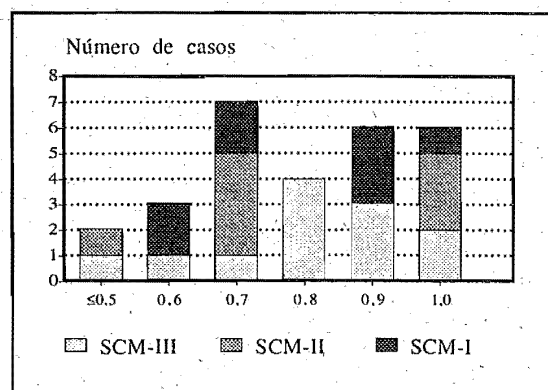


Fig. 3.- Excentricidad en el momento de máxima extensión del área de -48°C

Con respecto a las áreas ocupadas bajo la isoterma de -48°C (Figura 2) la gráfica obtenida es similar a la del 89, con un máximo de sistemas que no llegan a 25.000 km². Sin embargo, los valores para la isoterma de -32°C presentan un máximo entre 25.000 y 50.000 km² al contrario que los del 89 que tenían el máximo entre 50.000 y 75.000 km². Por esto se puede afirmar que en el año 1990 los SCM que aparecieron fueron más pequeños.

En cuanto a las excentricidades (Fig. 3) la mayoría tienen valores entre 0,7 y 1,0 por lo que son estructuras más bien circulares, característica que las distinguiría de las líneas de turbonada que son estructuras más alargadas. En el estudio del 89 los sistemas más pequeños eran más circulares que los grandes, característica que en 1990 no se ha observado.

5. Ciclo diurno.

En la Figura 4 se representa la duración de los SCM desde la aparición de las primeras tormentas (momento en el que aparecen los primeros núcleos convectivos que al desarrollarse originaron el SCM) hasta su disipación.

En las Figuras 5 y 6 se representan la hora del inicio de las primeras tormentas y la hora de máxima extensión respectivamente. A diferencia de los resultados obtenidos en el 89 y en otros trabajos realizados sobre SCM, en los que éstos suelen tener un ciclo de vida nocturno con las primeras tormentas a la caída de la tarde, en el 90 los SCM generalmente se iniciaron entre las 15 y las 00 UTC.

