

Papeles de Geografía

Papeles de Geografía
Universidad de Murcia
espin@um.es

ISSN (Versión impresa): 0213-1781
ESPAÑA

2000

José Jaime Capel Molina

LOS SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA Y SU INFLUENCIA EN LA
ESPAÑA MEDITERRÁNEA

Papeles de Geografía, julio-diciembre, número 032

Universidad de Murcia

Murcia, España

pp. 29-43

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Universidad Autónoma del Estado de México



LOS SISTEMAS CONVECTIVOS DE MESOESCALA Y SU INFLUENCIA EN LA ESPAÑA MEDITERRÁNEA

*José Jaime Capel Molina**

Universidad de Almería

RESUMEN

Uno de los problemas que aún tiene planteado la Climatología es el referido a las tormentas e intensos aguaceros. En España a partir de 1983, gracias al uso intensivo de las imágenes de satélites meteorológicos geoestacionarios, se ha evidenciado que en numerosas ocasiones las precipitaciones torrenciales del Mediterráneo occidental han ido asociadas a estructuras nubosas convectivas aisladas, compactas y de gran extensión, conocidas como Complejos Convectivos de Mesoescala, según la terminología del norteamericano Maddox (1980). Este factor parece ser decisivo en la explicación genética de las lluvias convectivas intensas en el Área Mediterránea.

Palabras Claves: Clima, Sistemas Convectivos de Mesoescala, Precipitaciones, Mediterráneo Español.

SUMMARY

One of the problems still being posed by climatology is the one referred to the storms and intense rains. In Spain, starting 1983, thanks to the intensive use of meteorological geostationary satellites, it has been evidenced that in numerous occasions the torrential precipitations of the occidental Mediterranean has been associated with compact, isolated convective cloudy structures, of great extension, known as Mesoscale Convective Complexes according to terminology of North American Maddox (1980). This factor seems to be decisive in the genetic explanation of intensive convective rains in the Mediterranean area.

Key words: Climate, Mesoscale Convective Systems, Precipitations, Spanish Mediterranean.

Un clima como el de la Península Ibérica depende esencialmente de las masas de aire que provienen del océano Atlántico, de las que se forman y evolucionan en la cuenca Ár-

Fecha de Recepción: 26 de mayo de 2000.

* José Jaime Capel Molina. Facultad de Humanidades. Universidad de Almería. Cañada de San Urbano. 04120 ALMERÍA (España).

ca, Europa continental, norte de África y Mediterráneo Occidental. La dirección del flujo aéreo asociado a una determinada masa de aire y el tiempo que origina, condicionará con su frecuencia mayor o menor nuestro clima. Las variaciones estacionales de la circulación general atmosférica originan distintas disposiciones del campo de presión (configuración de las isobaras) y, por consiguiente, diferentes situaciones de tiempo. Cuando queremos intentar explicar el clima peninsular es indispensable el acudir a analizar las capas superiores de la atmósfera y la circulación de altura, ya que en superficie cierto grado de incertidumbre en la interpretación se presentan y no nos permite realmente descubrir sus constantes. E incluso los sistemas nubosos, representados en superficie, herencia (fundada en consideraciones sinópticas) de la frontología noruega, «Escuela de Bergen», no ofrecen siempre del todo relaciones paralelas con las precipitaciones, puesto que a veces se desencadenan precipitaciones intensas con la ausencia de verdaderos sistemas frontales, e incluso en ocasiones el paso de frentes muy bien perfilados en superficie apenas se muestran activos y escasean las lluvias; otras veces, por el contrario, ocasionan lluvias generales. En cualquier caso hemos de acudir a niveles altos, cuyo diagnóstico será muy útil para comprender los mecanismos de las precipitaciones tan significativamente irregulares en su distribución espacial.

Otro hecho puede probar que en la Península las condiciones de superficie son menos determinantes que en el oeste y norte de Europa. Sobre Bélgica, las corrientes perturbadoras desencadenan lluvias en razón directa a los contenidos de humedad absoluta de la masa de aire. Así, los flujos tibios del SW y W dan lugar a grandes precipitaciones, mientras que en el caso de llegada de masas de aire que arrastran frentes del sector Norte (N, NW y NE) se ven acompañados de chubascos y caídas débiles de lluvia. Y ello debido a que el aire cálido posee un mayor porcentaje de vapor de agua que las masas de aire frío, en su recorrido oceánico. Es sabido que la tensión máxima de vapor es en efecto más elevada cuanto el aire sea más cálido. En la Península ocurre que, los grandes aguaceros provienen mayormente de invasiones frías en altitud, del sector Septentrional, aunque posteriormente puede alcanzarnos con trayectoria del SW (como aire polar marítimo de retorno).

Uno de los problemas que aún tiene planteado la Climatología es el referido a las tormentas e intensos aguaceros. En este aspecto uno de los especialistas más sobresalientes es P. Fontaine, interesado en la investigación de los tipos de tiempo que originan las crecidas y avenidas de los ríos mediterráneos. Igualmente, los geógrafos J. Pinard, R. Herin, J.P. Trizpt, entre otros.

Durante la época de transición verano-otoño, el borde oriental de la Península se ve afectado por fuertes precipitaciones y tormentas que adquieren, como en el resto del mundo mediterráneo, una especial virulencia. En todos los casos, el denominador común en el desencadenamiento de las tormentas y avenidas de ríos y ramblas, puede situarse en la coincidencia de su estacionalidad, en tanto que suelen ocasionarse sobre todo en el periodo otoñal del año. Los anales hidrológicos evidencian este hecho en su periodicidad secular. Estos sucesos han quedado unidos en muchas ocasiones al nombre del santo del día en que tuvieron lugar. Así, expresiones como la «nube de Santa Rosa», o las riadas de «Santa Teresa», de «San Carlos», de «San Calixto» o de «San Lucas», permanecen aun muy presentes en las mentes de los habitantes del lugar.

Las riadas y las condiciones meteorológicas asociadas a las lluvias extraordinarias comenzaron a estudiarse en el último tercio del siglo XIX. La riada de «San Carlos» durante los días 4 y 5 de noviembre de 1864, constituyó un momento clave, lo que abrió un intenso debate científico sobre las causas de las lluvias. Boix (1865), Bosch (1866), Cortizas y Pato (1882), entre otros, se interesaron en investigar las causas y características de las lluvias torrenciales levantinas y, sobre todo, la riada catastrófica de 1864 (Mateu, 1983). Podemos resaltar que son los trabajos pioneros de la meteorología mediterránea.

