

PREDICTIBILIDAD DE PRECIPITACIONES INTENSAS EN EL AREA MEDITERRANEA UTILIZANDO IMAGENES SATELITE Y OTROS DATOS

J.J. RIVERA y J. JORGE

Dpto. de Meteorología i Ciència del Sòl. Universitat Politècnica de Catalunya.
Escola Universitaria Politècnica de Manresa. Avda. de les Bases, 61-73. Manresa. BARCELONA

RESUMEN

Se ponen de relieve las ventajas de las imágenes satélite en la predicción de precipitaciones muy intensas frente a la sola utilización de datos convencionales: mapas sinópticos, sondeos, radar, modelos numéricos. Se describe la técnica de predicción a muy corto plazo IFFA y se aplica a un caso concreto de sistemas convectivos en la Península.

Palabras clave: Sistemas convectivos, Método bi-espectral, Ciclo de vida, Yunque, Imagen primaria, Imagen secundaria.

ABSTRACT

This paper presents the advantage of satellite images for estimating heavy rainfall. The NESDIS operational convective precipitation estimation technique is described and used to analyze one case of convective system on the Iberian Peninsula.

Key words: Convective system, Bi-spectral method, Cycle-of-life, Anvil, High-resolution picture, Low-resolution picture (WEFAX).

1. INTRODUCCION

En los últimos años está adquiriendo cada vez más importancia la utilización de imágenes de satélites meteorológicos geoestacionarios (GOES, METEOSAT, etc), en el campo de la predicción meteorológica, agrometeorología, hidrología y en estudios climatológicos.

En el área mediterránea, las precipitaciones intensas, objeto de nuestro estudio, son producidas predominantemente por sistemas convectivos de mesoescala. En el estudio de tales sistemas las imágenes satélite tienen ventajas respecto a los datos convencionales: medidas con pluviómetros, análisis de mapas sinópticos y radar.

La red de pluviómetros de intensidad es, a menudo, muy escasa y, por tanto, ineficaz para medir las precipitaciones intensas de tipo convectivo, dada la extrema localización y distribución espacial irregular de éstas.

Los mapas sinópticos, por sí solos, no son tampoco una herramienta adecuada, dado que frecuentemente suelen pasar desapercibidos en ellos detalles de mesoescala que desempeñan un papel importantísimo en el desarrollo de sistemas convectivos productores de precipitaciones intensas.

En cuanto a los radares, éstos producen datos de alta resolución espacial y temporal pero tienen una cobertura escasa y no son utilizables cuando las condiciones meteorológicas afectan a la propagación de la señal.

Las imágenes de satélite geoestacionario producen datos con una muy buena resolución temporal, una imagen cada media hora, y una resolución espacial suficiente, entre 2,5 y 8 km actualmente, y mayor en el futuro, (Bizarrri, 1988) para este tipo de estudios. Es obvio que para un estudio profundo en meteorología se hace necesario utilizar todos los datos disponibles citados.

Desde hace algunos años se vienen utilizando diferentes técnicas en la predicción y estimación de precipitación mediante satélite; son técnicas que están aún en fase de ajuste y, constantemente aparecen estudios que introducen mejoras e incorporan nuevos factores a tener en cuenta.

Básicamente se pueden dividir dichas técnicas en:

- a) Índice de nubes, (Turpeinen, et al. 1987).
- b) Ciclo de vida, "life-history" (Stout, et al. 1979), una versión actual es conocida con el nombre de técnica IFFA (Scofield, 1987).
- c) Método bi-espectral (Lovejoy and Austin, 1979).
- d) Técnica pasiva por microondas (Barret, et al. 1988).
- e) Técnica activa por microondas (Radar instalado en satélite) (Simpson, et al. 1988).

Operativamente, las técnicas más extendidas en Europa y E.U. son las tres primeras, en sistemas como FRONTIERS (U.K.), METEOTEL y ARAMIS (Francia), McCAIDAS (España), ADMIT, BIAS, IFFA (Remote Sensing Unit, Univ. Bristol), etc.

La técnica de índice de nubes se utiliza para valorar a posteriori la cantidad de precipitación caída en una amplia zona, en periodos de días o meses. La técnica IFFA analiza el ciclo de vida de los sistemas convectivos y predice la precipitación que caerá en una zona determinada durante la siguiente media hora a la última imagen tomada.

