

CONVECCIÓN PROFUNDA SOBRE EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL. LLUVIAS TORRENCIALES DURANTE LOS DÍAS 4 AL 7 DE SEPTIEMBRE DE 1989 EN ANDALUCÍA ORIENTAL, MURCIA, LEVANTE, CATALUÑA Y MALLORCA

José Jaime Capel Molina
Dpto. de Geografía
Universidad de Murcia

RESUMEN: Se estudia la violenta perturbación que ha afectado al Mediterráneo Español del 4-7 septiembre 1989, a través de las imágenes ofertadas por los satélites meteorológicos y que es una muestra más de la singularidad climática de esta década de los ochenta, tan pródiga en eventos meteorológicos extraordinarios.

Ciertamente, la naturaleza convectiva mesoscálica de los aguaceros torrenciales del mediterráneo español escapan a un adecuado control sinóptico. En el caso de la 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 sucesivas interacciones entre ellos, dan lugar a estructuras convectivas muy complejas, generadoras de los grandes diluvios. Este proceso mesoscálico puede ser seguido a través de las imágenes en canal infrarrojo ofertados por los satélites. El factor decisivo en la iniciación de precipitaciones intensas que genera las estructuras convectivas mesoscálicas radica en el 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 niveles bajos; hechos que ocurría en la situación de lluvias torrenciales de octubre de 1982 en Levante y Murcia (Rivera, 1987), también en la situación de lluvias torrenciales de julio de 1986 en el Sureste y flanco oriental de la *Meseta* (Capel Molina, 1988) y como aparece también en las más recientes de noviembre de 1987, en Valencia y Murcia (Capel Molina, 1989).

Palabras clave: Inundaciones. Lluvias torrenciales. Convección profunda. Climatología. Mediterráneo español.

SUMMARY: Deep convection over the spanish mediterranean. Torrential rainfall on 4th to 7th september 1989 in eastern Andalusia, Murcia, Levante, Catalonia and Mallorca.

The violent disturbance affecting the Spanish Mediterranean from 4th to 7th september 1989 is studied, using pictures from the weather satellites. The disturbance is a further instance of the unique climatic conditions in the eighties, a decade rich in strange meteorological occurrences.

To explain in adequate summary form the mesoscalic convective nature of the torrential downpurs in the Spanish Mediterranean is impossible. In the case of Mediterranean deep convection, its appearance is not fortuitous, but the result of concrete atmospheric conditions in a particular place. Through successive interaction, different nuclei of deep convection give rise to highly complex convective structures, which produce the heavy floods.

This mesoscalic process can be followed in the infrared channel pictures offered by satellites. The decisive factor in the initiation of intense precipitations, which produces the mesoscalic convective structures, is the combination in a region of the outflow of a high-level main or secondary stream with a low-level warm flow or even, at times, a stream. Such was the situation in the torrential rainfall of october 1982 in Levante and Murcia (Rivera, 1987), and also in that of july 1986 in the South East and eastern side of the *Meseta* (Capel Molina, 1988), as well as the more recent rains of november 1987 in Valencia and Murcia (Capel Molina, 1989).

Key words: Floods. Torrential rainfall. Deep convection. Climatology. Spanish Mediterranean.

De nuevo, en la época de transición verano-otoño, en alguna región de la vertiente mediterránea, esta ocasión en las provincias de Almería, Granada, Murcia, Alicante, Valencia, Castellón, Tarragona y Mallorca, se han producido intensos aguaceros en pocas horas que han originado riadas de tipo catastrófico de las que se han hecho eco los medios informativos.

Septiembre se comporta climáticamente como un mes

estival en la Península Ibérica, sobre todo, su primera quincena. El tiempo dominante es anticiclónico en la Península, permaneciendo bajo el control del aire seco tropical continental norteafricano que trae en suspensión partículas de polvo que reducen la visibilidad "calima" dando a la atmósfera un aspecto turbio que apaga el brillo de los colores. El cielo permanece despejado, en todo caso, con formación de nubes estratiformes bajas en las zonas del

FOTOGRAFÍA 1. La avenida de la Rambla de Belén en el umbral de su desbordamiento arrastró automóviles indebidamente aparcados en su lecho (7-septiembre-1989)



litoral. Tales estratos son característicos en los meses de verano en toda la franja costera del norte de África, desde el delta del Nilo al Estrecho de Gibraltar (Meteorological Office, 1962); algunos de ellos dan lugar a nubes convectivas cumuliformes aisladas que se van desarrollando en las horas centrales del día, momento en que el calor acumulado por la actividad solar es máximo y la convección más acusada.

Incluso adquirir gran dimensión vertical, cumulonimbos, desencadenándose las típicas tormentas estivales de calor, con gran aparato eléctrico y escasas lluvias, debido a que el aire sahariano posee un débil contenido de humedad relativa. El aire tropical continental de los veranos ibéricos recorre un trayecto breve sobre el Mar de Alborán de algunas decenas de Kms. en la inmediaciones del Estrecho de Gibraltar y algo más de un centenar en los sectores más orientales, lo que explica que el enriquecimiento de humedad sea mínimo.

Uno de los rasgos más notables de la circulación local de verano en el área mediterránea es la brisa marina en el litoral que interesa a una capa de aire de poco espesor. Ésta se adentra en tierra, siendo frecuente detectarla hasta 80 Km. del mar (Elías Castillo, 1984). Las brisas húmedas cuando son forzadas por la baja térmica, llegan a las cordilleras del prelitoral y pueden desencadenar inestabilidad tormentosa.

El anticiclón sahariano se intensifica desde los 1.200 m., ya nítido en las topografías de 850 mb. como lengua cálida (García de Pedraza, 1983). A modo puntual el aire cálido subtropical subsidente es sustituido por advecciones frías en altura. Cuando el aire frío bien visible a las topografías de 500 mb., se superpone sobre una advección superficial cálida, da lugar a un fuerte gradiente térmico que desencadena una intensa convección. Originándose una acusada subversión de masas de aire (frío y seco arriba; cálido y húmedo debajo) que traducen formaciones nubo-

sas importantes y copiosas lluvias en la cuenca mediterránea, si la masa de aire porta altos contenidos de humedad en niveles bajos, como conlleva el Mediterráneo. Si a esto agregamos otro factor, presencia en altura de un flujo del SW difluente —ramal secundario del chorro polar— el resultado es un incremento del disparo vertical de la nubosidad convectiva con aguaceros y tormentas, como ha ocurrido a finales del último verano.

Esta violenta perturbación que ha afectado al mediterráneo español del 4 al 7 de septiembre de 1989, y donde 11 personas perdieron la vida, en las provincias de Mallorca, Valencia, Murcia y Tarragona, es una muestra más de la singularidad climática de esta década de los ochenta, tan pródiga en eventos meteorológicos extraordinarios. En ella se ha producido el quinquenio más seco de todo el siglo XX (1981-1985), para numerosos observatorios, auténtico cataclismo climático y presumiblemente la peor sequía de España desde mediados del siglo XVIII (Font Tullot, 1988). Y el trienio más seco (1981-1983) para la España Cantábrica. Hemos asistido al invierno más seco en todo lo que va de siglo XX (invierno 1988-1989) e igualmente correspondido con una anomalía térmica positiva, nunca observada y extendida a toda Europa (Estocolmo no registró nevadas en este invierno, hecho inusual en la fría ciudad sueca).

Una de las peores olas de frío, por invasiones de aire ártico marítimo en febrero de 1983.

Uno de los meses más fríos (enero de 1985) desde que existen registros, a consecuencia de una prolongada advección de aire polar continental, ocasionando la muerte por congelación a 38 personas.

Una gran ola de calor en junio de 1981, la más fuerte de todo el siglo, para dicho mes. El verano de 1989, quizás el más cálido desde 1900, a excepción de 1949.

Lluvias torrenciales de octubre de 1982 en Valencia, Alicante, Murcia y Albacete, con grandes avenidas de los ríos Júcar, Segura.

Lluvias torrenciales de noviembre de 1982 en Pirineos y Cataluña con inundaciones de los ríos Segre y Ter.

Lluvias catastróficas en el País Vasco y Cantábrico en agosto de 1983. Gran inundación de Bilbao por el desbordamiento del río Nervión.

Aguaceros de octubre de 1985 en Cataluña y Valencia.

Lluvias torrenciales de julio de 1986 en la cuenca del Segura, Valencia y flanco oriental de Castilla-La Mancha.

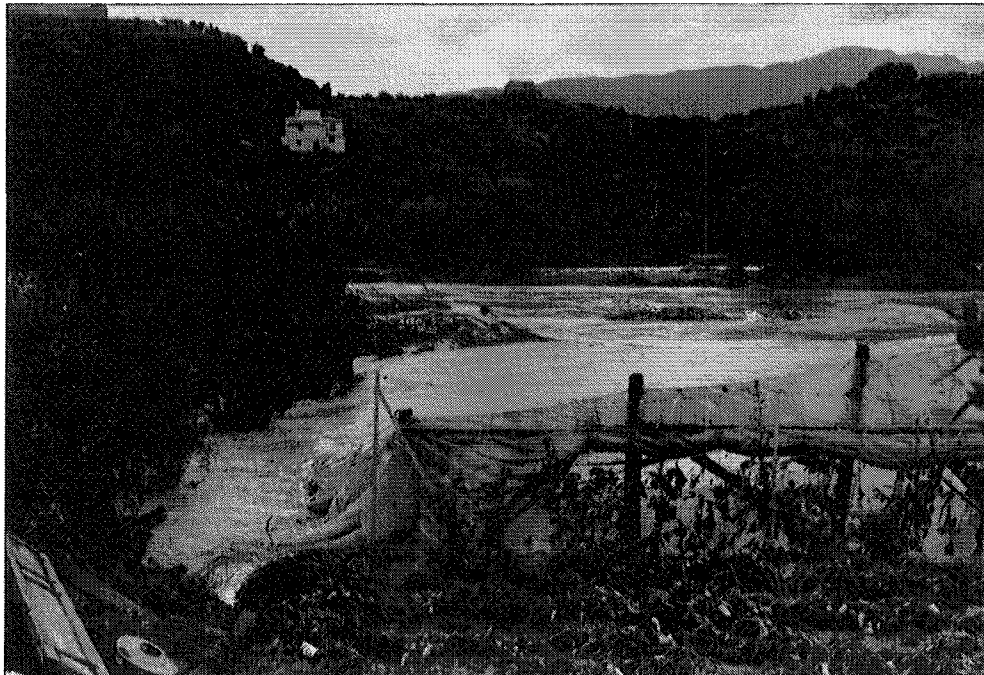
Aguaceros e inundaciones de octubre de 1987 en Cataluña.

Aguaceros torrenciales de noviembre de 1987 en el País Valenciano y Murcia.

Lluvias catastróficas de septiembre de 1989 en el litoral mediterráneo entre Almería y Barcelona. Gran avenida de los ríos Turia, Andarax, Antas y Segura.

Inundaciones de noviembre de 1989 en Málaga, por el río Guadalhorce.

FOTOGRAFÍA 2. Desbordamiento de la Rambla de Benito en su confluencia con el río Segura (Abarán), las aguas invaden las tierras cultivadas. 5 de septiembre de 1989. (Gentileza de Indalecio Maquilón).



FOTOGRAFIA 3. Aspecto del sector bajo de Abarán (Murcia) tras las torrenciales lluvias registradas durante la madrugada del 5 de septiembre de 1989. Se recogieron 212 mm. en varias horas. (Gentileza de I. Maquillón).



LA SITUACIÓN ATMOSFÉRICA DE SEPTIEMBRE DE 1989

A grandes rasgos apuntar que la formación de una gota fría sobre el Atlántico, en la región entre Canarias y cabo de San Vicente, que constituye un foco latente de actividad ciclogénica (Linés Escardó, 1953) y su posterior desplazamiento hacia el estrecho de Gibraltar, unido a una ciclogénesis en los niveles bajos con fuerte advección cálida, ha dado lugar a precipitaciones torrenciales y crecidas de ríos y ramblas del Sureste y Levante, tan desastrosas como las inundaciones de octubre de 1957 (García Miralles y Carrasco Andreu, 1958), octubre de 1973 (Capel Molina, 1974), (Miró-Granada Gelabert, 1976), octubre de 1982 (Rivera Pérez y Martínez Lope, 1983), (García Dana et Al., 1982), (Pérez Cueva y Armengot, 1983), (Rosselló Verger, 1983), (Gil Olcina, 1983) y más recientemente, los fuertes aguaceros de noviembre de 1987 (Capel Molina, 1989), (Querreda Sala, 1989), (Riosalido, R.; Rivera A. y León, F. M., 1989).

El desarrollo por parte de esta ciclogénesis de un flujo aéreo cálido y húmedo del segundo cuadrante, que incide perpendicularmente sobre las alineaciones montañosas del litoral de la España Mediterránea, la advección de aire tropical a 700 y 850 mb. en días anteriores, el aire frío de niveles altos y la marcada advección de vorticidad ciclónica en altura y los altos porcentajes de humedad fueron factores que propiciaron enormes cumulonimbos, con

aguaceros intensos. Sobre todo la cuenca baja del Almanzora, litoral almeriense, cuenca alta del Segura, Alicante, Valencia y Castellón, anotándose en 24 h. hasta 250 mm. durante la madrugada del 5 de septiembre en Laguna de La Mata y 240 mm. en Laguna de Torrevieja.

