

Comunicación AI-3

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA DEL 8-9 DE OCTUBRE DE 1992 DEL ÁREA MEDITERRÁNEA

Olinda Carretero Porris
Francisco Martín León

STAP (INM)

RESUMEN

Durante los días 8 y 9 de octubre de 1992 se desarrollaron dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) que afectaron a distintas áreas del Mediterráneo español y francés. Sus mayores efectos se dejaron sentir en las Islas Baleares, Comunidad Valenciana y en menor medida en Cataluña y región murciana. En este trabajo se analizarán, subjetiva y objetivamente, los datos proporcionados por el satélite Meteosat y los suministrados por la red de detección de rayos, en dicho período, para obtener y comparar los ciclos de vida de dichos sistemas. Por último se presentarán algunas conclusiones operativas obtenidas a partir de la utilización de estos datos en las labores de vigilancia y predicción a muy corto plazo.

1. Introducción

Cada otoño se producen en el área del Mediterráneo Occidental fuertes precipitaciones que, en la mayoría de los casos, están asociadas a Sistemas Convectivos de Mesoescala. La aparición de estos fenómenos está fuertemente ligada al mar Mediterráneo que actúa como fuente de calor y humedad. En este trabajo se estudia uno de estos episodios a través de dos tipos de datos:

- Imágenes IR del satélite Meteosat: se analizan cada media hora, desde que aparecen las primeras tormentas que dan lugar al SCM hasta que éste se disipa totalmente, obteniéndose series temporales de distintos parámetros. En concreto, para este estudio, se utilizarán: posición de la zona más fría del sistema y áreas nubosas bajo diferentes isoterms, desde -32°C y disminuyendo de 4 en 4°C (Fig. 1). Es importante, a la hora de comparar estas series temporales con las obtenidas a partir de la red de rayos, tener en cuenta que el Meteosat barre la Península a las H+20 y H+50 que se corresponden con H+30 y H+00 en el horario de difusión del Meteosat. Por último señalar que los datos son almacenados y procesados en el sistema SAIDAS (versión española del McIdas: *Man-computer Interactive Data Access System*. Suomi. 1993).

- Red española de detección de rayos: se encuentra operativa desde 1992 y, en el momento de realización de este trabajo, estaba formada por 14 sensores repartidos entre la Península y Baleares. Cada antena o sensor es capaz de discriminar, de entre todas las señales electromagnéticas que les llegan, aquellas que proceden de los rayos nube-tierra. La información es enviada a un ordenador localizado en la sede central del INM en Madrid, donde se concentran y procesan todos los datos. El alcance nominal de cada antena es de 370 km (dentro de este radio se detectan el 90% de los rayos); a partir de esta distancia la eficacia decae hasta aproximadamente el 70% para un radio de 1 110 km (alcance máximo efectivo). La zona mejor cubierta por la red es el Mediterráneo Occidental y NE de la Península. Cuando dos o más antenas detectan un rayo, el ordenador central es capaz de identificarlo y localizarlo, suministrando información asociada a cada descarga disponible en el sistema SAIDAS en tiempo real. A partir de la información disponible en este trabajo se han calculado series temporales (5, 10, 20, 30 y 60 minutos) de los siguientes parámetros: número de rayos, polaridad y localización geográfica.

2. Evolución del SCM del 8/9 de octubre de 1992

2.1. Características generales

En líneas generales la situación sinóptica se caracteriza a las 00 Z del 8 de octubre de 1992 por una DANA en niveles medios al SW de España. En superficie existe un centro poco profundo de bajas presiones en el norte de Argelia, originando fuertes gradientes de presión y vientos del este sobre las costas españolas (Mastín *et al.*, 1994).