Utiliza imágenes IR, VIS, mapas sinópticos, sondeos e imágenes radar. No contempla por el momento el factor orográfico, este hecho es de gran importancia en la zona Mediterránea si tenemos en cuenta que la orografía es, frecuentemente, uno de los factores determinantes en el desarrollo de procesos convectivos importantes de esta zona (Querada 1985; Llasat, 1985).

La técnica bi-espectral es una técnica de predicción; utiliza los canales VIS e IR del satélite conjuntamente, lo cual significa que no es operativa, o lo es con menor fiabilidad, durante la noche. Este hecho es de gran importancia en el área Mediterránea si tenemos en cuenta que, por ejemplo, en la costa del Levante Español, las precipitaciones más intensas suelen producirse por la noche o al alba (Querada, 1985).

Por otro lado, ninguna de las técnicas citadas utiliza el canal vapor de agua (WV), presente éste en el Meteosat. Hay estudios recientes que indican la utilidad que puede tener la inclusión de este canal en la predicción de precipitación mediante satélite.

Es de destacar también que en la predicción mediante modelos numéricos, los fenómenos convectivos de mesoescala, pueden pasar desapercibidos por ser, a menudo, de tamaño inferior o similar a las celdas utilizadas en los modelos actuales.

El objetivo del presente trabajo es ensayar la aplicación a nuestro ámbito geográfico de la técnica de predicción de precipitaciones intensas a muy corto plazo, IFFA. Hemos elegido esta técnica por ser la que nos parece de mayor aplicabilidad en este tipo de predicciones.

No se pretende, ni mucho menos, ser concluyente puesto que sólo analizamos una sucesión de imágenes, por consiguiente no daremos resultados numéricos, tan sólo haremos una descripción cualitativa del fenómeno. Esperamos proseguir con el estudio de mayor cantidad de episodios y presentar en el futuro resultados más contrastados.

2. METODO

La técnica utilizada, que resumiremos a continuación, se viene aplicando en el Satellite Applications Laboratory del NESDIS (US) desde 1978. Se basa en los siguientes hechos, descritos por (Woodley, et al. 1972), referentes a las imágenes satélite:

- Nubes brillantes en imágenes VIS producen más precipitación o tienen más probabilidad de producirla que nubes oscuras.
- Nubes brillantes en imágenes VIS y nubes con cimas frías en imágenes IR que se están expandiendo horizontalmente, producen más precipitación que aquéllas en las que no se produce expansión.

- Nubes que se están deshaciendo producen poca o ninguna precipitación.
- A menor temperatura en la cima de la nube mayor precipitación.
- Nubes cuya cima se está calentando producen poca o ninguna precipitación
- Si hay mezcla de células convectivas aumenta la cantidad de precipitación.
- La mayor parte de la precipitación se produce en la zona a barlovento (zona activa) del yunque de la célula convectiva.

Pasos a seguir:

1. Paso: Contraste de la Imagen IR

Consiste en resaltar el yunque del sistema convectivo y sus diferentes zonas internas. Para ello se aplica la transformación puntual que se indica en la figura 1, curva Mb. Con esta transformación queda resaltado el contorno del yunque (alrededor de -32°C) y la porción interna más fría de éste (zona activa).

2. Paso: Localización de la zona más activa

Consiste, como su propio nombre indica, en localizar la zona más activa del sistema convectivo, que es la zona en la que se produce más intensidad de precipitación. Hay varios detalles que sirven para su localización:

- La zona más activa es la que muestra temperatura más baja y un gradiente horizontal de temperatura alto. Se detecta en la región a barlovento del yunque cuando hay fuerte cizalladura en el viento.
- En caso de que el gradiente horizontal de temperatura sea más o menos uniforme en todo el yunque, esto se produce cuando no hay cizalladura en el viento, las temperaturas más bajas y la precipitación más intensa se produce en el centro del yunque.
- Si hay fuerte convección, parte del yunque puede estar adentrado en la estratosfera varios kilómetros. En estas situaciones se producen precipitaciones muy fuertes en esta zona. Se detecta con mayor facilidad en la imagen VIS dada su mayor resolución.
- En la imagen VIS la zona más activa se presenta brillante y texturada.
- La zona más activa es la que se mueve más despacio. La determinación de la velocidad se realiza por comparación de dos imágenes sucesivas IR.
- La zona de máxima convergencia en los niveles bajos coincide con la de mayor actividad convectiva. En el mapa sinóptico de superficie, dicha zona se localiza allí donde las isobaras están más apretadas.