El 2 de septiembre, la dorsal atlántica subtropical del Atlántico Norte sufre un intenso basculamiento en dirección NE, empujando a la masa de aire polar a desplazarse hacia el área del cabo de San Vicente. En niveles altos de la atmósfera perdura una circulación muy fragmentada del Chorro, con bloqueo en Rusia europea y Atlántico Norte. Una amplia vaguada interesa a las costas del SW. y W. de Europa. A 500 mb., se perfila un embolsamiento de aire frío que encierra la vaguada en su sector occidental con aire a -12° sobre la vertical de Lisboa, trasladándose velozmente hacia el Sur, situándose en 40° N el día 3, con -14° sobre Lisboa. El continuo basculamiento de la dorsal atlántica hacia el NE., con eje principal orientado SW-NE, englobando las Islas Británicas, obliga a que la masa de aire polar, adquiera una componente claramente meridiana, desplazándose aún más hacia el Sur, interesando a Madeira.

A 300 mb. el día 4 de septiembre aparece la perturbación centrada más hacia el Sur, sobre la vertical de cabo de San Vicente. En superficie se define una amplia zona de presiones relativamente bajas de origen térmico sobre el Norte de África, que está advirtiendo aire cálido hacia el

Mediterráneo, con gradiente bórico grande en la mitad Sur, provocando vientos fuertes del Este.

Esta situación atmosférica se intensifica el día 5, con un frente cálido que acompaña a la advección de aire tropical continental afectando al Sureste y Levante de la Península. El sistema frontal va asociado a abundante nubosidad convectiva.

La irrupción de aire tropical continental es puesto en evidencia igualmente a la topografía de 850 mb., con baja centrada en Marruecos y entrada de aire sahariano a la Península con temperaturas de 16° sobre Madrid y 17° sobre la mitad meridional de España, como aprecia el sondeo de Gibraltar (4-IX-1989, 850 mb., 00 h.).

El día 5, la situación atmosférica evoluciona rápidamente, tanto a 500 como a 300 mb., la perturbación se centra sobre el golfo de Cádiz con -14° y -41° respectivamente, quedando aislada de la circulación como gota fría. La existencia de una difluencia en las isohipsas al nivel de 500 mb. previa

al desarrollo de ciclogénesis profunda en el golfo de Génova ha sido revelada por Mc Ginley (1982) y Radinovic (1985), mostrándose en este caso tal difluencia de una forma nítida sobre el Mar de Alborán y Sureste Ibérico. La nubosidad asociada a la gota fría aparece formando un complejo convectivo mesoscálico, de gran desarrollo vertical sobre el Sur de España y Mediterráneo Occidental. Se trata de un denso conjunto convectivo formado por la interacción continua de núcleos de convección profunda; algunos de estos núcleos aislados aparecen sobre el Mediterráneo y Norte de África. Se registran tormentas en Almería, Murcia, Granada, Valencia, Castellón y Alicante, entre los observatorios de primer orden de la Red Sinóptica Nacional. Se producen avenidas muy importantes de los ríos Andarax, Antas, Segura, Turia y Serpis. Durante la madrugada del día 5 se originan violentas tormentas en la cuenca alta del Segura anotándose 212 mm. en Abarán CH, 219 mm. en Ricote "La Calera" y 115 mm. en Cieza CH.

FOTOGRAFÍA 4. El río Andarax en su curso bajo (Pechina), en donde se aprecia la gran avenida (7-septiembre-1989).



FOTOGRAFIA 5. El río Segura en su curso bajo, a su paso por la ciudad de Murcia. La altura del agua alcanzó 6,5 m. sobre su nivel, normal, tras las lluvias torrenciales en su cuenca alta (5-septiembre-1989)



Igualmente se producen violentas tormentas en el centro de la Meseta, así en la provincia de Toledo, el observatorio de Quintanar de la Orden anotó algo más de 250 mm., quedando inundada la ciudad. El núcleo de convección profunda que generó el régimen de lluvias torrenciales en la cuenca del Segura se traslada hacia el NE, afectando a Valencia y archipiélago balear, sobre todo, el sector Suroccidental y este de Mallorca, produciéndose violentísimos chubascos en las primeras horas de la madrugada del día 6 de septiembre, con caídas muy superiores a los 100 mm. en la mayor parte de los observatorios de este sector isleño. Las mayores intensidades se dan entre “el Sur del término municipal de Manacor y el Norte del de Felanitx, junto a las estribaciones de los picos de So na Moixa, Mola des Fangas y San Salvador Santuèvi, con más de 200 mm.” (M. Grimalt, A. Rodríguez-Perea, 1989). Anotándose en el observatorio de Picot una cantidad superior a 250 mm. en

24 h., constituyendo la precipitación de ese día, el máximo histórico para algunos observatorios de la isla: Cala Rajada (198 mm.), Port de Manacor (196 mm.), Felanitx (192 mm.), Sa Rapita (183 mm.), Sant Llorenç (171 mm.), Cala Millor (139 mm.), Portocolom (135,5 mm.), Son Crespí Vell (Manacor) (135 mm.), Cas Busso (Lucmajor) (112,5 mm.).

En la provincia de Valencia destacan: 250 mm. en Masana, 215 mm. en Tabernes, 200 mm. en Betera y 173 mm. en el aeropuerto de Valencia “Manises”. La inestabilidad en Castellón fue notoria, con caídas de 165 mm. en la capital, 150 mm. en Almanzora, 140 mm. en Villareal y 120 mm. en Burriana.

Durante el día 7 de septiembre, dentro de la amplia zona de bajas presiones que afecta al Norte de África y P. Ibérica aparecen una serie de mínimos relativos cerrados, con depresión fría en altura muy bien definida sobre ese lugar

predilecto que configura la región Madeira-Canarias. La perturbación mostraba una acusada difluencia de las isohipsas sobre el Sureste y Levante, ocasionando tormentas, por la fuerte succión que ejerce el aire de los niveles inferiores, posibilitando la formación de grandes masas nubosas. El mapa correspondiente a las 12 h. del 7 de septiembre muestra a la depresión fría centrada sobre cabo de San Vicente, reactivizada con -15° a 500 mb. A las topografías de 500 y 300 mb. hay un Chorro secundario del SW sobre Sureste y Levante, con difluencia y divergencia al salir al Mediterráneo. Igualmente se perfila la entrada a 850 y 700 mb. de un flujo de aire cálido y seco procedente de África y dirigido hacia la Península. Ambos factores (flujo del SW en altura y flujo tropical del Sur en niveles bajos) se conjugan simultáneamente acelerando la inestabilidad de la atmósfera.

En superficie la baja del Mar de Alborán voltea aire mediterráneo hacia las costas del Sureste y Levante, donde

es aspirado hacia arriba con gran violencia por la corriente difluente superior (Chorro del SW). El aire al ascender va condensándose su humedad (bastante elevada, por ser aire mediterráneo) formando focos potentes de nubosidad convectiva de gran desarrollo, Cu y Cb., como testimonia la imagen en infrarrojo de METEOSAT.

Se desencadenan violentas tormentas en el litoral almeriense y murciano, destacando 98 mm. en Almería "Aeropuerto", 107 mm. en Puerto Lumbreras, 150 mm. en Cuevas de Almanzora, 100 mm. en El Algar y Puerto de Mazarrón.

En Baza se registraron 180 mm.

La intensificación del anticiclón europeo centrado al oeste de Gran Bretaña y extendido ampliamente a Europa Central, junto con la formación de la perturbación en el Mar de Palos, intensifica un flujo de vientos de Levante hacia las costas orientales de España, viéndose obligado a ascender por los arcos montañosos litorales. Del 8 al 9 de septiembre,

FOTOGRAFÍA 6. Las lluvias de gran intensidad horaria producen abarrancamientos y pérdida de suelos fértiles. Término municipal de Tabernas (7-septiembre-1989)



FOTOGRAFIA 7. Fotografía desde el aire del puente sobre la carretera provincial 327 a su paso por el río Antas, en las cercanías de Vera. El volumen de agua rebasó los 1.000 m³/seg. en un cauce siempre seco todo el año (7-septiembre-1989)



la gota fría sigue un continuo proceso de relleno con -13° en Madrid y -11° en Murcia y Gibraltar a 500 mb., al mismo tiempo que se desplaza al interior de la Península y es absorbida por la circulación zonal.

Las imágenes en infrarrojo muestran un proceso mesocálido como es la formación e interacción de distintos núcleos de convección profunda.

CAUSAS METEOROLÓGICAS DE LAS PRECIPITACIONES TORRENCIALES

La documentación que atesoran los archivos eclesiásticos y municipales se halla jalonada por continuas referencias a un problema que se presenta, con matices e intensidad distintos, como un elemento omnipresente en el devenir histórico de la España mediterránea. En todos los casos el denominador común, en el desencadenamiento de tormentas y avenidas de ríos, puede situarse en la coincidencia de su estacionalidad, en tanto suelen ocasionarse preferentemente en otoño. Los anales hidrológicos evidencian este

hecho en su periodicidad secular. Las lluvias torrenciales, de gran intensidad horaria y las inundaciones tienen una mayor querencia por el otoño, entre la segunda mitad de septiembre y la primera de noviembre.

En la génesis de las lluvias catastróficas que interesan, preferentemente, a la orla mediterránea de la Península, suelen converger una serie de factores (García Sainz, 1959), (García Dana et al., 1982), (García de Pedraza, 1983), (Tomás Quevedo, 1963, 1972), (Miró-Granada Gelabert, 1976, 1983), (Capel Molina, 1974, 1977), (Albentosa, 1983), (Quereda Sala, 1984, 1989); mas entre todos ellos quizás la temperatura de la superficie del mar es la que ha gozado del favor entre la comunidad científica, a través de la intensa evaporación que genera en las épocas más cálidas del año, suministrando a la atmósfera enormes volúmenes de vapor de agua. Así pues, las temperaturas altas del agua superficial del Mediterráneo Occidental, circunvalado de relieves, presta cierta autonomía a las masas de aire que se estancan, en momentos en que la circulación general muestra un elevado índice, posibilitando la formación de nubosidad convectiva. Para algún autor (Quereda Sala, 1989), cree

haber llegado al corazón de problemática tan diversa, el conocimiento del estado térmico de la superficie marina puede aportar espectaculares progresos en la previsión de períodos de lluvias torrenciales en el Mediterráneo. Opinión que nosotros no compartimos: la explicación debería ir ligada a la dinámica atmosférica de las capas altas. Según este criterio del autor anterior, difícilmente podría entenderse las lluvias torrenciales de primavera e incluso acaecidas en pleno invierno en el mediterráneo español, cuando las temperaturas marinas son bastante bajas.

Las cadenas Béticas, estribaciones del Sistema Ibérico y Cordillera Costero-Catalana, juegan un papel importante por el efecto de disparo en el ascenso forzado del aire. Máxime cuando estos relieves se encuentran escalonados altitudinalmente, facilitando el represamiento de los flujos de aire, con desarrollo de núcleos convectivos. La ausencia de vientos o muy débiles, a consecuencia de una gradiente débil de presión en superficie, propicia la ascensión y los cumulonimbos. La alta temperatura superficial y la fuerte evaporación generan altas tensiones de vapor, factor necesario que conlleva aguaceros de gran intensidad horaria.

La incidencia del aire frío en las capas altas, vaguada o

gota fría, en las proximidades o interior de la Península, en este último caso, el aire frío queda aislado de su fuente polar, gastando su energía en violentas tormentas. En el caso de vaguada en altura, con frente frío estacionario en superficie, se revitaliza dando lugar a frontogénesis muy activas, con ascensos violentos del aire mediterráneo, condensándose su enorme capacidad higrométrica, con nubes convectivas.

De gran interés es la irrupción de aire cálido en superficie, bien visible entre 850 y 700 mb., hacia el área de mayor inestabilidad, provocando un fuerte gradiente térmico vertical. Igualmente, la presencia en la rama ascendente de una vaguada o en el borde oriental de una gota fría de una difluencia de las isohipsas provoca una fuerte succión de la masa superficial, acelerando su ascenso, forzando el efecto de disparo y desencadenando inestabilidad convectiva.

Un 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), (Capel Molina, 1989), (Riosalido, R.; Rivera, A. y León, F. M., 1989) y que

FOTOGRAFIA 8.- En Pueblo Laguna las aguas alcanzaron dos metros de altura, tras el desbordamiento del río Antas (17-septiembre-1989)



FOTOGRAFÍA 9. Lamentable aspecto de la urbanización Pueblo Laguna, en la desembocadura del río Antas, tras las tormentas del 7-septiembre-1989



muestran un gran paralelismo con investigaciones sobre complejos convectivos realizados por Maddox para los EE. UU. (Maddox, 1980, 1983), (Bo Chang, 1988) y México (Maddox y Howard, 1988).