Durante las primeras horas del día 8 comienzan a desarrollarse dos SCM, el «A» al SW de la isla de Ibiza, que permanece estacionario durante varias horas, y el «B» frente a las costas de Almería, que se desplaza lentamente hacia el NE. El SCM caso de estudio es el primero, sistema que evolucionó en una zona de buena cobertura de la red de rayos, con un error en la localización entre 2 y 4 km. El satélite Meteosat comenzó a detectar las primeras tormentas a las 01:30 Z del día 8, aunque el núcleo convectivo que originó el SCM «A» no apareció hasta las 03:30 Z. La máxima extensión del área de -32°C fue de $154\,000\text{ km}^2$ a las 14:00 Z del día 8, con una excentricidad de 0,8 (longitud del eje mayor, 154 km). La temperatura mínima que alcanzó fue del orden de -62°C y la duración del episodio fue de 30 horas.

En la Fig. 2 aparecen reflejados todos los rayos que se detectaron desde las 00:00 Z del día 8 hasta las 12:00 Z del día 9. La banda orientada de norte a sur corresponde a los rayos que produjeron los dos SCM, mientras que los que se aprecian en el SW de la Península están asociados a la convección que produjo el núcleo frío de la DANA localizada en esa zona. El número total de rayos fue de 16 122 de los cuales el 91,64% fueron negativos.

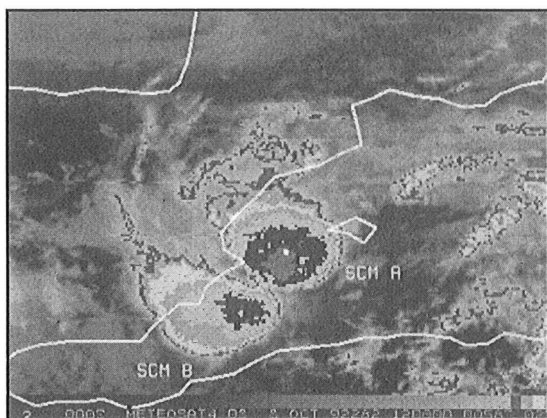


Fig. 1. Imagen en IR de las 12:00 Z del 8/oct/1992 realizada a intervalos de 4°C desde -32° y disminuyendo. Aparecen los SCM «B» (inferior) y «A» (superior) momentos antes de la fusión

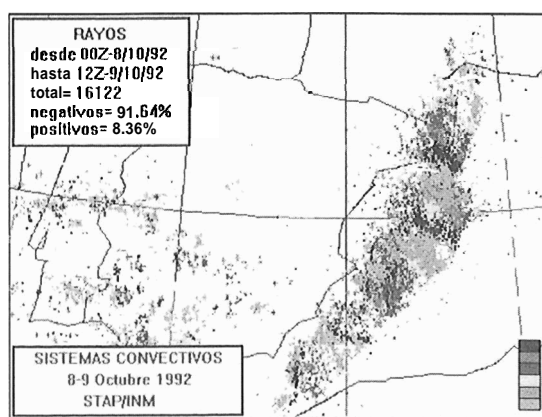


Fig. 2. Rayos negativos y positivos localizados por la red española de detección de rayos desde las 00:00 Z del día 8 hasta las 12:00 Z del día 9/oct/92

2.2. Evolución cada tres horas

Desde la Fig. 3 hasta la 11 aparecen los rayos generados solamente por el sistema «A», cada tres horas, desde que apareció frente a las costas de Levante hasta que se disipó al penetrar por el SE francés. En el recuadro situado en la esquina inferior izquierda de cada figura aparece la imagen en IR realizada de la hora inicial de cada intervalo.

Los primeros rayos (Fig. 3) nos indican que es un núcleo compacto y cuasiestacionario. En la imagen de satélite (03:00 Z) aún no se aprecia el núcleo que dio lugar al sistema que apareció media hora más tarde. Su cima apenas alcanzaba los -49°C , sin embargo dos horas más tarde, a las 05:30 Z ya alcanzaba temperaturas del orden de -58°C . La actividad eléctrica está dominada por los negativos. Ambos tipos de rayos aparecen prácticamente en la misma zona, ligados a la parte más activa del sistema. A partir de las 06:00 Z (Fig. 4) se observa cómo el número de rayos crece levemente, desplazándose los positivos hacia la parte estratiforme. El SCM aparece ubicado en la misma zona que en las tres horas anteriores.