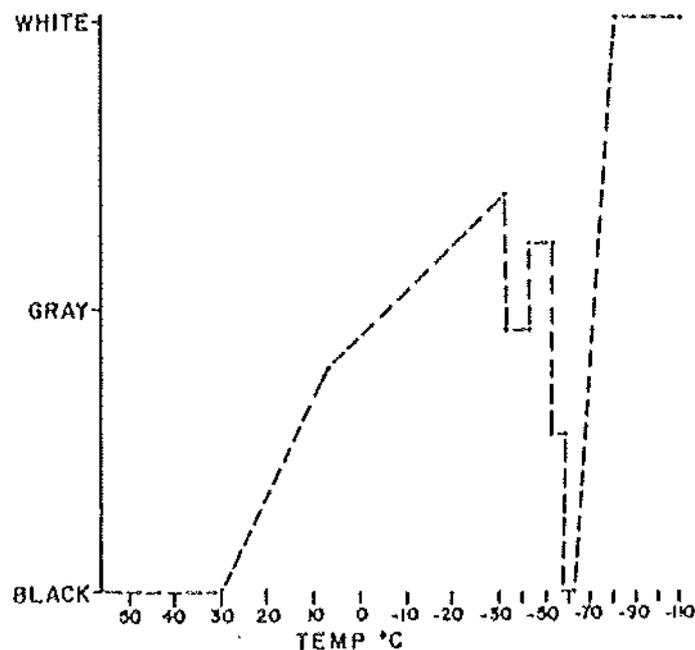


Figura 1.— Curva Mb (Scofield, 1987).

3. Paso: Cómputo de la precipitación estimada

Una vez localizada la zona más activa, se determinan una serie de factores para luego hacer el cómputo total:

Factor 1: Temperatura de la cima y expansión de esta

Cuando la zona más activa del sistema convectivo se está expandiendo y la precipitación es más intensa, es un indicativo de que la célula convectiva está en su fase de madurez. Generalmente, mientras más fría es la cima y más rápidamente se expande, más actividad hay y más precipitación se produce.

Se mide la expansión por comparación de imágenes sucesivas IR y se distinguen los casos según el grado de convergencia en los niveles bajos (superficie) y el de divergencia en los niveles altos (200 mb).

Factor 2: Cima adentrada en la estratosfera

Si se detecta su presencia, se estima una cantidad adicional de precipitación.

Factor 3: Mezcla de sistemas convectivos

Si se produce, se estima una cantidad adicional de precipitación para las cimas en la zona de mezcla, debido a que se superponen las corrientes convectivas, produciéndose un efecto amplificador.

Factor 4: Velocidad del sistema convectivo / tiempo de remanencia

Mientras más deprisa se mueve el sistema, menos precipitación da una zona determinada. En el caso de sistema estacionario, mientras más tiempo se mantiene en el mismo lugar, más precipitación. Anotemos que esto último ocurre con frecuencia en las precipitaciones intensas del Levante Español, véase una descripción detallada de un episodio de estas características en Riosalido, R., Rivera, A y Martín, F. (1988).

Factor 5: Corrección por humedad

La precipitación intensa se producirá siempre que haya aporte suficiente de vapor de agua al sistema convectivo. Utilizando los sondeos verticales de los puntos más cercanos a la zona estudiada, se calcula el agua precipitable desde la superficie hasta 500 mb y la humedad relativa presentes.

Finalmente se hace el cómputo total, según unos coeficientes que afecten a cada uno de los factores mencionados y que se han de ajustar para cada área geográfica concreta mediante el análisis de un buen número de casos.

La técnica se ve afectada por tres factores, no contemplados en ella: el nivel de la base nubosa para sistemas muy desarrollados, los efectos orográficos y la altura de la tropopausa (la técnica se desarrolló inicialmente para sistemas convectivos tropicales, con una tropopausa estival entre -62° y -70°C). Según estadísticas publicadas por el NESDIS, el error medio en las estimaciones mediante esta técnica en US es del 31 por 100 respecto a las cantidades medidas realmente.

