

CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE PRECIPITACIÓN CON IMÁGENES METEOSAT

Ramon TARRUELLA y Juan JORGE
E.U.P. Manresa. Universitat Politècnica de Catalunya

RESUMEN

La precipitación acumulada a lo largo del periodo comprendido entre junio de 1994 y julio de 1995 ha sido obtenida aplicando la técnica de Arkin a todas las imágenes infrarrojas que fueron captadas por el satélite Meteosat-5. Se ha observado un comportamiento fuertemente dependiente de la región geográfica y de la época del año para diferentes umbrales de temperatura y tasa de precipitación asociada.

Palabras clave: Satélite meteorológico, precipitación.

ABSTRACT

Arkin technique has been applied to IR Meteosat images to estimate the accumulated rainfall during one year, from July 1994 to June 1995. The results have showed a hard dependence on season and geographical region for different threshold of temperature and associated rain rate.

Key words: Meteorological satellite, precipitation.

1. INTRODUCCIÓN

La climatología se encuentra donde la meteorología y la geografía se superponen. Por ello, la utilización de las herramientas de ambas ciencias, combinadas o no, y entre ellas las imágenes captadas desde satélite, ha de permitir un mejor conocimiento del clima.

El interés de la climatología por la atmósfera generalmente envuelve largos periodos de tiempo, mucho mayores que los que preocupan a los meteorólogos, mientras que el área geográfica en estudio es variable, desde un carácter geográfico eminentemente local a otro más global. El seguimiento de ambos aspectos, el temporal y el espacial, mediante satélites se lleva a cabo desde que en febrero de 1966 se pusiera en órbita el primer satélite meteorológico (BARRET, 1974).

A medida que se han ido acumulando datos año tras año, las imágenes se han utilizado para hacer estudios de carácter climático, aprovechando el hecho de que el conjunto de imágenes abarca todo el globo terráqueo, y por tanto cubre todas aquellas zonas que por su naturaleza no disponen de estaciones climatológicas (regiones marinas, países del tercer mundo, regiones deshabitadas o inhóspitas,...), evitando de esta manera el principal problema que siempre habían tenido los estudios basados exclusivamente en estaciones de medida tradicionales (SÁNCHEZ, 1985; CHUVIECO, 1990).

Para el estudio de las precipitaciones se pueden utilizar satélites de órbita polar con sensores de microondas, o “radar”, capaces de identificar las gotas de agua directamente. Pero su baja periodicidad, limitada a una o máximo dos imágenes diarias, es un grave inconveniente en la región mediterránea donde una parte importante de la precipitación se debe a episodios de carácter convectivo que pueden durar sólo unas pocas horas.

Nuestro país, no obstante, es observado “en todo momento” por un satélite geo-estacionario de la serie Meteosat. Las imágenes visibles que proporciona son útiles para identificar las nubes, pero sólo están disponibles durante las horas “centrales” del día, no pudiendo informar de las precipitaciones nocturnas y de primeras horas del día tan habituales en el levante español (QUEREDA, 1985). Por el contrario, a lo largo de todo el día, tenemos imágenes del infrarrojo térmico, IR, que miden la radiación, y de forma indirecta la temperatura de superficie, emitida por la superficie terrestre y/o la parte superior de las nubes presentes en la atmósfera en aquellos momentos.

Dado que se asocia a las nubes más frías las precipitaciones más intensas, se han desarrollado diversas técnicas empíricas para relacionar la intensidad de brillo en la imagen infrarroja y la precipitación registrada en tierra (RICHARDS y ARKIN, 1981; PETTY, 1995). No se trata de una relación directa, ya que algunas nubes altas son muy frías y no producen lluvia y otras “nubes calientes”, cuyas cimas no alcanzan temperaturas inferiores a los 0°C, son las responsables de la mayor parte de la precipitación que cae sobre la superficie terrestre (ROGERS, 1977).

Actualmente existe el proyecto internacional “Global Precipitation Climatology Project (GPCP)” de la WMO/WCRO/GEWEX destinado a proveer a los investigadores de registros de precipitación a escala global, obtenidos a partir de imágenes de satélites meteorológicos y de medidas en tierra (HUFFMAN *et al.*, 1994). Una de las técnicas que se utilizan en este proyecto será presentada en el apartado siguiente y es con la que se calcula el GPI (GOES Precipitation Index), que se publica desde hace años (ARKIN y MEISNER, 1987; XIE y ARKIN, 1997).