La acción que el relieve ejerce sobre la dinámica atmosférica en la explicación de las lluvias torrenciales, era expuesta científicamente de manifiesto en Valencia (Bosch, 1866). En 1889 se edita en Valencia «Ensayos de meteorología dinámica con relación a la península Ibérica», de M. Iranzo Benedito. La tercera parte del estudio trataba sobre «El régimen especial de lluvias de la región del mediterráneo», en él se analiza el régimen de las precipitaciones y muy especialmente el «*asunto de las grandes lluvias, generadoras de inundaciones en la fachadas mediterránea de la península*» (Polop, 1998). Iranzo explicaba las lluvias intensas en relación con una depresión sobre el Norte de África «Argelia», paralelamente a la formación de un flujo de vientos del Nordeste. En el segundo tercio del siglo XX aparecen los primeros trabajos de quién ha sido considerado como uno de los representantes más sobresalientes de la meteorología mediterránea, J.M^a. Jansá Guardiola. Deben reseñarse, entre otros, sus estudios sobre «Las masas de aire mediterráneo» (1959) y el «Frente Mediterráneo» (1962), considerado en general como una particularidad del Frente Polar Atlántico-Europeo, así como el de la «Corriente en Chorro Mediterránea» (1963).

En cuanto a la relación entre gotas frías y lluvias torrenciales destacan los trabajos de P. Fontaine (1951) y M. Berenguer (1955). El análisis cronológico realizado por A. Linés (1956-1964) de las perturbaciones ciclónicas sobre España muestra con cierta frecuencia la existencia de una gota fría en los flancos de la Península Ibérica; R. Herin y J.P. Trzpit (1975), han señalado el papel de las gotas frías en las crecidas del Segura y las inundaciones en la huerta de Murcia. Es reseñable, a este respecto, los trabajos de (Miró-Granada, 1974, 1983) y la investigación de A. Jansá centrado fundamentalmente en dos campos: la relación entre inestabilidad, ciclogénesis mediterráneas y lluvias intensas (Jansá Clar 1988) y el del análisis meteorológico mesoescalar (Jansá Clar, 1980, 1990). Hay que reseñar interesantes estudios de meteorólogos, que o bien se ocupan fundamentalmente de realizar estudios sinópticos detallados de situaciones atmosféricas de este tipo (García Miralles y Carrasco, 1958), (Linés, 1973), (Tomás Quevedo, 1963, 1972) o profundizan en las causas generales de estos fenómenos y establecen criterios de predicción (Rodríguez Franco, 1958, 1962); (Medina 1980, 1988); (García de Pedraza, 1983), (García Dana et al., 1982) y (Linés, 1980). Hay que considerar que la gota fría, que suele situarse sobre los bordes de las regiones del Mediterráneo, se produce, muy a menudo, a través de «*una fase meridiana de la circulación que conlleva la formación de un anticiclón de bloqueo sobre las regiones más septentrionales*» (Mounier y Almaoub 1983). Entre los mecanismos de lluvias intensas mediterráneas y su relación con gotas frías, son numerosas las aportaciones de geógrafos españoles: (García Sainz, 1959); (Clavero, 1977); (Gil Olcina, 1983, 1989); (Albentosa, 1983); (Morales Gil, 1987); (Olcina Cantos, 1993); (Quereda, 1984, 1987, 1989); (Capel Molina, 1974, 1977, 1980, 1983, 1987).

Un avance espectacular en la comprensión de los mecanismos pluviométricos de la Península, en particular, el área mediterránea, ha sido dado por A. Rivera. A partir de 1983 la disposición rutinaria de imágenes de satélite geoestacionarios permitió estudiar el fenómeno de las lluvias torrenciales mediterráneas desde un punto de vista nuevo y revelador, pudiendo acceder a datos y detalles imposibles de captar en los mapas meteorológicos. Durante los últimos años y gracias al uso intensivo de las imágenes de satélite se ha puesto de manifiesto que en muchas ocasiones (no en todas) las precipitaciones fuertes han ido asociadas a estructuras nubosas convectivas aisladas, compactas y de gran extensión. La utilización de imágenes de satélite permitió estudiar con detalle y por vez primera una situación de lluvias torrenciales como la acaecida en octubre de 1982 en la Comunidad Valenciana. El análisis detallado de las mismas reveló que las precipitaciones más importantes estaban provocadas por la presencia de un sistema muy compacto a escala mesoalfa de nubosidad en buena parte convectiva. A. Rivera demostró que el causante de las intensas precipitaciones de Valencia fue provocado por lo que Maddox (1980) definió como Complejo Convectivo de Mesoescala: era la primera vez que se documentaba en los ambientes de investigación europeos (1984) la formación y evolución de una estructura mesoescálica de esta categoría (Rivera y Martínez, 1984).

Este factor que parece ser decisivo en la explicación genética de las lluvias convectivas intensas en el área mediterránea ha sido puesto de manifiesto, recientemente, en diversas investigaciones (Rivera, 1985); (Rivera y Juega, 1986); (Rivera y Riosalido, 1986); (Riosalido et al, 1988); (Benech, 1993); (Ramis et al, 1994). Dichos trabajos permitieron identificar esta estructura como un complejo convectivo mesoescálico. Posteriormente han sido estudiadas otras situaciones mediante el estudio combinado de análisis sinópticos y de mesoescala e imágenes digitales de METEOSAT en los tres canales (Riosalido, Rivera y Martín, 1988); (García-Moya y Martín, 1988). Así mismo se ha realizado una climatología de las perturbaciones ciclónicas ibérico-mediterráneas (Genovés y Jansá, 1988) y se ha iniciado otra de sistemas convectivos y su relación con distintos parámetros atmosféricos (Riosalido, 1990), (Canalejo et al, 1993, 1994), (Carretero et al, 1993), (Elvira et al, 1996), (Laing y Fritsch, 1997), (Martín et al, 1994), (Riosalido y Carretero, 1998). También recientemente han aparecido investigaciones sobre sistemas convectivos de mesoescala, por parte de geógrafos españoles (Capel Molina, 1989, 1990) y (Olcina Cantos, 1992, 1993). Todos estos trabajos muestran un gran paralelismo con investigaciones sobre complejos convectivos realizados por Maddox para Estados Unidos (Maddox, 1980, 1983), (Zipser, 1982).