Ciertamente, la naturaleza convectiva mesoscálica de los aguaceros torrenciales del mediterráneo español escapan a un adecuado control sinóptico. En el caso de la 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 sucesivas interacciones entre ellos, dan lugar a estructuras convectivas muy complejas, o Sistema Convectivo de Mesoescala, generadoras de los grandes diluvios. Este proceso mesoscálico puede ser seguido a través de las imágenes en canal infrarrojo ofertados por los satélites meteorológicos. El factor decisivo en la iniciación de precipitaciones intensas que genera los

Complejos convectivos de Mesoescala radica en el 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 niveles bajos. Hecho que ocurrió en la situación meteorológica de lluvias torrenciales de octubre de 1982 en Levante y Murcia (Rivera, 1987), también en la situación de lluvias torrenciales de julio de 1986 en el altiplano murciano, Valencia y flanco oriental de Castilla-La Mancha (Capel Molina, 1987) y como aparece también en las graves inundaciones y tormentas de noviembre de 1987 y septiembre de 1989.

En el Mediterráneo, sólo en casos excepcionales se identifican estas estructuras convectivas que Maddox denominó a principios de la década de los ochenta con el término de Complejo Convectivo de Mesoescala. Su definición, está fundamentada en criterios extraídos de las imágenes en canal infrarrojo de satélites meteorológicos y

es muy restrictiva en cuanto a su tamaño. Comúnmente es más habitual observar en el área Subtropical Mediterránea, estructuras convectivas de menor tamaño, con similares apariencias. Sin embargo, en octubre de 1982, noviembre de 1987 y septiembre de 1989, se cumplen—grosso modo—estas condiciones. Para otros autores, el Sistema o Complejo Convectivo de Mesoescala debe de estar ligado a la estructura nubosa con un sistema de circulación, siempre Cumulonimbos, los que en un momento dado, contribuyen a una cobertura común de nubes en las capas altas de la atmósfera (Zipser, E. 1987). Una vez que el complejo convectivo se ha formalizado, su evolución y comportamiento en las horas siguientes parece depender más de su propia circulación interna de Mesoescala que de la estructura sinóptica siempre que ésta no experimente grandes cambios. Por consiguiente “el ciclo de vida de un Sistema Convectivo de Mesoescala debe de estar íntimamente ligado al desarrollo de esta circulación interna y debe de reflejarse en la evolución de esa cobertura continua de toques fríos en la imagen de satélite que caracterizan a esos sistemas” (Riosalido, Rivera y León, 1989). Maddox para analizar el ciclo de vida de un Complejo Convectivo de Mesoescala utiliza en su definición las isotermas de (-32° y -52°) para la cobertura continua de toques fríos de Cumulonimbos, en infrarrojos.

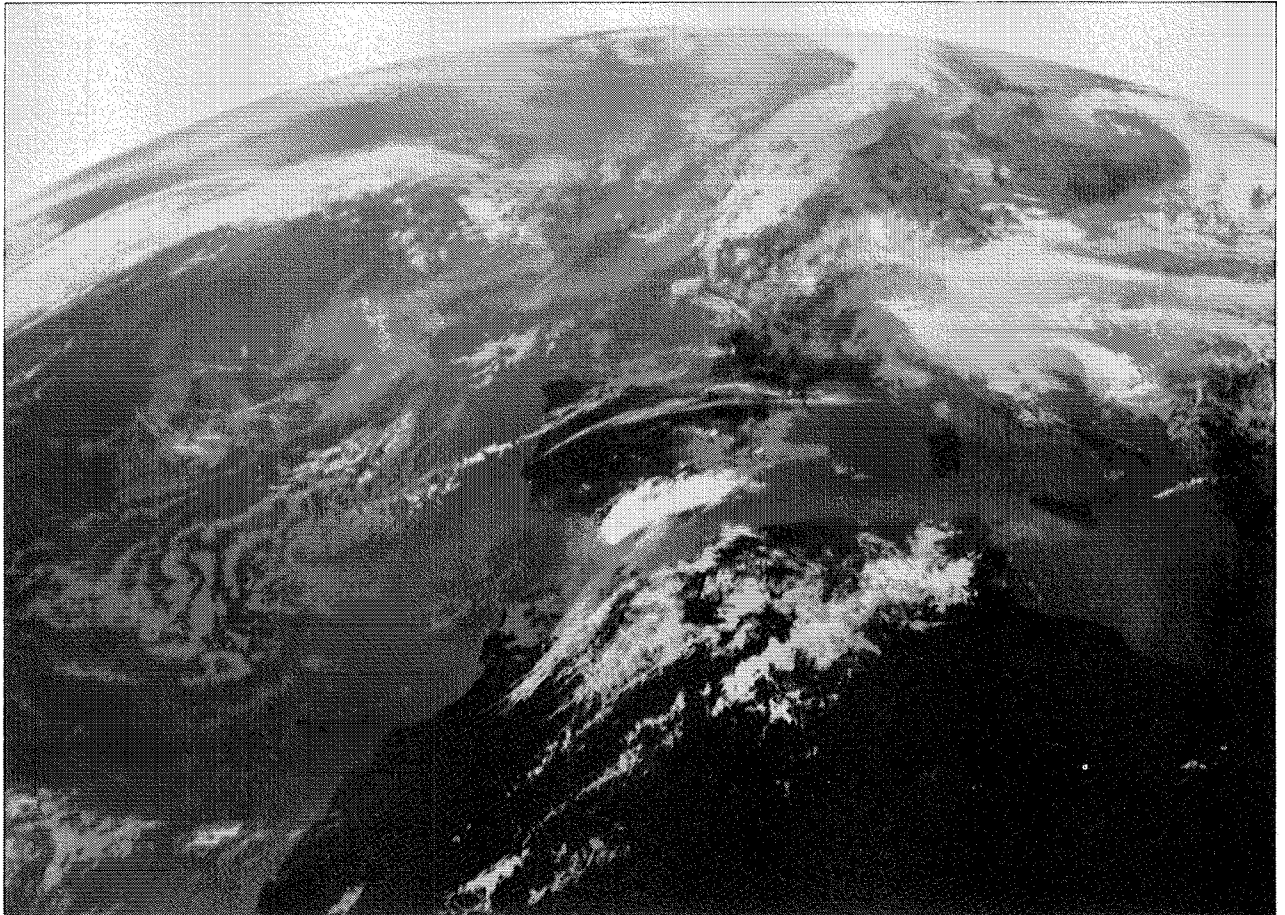
La situación atmosférica excepcional de precipitación tormentosa torrencial durante los días 4 al 7 de septiembre de 1989, es un ejemplo clarificativo. El traslado de la perturbación ciclónica en altura sobre la capa inferior

cálida de superficie, acusó una fuerte inestabilidad atmosférica y generó procesos termodinámicos muy intensos. El desplazamiento de la perturbación (en altura hacia el Este) adiciona al flujo cálido del Sur en Superficie una corriente del Suroeste difluente en altura, originando movimientos verticales y de turbulencia que incentivaron la proliferación de columnas convectivas ascendentes, desarrolladoras de enormes cumulonimbos. Apuntar una vez más (frecuente en los meses de junio a septiembre) que la gota fría no mostraba temperaturas muy bajas en la topografía de 500 mb., y, sin embargo, la inestabilidad que desencadenó fue a la postre muy intensa localmente, con tormentas y aguaceros bastante generalizados en la España mediterránea. Los procesos estudiados inducen a *resaltar que en esta ciclogénesis violenta ha tenido un papel protagónico la yuxtaposición de dos factores en el área del Sureste y Levante español: Chorro del Suroeste en las capas altas de la atmósfera, 300 y 500 mb., con difluencia y divergencia al salir al Mediterráneo, y de un flujo (chorro térmico) del Sur cálido y seco en niveles bajos, patente entre 850 y 700 mb., procedente de África, y posteriormente humidificado a su paso sobre el Mediterráneo.* Todo ello ha originado la formación de grandes cumulonimbos, núcleos de convección profunda que por sucesivas interacciones entre ellos han dado lugar a estructuras convectivas de mesoescala más complejas, responsables de la torrencialidad de las precipitaciones en la franja litoral española mediterránea.

FOTOGRAFÍA 10. Ayalancha de materiales detérricos sobre la CN-340, tramo Almería-Aguadulce (7-septiembre-1989). Sector portuario de Almería



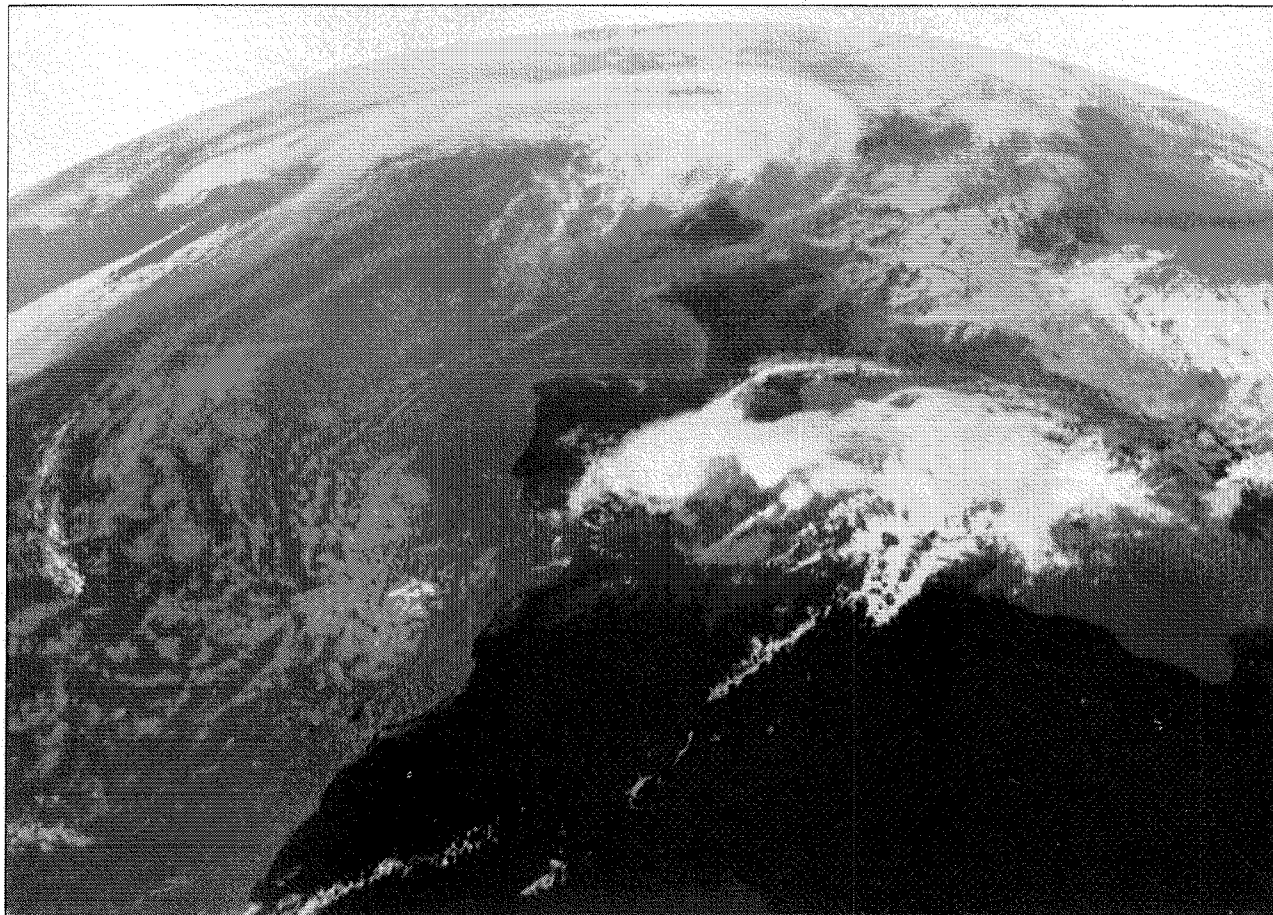
LÁMINA 1. Imagen de METEOSAT 4, en canal infrarrojo del 4 de septiembre de 1989, a las 12 h. (T. M. G.). Sobre el territorio Sur y Sureste peninsular aparece nubosidad convectiva —a modo de frente nuboso—, asociado al flanco oriental de una vaguada planetaria de las capas altas, centrada en el cabo de San Vicente. La difluencia de las isobipsas y la existencia de un chorro secundario del SW con salida al Mar de Alborán y Levante, genera Cúmulos y Cumulonimbos de gran desarrollo vertical.