2. METODOLOGÍA

Algunas técnicas desarrolladas para predecir lluvias intensas en otras latitudes han sido aplicadas para prever los aguaceros que dan origen a las inundaciones de otoño en el litoral catalán (JORGE y RIVERA, 1996). En el proceso de calibración de dichas técnicas, y con ánimo de integrar en el tiempo los datos obtenidos, se ha procedido a seleccionar una de las técnicas más sencillas que permite hacer estimaciones de la precipitación acumulada con errores aceptables (TARRUELLA y JORGE, 1998).

2.1 Técnica de Arkin

Para calcular las precipitaciones a partir de imágenes de satélite se ha utilizado la técnica de Arkin, denominada así porque fue este autor quien la propuso inicialmente (ARKIN, 1979). Se basa en el llamado “índice de nubes”, y establece una relación entre el tiempo que una determinada región ha estado cubierta de nubes y la cantidad de precipitación que se ha registrado.

La técnica estudia una serie de imágenes infrarrojas correspondientes a una misma zona, a lo largo

de un determinado periodo de tiempo, días, semanas, quincenas, meses,..., haciendo una media de la intensidad de los pixeles de una determinada área (normalmente $0.5 \times 0.5^\circ$, $1.0 \times 1.0^\circ$, ...), identificando los pixeles con lluvia en función de una determinada temperatura umbral, T_h , o su correspondiente intensidad de pixel.

En nuestro estudio se ha modificado ligeramente el método a seguir, estudiando pixel a pixel, imagen por imagen, y asignando lluvia o no a cada pixel dependiendo de su nivel de gris, o temperatura equivalente. Se han ensayado diferentes umbrales de temperatura, y diferentes cantidades de lluvia (R, mm/h), ya que en el trabajo original de Arkin se advierte la necesidad de calibrar el método si se intenta aplicar en regiones diferentes de aquella donde fue creado (Atlántico tropical). La suma de todas estas cantidades, de cada imagen a lo largo de cada uno de los días del mes, proporciona la lluvia del mes para cada uno de los pixeles (TODD *et al.*, 1995).

2.2 Zonas geográficas, datos pluviométricos e imágenes METEOSAT

Dada la gran variabilidad climática de nuestro país, se han diferenciado en ella tres zonas desde el punto de vista de las precipitaciones (FONT, 1983). Una primera zona, llamada la España verde (zona I), de clima atlántico y que corresponde a la mayor parte de Galicia, Cantábrico, Euskadi y los Pirineos occidentales y centrales. Una segunda zona, con un clima puramente mediterráneo, agrupando la parte costera del litoral mediterráneo desde los Pirineos orientales, hasta Almería, penetrando más o menos hacia el interior según la posición de las montañas y los valles fluviales (zona II). Finalmente, una tercera zona de clima mediterráneo continental, que agrupa las dos mesetas, prácticamente toda la depresión del Ebro, Extremadura y Andalucía (zona III).

Salvo algún dato puntual ausente, se han utilizado los datos de precipitación mensual, publicados por el Instituto Nacional de Meteorología, para un número total de 66 observatorios (12 de la zona I, 16 de la zona II y 38 de la zona III). Ver la figura 1.

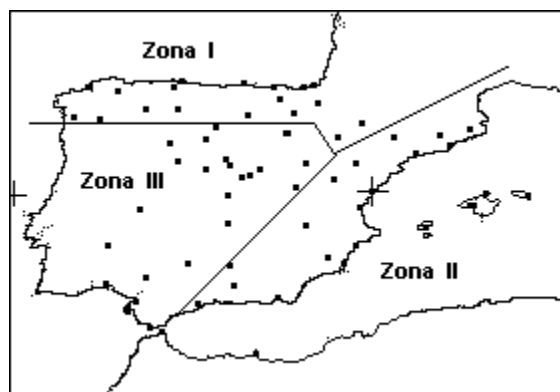


Figura 1. Zonas climáticas consideradas para la precipitación.

Las imágenes IR utilizadas fueron captadas por el satélite Meteosat-5, hoy en “stand by”, entre el 1 de julio de 1994 y el 30 de junio de 1995. Son 17.520 “slots”, todos ellas con sus 256 niveles de gris, y calibración correspondiente (de “nivel de gris” a “radiancia” y de ésta a “temperatura de brillo”). Fueron facilitadas por la Agencia Europea del Espacio para su uso docente y/o de investigación (E.S.A., 1997), y han sido recortadas en subescenas (o ventanas) que sólo contuvieran el área geográfica elegida.