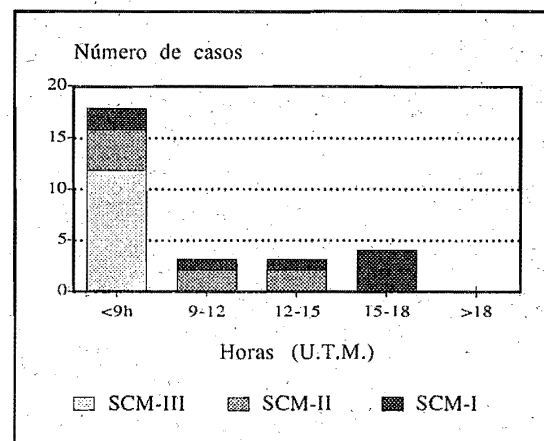


Fig. 4.- Duración de los SCM, Sept-Nov 1990

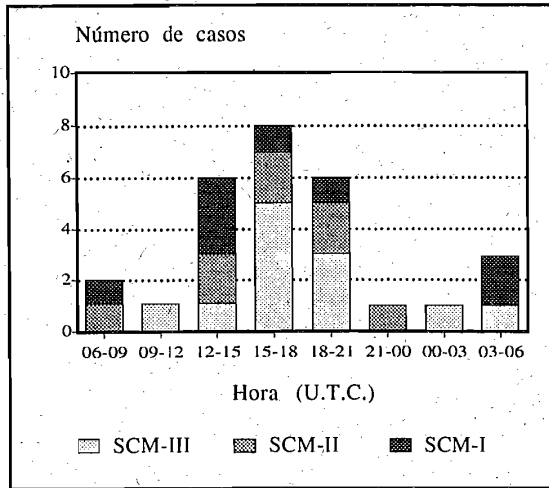


Fig. 5.- Hora de inicio de las primeras tormentas

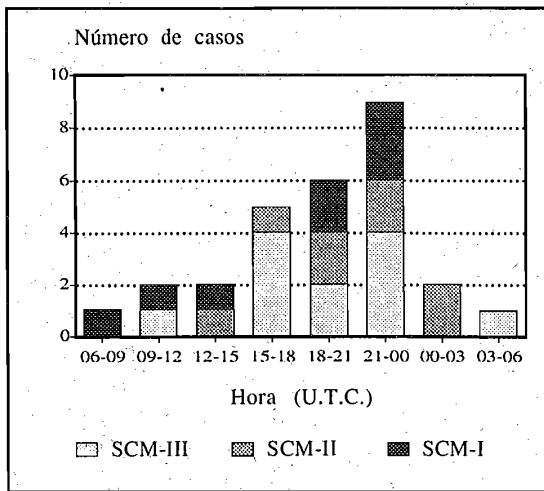


Fig. 6.- Hora de máxima extensión del área de -48°C

SCM ha tenido localizado su centro en cajas de 2° de longitud por 2° de latitud. Se observa que los máximos se encuentran en el área de Baleares, Sistema Ibérico y Norte de África. En 1989 el máximo se centraba en Levante y Mar de Alborán. Precisamente este último corresponde con un mínimo en el año 1990.

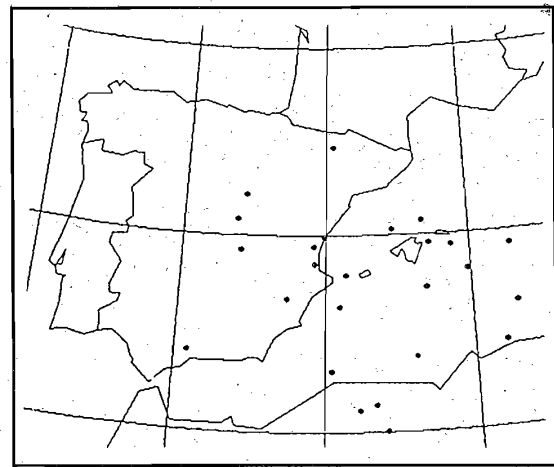


Fig. 7.- Localización geográfica de los primeros núcleos convectivos

6. Localización geográfica.

En la Figura 7 se representan los puntos donde se inició cada SCM con su nombre. En ella se ve que los núcleos surgieron indistintamente en tierra y en mar, a diferencia de lo que ocurrió en el 89 donde hubo una mayor frecuencia de aparición en la costa de Levante.

En la Figura 8 se representan las trayectorias que siguieron los sistemas durante su ciclo de vida. Al igual que en el 89 se desplazaron hacia el NE siguiendo el flujo de niveles medios influenciado en menor o mayor medida por la situación en niveles bajos.

En la Figura 9 se han representado en un mapa las isóneas de la frecuencia con que un

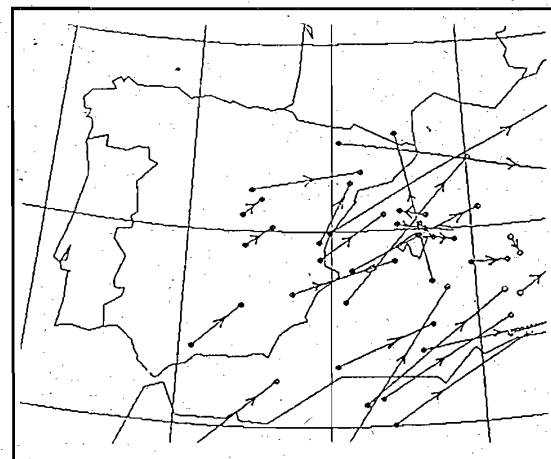


Fig. 8.- Trayectorias seguidas por los núcleos fríos de los SCM

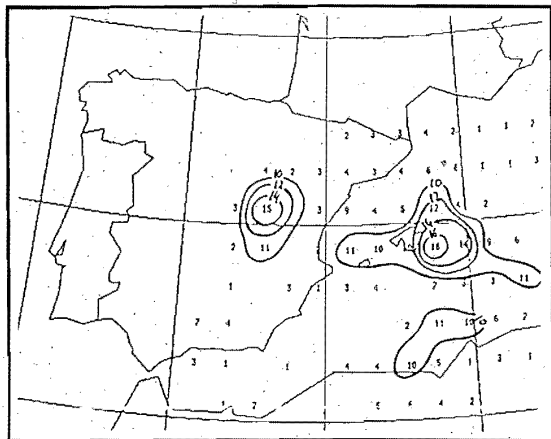


Fig. 9.- Isolinias de frecuencia

Se ha observado que la gran mayoría de los SCM surgen, permanecen y se disipan como núcleos aislados. En ocasiones se forman por fusión de núcleos más pequeños o por el crecimiento de un núcleo dominante dentro de un área de convección generalizada. A veces, los más grandes, se disipan fraccionándose en estructuras más pequeñas. Otras veces, independientemente del tamaño, mueren por interacción con el entorno o fusionándose con otras estructuras. En ambos casos pierden las características de los SCM (Figuras 11 y 12).