“METEOSAT - © METEO FRANCE”

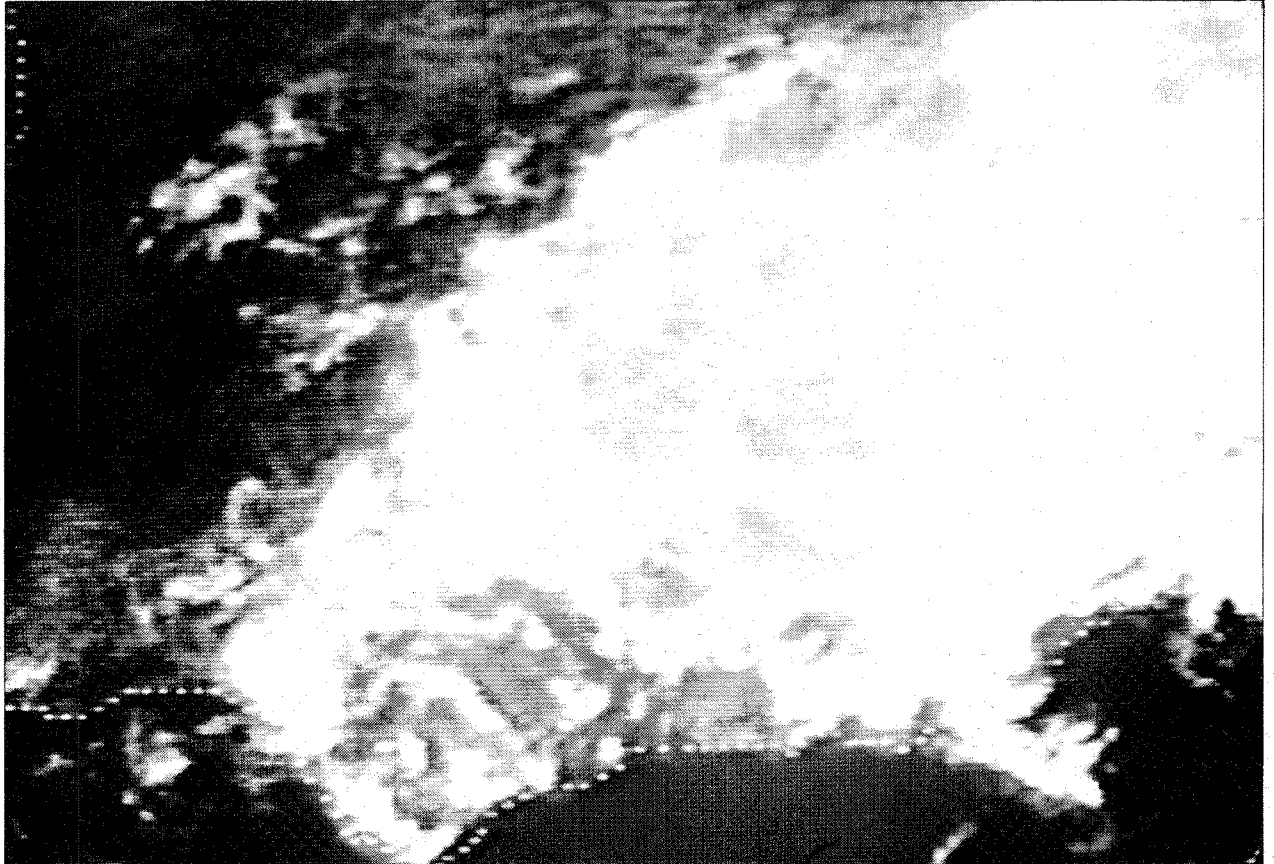
CONVECCIÓN PROFUNDA SOBRE EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL. LLUVIAS TORRENCIALES DURANTE LOS DÍAS 4 AL 7 DE SEPTIEMBRE DE 1989 EN ANDALUCÍA ORIENTAL, MURCIA, LEVANTE, CATALUÑA Y MALLORCA

LÁMINA II. La imagen infrarroja de METEOSAT 4, del 5 de septiembre de 1989, a las 12 h. (T. M. G.), muestra la existencia de diferentes núcleos de convección profunda (con nubosidad convectiva muy desarrollada) asociados a la gota fría. Uno de ellos muy amplio se sitúa centrado sobre el cuadrante suroccidental de la Península. Otro bien definido interesa al archipiélago balear. Igualmente, aparecen otros núcleos sobre el Mediterráneo Occidental. Se originan precipitaciones que en algunos observatorios mediterráneos superan 200 mm. en 24 horas: provincias de Alicante, Murcia y Valencia.



“METEOSAT - © METEO FRANCE”

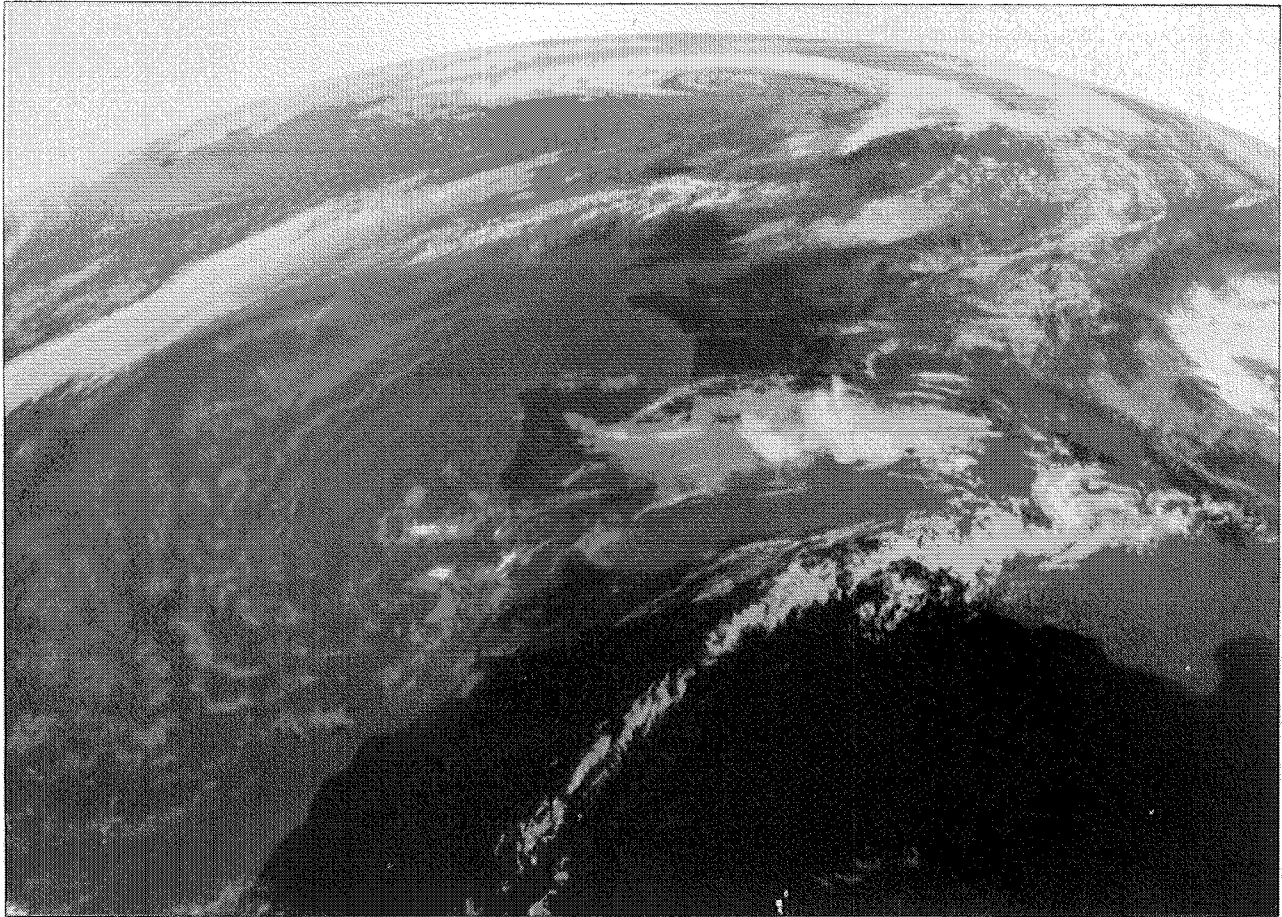
LÁMINA III. La imagen visible de METEOSAT 2, del 5 de septiembre de 1989, a las 11 h. 30' (T. M. G.), evidencia abundante nubosidad convectiva en toda la España Mediterránea. Con núcleos convectivos muy desarrollados que provocan tormentas y lluvias intensas.



“METEOSAT 2 - Departamento de Geografía. Universidad de Murcia”

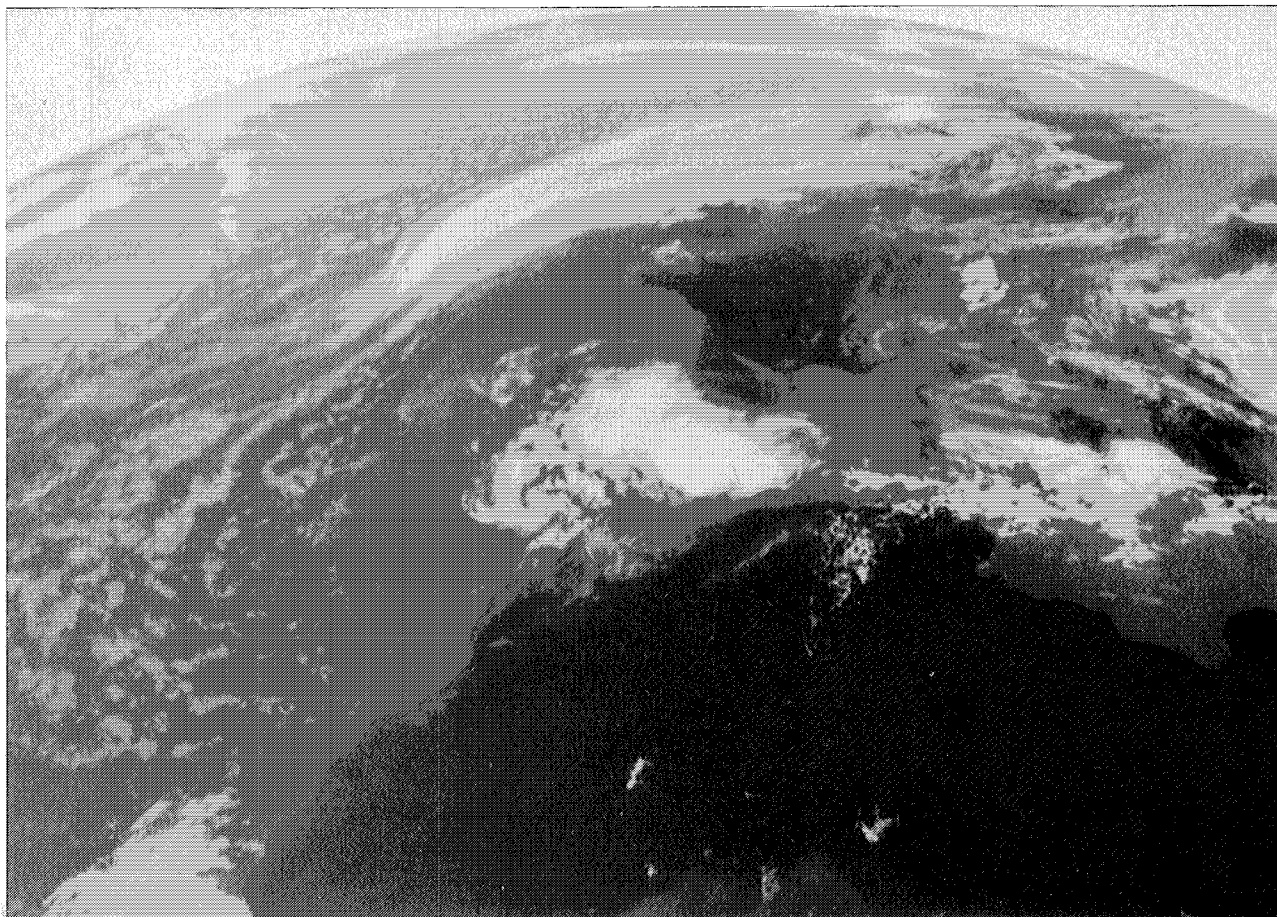
CONVECCIÓN PROFUNDA SOBRE EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL. LLUVIAS TORRENCIALES DURANTE LOS DÍAS 4 AL 7 DE SEPTIEMBRE DE 1989 EN ANDALUCÍA ORIENTAL, MURCIA, LEVANTE, CATALUÑA Y MALLORCA

LÁMINA IV. La imagen en canal infrarrojo de METEOSAT 4, del 6 de septiembre de 1989, a las 12 h. (T. M. G.), muestra escasa nubosidad en España, sólo se observa un núcleo de convección profunda sobre el sur de Cataluña y Norte del archipiélago Balear.