3.RESULTADOS

En primer lugar se ha aplicado la técnica de Arkin en su versión original a cada una de las imágenes IR. Se ha considerado que se produciría una precipitación $R=3\text{mm/h}$ en la vertical de aquellos píxeles con una temperatura de brillo inferior al umbral fijado de $T_h=235\text{ K}$. Los resultados obtenidos, después de totalizar para cada uno de los doce meses del año y para las 66 estaciones de medida en tierra, han constatado una importante sobreestimación, especialmente para las estaciones que registran menores cantidades de precipitación mensual, tanto en los meses de invierno como en los de verano. La figura 2 muestra la correlación de los meses de enero y de julio.

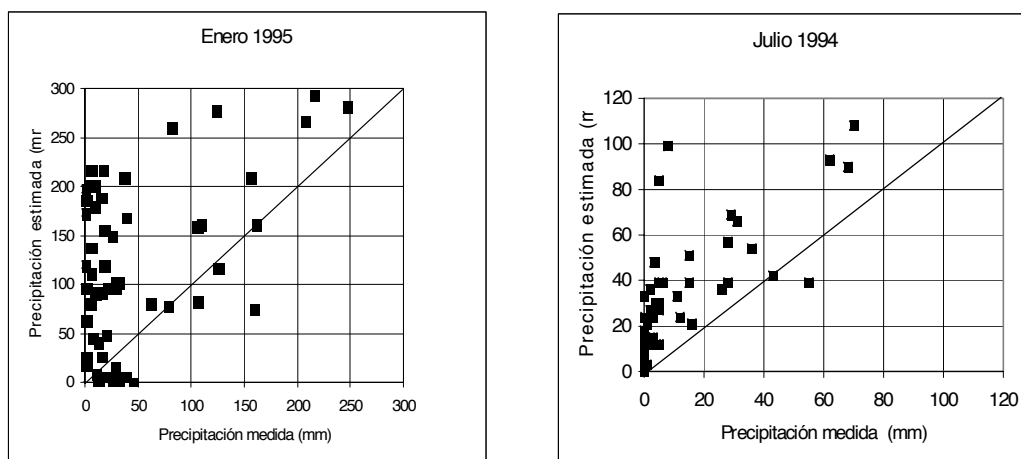


Figura 2. Precipitación estimada aplicando la técnica de Arkin inicial ($T_h=235\text{ K}$, $R=3\text{mm/h}$) vs precipitación medida en los observatorios.

El hecho de modificar la tasa de precipitación, R , asociada a los píxeles dentro del cluster “nube de lluvia” no afecta a la correlación, y debe tenerse en cuenta otros parámetros de evaluación para evaluar el grado de aproximación de la técnica, como son el error absoluto acumulado (“bias”) o el error cuadrático medio. La tabla 1 muestra la bondad del modelo para varios valores de R .

	Th= 235K	3mm	1,5mm	1,25mm	1mm
Enero 1995	correlación	0,47	0,46	0,47	0,46
	bias (mm)	-3964,5	-55,9	-36,5	508,5
	rms (mm)	13,3	7,2	6,8	6,9
Julio 1994	correlación	0,73	0,73	0,73	0,73
	bias (mm)	-1115,7	-238,2	-91,9	54,3
	rms (mm)	3,4	1,7	1,6	1,7

Tabla I. Correlación y desviaciones para varias tasas de precipitación.

A continuación se ha modificado el valor umbral a partir del cual se considera lluvia o no lluvia, para valores comprendidos entre 200 K y 275 K, obteniéndose para la relación entre los valores estimados por el modelo y los registrados por pluviómetros, los que se indican en la tabla 2 para dos de los meses analizados. La figura 3 muestra la correlación existente para los diferentes valores de T_h elegidos según la estación astronómica y para el conjunto de todo el año, observándose las diferencias de considerar todo el conjunto de estaciones de medida o por zonas.

		T_h					
		253K	244K	235K	230K	228K	225K
Enero 1995	correlación	0,55	0,50	0,47	0,45	0,41	0,44
	bias (mm)	-16336,5	-9115,5	-3964,5	-803,5	-68,5	933,5
	rms (mm)	40,8	24,5	13,3	7,9	7,5	7,3
Julio 1994	correlación	0,76	0,76	0,73	0,73	0,76	0,73
	bias (mm)	-4507,7	-2725,7	-1115,7	-289,7	37,7	274,3
	rms (mm)	11,2	7,0	3,4	1,9	1,6	1,7

Tabla II. Valores de la correlación entre las precipitaciones estimadas y las precipitaciones medidas.