7. Caracterización cualitativa.

En la muestra correspondiente a la campaña Previmet-90 se ha observado que la mayoría de los SCM que surgen en nuestra área están ligados a una banda nubosa de origen subtropical que avanza desde África hacia latitudes mayores curvándose anticiclónicamente hacia el Mediterráneo. Este fenómeno de incursión subtropical de Sur a Norte ha sido asociado también a la aparición de algunos SCM en los EE.UU. (Scofield, 1990). Otra porción importante de SCM en nuestra área en la muestra de 1990, surgen asociados a sistemas frontales, tanto prefrontal como postfrontalmente. Otros aparecen forzados orográficamente, por líneas de convección o surgen en áreas de convección generalizada (Figura 10).

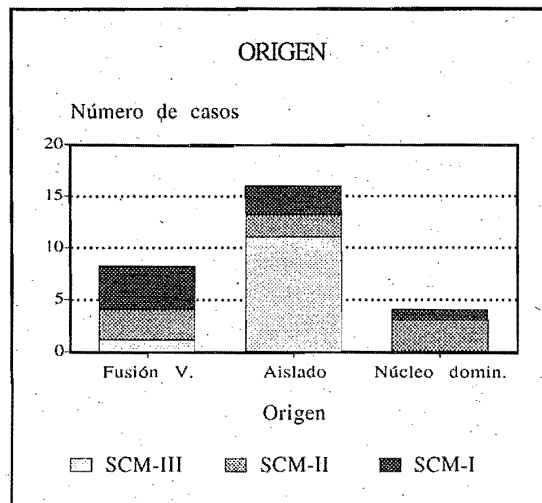


Fig. 11.- Origen

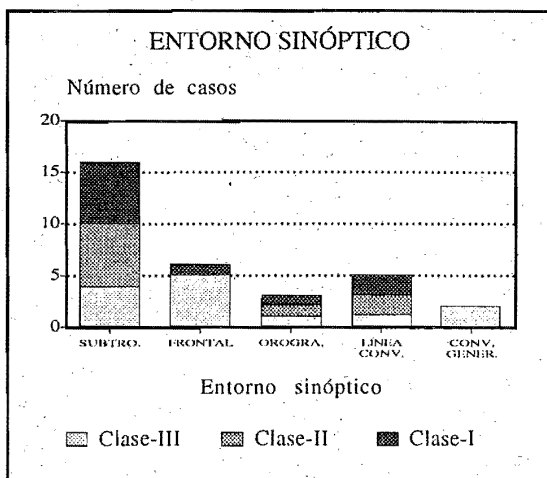


Fig. 10.- Entorno sinóptico asociado al origen de los SCM-90

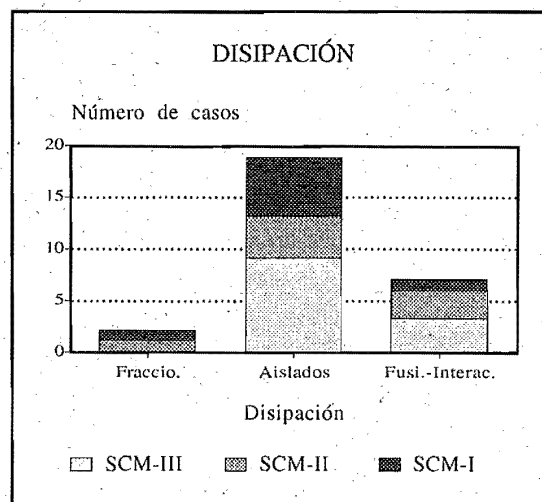


Fig. 12.- Disipación

8. Ciclo de vida.

A continuación se estudian dos ejemplos de SCM.

8.1. SCM B (Clase III).

En la Imagen E9-1 (véase separata de este volumen) y en la Figura 13 se muestra el sistema a las 15:30Z (imagen IR) y la trayectoria que siguió su núcleo frío desde su aparición a las 13:30 hasta su disipación a las 18:00Z respectivamente. Este sistema surgió en tierra, experimentó un desplazamiento medio hacia el NE y se adentró en el mar.