En el intervalo de 09:00 a 12:00 Z (Fig. 5) el crecimiento del número de rayos es significativo. La traza de rayos negativos nos indica que la parte más activa del sistema se ha desplazado hacia Ibiza. Por otro lado los positivos presentan dos características importantes: un agrupamiento asociado a la zona convectiva, al sur de Ibiza, y que coincide con el máximo de negativos y otro agrupamiento asociado a la zona estratiforme que se encuentra al W de la isla. En las tres horas siguientes (Fig. 6) el sistema continúa su desplazamiento hacia el N. El número de rayos se ha duplicado pero continúa mostrando iguales características en su distribución. En este intervalo el sistema absorbe a otro SCM por el sur, realizándose en la zona de unión, como se ve claramente por

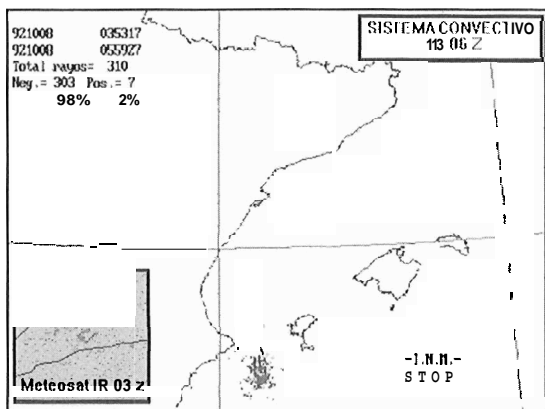


Fig. 3. Rayos: 03:00 a 06:00 Z (08/oct/92). Imagen IR de las 03:00 Z

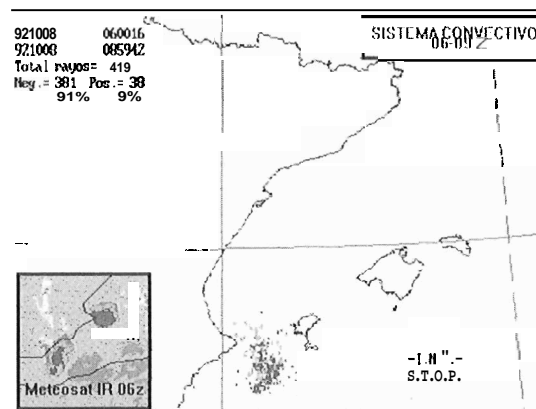


Fig. 4. Rayos: 06:00 a 09:00 Z (08/oct/92). Imagen IR de las 06:00 Z

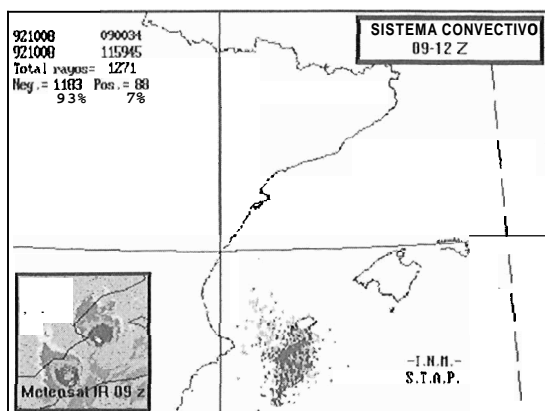


Fig. 5. Rayos: 09:00 a 12:00 Z (08/oct/92). Imagen IR de las 09:00 Z

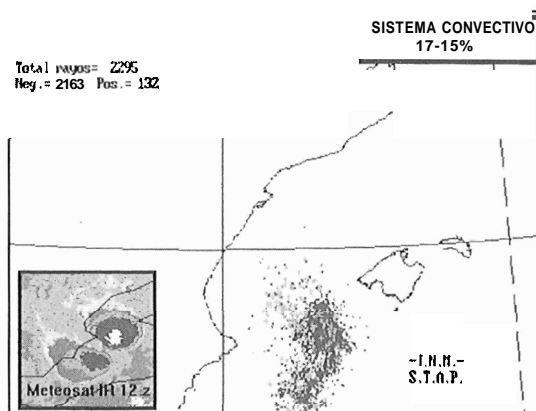


Fig. 6. Rayos: 12:00 a 15:00 Z (08/oct/92). Imagen IR de las 12:00 Z

el aumento de descargas al sur del sistema. En la imagen de satélite no se aprecia un realce ya que se produjo ligeramente después de las 12:00 Z, hora a la que está tomada la imagen. En la Fig. 7 (intervalo 15:00 a 18:00 Z) el SCM «B» ha sido absorbido completamente por el «A», que aparece con una forma más circular y afectando ya a la parte más occidental de Mallorca. La actividad eléctrica disminuye ligeramente.