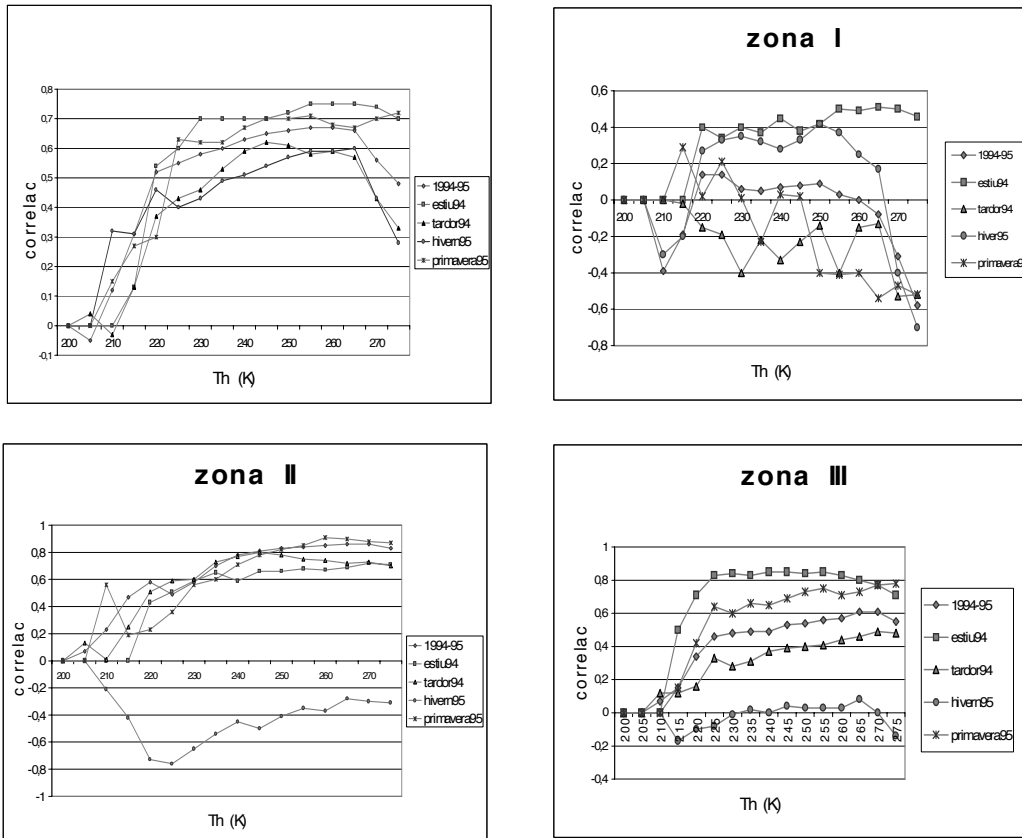


Figura 3. Correlación entre valores estimados y medidos variando el umbral que discrimina los pixeles de lluvia de los de no lluvia.

Se observa un mejor comportamiento de la técnica si se considera un umbral de la temperatura superior a 230 K, llegando a ser aplicable valores próximos a los 0°C para la primavera y el verano si consideramos el conjunto de estaciones. Por zonas, se detecta un comportamiento diferente siendo la primavera la época en que mejor se ajusta el método. En la zona I (atlántica) el ajuste es muy irregular y sólo se salva la primavera. En la zona II (mediterránea) el desajuste es más evidente en invierno.

Después, se han fijado unos valores umbrales intermedios y se ha asignado a cada pixel que lleve precipitación asociada una cantidad de precipitación comprendida entre 0,1 mm/h y 5mm/h, a intervalos de 0,1 mm/h. La figura 4 muestra las desviaciones acumuladas según el umbral elegido y la cantidad de precipitación. Comportamientos similares se obtienen analizando zona por zona.