Posteriores estudios han revelado que estructuras similares, aunque en general de menor extensión, han estado casi siempre ligadas a los episodios de precipitaciones fuertes y que se han venido a denominar de una manera más general como Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM). Éstos son uno o dos órdenes de magnitud (en cuanto a tamaño y duración) superiores a las tormentas corrientes, pero además, su característica más importante es que poseen un grado de organización y estructura interna dentro de la mesoescala que hace de ellos elementos que evolucionan con su propio ciclo de vida y que interactúan con el ambiente sinóptico que los rodea, llegando incluso a modificarlo. Las investigaciones mediante satélites meteorológicos, de los Sistemas Convectivos de Mesoescala, cada vez muestran más adeptos, que intentan caracterizar el comportamiento

de los mismos. Es el caso de los EE.UU. (Maddox et al, 1982; Rodgers et al, 1983); Zipser, 1987; Augustine y Howard, 1988; Tollerud et al, 1992; Bo Chang, 1989), de Centroamérica (Velasco y Fritsch, 1987), de México (Maddox y Howard, 1989), de la India (Laing y Fritsch, 1992) y de África (Laing y Fritsch, 1993), (Arnaud et al, 1992).

En cuanto a la formación posible de estos fenómenos, los modelos proporcionan en general de manera adecuada, la evolución a escala sinóptica a corto plazo y que pueden usarse para delimitar zonas donde es posible la formación de estos sistemas, pero se sabe muy poco sobre cuales son los elementos que hacen que en un momento determinado se dé el salto cualitativo de pasar de una convección generalizada a una focalizada y organizada. Los modelos fallan a la hora de reproducir estos fenómenos debido a la deficiente resolución y parametrización, por lo que a muy corto plazo la vigilancia y el uso de modelos conceptuales de ciclo de vida de los sistemas pueden por el momento servir de guía.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS CONVECTIVOS EN LA PENÍNSULA

Aun no hay una definición precisa de Sistema Convectivo de Mesoescala; la definición de Maddox (1980) para los Complejos Convectivos de Mesoescala ha demostrado ser bastante restrictiva. La definición mas adecuada ha sido propuesta por (Zipser, 1982): «*Sistemas de nubes y de precipitación junto con su circulación asociada que incluye un grupo de cumulonimbus durante la mayor parte de la vida del sistema. El grupo de cumulonimbus debe permanecer durante las diferentes fases de vida de las nubes que lo constituyen (al menos dos horas) y debe contribuir en algún momento a la formación de un flujo de aire caliente de la troposfera superior. Además, las corrientes descendentes a escala convectiva deben mezclarse, en algún momento, para formar una zona continuada de aire frío en la troposfera baja. Normalmente la precipitación estratiforme extensiva provendrá del flujo saliente, evaporándose en mayor o menor medida antes de llegar al suelo*». Se ha puesto de manifiesto cómo sistemas más pequeños presentan estructuras similares a las de los Complejos Convectivos de Mesoescala, por lo que diferentes autores vienen utilizando diversos criterios, en general relajaciones de las condiciones de Maddox, para identificar Sistemas Convectivos de Mesoescala (Bartels et al, 1984). El Instituto Nacional de Meteorología viene adoptando una definición de trabajo sencilla y poco restrictiva y que ha consistido en seleccionar todos aquellos sistemas convectivos que a lo largo de su vida alcanzaron un eje mayor superior a 100 km (considerando como límite del Sistema Convectivo de Mesoescala la zona continua de toques de nubes con temperaturas inferiores a -32°C (Campañas de PREVIMET- Mediterráneo 1988-1993).

Ciertamente la naturaleza convectiva mesoscálica de los grandes aguaceros del mediterráneo Ibérico escapan a menudo a un adecuado control sinóptico. En el caso de convección profunda mediterránea su aparición no es fortuita, sino consecuencia de un estado atmosférico concreto en un lugar determinado. Diferentes núcleos de convección profunda, por interacciones sucesivas entre ellos o por el crecimiento de un núcleo convectivo profundo dominante, dan lugar a estructuras convectivas muy complejas. El hecho decisivo en la iniciación de precipitaciones intensas que generan las estructuras convectivas mesoscálicas radica en un acoplamiento en una región, de la zona de salida de un «*chorro*» principal o secundario en altura y un flujo cálido, incluso a veces un «*chorro*» en la

troposfera inferior (580 hPa), como ocurrió en las situaciones de octubre de 1982, julio de 1986, noviembre de 1987 y septiembre de 1989. A través de estudios sistemáticos realizados por el Instituto Nacional de Meteorología de España, se constata que una vez establecidas las condiciones sinópticas adecuadas, los Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) tienden a desarrollarse sobre las zonas «fronteras» de temperatura potencial equivalente a niveles bajos y parece que tienden a moverse sobre las mismas hacia la parte donde se está produciendo mayor advección cálida. La aparición y desarrollo de los SCM parece requerir (aunque no siempre) forzamientos dinámicos marcados en niveles bajos y más débiles o nulos en niveles medios. Numerosos SCM parecen provenir de la interacción de grupos de cumulonimbus; aunque existe cierta incertidumbre en qué factores atmosféricos gobiernan esta transición.