En la Figura 14 se representa la evolución temporal de las áreas cubiertas bajo diferentes isotermas, desde -60°C hasta -32°C. Uniéndolo el

punto máximo de cada una de las gráficas con una línea se obtiene una recta inclinada hacia la derecha. Esto se corresponde con el modelo teórico que se tiene del ciclo de vida de un SCM (Zipser, 1981): comienza con un desarrollo más o menos explosivo en el que crecen rápidamente todas las áreas, posteriormente en la fase de madurez empiezan a declinar primero los toques más fríos dando paso a los movimientos ascendentes que mantienen la nubosidad estratiforme. Esta nubosidad es la última en desaparecer.

Los primeros intentos que se han desarrollado en el S.T.A.P. para describir el ciclo de vida de forma objetiva se representan en las Figuras 16 y 17. En la primera, que llamaremos "gráfica de áreas", se representan las evoluciones temporales del área(-48°C), a la que se considera como área convectiva, y del área(-32°C)-área(-48°C), que correspondería a la parte menos desarrollada del sistema. La fase inicial se prolongaría hasta que la gráfica del área(-48°C) presenta un punto de inflexión creciendo rápidamente, este crecimiento indicaría que ha comenzado la fase de desarrollo. El paso de la fase de desarrollo a la de madurez

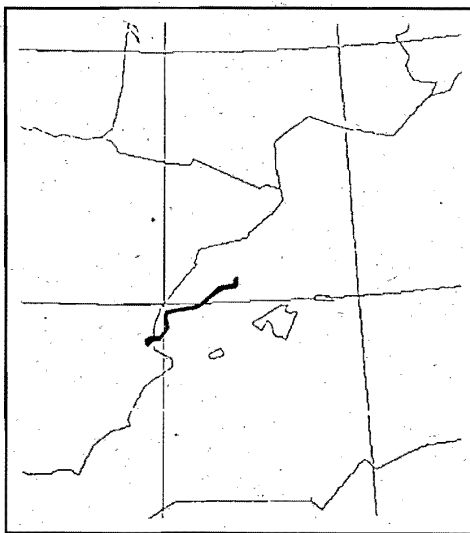


Fig. 13.- Trayectoria del núcleo frío

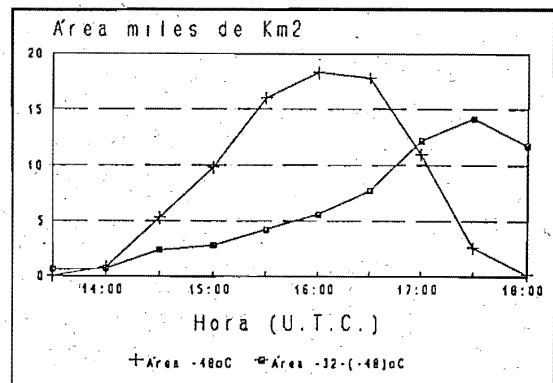


Fig. 15.- "Gráfica de áreas"

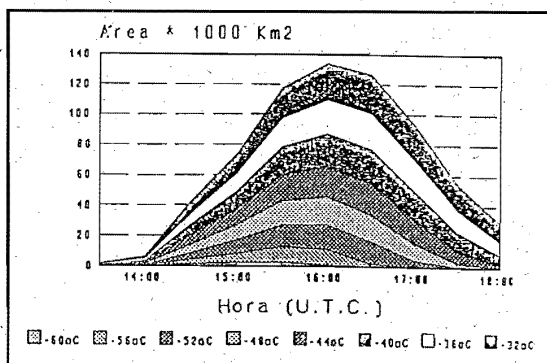


Fig. 14.- Evolución temporal de las áreas cubiertas por cimas más frías que determinadas temperaturas

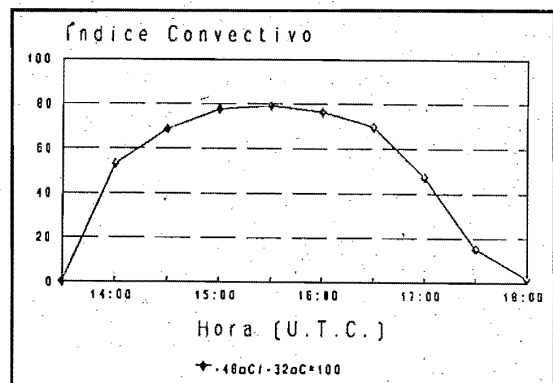


Fig. 16.- "Índice convectivo"