En el intervalo desde 18:00 hasta 21:00 Z (Fig. 8) el sistema comienza a fraccionarse en dos núcleos activos, uno afectando al norte de Mallorca y el otro, aún no visible en la imagen de satélite, desplazándose hacia la isla de Menorca donde produciría un tornado. A partir de las 21:00 Z (Fig. 9) la actividad del sistema comienza a decaer y a perder organización. Se observan varios núcleos que parten del sistema principal y que evolucionan de forma distinta. Al W aparece claramente la parte que afectó a la isla de Menorca y que produjo el tornado.

En la imagen de satélite se observan dos centros convectivos principales (el de la derecha solamente tiene asociada dos líneas activas de rayos, una de ellas asociada al tornado), y uno más pequeño en el centro, que se desarrollaría fuertemente en las tres horas siguientes (obsérvese la gran cantidad de rayos que tiene asociado).

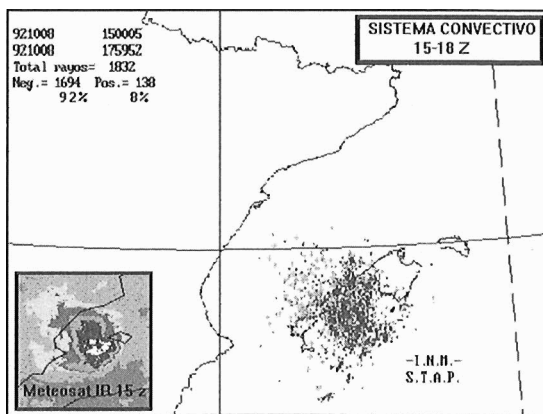


Fig. 7. Rayos: 15:00 a 18:00 Z (08/oct/92).
Imagen IR de las 15:00 Z

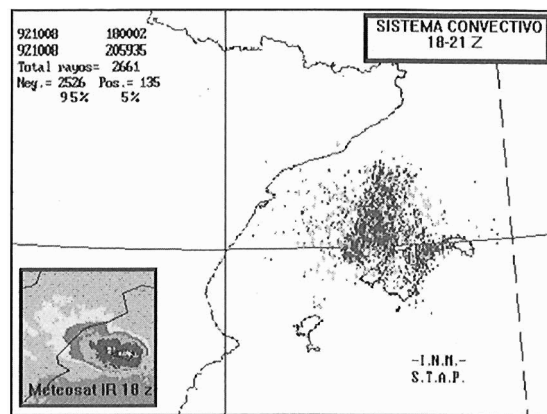


Fig. 8. Rayos: 18:00 a 21:00 Z (08/oct/92).
Imagen IR de las 18:00 Z

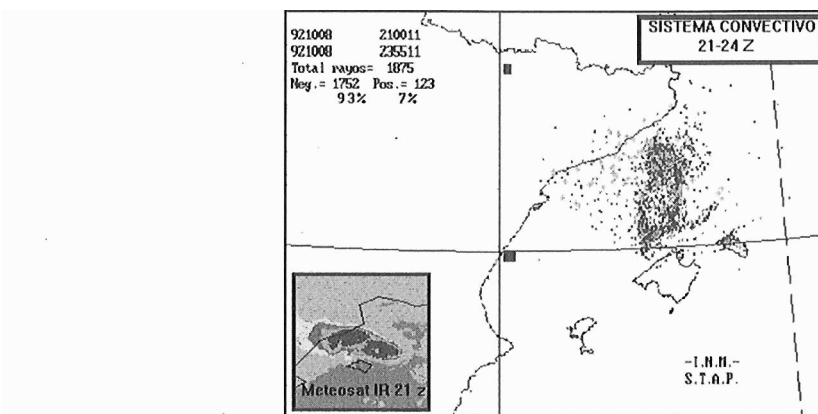


Fig. 9. Rayos: 21:00 a 24:00 Z (08/oct/92).
Imagen IR de las 21:00 Z