Los SCM son componentes de la circulación de otoño en la España mediterránea y muy significativo en el Sureste y Levante peninsular, jugando un papel importante en el máximo pluviométrico del otoño. Que en el caso de permanecer los SCM cuasi-estacionarios (anclados con la ayuda del relieve) pueden llegar a producir precipitaciones próximas a 1000 mm en 24 horas —Caroig, 20/X/1982; Safor, 3/XI/1987— (Armengot, 1994). En menos de 24 horas se han llegado a recoger precipitaciones equivalentes a las de todo el año en promedio. Como ha sucedido en Cofrentes (Valencia) con 426 mm (20/X/1982); San Javier que registró 333 mm (4-XI-87); 600 mm de Zurgena (Almería) el 19-X-73 en cuatro horas y 730 mm en 30 horas (Capel Molina, 1974); 817 mm en Oliva (Valencia), el 3/XI/1987, o bien los 871 mm en Denia (Alicante) el 2/X/1957, que constituye el valor de lluvia máxima diaria más elevado de la Península Ibérica para el siglo XX (Olcina Cantos, 1999). En las dos situaciones estudiadas por nosotros, con anterioridad (noviembre de 1987 y septiembre de 1989), los SCM en la España mediterránea exhiben los rasgos generales de zonas continuas de toques de nubes con temperaturas frías, desarrollo nocturno y formas similares a los Complejos Convectivos de Mesoescala que ocurren con inusitada frecuencia en el centro y sur de los EE.UU. (Maddox, 1980) y de los Sistemas Convectivos de Mesoescala que se observan en México, tanto en la costa oriental (Tamaulipas, Nuevo León, Veracruz) como en la costa occidental (Sierra Madre Occidental, Sonora) y sector central de la costa Oeste (norte del Estado de Sinaloa) (Maddox y Howard, 1989), (Bo Chang, 1989).

En la Península Ibérica el Instituto Nacional de Meteorología español con la puesta en marcha de los Planes PREVIMET Mediterráneo, orientados a la previsión de lluvias intensas, ha permitido la vigilancia y la investigación de estos sistemas y desde el año 1989 «el Servicio de técnicas de Análisis y Predicción (STAP) se ha dedicado a identificar, archivar y generar un banco de datos objetivos extraídos de las imágenes infrarrojas de Meteosat. A partir de estos datos se pretende lograr una caracterización lo más completa posible de aspectos relevantes tales como: ciclo de vida, distribución geográfica, movimiento, tamaños, formas de evolución» (Riosalido y Carretero, 1998). El final último, desde el punto de vista meteorológico, es mejorar las técnicas de predicción de estos sistemas nubosos que provocan, en numerosas ocasiones, graves inundaciones en el mediterráneo español, preferentemente.

En este trabajo, los meteorólogos españoles Riosalido y Carretero, han llevado a cabo a través de las imágenes infrarrojas digitales del satélite METEOSAT la primera climato-

logía de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) en el entorno de la Península Ibérica. Los SCM muestran dimensiones y trayectorias que hacen imposible su estudio, a no ser a través de la utilización de información satelitaria, la cual hace viable su caracterización incluyendo todo su ciclo de vida. Han analizado un total de 67 sistemas acaecidos durante los meses de otoño entre los años 1989 y 1993, tipificando sus tamaños, duraciones, trayectorias, movimiento, ciclo de vida, distribución espacial y temporal. A través del estudio de su evolución han elaborado un modelo conceptual del ciclo de vida de los sistemas.

Los SCM son habituales en la meteorología del Mediterráneo Occidental. Se trata de sistemas organizados en la mesoescala, de un orden de magnitud mayor que las tormentas comunes, *«pero menores que los llamados Complejos Convectivos de Mesoescala (como lo demuestra el bajo porcentaje de sistemas que cumplen las condiciones de Maddox). No obstante hay que destacar que estos sistemas alcanzan tamaños máximos (área de -32°C) del orden de 90.000 km^2 (o ejes de 400 km) y duraciones en torno a las 9 horas»* (Riosalido y Carretero, 1998). El mes de septiembre es el más idóneo para la formación de los SCM. Espacialmente existe una región muy localizada donde la frecuencia de los SCM es mucho mayor, como ocurre en el borde oriental de la Península, con un máximo primario en el litoral de Gerona y un segundo máximo que se emplaza sobre el golfo de Valencia. En cuanto a su ciclo diurno, las primeras tormentas suelen acontecer entre las 12 y las 18 horas, logrando su máxima extensión entre las 18 y 21 horas. Los SCM surgen, particularmente, sobre tierra y litoral, *«por lo que se puede pensar que el forzamiento orográfico debe jugar un papel importante en el inicio de las primeras tormentas, pero aún existe un porcentaje bastante alto que nacen en el mar donde hay que pensar en la existencia de otros mecanismos de forzamiento inicial en capas bajas»* (Riosalido y Carretero, 1998). Los SCM suelen moverse en dirección Nordeste y con velocidades que no rebasan los 50 km/h , con una trayectoria parabólica, curvándose hacia el Este mientras se desplazan. Un porcentaje pequeño presenta características cuasiestacionarias durante su ciclo de vida, que a su vez son los más peligrosos potencialmente, al provocar los mayores volúmenes de precipitación.

Durante el periodo 1989-1993, en el ciclo de vida de los SCM se ha observado una primera etapa de crecimiento hasta llegar a un máximo, seguido de otra etapa de decrecimiento más veloz. Un elemento muy significativo a considerar es *«el desfase existente entre el momento en que alcanzan el máximo las áreas correspondientes a temperaturas de brillo más bajas (topes más elevados) y el resto de las áreas (alcanzándose primero los máximos en las áreas más frías). Este desfase viene a confirmar cómo la convección profunda domina durante las fases iniciales del sistema mientras que en la madurez, aún existiendo todavía convección profunda, empieza a desarrollarse un área de topes algo más cálidos soportados por el ascenso a mesoescala, fruto de la circulación interna generada por el propio SCM. No obstante hay que señalar que este ciclo de vida puede verse alterado por la existencia de interacciones y fusiones entre sistemas convectivos»* (Riosalido y Carretero, 1998). Todo ello ha dado pie a elaborar un modelo normalizado sobre el ciclo de vida de los SCM, el cual ha sido formulado mediante la evolución temporal de las áreas de dos temperaturas de referencia (-32°C y -52°C), o también utilizando el denominado índice de volumen.