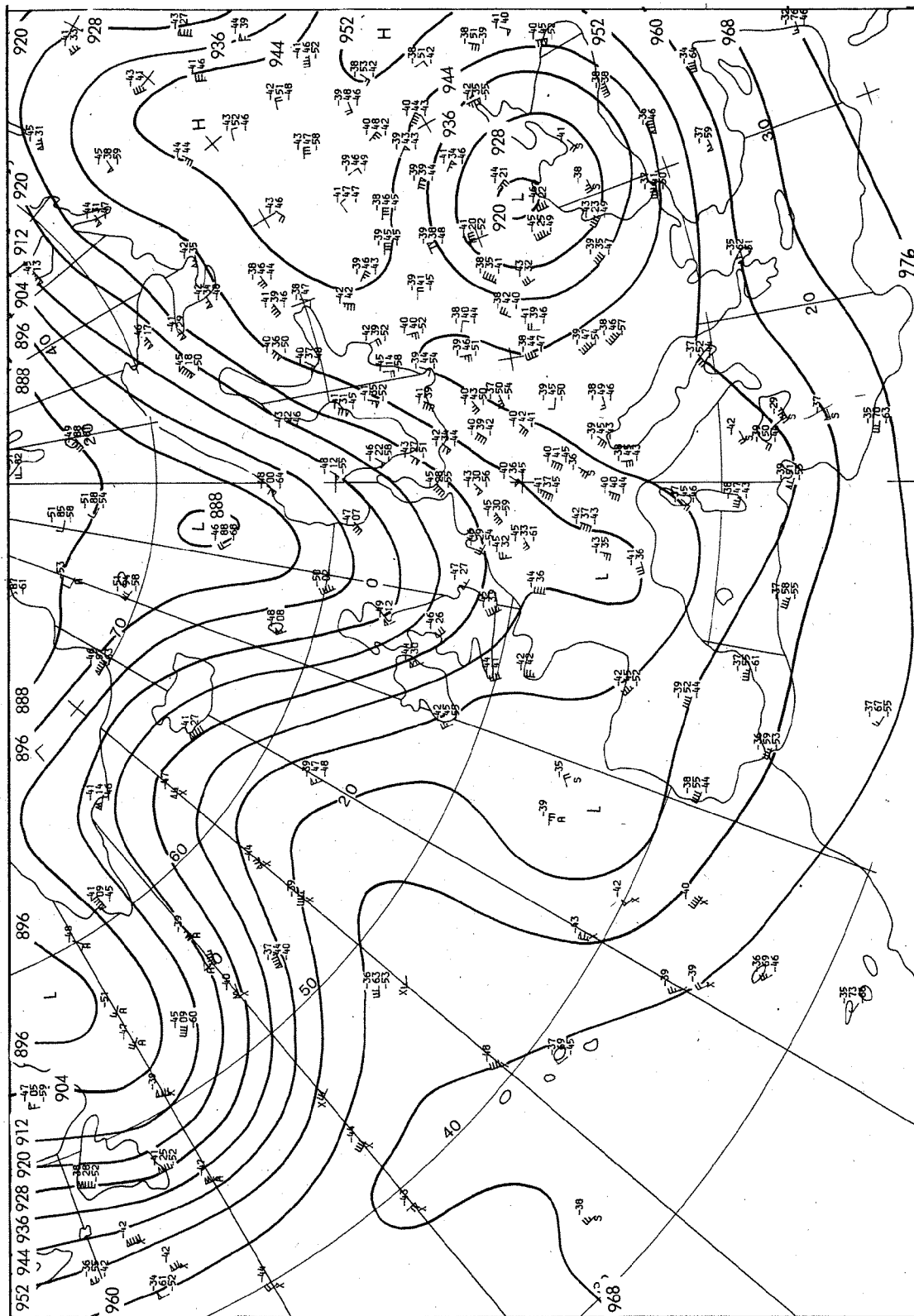
"METEOSAT - © METEO FRANCE"

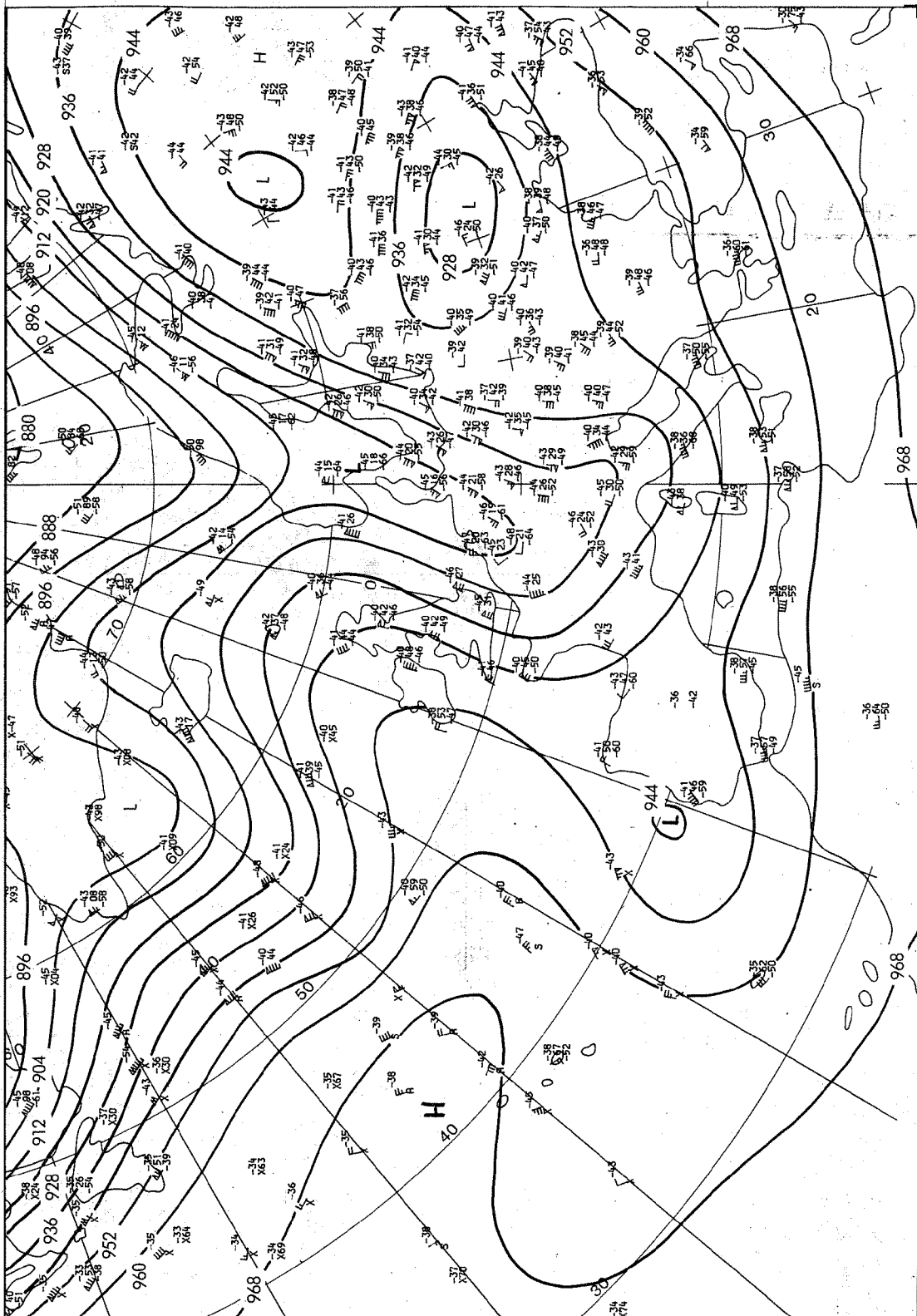
LÁMINA V. El canal infrarrojo de METEOSAT 4, del 7 de septiembre de 1989, a las 12 h. (I. M. G.), aprecia una estructura convectiva muy compacta afectando al Sureste, País Valenciano y Castilla-La Mancha. Igualmente se aprecia el centro de la gota fría centrada sobre el golfo de Cádiz y cabo de San Vicente. El acoplamiento de un chorro secundario del Suroeste con difluencia y divergencia al salir al Mediterráneo (Mar de Alborán), y Sureste ibérico y un flujo cálido entre 850 mb. y 700 mb. provocó una fuerte succión de la capa cálida y húmeda superficial que era forzada a ascender con rapidez, condensándose velozmente. Se originan grandes Cumulonimbos y lluvias torrenciales, desde Almería hasta el sur de Cataluña.



“METEOSAT - © METEO FRANCE”

CONVECCIÓN PROFUNDA SOBRE EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL. LLUVIAS TORRENCIALES DURANTE LOS DÍAS 4 AL 7 DE SEPTIEMBRE DE 1989 EN ANDALUCÍA ORIENTAL, MURCIA, LEVANTE, CATALUÑA Y MALLORCA