se caracteriza por un estancamiento en el crecimiento del área(-48°C), como se puede observar en la Figura 16. En esta figura se representa el "índice convectivo" (tanto por ciento de área ocupada por la parte más convectiva frente a la extensión total del sistema). De nuevo en la "gráfica de áreas", a medida que la línea del área(-48°C) desciende hasta cortarse con la del área(-32°C)-área(-48°C) el sistema va entrando en la fase de disipación, en la que el desarrollo convectivo del sistema pierde rápidamente importancia frente a la estratiforme. Inicialmente se tomó como referencia el área bajo la isoterma de -48°C ya que fue esta temperatura la que se consideró para clasificar por tamaños a los SCM, sin embargo se ha observado que la temperatura de -52°C responde mejor a la hora de estudiar objetivamente el ciclo de vida de los SCM. Al utilizar esta temperatura se da más importancia a un mayor desarrollo convectivo del sistema. El ejemplo siguiente lo estudiaremos desde este punto de vista.

8.2. SCM Q (Clase I).

Como se puede observar en la Imagen E9-2 (véase la separata del libro) y en las Figuras 17 y 18, el SCM Q apareció a las 8:30Z al Sur de los Pirineos, se desplazó hacia el E y se disipó a las 20:00Z sobre el Mediterráneo.

Con este ejemplo se quiere reflejar la complejidad que puede adquirir el estudio de un SCM cuando sufre interacciones convectivas con otro. De la Figura 18 se deduce que el sistema experimentó a lo largo de su ciclo de vida al menos tres reactivaciones: se observa en las Figuras 19

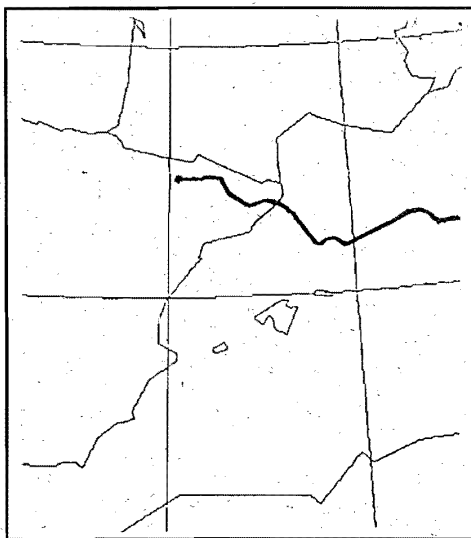


Fig. 17.- Trayectoria del núcleo frío

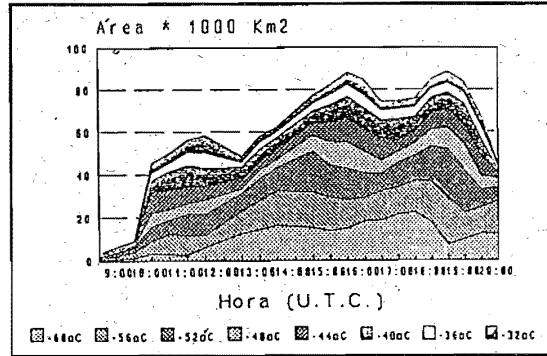


Fig. 18.- Evolución temporal de las áreas cubiertas por cimas más frías que determinadas temperaturas

("gráfica de áreas") y 20 ("índice convectivo") como aproximadamente a las 9:30 el SCM Q se unió a otro SCM ya en clara fase de disipación, por lo que éste solamente habría aportado nubosidad de tipo estratiforme. Alrededor de las 12:00 habría comenzado su fase de desarrollo. A través de las imágenes en IR no se puede conocer el motivo de la siguiente reactivación del sistema (entre 16:00 y 16:30Z), sin embargo de las figuras se deduce que la hubo.

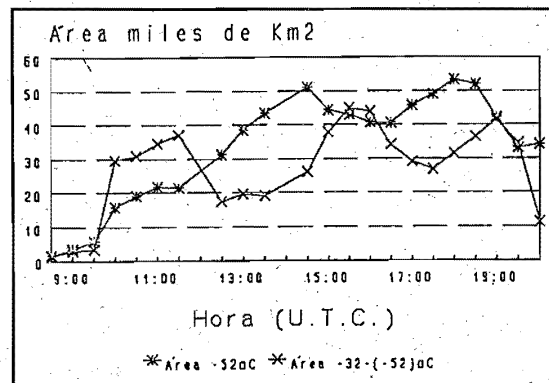


Fig. 19.- "Gráfica de áreas"