Es muy conveniente continuar esta línea nueva de investigación en Climatología Dinámica en la Península, con objeto de caracterizar lo mejor posible a estos sistemas, siendo además necesario disponer de otras fuentes de información, como datos de radar, para progresar en la elaboración de modelos conceptuales, teniendo en cuenta la torrencialidad de la precipitación y las inundaciones catrastróficas que provoca.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBENTOSA, L.M. (1983): «Precipitaciones excepcionales e inundaciones durante los días 6 al 8 de noviembre de 1982 en Cataluña». *Estudios Geográficos*, XLIV, nº 170-171, Madrid, pp. 229-273.
- ARNAUD, Y. et al. (1992): «Automatic tracking and characterization of African Convective Systems on Meteosat Pictures». *J. Appl. Meteor.*, Vol 31, pp. 443-453.
- AUGUSTINE, J.A. y HOWARD, K.W. (1988): «Mesoscale Convective Complexes over the United States during 1985». *Monthly Weather Rev.*, Vol. 116, pp. 685-701.
- BARTELS, D.L. et al. (1984): «Mesoscale Convective Systems: A satellite-data based Climatology». NOAA Tech. Memo. ERL ESG8. Dept. Of Commerce, Boulder CO.63.
- BENECH, B. et al. (1993): La catastrophe de Vaison-La-Romain et les violentes précipitations de septembre 1992: Aspects Meteorologiques. *La Météorologie* 8e série nº 1, pp. 72-90.
- BERENGER, M. (1955): *Essais d'études météorologiques du Bassin Méditerranéen*. Memorial Met. Nat. Nº 40, Paris.
- BO CHANG (1989): «Impact of mexican data on the numerical weather prediction of severe convective storms in the south-central United States». En, *III Congreso Interamericano de Meteorología, Organización Mexicana de Meteorología, México, D.F.*, pp. 94-98.
- BOIX, V. (1865): *Memoria histórica de la inundación de la Ribera de Valencia en los días 4 y 5 de noviembre de 1864*. Valencia, Imprenta Doménech.
- BOSCH, M. (1886): *Memoria sobre la inundación del Júcar presentado al Ministerio de Fomento*. Madrid. Imprenta Nacional.
- CANALEJO, M. et al. (1993): *Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-90*. Nota técnica STAP nº 9, INM, Madrid.
- CANALEJO, M. et al. (1994): *Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-92*. Nota técnica STAP nº 14, INM, Madrid.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1974): «Génesis de las inundaciones de octubre de 1973 en el SE de la P. Ibérica». *Cuadernos Geográficos*, Universidad de Granada, nº 4, pp. 149-166.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1977): «Los torrenciales aguaceros y crecidas fluviales de los días 25 y 26 de octubre de 1977 en el litoral levantino y sur mediterráneo». *Paralelo 37º*, Diputación de Almería, num. 1, pp. 109-132.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1980): «Situaciones sinópticas de lluvias torrenciales en el litoral mediterráneo español». *Anales de Ciencias*, Colegio Univer. de Almería, pp. 121-138.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1983): *El clima de la España Cantábrica. Las inundaciones de agosto de 1983 en el País Vasco, Cantabria y Navarra Atlántica*. La Crónica, Almería 146 págs.

- CAPEL MOLINA, J.J. (1986): «Un fenómeno climático excepcional en Europa Atlántica. La tromba de agua de agosto de 1983 en el golfo de Vizcaya». E. Universidad Nova de Lisboa, Lisboa, pp. 125-142.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1988): Trayectorias de las gotas frías en el flanco sur europeo: Archipiélagos Ibéricos, Mediterráneo y Mar Negro. En, *Avances sobre la investigación en Bioclimatología*. C.S.I.C., Madrid, pp. 489-505.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1988): «Las lluvias torrenciales de noviembre de 1987 en Levante y Murcia». *Estudios Románicos*, Vol. 6, Universidad de Murcia, pp. 1551-1562.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1989): «Incidencia de la termoconvectividad en las lluvias torrenciales de la España mediterránea». En, *Avenidas fluviales e Inundaciones en la cuenca del Mediterránea*, C.A.M. e Instituto Universitario de Geografía, Alicante, pp. 89-105.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1989): «Convección profunda sobre el Mediterráneo español. Lluvias torrenciales en los días 4 al 7 de septiembre de 1989 en Andalucía Oriental, Murcia, Levante, Cataluña y Mallorca». *Paralelo 37º*, Diputación de Almería, 13, pp. 51-80.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1990): «Ciclogénesis violenta en el Mediterráneo. La inundación de Málaga de noviembre de 1989». *Papeles de Geografía*, Nº 16, Universidad de Murcia, pp. 9-34
- CAPEL MOLINA, J.J. (2000): *El clima de la Península Ibérica*. Ed. Ariel, S.A., Barcelona.
- CAPEL MOLINA, J.J. y OLCINA CANTOS, J. (1993): «Ondas cortas atmosféricas estivales y fenómenos tormentosos con granizo en el Sureste peninsular Ibérico». *Papeles de Geografía*, nº 19, Universidad de Murcia, pp. 1-34.
- CARRETERO, O.M. et al. (1993): *Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-91*. Nota técnica STAP nº 12, INM, Madrid.
- CLAVERO, P. (1977): *Los climas de la región Valenciana*. Dpto. de Geografía, Tesis doctoral, Universidad de Valencia.
- CLAVERO, P. y RASO NADAL, J.M. (1979): «Catálogo de tipos sinópticos para un estudio climático del Este de la Península Ibérica y Baleares». En, *Aportaciones en Homenaje al geógrafo Salvador Llobet*. Dpto. Geografía. Universidad de Barcelona, pp. 63-86.
- CORTÁZAR, D. y PATO, M. (1882): *Descripción Física, Geológica y Agrológica de la provincia de Valencia*. Madrid, Imp, M. Tello.
- ELVIRA, B.O. et al. (1996): *Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-94*. Nota técnica STAP nº 24, INM, Madrid.
- FONT TULLOT, I. (1983): «Algunas observaciones sobre las lluvias excepcionales en la vertiente mediterránea española». *Estudios Geográficos*, Vol. XLIV, C.S.I.C., Madrid, pp. 55-60.
- FONTAINE; P. (1951): «Les gouttes d'aire froid sur l'Europe, la Méditerranée et l'Atlantique E.». *La Météorologie*, au-juin, pp. 98-112.
- GARCÍA DANA, F. et al. (1982): *Situación atmosférica causante de las lluvias torrenciales durante los días 19 al 21 de octubre de 1982 en el Levante español*. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
- GARCÍA DE PEDRAZA, L. (1983): «Situaciones atmosféricas tipo que provocan aguaceros torrenciales». *Estudios Geográficos*, Vol. XLIV, nº 170-171, CSIC, Madrid, pp. 61-73.