3. MATERIAL.

El material utilizado ha sido: Una sucesión de 6 imágenes primarias Meteosat (3 en la banda IR y 3 en la VIS), mapas sinópticos y sondeos verticales de horas cercanas a las correspondientes a las imágenes.

Anotemos aquí que, para estudios de este tipo, se hace necesaria la utilización de imágenes primarias, digitalizadas, calibradas y corregidas, en lugar de las secundarias (WEFAX). Respecto a los mapas sinópticos, conviene que aparezcan en ellos detalles de mesoescala.

4. DESCRIPCION DEL CASO 8.09.1988

En la figura 2 se muestran el mapa sinóptico de superficie del día 8-9-88. Los frentes circulan en latitudes altas y sobre la península se observa una baja térmica relativa con fuertes calentamientos en las horas centrales del día (León 37°, Madrid 40°, Toledo 40°, Albacete 36°, Córdoba 44°, etc.). Este calentamiento es favorable al desarrollo de sistemas convectivos. El aporte más importante de humedad, a la vista del mapa sinóptico de superficie, podría darse en la cornisa cantábrica.

Durante el día se desarrollaron sistemas convectivos, predominantemente en las inmediaciones de León, cornisa cantábrica, zona centro, Albacete y Jaén, aunque no hubo precipitaciones intensas.

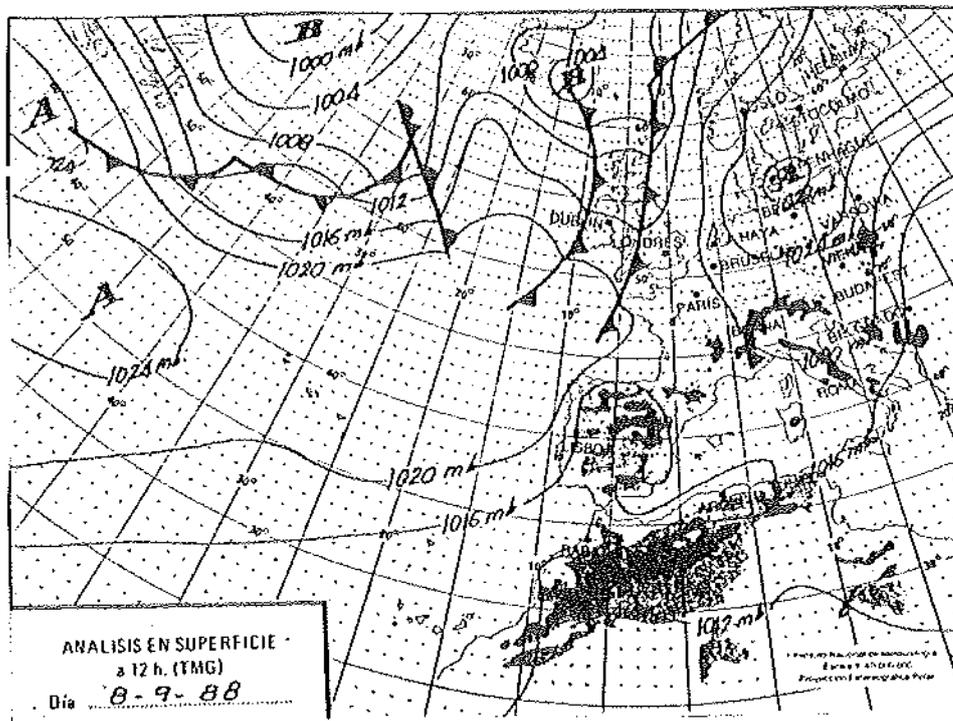


Figura 2.— Mapa sinóptico de superficie.

En la figura 3 se muestran imágenes sucesivas IR y VIS entre las 12,30 y las 14,30 GMT. Obsérvese que es en las VIS donde se aprecian más claramente los núcleos convectivos por el hecho de que el grosor influye de forma determinante en la reflectividad, los cirrus prácticamente desaparecen, y también debido al hecho de su mayor resolución (en especial la imagen de las 14,00-14,30 h). Nótese, por otra parte, la distinción clara de nieblas marinas en el Cantábrico en VIS, que no se reflejan en la imagen simultánea en IR.