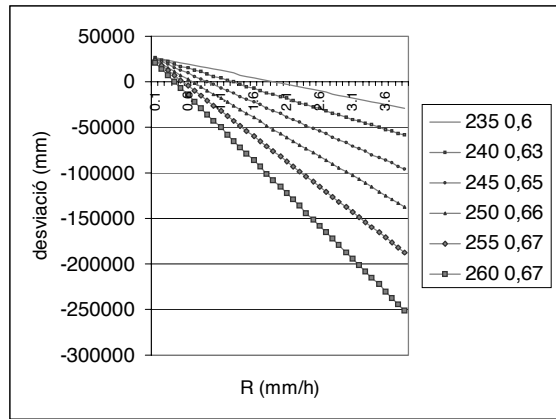
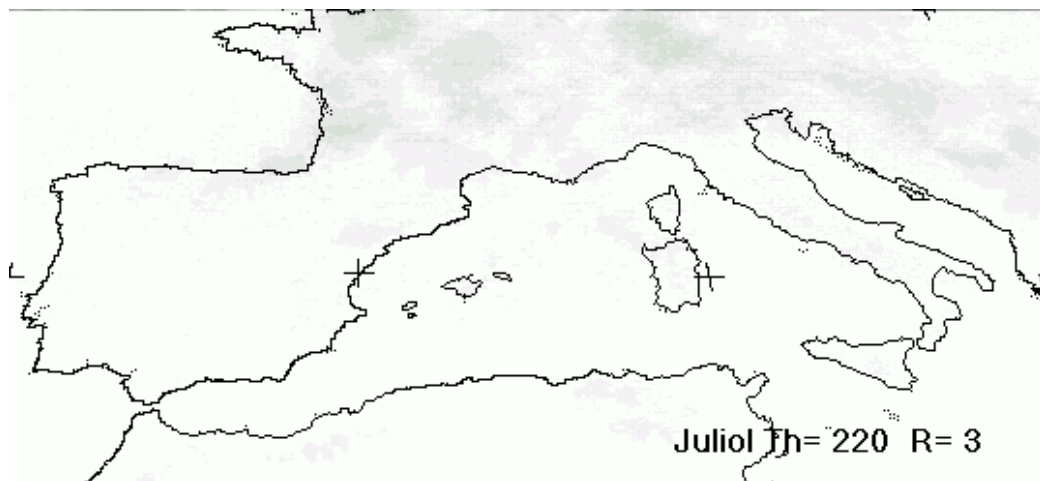


Figura 4. Desviaciones acumuladas según la temperatura umbral y la cantidad de precipitación elegidas.

4.CONCLUSIONES

Si se desean obtener mapas de precipitación acumulada mensualmente, sin descender al detalle de microclimas, el uso de imágenes infrarrojas del satélite Meteosat y la aplicación de la técnica de Arkin sobre las mismas permiten dibujarlos. La precisión que se obtiene es aceptable pero deben modificarse los parámetros del modelo, temperatura umbral y tasa de precipitación, de acuerdo con la región geográfica y la época del año. La razón de esta discrepancia por zonas y estación del año puede atribuirse al tipo de precipitación dominante en cada una de ellas.

Las fotografías que siguen son una muestra de los resultados obtenidos aplicándose una paleta de colores griseses.



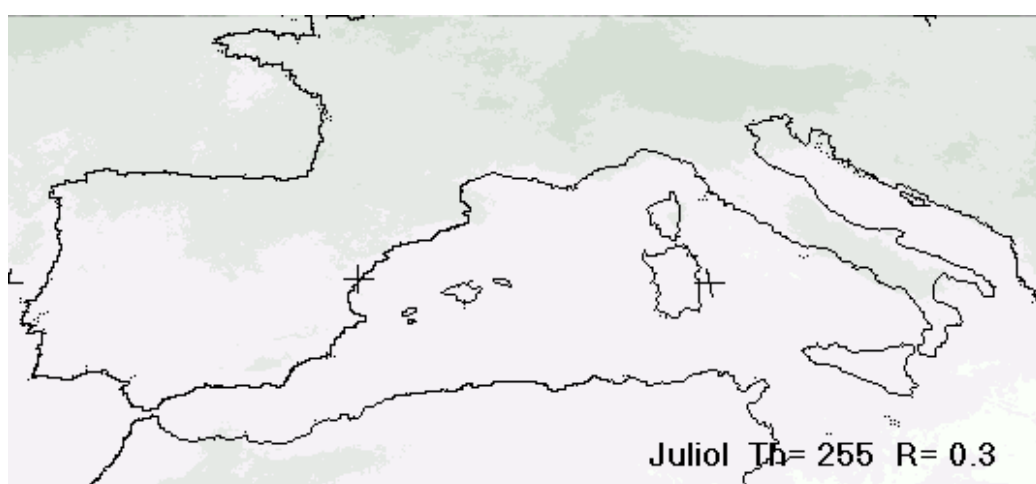
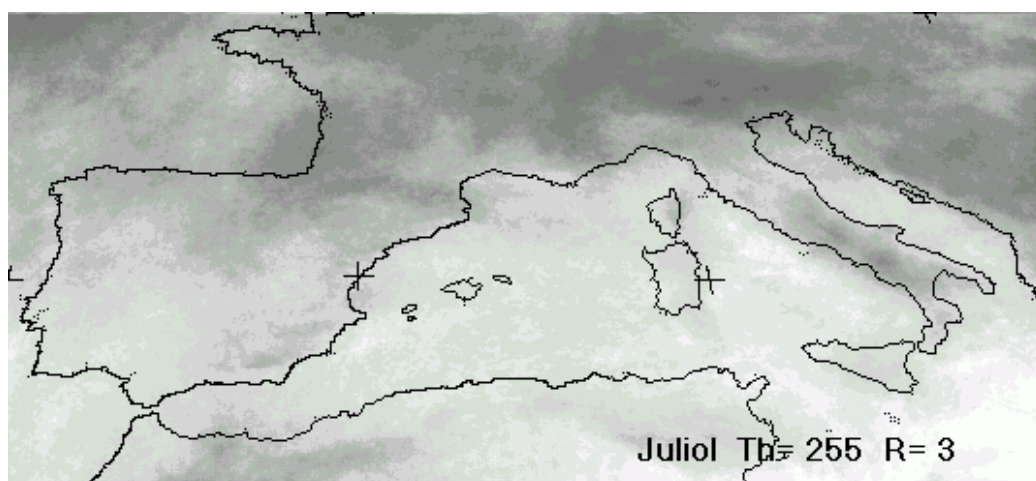