- GARCÍA MIRALLES, V. y CARRASCO ANDREU, A. (1958): *Lluvias de intensidad y extensión extraordinarias, causantes de las inundaciones de los días 13 y 14 de octubre de 1957, en las provincias de Valencia, Castellón y Alicante*. S.M.N., Serie A (Memorias), nº 30, Madrid.
- GARCÍA-MOYA, J.A. y MATÍN, F. (1988): «Previmet Mediterráneo 87. Estudio de las inundaciones de Peguera». *Memoria del Primer Simposio Nacional de Predictores*. Madrid, pp. 85-95.
- GARCÍA SAINZ, L. (1959): «Las crecidas fluviales norteamericanas e hispanolevantineas, consecuencia del relieve en la circulación aérea». *Estudios Geográficos*, nº 74, CSIC, Madrid, pp. 5-20.
- GENOVÉS, A. y JANSÁ, A. (1988): «Caracterización estadística de las perturbaciones mesoscálicas en la región ibérico-mediterránea». *Memoria del I Simposio Nacional de Predictores*. Madrid, pp. 39-47.
- GIL OLCINA, A. (1983): «Inundaciones de octubre de 1982 en el Campo de Alicante». *Estudios Geográficos*, nº 170-171, Madrid, pp. 121-141.
- GIL OLCINA, A. (1989): «Causas climáticas de las riadas». En, *Avenidas Fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. Caja de Ahorros del Mediterráneo e Inst. de Geog, Universidad de Alicante, pp. 15-30.
- HERIN, R. y TRIZPT, J.P. (1975): «La g n se des crues dans le Bassin du Segura». *Rev. G og. des Pyrénées et du S.O.*, t. 46, fasc.4. Universit  de Toulouse, pp. 69-100.
- IRANZO BENEDITO, M. (1888): «La previsión del tiempo y su estado actual». *Las Provincias*, 31, Marzo y 1 y 4 Abril de 1888.
- IRANZO BENEDITO, M. (1889): *Ensayos de meteorología dinámica en relación a la Península Ibérica*. Valencia, Imprenta Dom nech.
- JANS  GUARDIOLA, J.M . (1959): «La masa de aire mediterráneo», *Rev. De Geofísica*, Vol. XVIII, Madrid, pp. 35-50.
- JANS  GUARDIOLA, J.M . (1963): «La corriente en chorro mediterránea». *Rev. De Geofísica, Saitibi*, Universidad de Valencia, Valencia.
- JANS , A. (1980): «Alteraciones a mesoescala del campo de presiones en el Mediterráneo occidental». *XI Jornadas Científicas y I Congreso de Meteorología Mediterránea*. Asociación Meteorológica Española. Menorca-Mallorca, pp. 71-98.
- JANS , A. (1985) «Alteraciones a mesoescala del campo de presiones en el Mediterráneo occidental» *XI Jornadas científicas. I Congreso de Meteorología mediterranea*, pp. 71-98, A.M.E. Madrid.
- JANS , A. (1988): *Inestabilidad baroclina y ciclogénesis en el Mediterráneo occidental*. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
- JANS , A. (1990): «Notas sobre análisis meteorológico mesoescalar en niveles atmosféricos bajos». Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
- LAING, A.G. et al. (1992): «Mesoscale Convective Complexes over the Indian subcontinent». *Preprints Fifth Conf. On Mesoscale Processes*, Atlanta, Georgia. AMS, pp. 371-376.
- LAING, A.G. y FRITSCH, J.M. (1993): «Mesoscale Convective Complexes in Africa». *Mon. Wea. Rev.*, 121, pp. 2254-2263.
- LAING, A.G. y FRITSCH, J.M. (1997): «The global population of Mesoscale Convective Complexes». *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, Vol. 123, pp. 389-405.

- LINÉS ESCARDÓ, A. (1956-1964): «Notas acerca de los temporales que afectaron a la Península Ibérica». *Rev. de Geofísica*, n° 58 a 92, Madrid.
- MADDOX, R. (1980): «Mesoscale Convective Complexes». *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 61, pp. 1374-1387.
- MADDOX, R. et al. (1982): «Mesoscale Convective Complexes over the United States during 1981-Annual Summary». *Monthly Weather Rev.*, Vol. 110, pp. 1501-1514.
- MADDOX, R. y HOWARD, K.W. (1989): «Mexican mesoscale convective Systems-Two case examples». *E, III Congreso Interamericano de Meteorología*. Del 14 al 18 de noviembre de 1988. Organización Mexicana de Meteorólogos, México, D. F., pp. 89-93.
- MADDOX, R. y HOWARD, K.W. (1989): «Mexican mesoscale convective Systems-large-scale. Environmental conditions». *En, III Congreso Interamericano de Meteorología*. Del 14 al 18 de noviembre de 1988. Organización Mexicana de Meteorólogos. México, D.F., pp. 395-399.
- MARTIN, F. et al. (1994): *Sistemas Convectivos de Mesoescala. Campaña Previmet Mediterráneo-93*. Nota técnica STAP n° 15, INM, Madrid.
- MEDINA, M. (1980): «Criterios iniciales para el pronóstico de meteoros violentos en el Mediterráneo Occidental». *Memoria de las XI Jornadas Científicas y I Congreso de Meteorología Mediterránea*. Menorca-Mallorca, pp. 149-170.
- MEDINA, M. (1988): *La predicción basada en teoremas de la vorticidad*. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
- MIRÓ-GRANADA, J. (1974): «Les crues catastrophiques sur la Méditerranée occidentale». *En, Flash Floods. Proceeding of the Paris Symposium*, n° 112, IASH, september, Paris, pp. 119-132.
- MIRÓ-GRANADA, J. (1983): «Consideraciones generales sobre la meteorología de las riadas en el levante español». *Estudios Geográficos*, n° 170-171, CSIC, Madrid, pp. 31-50.
- MORALES GIL, A. (1987): «Lluvias torrenciales e inundaciones del 25 y 26 de julio de 1986 en el término de Jumilla». *En, Homenaje al Profesor Juan Torres Fontes*. Academia Alfonso X El Sabio, Universidad de Murcia, pp. 1111-1124.
- MOUNIER, J. y ALMAOUB, A. (1983): «Precipitations intenses, dans les regions littorales mediterraneennes de l'Espagne». *La Météorologie*, n° 34, septiembre, pp. 85-114.
- OLCINA CANTOS, J. (1992): «Fenómenos de retrogresión estivales en el ámbito mediterráneo: Desarrollos ciclogénéticos, sistemas convectivos de mesoescala y lluvias intensas. El episodio de 27 a 7 de octubre de 1986». *Investigaciones Geográficas* n° 10. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante.
- OLCINA CANTOS, J. (1993): «Importancia de la depresión de Argel en el desarrollo de episodios de lluvia intensa que han afectado a la provincia de Alicante (1900-1990)». *En, Primer Encuentro Hispano-Marroquí de Meteorología*, Fez (Ponencia).
- OLCINA CANTOS, J. (1999): «Temporales de octubre de 1957 en el Levante español». *Nimbus*, n° 4, Universidad de Almería, pp. 129-152.
- POLOP, A. (1998): *Iranzo Benedito y la institucionalización de la climatología en Valencia*. Tesis de licenciatura. Universita de Valencia. Facultad de Geografía i Historia (mecnografiada).
- QUEREDA SALA, J. (1984): «Perturbations atmosphériques et temperature marine en Méditerranée occidentale». *Méditerranée*, n° 3, pp. 11-16.