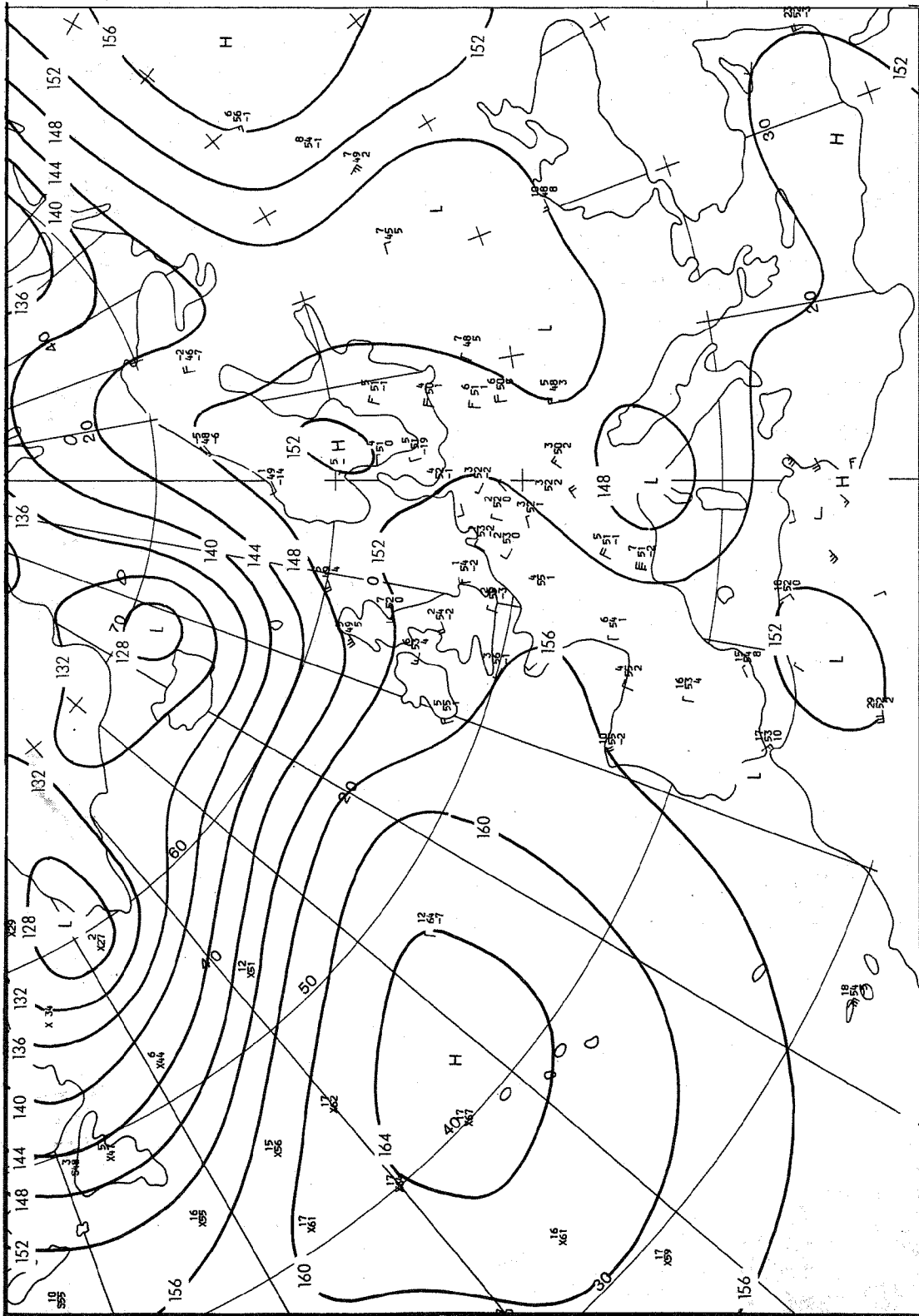


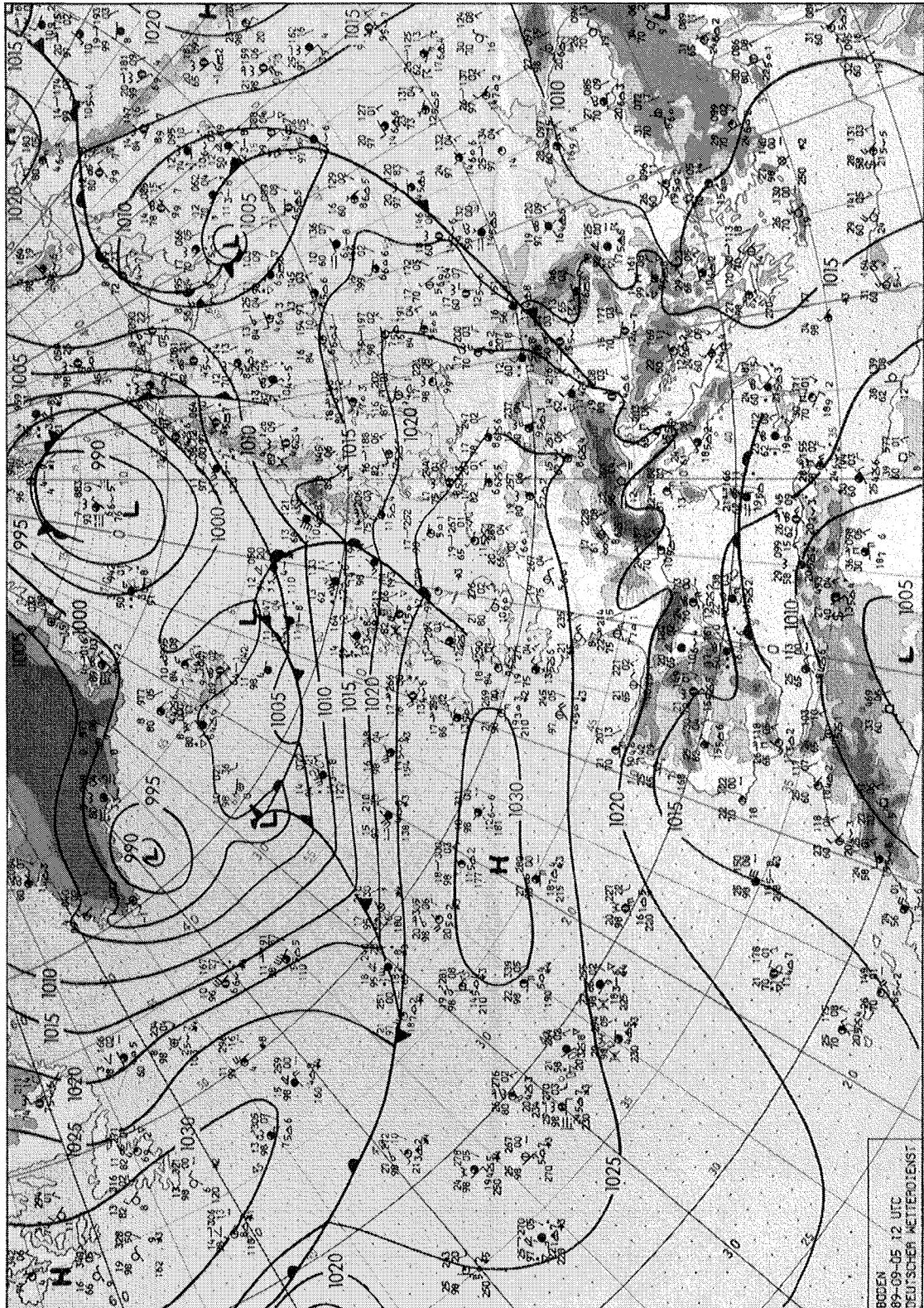


300 HPg 60 JTC

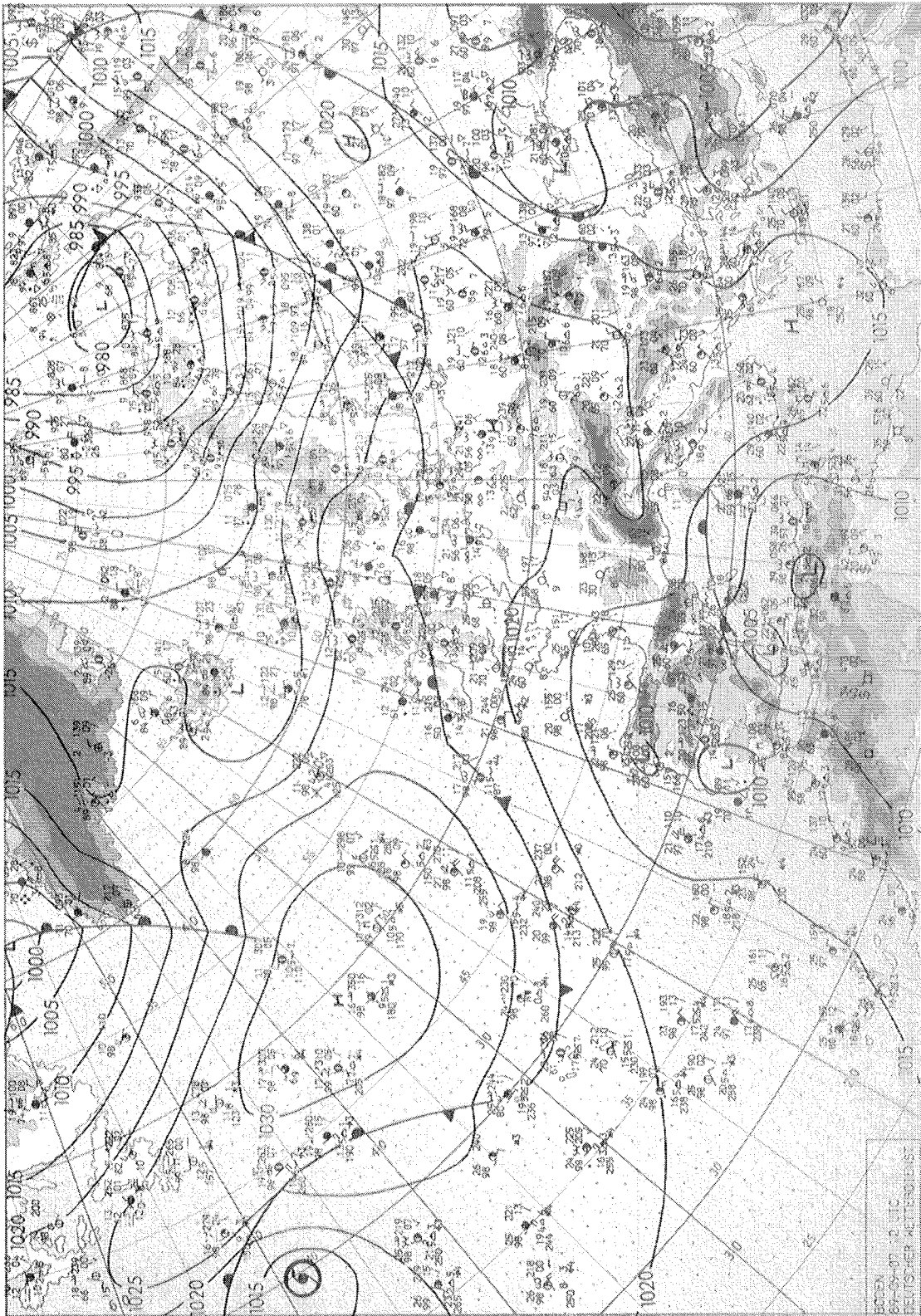
CONVECCIÓN PROFUNDA SOBRE EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL. LLUVIAS TORRENCIALES DURANTE LOS DÍAS 4 AL 7 DE SEPTIEMBRE DE 1989 EN ANDALUCÍA ORIENTAL, MURCIA, LEVANTE, CATALUÑA Y MALLORCA