En las primeras horas del día 9 (Fig. 10) la actividad eléctrica sigue disminuyendo, al igual que la organización, y las divisiones se hacen más patentes. La parte de la derecha del sistema en la imagen de satélite no originó rayos. Se aprecia claramente la relación de descargas positivas con las partes menos activas en cuanto a movimientos convectivos. En la imagen de satélite se observa cómo ha crecido el pequeño núcleo que se mencionaba en el párrafo anterior. Finalmente en el período de 03:00 a 06:00 Z (Fig. 11) el sistema ha perdido su organización, las descargas negativas se han reducido considerablemente, aumentando las posi-

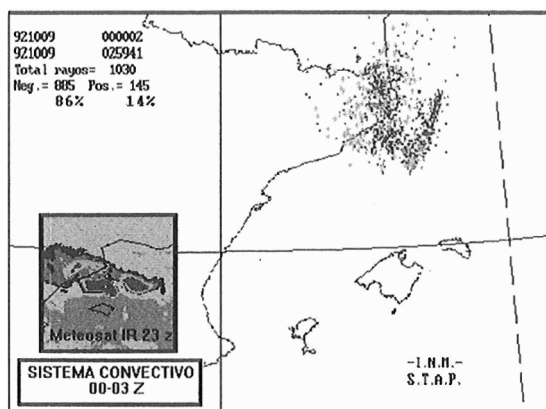


Fig. 10. Rayos: 00:00 a 03:00 Z (09/oct/92).
Imagen IR de las 00:00 Z

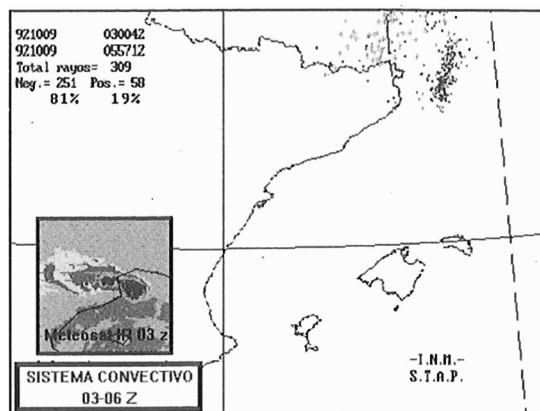


Fig. 11. Rayos: 03:00 a 06:00 Z (09/oct/92).
Imagen IR de las 03:00 Z

vas asociadas a las áreas menos frías del sistema. Ambas zonas de rayos están completamente separadas. En las horas siguientes la actividad eléctrica prácticamente desaparece, tan sólo algunos se generan en la zona amplia no convectiva.

3. Resultados

En la Tabla 1 se muestra la evolución cada tres horas del número total y en tanto por ciento de rayos positivos y negativos, así como el total suma de las dos tipos de descargas. Como ya se había mencionado en el apartado anterior, en esta tabla resumen es evidente, por un lado, la gran superioridad numérica de rayos negativos frente a los positivos y, por otro lado, el aumento de rayos positivos frente al número total de rayos cuando empieza a decaer la actividad convectiva del sistema.