- QUEREDA SALA, J. (1987): «Blocage et goutte froide sur le levant espagnol». *La Météorologie*, n° 27, avril, pp. 2-27.
- QUEREDA SALA, J. (1989): «Las interacciones atmósfera-océano en la climatología del Mediterráneo occidental». En, *Avenidas fluviales e inundaciones en la cuenca del Mediterráneo*. Caja de Ahorros del Mediterráneo, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante.
- RAMIS, C. et al. (1994): «The october 1987 floods in Catalonia: synotic and mesoscale mechanisms». *Met. Apps.*, 1, pp. 337-350.
- 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. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, pp. 135-148.
- RIOSALIDO, R.; RIVERA, A. y MARTÍN, R. (1988): Desarrollo de un Sistema Convectivo de Mesoescala durante la Campaña previmet Mediterráneo 87. I Simposio Nacional de Predictores, Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
- RIOSALIDO, R. y CARRETERO, O. (1998): «Sistemas Convectivos de Mesoescala: Climatología mediante imágenes de satélite». *Nimbus*, pp. 113-136.
- RIOSALIDO, R. et al. (1998): Development of a mesoscale convective system in the Spanish Mediterranean Area. Proc. 7th Meteosat Scientific Users Meeting. Madrid, 27-30, Sep. EUM P 04, pp. 375-378.
- RIVERA, A.M^a. (1985): «El servicio de Predicción del INM y los problemas mediterráneos. Experiencias y proyectos». *Steering Group meeting on Mediterranean cyclones projet*, noviembre, Palma de Mallorca, pp. 25-29.
- RIVERA, A. y MARTÍNEZ, C. (1984): «Tratamiento digital de imágenes Meteosat de alta resolución. Aplicación al caso de las inundaciones de Levante en octubre de 1982». *Rev. De Meteorología*, diciembre, Madrid, pp. 67-80.
- RIVERA, A.M^a y JUEGA, J. (1986): «SIVIM: An integrated weather surveillance system for Spain. Preprints, Second International Conference on Interactive Information and processing Systems for Meteorology, Oceanography and Hydrology». Miami, *American Meteorology Society*, pp. 34-35.
- RIVERA, A.M^a y RIOSALIDO, R. (1986): «Mediterranean Convective Systems as viewed by Meteosat. A case study. Proc. 6th Meteosat Scientific Users Meeting. Amsterdam, 25-27 Nov., EUM P 01, Vol. 1.
- RODRÍGUEZ FRANCO, P. (1958): «Máximos de viento y formación de depresiones sobre la Península Ibérica y Mediterráneo Occidental». *Rev. de Geofísica*, XVII, pp. 275-304. Madrid.
- RODRÍGUEZ FRANCO, P. (1962): «Influencia de la alta troposfera en el desencadenamiento de la inestabilidad sobre la Península Ibérica». *Rev. de Geofísica*, XXI, pp. 15-38. Madrid.
- RODGERS, D.M. et al. (1983): Annual Summary: mesoscale Convective Complexes over the United States during 1982. *Monthly Weather Rev*, Vol. 111, pp. 2363-2369.
- TOLLERUD, E.I., et al. (1992): «Cloud top characteristics of Mesoscale Convective Systems in 1986». *Preprints Symposium on Weather Forecasting, January 5-10, Atlanta, Georgia*, AMS, pp. 13-17.

- TOMÁS QUEVEDO, A. (1963): «Causas meteorológicas de las inundaciones de septiembre de 1962 en el baj Vallés, Lano de Llobregat y La Maresma». *Estudios Geográficos*, nº 91, CSIC, Madrid, pp. 137-146.
- VELASCO, I. y FRITSCH, J.M. (1987): «Mesoscale Convective Complexes in the Americas». *Journal of Geophysical Research*, Vol. 92, pp. 9591-9613.
- ZIPSER, E.J. (1982): «Use of a conceptual model of the life-cycle of mesoscales convective systems to improve very-short-range forecast, in Nowcasting, K. Browning (Ed.), Academic Press, New York, pp. 191-204.
- ZIPSER, E.J. (1987): «The evolution and structure of mesoscale convective systems as seen from satellite imagery». *Preprints Workshop on satellite and radar imagery interpretations*. Reading. EUTMETSAT.