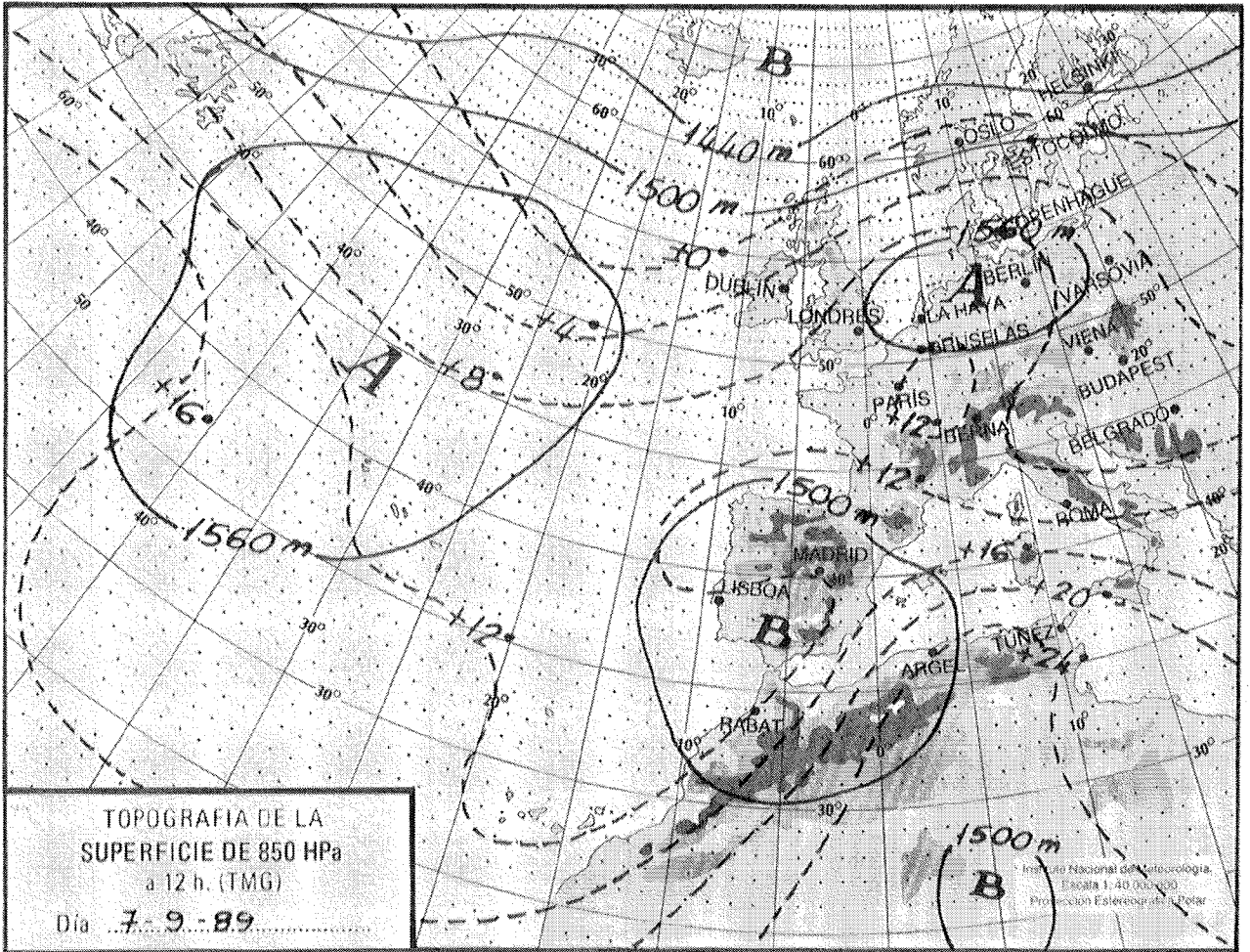
04.09.1989



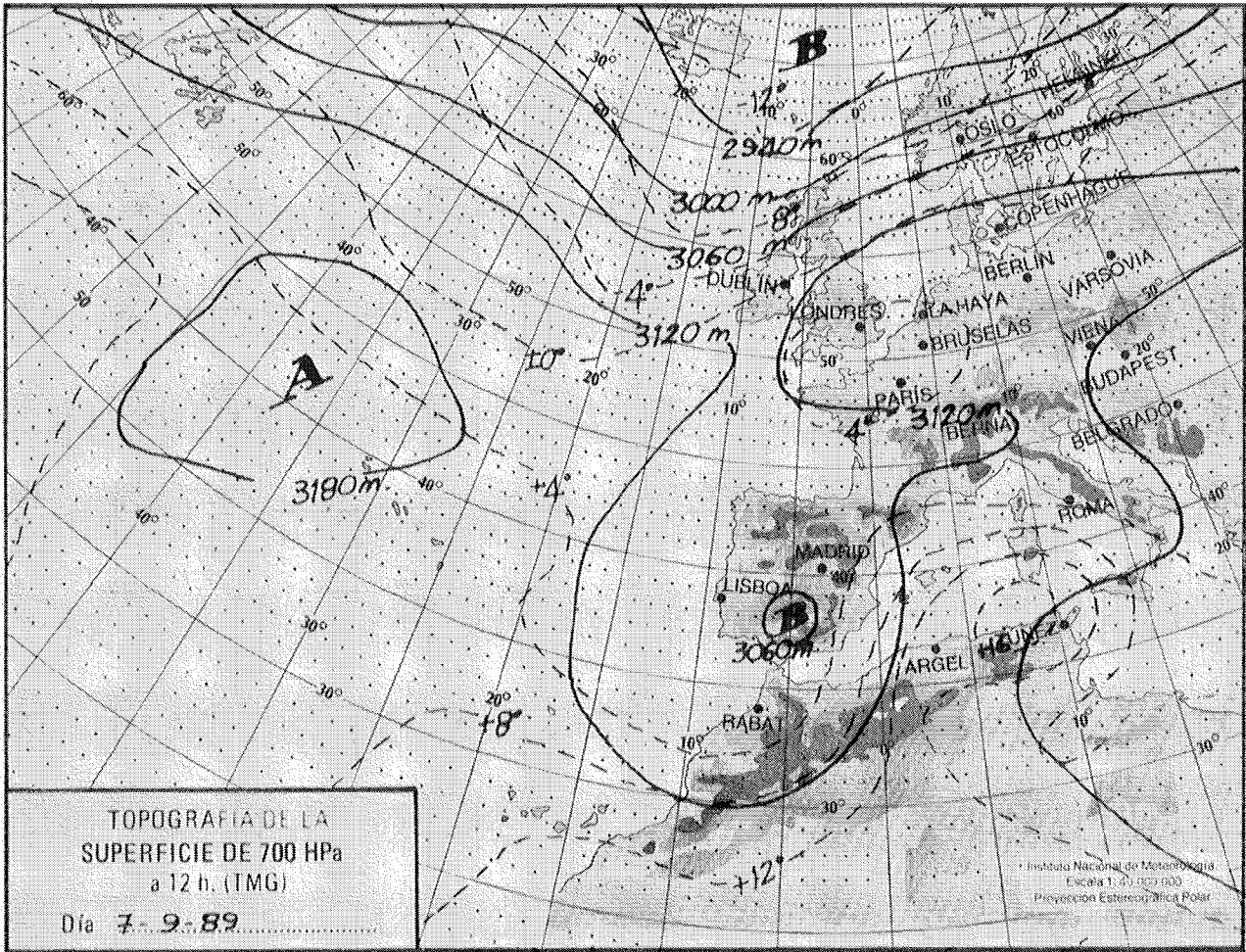


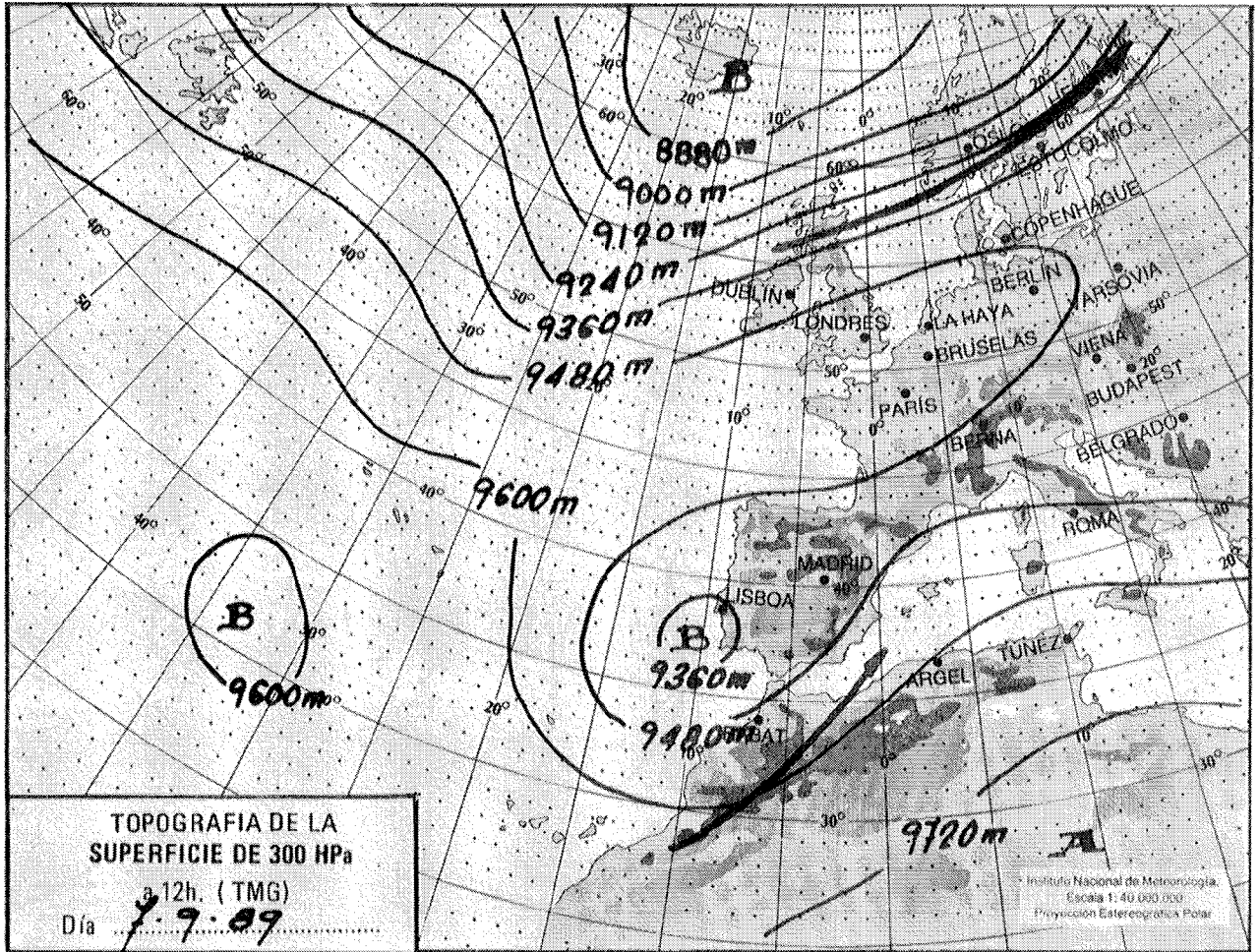
CONVECCIÓN PROFUNDA SOBRE EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL. LLUVIAS TORRENCIALES DURANTE LOS DÍAS 4 AL 7 DE SEPTIEMBRE DE 1989 EN ANDALUCÍA ORIENTAL, MURCIA, LEVANTE, CATALUÑA Y MALLORCA



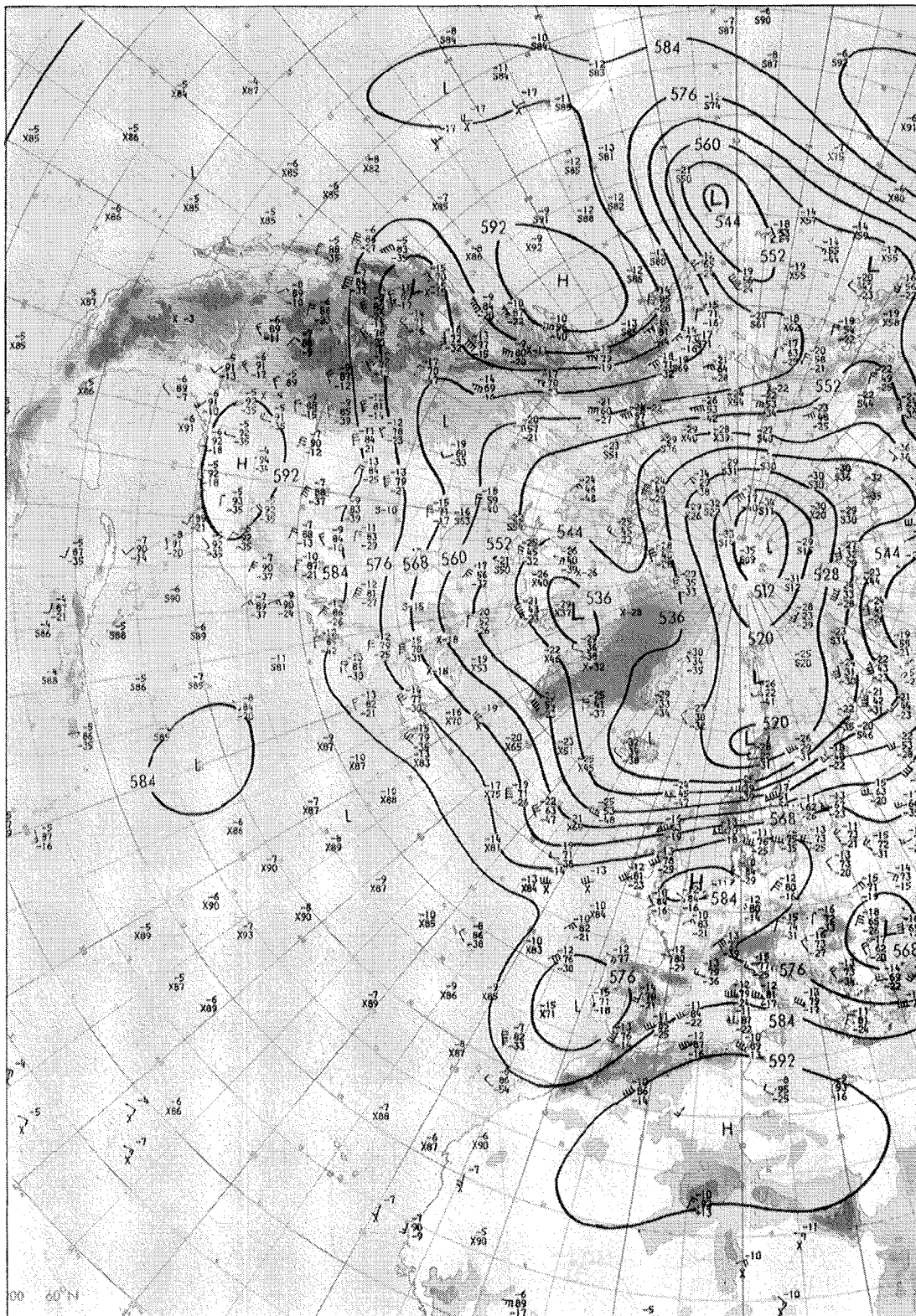


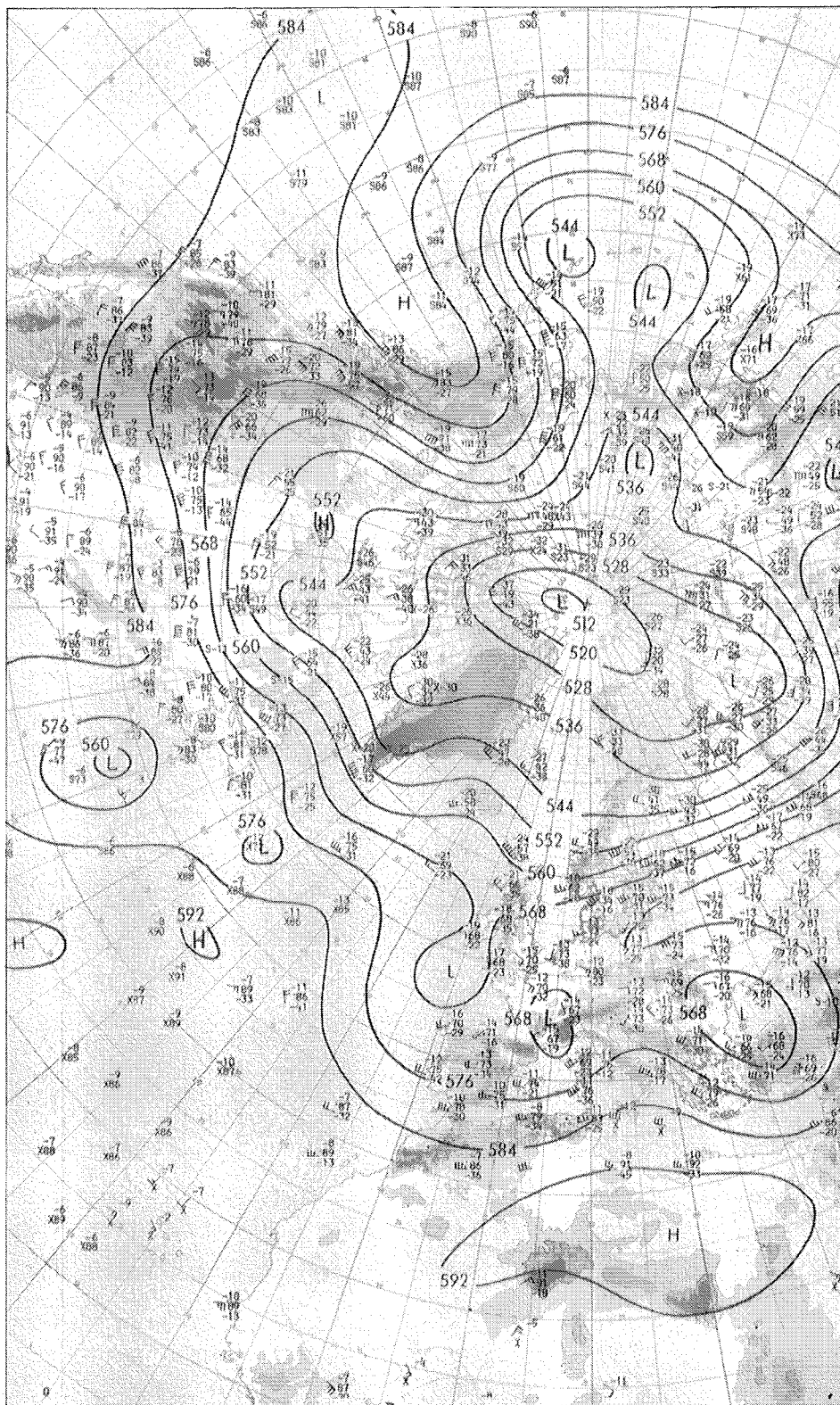
CONVECCIÓN PROFUNDA SOBRE EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL. LLUVIAS TORRENCIALES DURANTE LOS DÍAS 4 AL 7 DE SEPTIEMBRE DE 1989 EN ANDALUCÍA ORIENTAL, MURCIA, LEVANTE, CATALUÑA Y MALLORCA