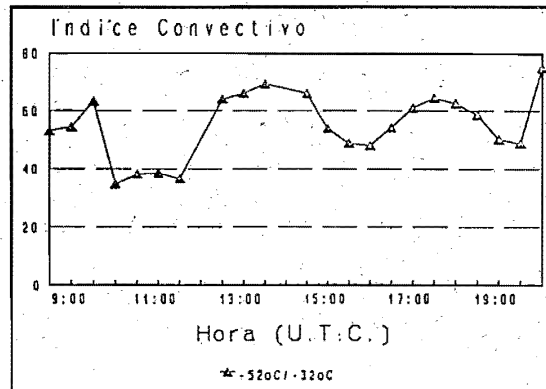


Fig. 20.- "Índice convectivo"

Conclusiones.

Con los estudios de 1989 y 1990 se ha establecido un método de estudio o línea de trabajo para la elaboración de una base de datos climatológica de SCM para el área mediterránea. Aunque la base de datos de la que se dispone es todavía insuficiente para poder extraer unas conclusiones definitivas, sin embargo, a partir de estos dos años se puede afirmar lo siguiente:

- 1.- Son sistemas nubosos con tamaño y ciclo de vida dentro de la mesoescala.
- 2.- En general se desplazan hacia el NE.
- 3.- Su máximo desarrollo suele centrarse en la tarde-noche.
- 4.- Suelen aparecer de forma aislada y tener formas aproximadamente circulares.
- 5.- En los SCM que evolucionan de forma aislada, sin interactuar con otros, su ciclo de vida comienza con un desarrollo más o menos explosivo, seguido de una fase de madurez, en la que rápidamente comienzan a disminuir las áreas bajo las isotermas más frías dando paso a los movimientos ascendentes de mesoescala. Estos movimientos mantendrán la parte estratiforme que perdurará hasta su completa disipación.
- 6.- Se pueden caracterizar objetivamente las fases del ciclo de vida de los SCM a partir de la definición de un "índice convectivo".
- 7.- La mayoría de los SCM-90 se generan, permanecen y mueren como núcleos aislados.
- 8.- La mayoría de los SCM-90 surgen ligados a una banda nubosa de origen subtropical que avanza desde África hacia latitudes más altas y se curva anticiclónicamente en el Mediterráneo.

La línea de trabajo a seguir en el futuro incluye los siguientes aspectos: en primer lugar, la ampliación de la base de datos con los años 91 y 92 para elaborar una climatología básica de

SCM. Además se intentará definir el ciclo de vida de los SCM de forma más objetiva perfeccionando las "gráficas de áreas" y de "índice convectivo" que se han utilizado para el año 9. Por otro lado, se profundizará en el estudio objetivo del entorno sinóptico favorable para la aparición de SCM con la finalidad de adquirir criterios para la predicción de los mismos. Por último se ampliará y completará el estudio desde el punto de vista de radar y rayos.

Referencias.

- Fritsch, J.M.; Maddox, R.A. (1981). *Convectively driven mesoscale weather systems aloft. Part I: observations. Journal of Applied Meteorology. Vol. 20.*
- Maddox, R.A. (1980). *Mesoscale convective complexes. Bull. Amer. Met. Soc. Vol. 69. pp. 1.374-1.378.*
- Riosalido, R. (1990). *Caracterización mediante imágenes de satélite de los sistemas convectivos de mesoescala durante la campaña Previmet Mediterráneo-89. II Simposio Nacional de Predicción del INM. Madrid. pp. 135-148.*
- Riosalido, R. (1991). *Sistemas convectivos de mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-89. Nota Técnica S.T.A.P. núm. 1. INM. Madrid.*
- Riosalido, R.; Rivera, A.; Martín, F. (1988). *Desarrollo de un sistema convectivo de mesoescala durante la campaña Previmet Mediterráneo-87. I Simposio Nacional de Predicadores. INM. Madrid.*
- Rivera, A.; Riosalido, R. (1986). *Mediterranean convective systems as viewed by Meteosat. A case study. Proceedings of the VI Meteosat User's Meeting. Amsterdam.*
- Scofield, R.A. (1990). *The "water vapor imagery/theta-e connection" with heavy convective rainfall. Proceedings of the workshop on the use of satellite data in nowcasting and very short range forecasting. Reading. pp. 173-178.*
- Zipser, E.J. (1981). *Utilización de un modelo teórico de ciclo de vida de los sistemas convectivos de mesoescala para mejorar las predicciones a muy corto plazo. Predicción inmediata (versión española de 'Nowcasting'). Madrid, 1990.*