Tabla 1

Evolución del número de rayos negativos, positivos, total y tanto por ciento, a intervalos de tres horas

Intervalo	Rayos -	Rayos +	Total -/+	Rayos - (%)	Rayos + (%)
03/06 Z	303	7	310	98 %	2 %
06/09 Z	381	38	419	91 %	9 %
09/12 Z	1 183	88	1271	93 %	7 %
12/15 Z	2 163	132	2 295	94 %	6 %
15/18 Z	1 694	138	1 832	92 %	8 %
18/21 Z	2 526	135	2 661	95 %	5 %
21/24 Z	1 752	123	1 875	93 %	7 %
00/03 Z	885	145	1 030	86 %	14 %
03/06 Z	251	58	309	81 %	19 %

La Fig. 12 representa la evolución de rayos negativos y de positivos frente al tiempo a intervalos de media hora. El ciclo de vida para los dos tipos de rayos es muy similar, salvo para las horas finales en las que se observa cómo el número de positivos aumenta, mientras que el de rayos negativos disminuye claramente. En la Fig. 13 se muestra el ciclo de vida del SCM «A» a través de la evolución de las áreas bajo diferentes isotermas observadas a través de las imágenes IR del Meteosat. La división en tres partes que se ha hecho en las curvas de evolución, tanto en la Fig. 12 como en la 13, señalan las tres fases que caracterizan el ciclo de vida de un sistema convectivo:

- Desarrollo: la cantidad de rayos, positivos y negativos, aumenta a medida que la nube aumenta su desarrollo vertical y la estructura **dipolar** alcanza mayor relevancia. En esta fase se produce también un aumento de todas las **áreas** en general.

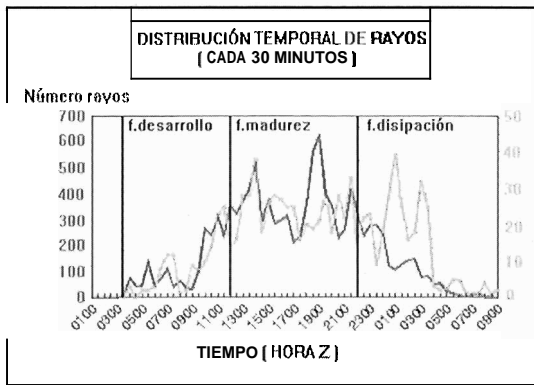


Fig. 12. Ciclo de vida eléctrico del SCM «A»: distribución de rayos negativos y positivos a intervalos de 30 minutos. Debido a la gran cantidad de rayos negativos frente a los positivos las escalas son distintas

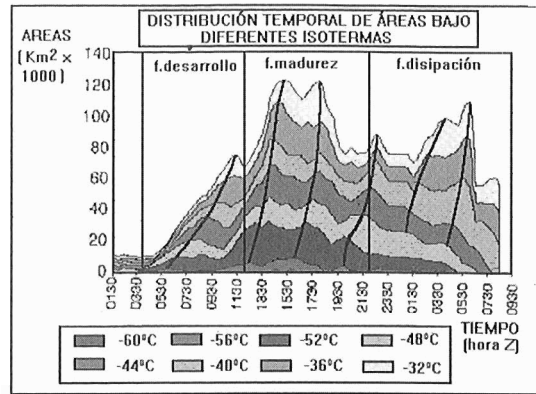


Fig. 13. Ciclo de vida a través de las imágenes de satélite: se calcula a partir de la evolución de las áreas bajo diferentes isotermas

- Madurez: caracterizada por máximos y mínimos consecutivos en la evolución del número de rayos, pero ya no existe una clara tendencia hacia el aumento como existía en la fase anterior. Los aumentos se asocian a distintas reactivaciones del sistema, como la que se produce al superar el sistema la isla de Mallorca. Las áreas que más se asemejan a la evolución descrita parecen ser las que se corresponden con las temperaturas de -48 y -52 °C.

- Disipación: disminución clara de rayos negativos, mientras que los positivos aumentan. La evolución de los rayos negativos se parece más a la curva asociada a temperaturas más frías, mientras que los positivos parecen relacionarse mejor con las más cálidas.

Los coeficientes de correlación entre los rayos positivos y negativos con respecto a las áreas bajo todas las isotermas con las que hemos trabajado se muestran en la Fig. 14. Se observa que los rayos negativos tienden a correlacionarse mejor con temperaturas más frías mientras que los positivos es hacia las más cálidas, sin embargo ambos tienen el máximo para la temperatura de -48 °C. Hay que señalar que los rayos negativos no tienen por qué estar asociados a temperaturas muy frías del orden de -56 ó -60 °C ya que éstas están fuertemente influidas por los *overshooting* que no tienen continuidad temporal, con máximos y mínimos aleatorios. Por otro lado sería necesario ser capaces de separar los rayos positivos asociados a la zona convectiva de los asociados a la zona estratiforme, ya que los primeros podrían estar mejor correlacionados con temperaturas más frías mientras que los segundos lo estarían con temperaturas más cálidas.