Figura 5. Mapas de precipitación (escala de grises).

BIBLIOGRAFÍA

- BARRET, E.C. (1974): *Climatology from satellites*, London, Methuen & co, 418 pp.
- ARKIN, P.A. (1979): "The relationship between fractional coverage of high cloud and rainfall accumulations during GATE over the B-scale array", *Monthly Weater Review*, **107**, 1382-1387.
- ARKIN, P.A. y MEISNER, B.N., (1987): "The relationship between large-scale convective rainfall and clod cloud over the western hemisphere during 1982-84", *Monthly Weather Review*, **115**, 52-74.
- CHUVIECO, E. (1996): *Fundamentos de teledetección espacial*, Madrid, Ed. Rialp , pp 568.
- E.S.A. (1997): "Europe's four seasons", in *Meteosat collection no. 3*, double CD-ROM.
- FONT TULLOT, I. (1983): *Climatología de España y Portugal*, Madrid, I.N.M.
- HUFFMAN, G.J. *et al.* (1997): "The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Combined Precipitation Dataset", *Bulletin of the American Meteorological Sosiety*, **78**, 5-20.
- JORGE, J. y RIVERA, J.J. (1996): "Comparison between forecast models of heavy rainfall to predict floods. Case study: NW of the Mediterranean zone" in *16th Symposium of EARSeL*, La Valetta Malta.
- PETTY, G.W. (1995): "The status of satellite-based rainfall estimation over land", *Remote Sens. Environ.*, **51**, 125-137.
- RICHARDS, F., y ARKIN, P. (1981): "On the relationship between satellite-observed cloud cover and precipitation", *Monthly Weather Review*, **109**, 1081-1093.
- ROGERS, R.R. (1977): *Física de las nubes*, Barcelona, Ed. Reverté, pp 248.
- QUEREDA SALA, J. (1985): "Cyclogénèse et convection dans le levant espagnol", *La metèorologie VII*, **6**, 6-10.
- SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, J. (1985): "Satélites meteorológicos", *Investigación y ciencia*. **2**, 8-17.
- TARRUELLA, R. y JORGE, J (1998): "Comparison between raingauge measurements and isopleth maps from IR Meteosat images" in *9th Conference on Satellite Meteorology and Oceanography*, Paris.
- TODD, M.C. *et al.* (1995): "Satellite identification of rain days over the Upper Nile River basin using an optimum infrared rain/no rain threshold temperature model", *Journal of Applied Meteorology*, **34**, 2600-2611.
- XIE, P. y ARKIN, P.A. (1997): "Global precipitation: a 17-year monthly analysis based on gauges observations, satellite estimates, and numerical model outputs", *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **78**, 11.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se ha llevado a cabo gracias a la infraestructura adquirida en el proyecto CLI96-0909 financiado por la CICYT, y las imágenes cedidas por la Agencia Europea del Espacio.