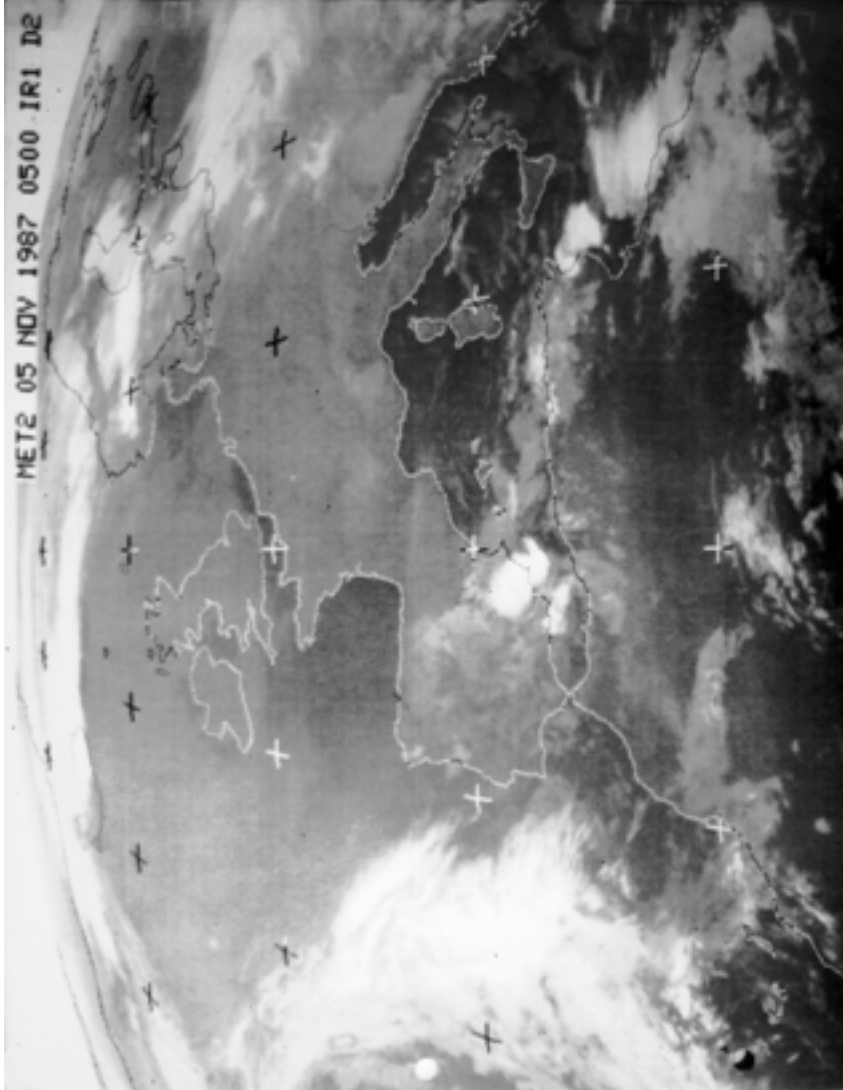


FIGURA 1. Imagen en infrarrojo de METOSAT del 5/XI/1987, a las 05:00 UTC. Se observa un Sistema Convectivo de Mesoescala sobre el Sureste peninsular, con cumulonimbos generadores de tormentas, afectando al sur de Alicante, provincia de Murcia y Mar de Palos que generaron precipitaciones torrenciales con más de 300 mm en Orihuela, San Javier y Guardamar.

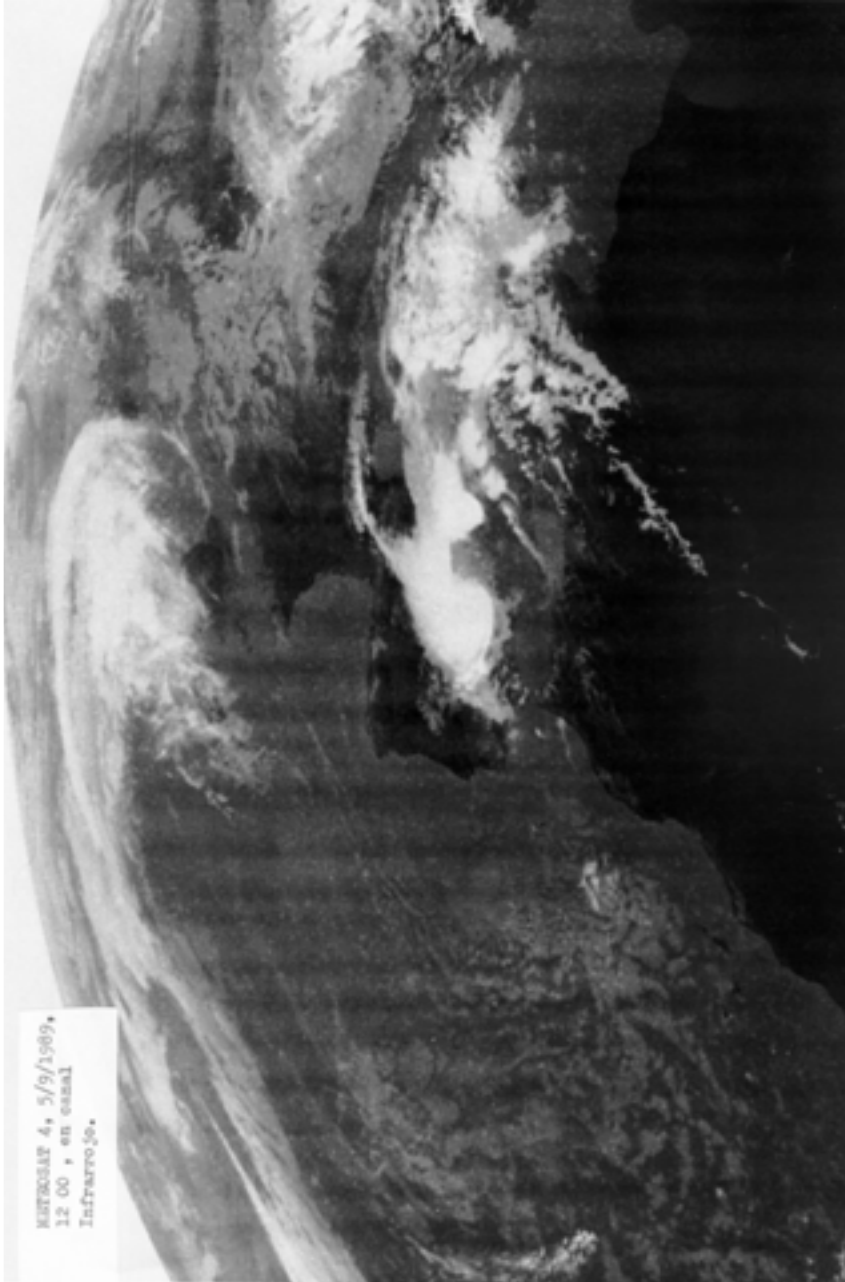


FIGURA 2. Imagen en infrarrojo del Meteosat del 5-X-1989, a las 12:00 UTC. Se observa un sistema convectivo de Mesoescala en la mitad oriental de la Península y Baleares, con cumulonimbos que provocaron intensas tormentas y aguaceros violentos en Murcia, Almería, Castilla-La Mancha, Valencia y Baleares.