En la Fig. 15 aparecen los ciclos de vida suavizados de los dos tipos de rayos; se observa cómo, para este caso, a un máximo de rayos negativos le sigue un máximo en el número de rayos positivos. Esta característica se observaba también en la inclinación de los máximos hacia las áreas más cálidas en la Fig. 13 (esta característica se repite también en todos los SCM estudiados en el STAP a través de imágenes de satélite).

En cuanto a la distribución espacial de los rayos (Fig. 16), el máximo de negativos se sitúa en las zonas de máxima actividad (observar el máximo encima de Mallorca cuando el sistema se reactiva). También se observa cómo los positivos tienen máximos secundarios en las zonas donde el sistema se está disipando (Cataluña y sur de Francia). En la Fig. 17 se aprecia cómo el centro de rayos negativos se encuentra muy cercano a los topes más fríos de la nube, mientras que los positivos se alejan, sobre todo en las horas finales.

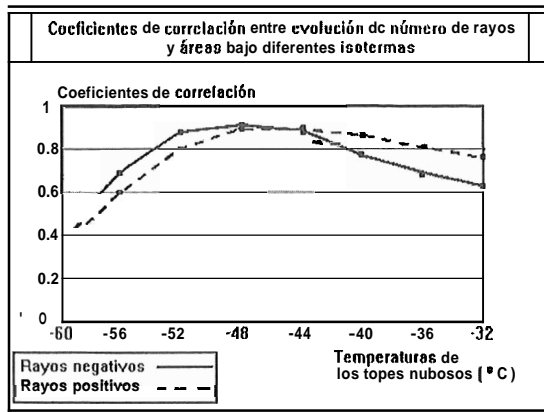


Fig. 14. Coeficientes de correlación entre las áreas bajo diferentes isoterma y el número de rayos + y -

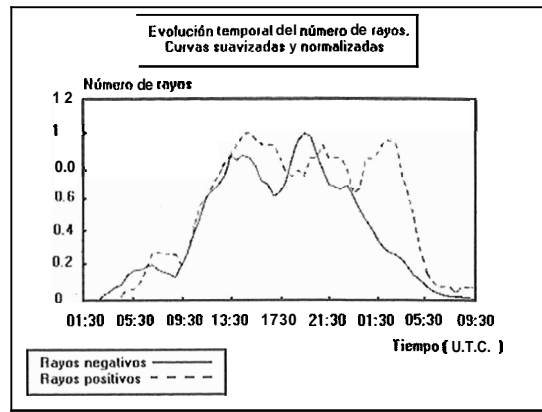


Fig. 15. Evolución temporal del número de rayos + y -. Las curvas están suavizadas con el procedimiento de media móvil de dos puntos y normalizada con respecto al valor máximo