5. INTERPRETACION

En las imágenes contrastadas con la curva Mb, figura 4, las zonas más activas de los sistemas nubosos se aprecian claramente en color negro (-58° , -62°C), obsérvese el mayor brillo y la textura diferente en imágenes VIS. Se observa los siguientes elementos:

- Muy poca expansión de las zonas frías. Una expansión importante sería del orden de 1 grado de latitud en media hora.
- No se detecta mezcla de cimias de sistemas convectivos.

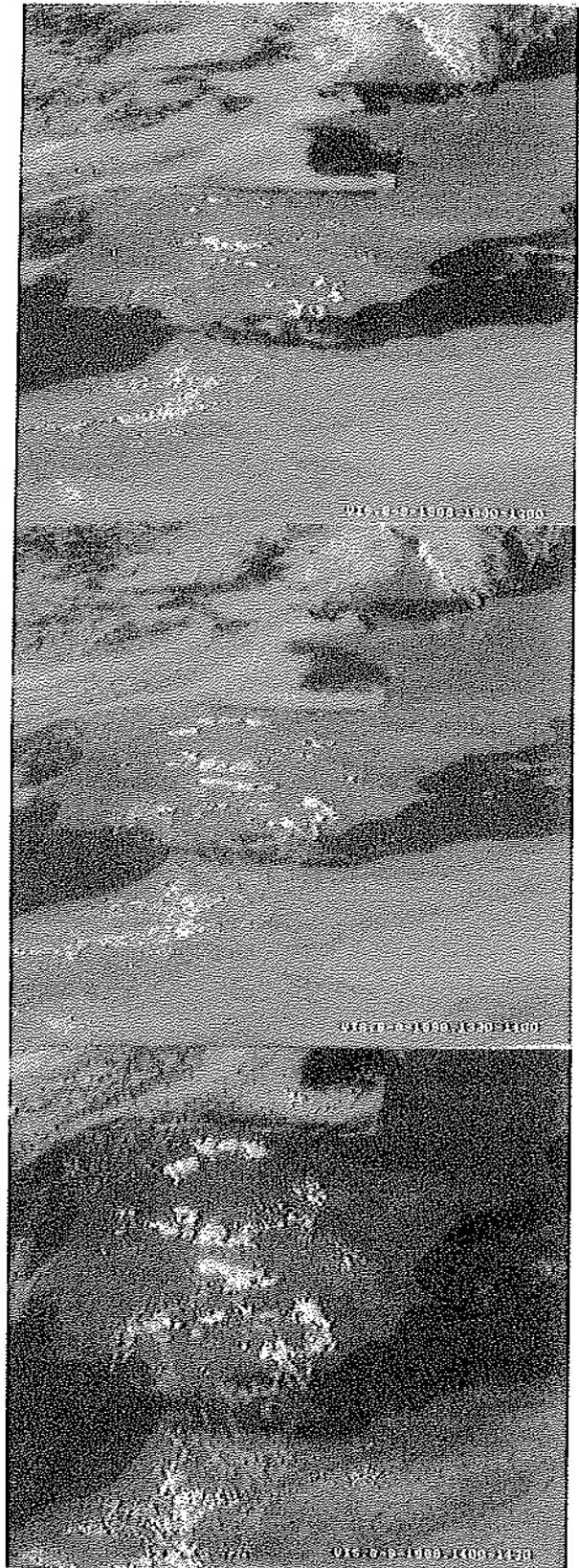
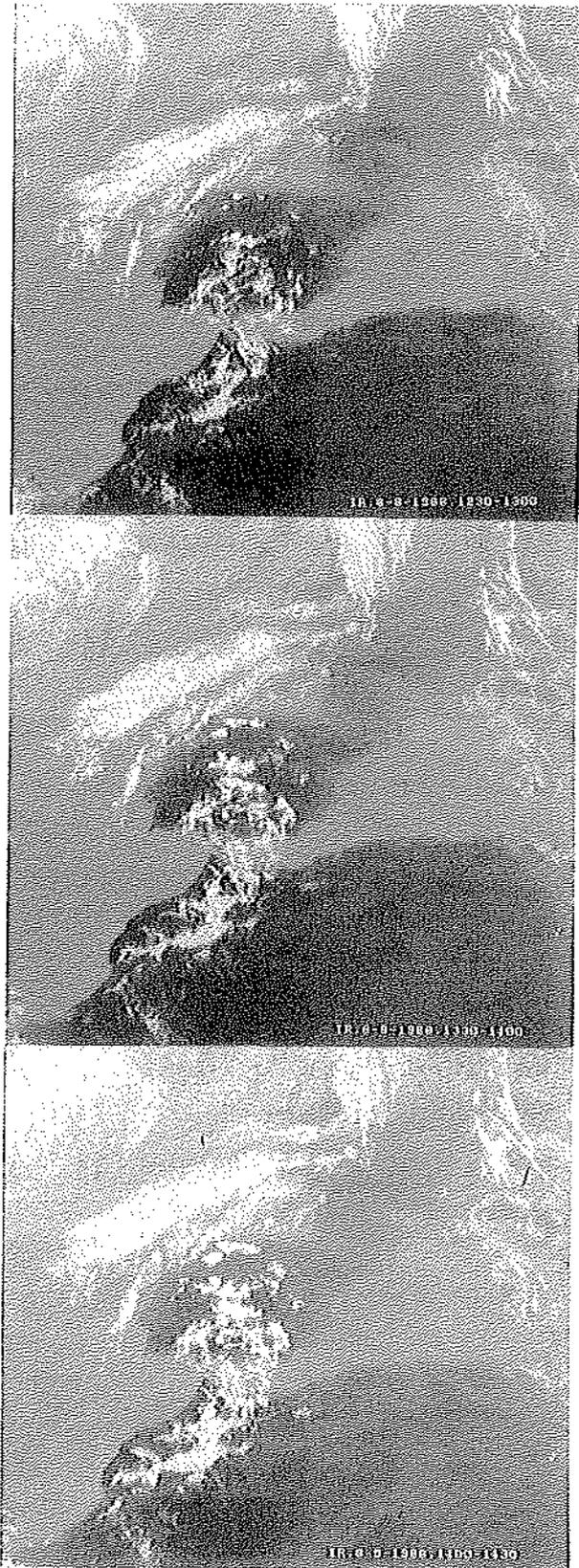