CONVECCIÓN PROFUNDA SOBRE EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL. LLUVIAS TORRENCIALES DURANTE LOS DÍAS 4 AL 7 DE SEPTIEMBRE DE 1989 EN ANDALUCÍA ORIENTAL, MURCIA, LEVANTE, CATALUÑA Y MALLORCA





BIBLIOGRAFÍA

- ALBENTOSA SÁNCHEZ, L. M. (1983): "Precipitaciones excepcionales e inundaciones durante los días 6 al 8 de noviembre de 1982 en Cataluña". *Estudios Geográficos*. XLIV. núms. 170-171, Madrid, pp. 229-273.
- ÁVILA RIVAS, F. et AL. (1989): "La gota fría del 6 de enero de 1989. Evolución y actividad". Primer Simposio Nacional de Predictores del I. N. M. - I. N. M. Madrid, pp. 23-38.
- BALLESTER, M.; JANSÁ, A. y RAMIS, C. (1982): "Ondas cortas atmosféricas con interacciones aire-masa en el Mediterráneo". *Rev. de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. LXXVI, pp. 692-698.
- BO CHANG, (1988): "Impact of mexican data on the numerical weather prediction of severe convective storms in the south-central United States". III Congreso Interamericano de Meteorología, Organización Mexicana de meteorólogos. México, D. F., pp. 94-98.
- BURTON I. y MOON, K. (1971): "The perception of the hazardousness of a place". International Geographical Congress. Budapest.
- BUZZI, A., and SPERANZA, A. (1983): "Cyclogenesis in the Lee of the Alps". In "Mesoscale Meteorology-Theories Observations and Models (ed. Lilly and Gal-Chen), NATO ASI Series, C-114.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1974): "Génesis de las inundaciones de octubre de 1973 en el Sureste de la P. Ibérica". *Rev. Cuadernos Geográficos*. Universidad de Granada, 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 de la P. Ibérica". *Paralelo 37º*, núm. 1, Colegio Universitario de Almería, pp. 109-132.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1980): "Situaciones de lluvias torrenciales en el litoral mediterráneo español". *Anales de Ciencias*. Colegio Universitario de Almería, pp. 121-138.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1981): *Los climas de España*. Oikos-Tau, Barcelona.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1983): "Situaciones sinópticas de lluvias intensas en la Meseta Castellana". *Anales de Geografía*. Universidad Complutense, Año III. Madrid, pp. 105-123.
- 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*.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1985): "Das Unwetter vom August 1983 im Kantabrischen Spanien (Baskeland, Kantabrien und Atlantisches Navarra)". *Erkunde, Archiv. Für Wissenschaftliche Geographie*. Bonn. pp. 152-157.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1987): "Inundaciones y avenidas de los ríos de Almería". *Boletín del Instituto de Estudios Almerienses*, núm. 7, Ciencias, pp. 25-42.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1989): "Incidencia de termoconvectividad en las lluvias torrenciales de la España Mediterránea". En *Avenidas fluviales e Inundaciones en la Cuenca del Mediterráneo*. Instituto de Geografía y Caja de Ahorros del Mediterráneo, pp. 89-105.
- CAPEL MOLINA, J. J. (1989): "Las lluvias torrenciales de noviembre de 1987 en Levante y Murcia". *Estudios Románicos*, Vol. 6. Homenaje al Profesor Luis Rubio III, Universidad de Murcia, pp. 1.551-1562.
- ELÍAS CASTILLO, F. (1984): "Criterios climatológicos para la definición de la región mediterránea". En *III Jornadas de Cultura Árabe e Islámicas*. Instituto Hispano-Árabe de Cultura, Madrid, pp. 7-20.
- CASTEJÓN CHACÓN, J. (1986): "Nota sobre las inundaciones de Levante de los días 19-20 de octubre de 1982". *Rev. de Meteorología*, A. M. E., Madrid, diciembre, pp. 41-44.
- DOSWELL, C. A. (1982): "The Operational Meteorology of Convective Weather". Vol. I: Operational Mesoanalysis. NOAA Tech. Memorandum NWS NSSFC-5, Kansas City (Mi).
- DOSWELL, C. A. (1985): "The Operational Meteorology of Convective Weather". Vol. II: Storm Scale Analysis. NOAA Tech. Memorandum ERL ESG-15, Boulder (Co).
- DURÁN VALSERO, J. J. y LAMAS ROMERO, J. L. (1985): "Las inundaciones de Andalucía". En *Geología y Prevención de daños por Inundación*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 335-411.
- FONT TULLOT, I. (1983): "Algunas observaciones sobre las lluvias excepcionales en la vertiente mediterránea española". *Estudios Geográficos*, XLIV, Madrid, núms. 170-171, pp. 55-60.

- FONTTULLOT, I. (1988): **Historia del clima de España. Cambios climáticos y sus causas**. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, 297 pp.
- GARCÍA DANA et Alt. (1982): **Situación atmosférica causante de 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**, XLIV, núms. 170-171, Madrid, pp. 61-73.
- GARCÍA DE PEDRAZA, L. y GARCÍA SANJUÁN, J. (1979): "Caracteres agroclimáticos del año". Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
- 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**. Servicio Meteorológico Nacional. Madrid.
- GARCÍA SAINZ, L. (1959): "Las crecidas fluviales norteamericanas e hispanolevantinas, consecuencia del relieve en la circulación aérea". **Estudios Geográficos**, núm. 74. Madrid, pp. 5-20.
- GIL OLCINA, A. (1983): "Lluvias excepcionales en la noche del 19 al 20 de octubre de 1982 y riada del Barranco de las Ovejas". **Lluvias torrenciales e inundaciones en Alicante**, Alicante, pp. 5-24.
- GRIMALT GELABERTH, M. (1989): Aproximació a una geografia del risc a Mallorca. Les inundacions. Tesí Doctoral. Universitat de les Illes Balears. 3 vols. + atlas.
- GRIMALT GELABERTH, M. Y RODRÍGUEZ PEREA A. (1989): "Cabals màxims al Llevant i Migjorn de Mallorca durant les revingudes del setembre de 1989". *Treballs de Geografia*, núm. 42, Universitat de les Illes Balears, pp. 7-18.
- JANSÁ CLAR, A. (1974): "Investigación del máximo pluviométrico de España peninsular". **Rev. Geofísica**, XXX. Madrid, pp. 17-32-49.
- JANSÁ A. (1978): "Inestabilidad baroclina y ciclogénesis en el Mediterráneo occidental". Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- JANSÁ, A. (1986): "Respuesta marina a perturbaciones mesometeorológicas: La Rissaga de 21 de junio de 1984 en Ciutadella (Menorca)". **Rev. de Meteorología**, junio, Madrid, pp. 5-29.
- LINES ESCARDO, A. (1981): Perturbaciones típicas que afectan a la P. Ibérica y precipitaciones asociadas. I. N. M., Pub. A-80, Madrid.
- LINES ESCARDO, A. (1953): "Los temporales de las Islas Canarias". **Estudios Geográficos**, XIV, Madrid, pp. 345-361.
- LINES ESCARDO, A. (1970): **The climate of the Iberian Peninsula**. Climates of Northern and Western Europe. C. C. Wallen. World Survey of Climatology, Vol. 5 Amsterdam.
- MADDOX, R. A. (1979): "A methodology for forecasting heavy convective precipitation and flash flooding". *National Weather Digest*, 4, 30-42.
- MADDOX, R. A. (1980): "Mesoscale Convective Complexes". **Bull. Amer. Meteorol. Soc.**, 61, pp. 1.374-1.387.
- MADDOX, R. A.; CHAPPELL, C. F. and HOXIT, L. R. (1979): "Synoptic and Meso-alfa Scale Aspects of Flash Flood Events". *Bull. Amer. Met. Soc.*, 60, 115-123.
- MADDOX, R. A.; CANOVA, F. and HOXIT, L. R. (1980): "Meteorological Characteristics of Flash Flood Events over the Western United States". *Mon. Wea. Rev.*, 108, 1.866-1.877.
- MADDOX, R. A. ; DOSWELL, C. A. (1982): "An examination of jet stream configurations, 500 mb. vorticity advection and low level thermal advection patterns during extended periods of intense convection". *Mon. Wea. Rev.* III, pp. 1.475-1.492.
- MADDOX, R. A.; HOWARD, K. W. (1988): "Mexican mesoscale convective Systems-Two case examples". III Congreso Interamericano de Meteorología, Organización Mexicana de Meteorólogos, México, D. F., pp. 89-93.
- MARTÍN VIDE, J. (1989): "Precipitaciones torrenciales en España". **Rev. de Geografía Norba**, Universidad de Extremadura, Cáceres, pp. 63-72.
- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1974): "Les crues catastrophiques sur la Méditerranée occidentale". **Flash Floods. Proceeding of the Paris Symposium**. September, 1974. IAHS Publ. núm. 112, pp. 119-132.

- MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1983): "Consideraciones generales sobre la meteorología de las riadas en el Levante español". **Estudios Geográficos**. XLIV, núms. 170-171. Madrid. pp. 31-50.
- MOUNIER, M.M. y AUMOUB (1983): "Precipitations intenses dans les regions littorales mediterraneennes de l'Espagne". **La Météorologie**, núm. 34, septembre, pp. 85-104.
- PÉREZ CUEVA, A. J. y ARMENGOT SERRANO, R. (1983): "El temporal de octubre de 1982 en el marco de las lluvias torrenciales en la cuenca del bajo Júcar". **Cuadernos Geográficos**, pp. 32-33, Valencia.
- PONCET J. (1975): "L'interêt du concept de cataclyme". **L'Espace Géographique**, núm. 1, Paris.
- QUEREDA SALA, J. (1984): "Perturbations atmosphériques et temperature marine en Méditerranée occidentale". **Rev. Mediterranée**, núm. 3, pp. 11-16.
- QUEREDA SALA, J. (1989): "Blocage et goutte froide sur le levant Espagnol". **La Météorologie**, n.º 27, avril, pp. 2-7.
- RADINOVIC, D. (1985): "On the development of orographic cyclones". Technical Report 50. ECMWF. Reading.
- RAMIS, C. y JANSÁ, A. (1983): "Condiciones meteorológicas simultáneas a la aparición de oscilaciones del nivel del mar de amplitud extraordinaria en el Mediterráneo Occidental". **Rev. de Geofísica**, 39, Madrid, pp. 35-42.
- RAMIS, C., y JANSÁ, A. et Al. (1986): "Convección sobre el Mediterráneo Occidental: Estudio sinóptico y observación remota". **Rev. de Meteorología A. M. E.**, junio, pp. 59-82.
- RIVERA PÉREZ, A. y MARTÍNEZ LOPE, C. (1983): "Tratamiento digital de imágenes METEOSAT de alta resolución. Aplicación al caso de las inundaciones de Levante en octubre de 1982". **Rev. Meteorología**, diciembre, Madrid, pp. 67-80.
- RIVERA, A. (1985): "El servicio de Predicción del INM y los problemas mediterráneos. Experiencias y proyectos". **Steering Group meeting on Mediterranean cyclones project**. Palma de Mallorca, pp. 25-29, noviembre 1985.
- (1987): **Estudio preliminar de la dinámica troposférica en la situación de lluvias torrenciales mediterráneas del 19 al 21 de octubre de 1982**. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid (en prensa).
- RIVERA, 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, **Flda., Amer. Meteor. Soc.**, pp. 34-35.
- RIVERA, A. y RIOSALIDO, R. (1986): "Mediterranean Convective Structures as viewed by METEOSAT imagery". Conference of METEOSAT scientific users. Amsterdam. Nov.
- RIOSALIDO, R.; RIVERA, A. y LEÓN, F. M. (1989): "Desarrollo de un sistema convectivo de Mesoescala durante la campaña Previment Mediterráneo 87". Primer Simposio Nacional de Predictores del I. N. M. - I. N. M., Madrid, pp. 67-84.
- ROSELLÓ VERGER, V. et. Alt. (1983): "La riada del Júcar (octubre 1982)". **Cuadernos de Geografía**, núms. 32-33.
- SÁNCHEZ EGEA, J. (1968): "Situaciones de tiempo en la P. Ibérica". **Rev. de Aeronáutica y Astronómica**, núm. 327, febr., Madrid.
- SHAPIRO, M. A. (1982): "Mesoscale Weather Systems of the Central United States". CIRES-NOAA-University of Colorado, Boulder (Co).
- TOMÁS QUEVEDO, A. (1963): "Causas meteorológicas de las inundaciones de septiembre de 1962 en el bajo Vallés. Llano de Llobregat y La Maresma". **Estudios Geográficos**, núm. 91. Madrid, pp. 137-146.
- (1972): "Las inundaciones de septiembre de 1971 y sus causas". **Miscellanea Barcinonensia**, XXXII, Barcelona, pp. 125-141.
- ZIPSER, E. J. (1987): "The evolution and structure of mesoscale convective systems as seen from satellite imagery". Preprints Workshop on satellite and radar imagery interpretation. Reading. EUTMETSAT.