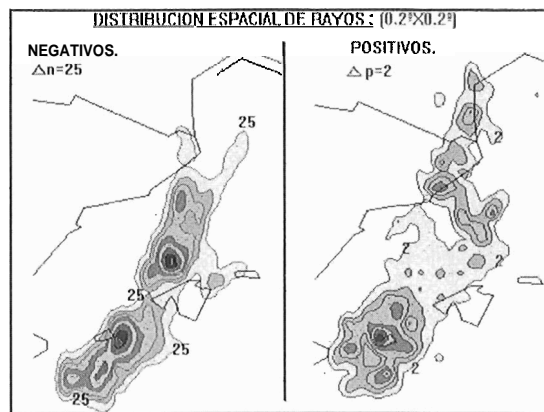


Fig. 16. Distribución espacial de los rayos en celdillas de 0,2 x 0,2 grados

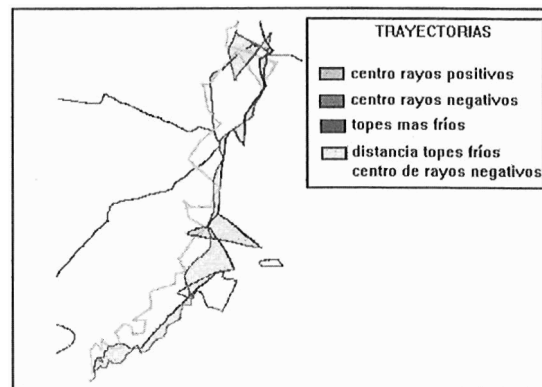


Fig. 17. Trayectorias del centro de rayos + y - y del núcleo frío

4. Conclusiones

Es la primera vez que se hace en el INM un estudio comparado de los ciclos de vida eléctrico y a través de satélite por lo que las conclusiones que se exponen son provisionales:

1. Los SCM son uno de los principales generadores de rayos en el área del Mediterráneo.
2. La frecuencia de los rayos negativos se correlaciona mejor con las áreas más frías de un SCM, ambos asociados a las zonas de máxima actividad convectiva del sistema:
3. La frecuencia de rayos positivos se correlaciona mejor con las áreas más cálidas.
4. Existe un desfase temporal entre los máximos de rayos negativos y de positivos, al igual que existe un desfase entre los máximos de áreas más frías y más cálidas.
5. Las trayectorias del centro de rayos negativos y de los topos más fríos del sistema son muy similares.
6. La red de detección de rayos es una de las herramientas más potentes de las que dispone el INM para la vigilancia de las SCM. Tiene la ventaja frente a las imágenes de satélite de que nos suministra infor-

mación continua y en tiempo real de la evolución de los sistemas mientras que las imágenes se reciben cada media hora.

Referencias

Augustine, J. A.; E. T. Tollerud; B. D. Jamison, 1989: Distributions and other General Characteristics of Mesoscale, Convective System during 1986 as Determined from GOES Infrared Imagery. Preprints, 12th Conference on Weather Analysis and Forecasting, Oct 2-6, 1998, Monterrey, CA, pp. 437-442.

Goodman, S. J.; D. R. MacGorman, 1986: Cloud-to-Ground Lightning Activity in Mesoscale Convective Complexes. Monthly Weather Review. Volume 114, pp. 2320-2328.

Goodman, S. J.; D. E. Buechler; P. J. Meyer, 1989: Convective Tendency Images Derived from a Combination of Lightning and Satellite Data. Weather and Forecasting, Volume 3, No. 3, pp. 173-188.

Martín, F.; L. de Esteban; M. Canalejo, 1994: Estudio de los SCM del 8-9 de Octubre de 1992. Nota Técnica Núm. 16 del STAP. ZNM.

Riosalido, R., 1990: Satellite Characteristics of Mesoscale Convective Systems over Spain. Proceeding of the 8th Meteosat Scientific Users' Meeting. Norrköping (Suecia), 28/31 de Agosto, 1990, pp. 127-130.

Rutledge, S. A.; D. R. MacGorman, 1988: Cloud-to-Ground Lightning Activity in the 10-11 June 1985 MCS Observed during the Oklahoma-Kansas PRESTORM Project. Monthly Weather Review, Volume 116, pp. 1393-1408.

Suomi, V. E.; R. Fox; S. S. Limaye and W. L. Smith, 1983: McIDAS III: A Modern Interactive Data Access and Analysis System. Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol. 22, pp. 766-778.

Tollerud, E. I.; J. A. Augustine; B. D. Jamison, 1992: Cloud Top Characteristics of Mesoscale Convective System in 1986. Preprints, Symposium on Weather Forecasting Jan 5-10, 1992, Atlanta, Georgia, pp. J3-J7.

Ziegler, C. L.; D. R. MacGorman, 1994: Observed Lightning Morphology Relative to Modeled Space Charge and Electric Field Distribution in a Tornadic Storm. Journal of Atmospheric Sciences, Vol. 51, No. 6, pp. 833-851.