Figura 3.— Imágenes IR y VIS.

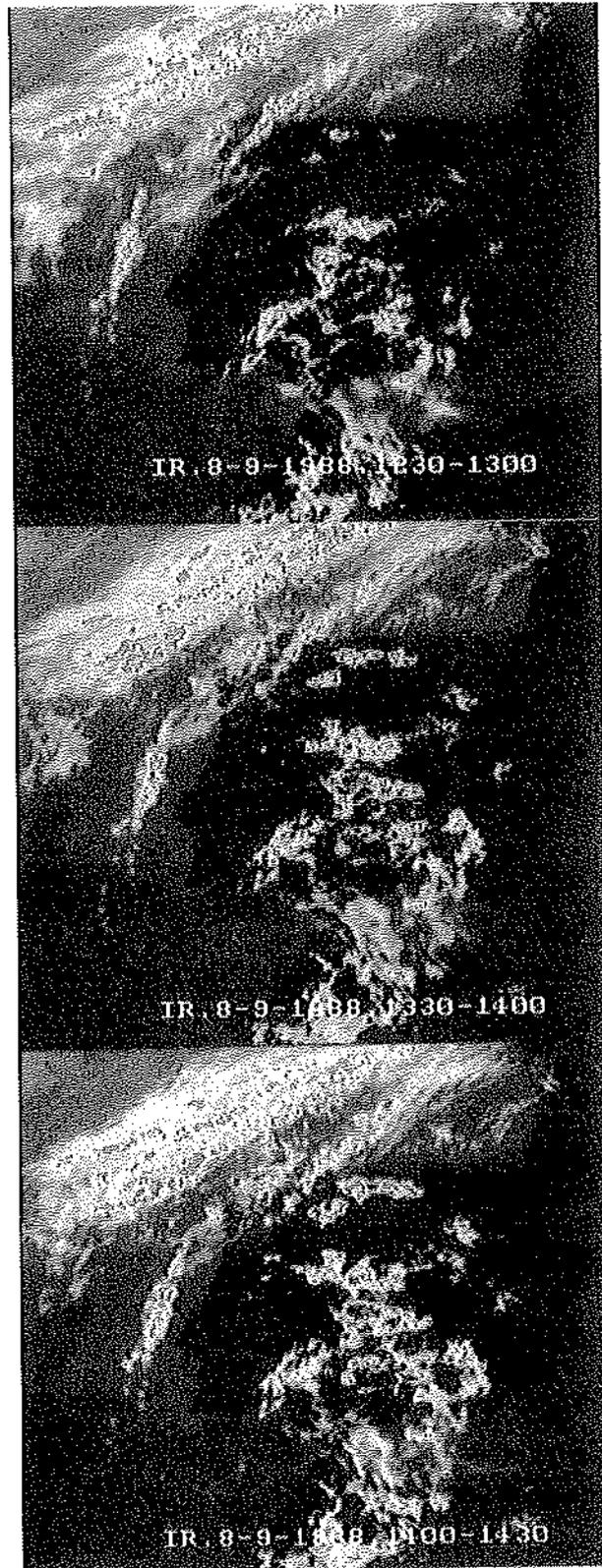


Figura 4.--- Imágenes IR contrastadas.

— Las células convectivas son estacionarias, aunque tienen una vida muy corta; véase que en la imagen de las 13,30 h apenas hay núcleos convectivos formados. Por otro lado, de los sondeos facilitados por el INM se desprende que la disponibilidad de humedad es baja.

Todos los indicios apuntan a que no hay riesgo de precipitación intensa de forma inmediata; hubo poca precipitación durante este día, como ya se ha dicho.

6. CONCLUSIONES

Hemos ensayado la aplicación a nuestro ámbito geográfico de la técnica IFFA de predicción de precipitación a muy corto plazo producida por sistemas convectivos de mesoescala, sin pretender obtener resultados definitivos puesto que hemos trabajado con tan sólo una sucesión de imágenes. Hemos obtenido una concordancia cualitativa entre la predicción y la precipitación realmente observada.

En el futuro esperamos ajustar las técnicas de predicción en diferentes períodos de tiempo e introducir las modificaciones oportunas: factor orográfico, inclusión del canal WV, etc., para que se adapten a las condiciones específicas de nuestro ámbito geográfico, en especial a las de la vertiente Mediterránea, por ser esta zona la más afectada por precipitaciones muy intensas, frecuentemente de características catastróficas.

7. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al INM la colaboración prestada al facilitarnos imágenes secundarias, mapas sinópticos y sondeos utilizados en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Barret, et al. 1988. The special sensor microwave images SSM/I: a new instrument with rainfall monitoring potential. *Int. J. Rem. Sens.*
- Bizarri, 1988. Expectations from the MSG imaging radiometer. **7th Meteosat Scientific Users Meeting**, Madrid, 27-30 Sept. EUMETSAT.
- Lovejoy and Austin, 1979. The Delineation of rain areas from VIS/IR satellite data for GATE and midlatitudes. *Atm. Ocean*. **17**: 77-92.
- Llassat, M.C. y Puigcerver, M. 1985. Un intento de aplicación a la Península Ibérica de un modelo empírico de precipitación. *Rev. de Geofísica*, **41**: 131-144.
- Querada, J. 1985. Cyclogénese et convección dans le levant espagnol. *La Meteorologie*, 7, série n° 6
- R. Ríosalido, A. Rivera, F. Martín, 1988. Development of a Mesoscale Convective System in the Spanish Mediterranean Area. **7th Meteosat Scientific User's Meeting**, Madrid, Septiembre 1988.
- Scofield, 1987. The NESDIS operational convective precipitation estimation technique. *Mon. Wea. Rev.* vol **115**.
- Simpson, et al. 1988. A proposed tropical rainfall measuring mission (TRMM) satellite. *Bull. Am. Met. Soc.* **69**, n° 3: 278-295.
- Stout, et al. 1979. Estimating GATE rainfall with geosynchronous satellite images. *Mon. Wea. Rev.* **107**: 585-598.
- Turpeinen, et al., 1987. Determination of rainfall with the ESOC precipitation index. *Mon. Wea. Rev.* **115**: 11.
- Woodeley, et al. 1972. Rainfall estimation from satellite cloud photographs. *NOAA Tech. Mem. ERL OD-11*.