

ESTIMACIÓN DE LLUVIAS SÓLO CON IMÁGENES INFRARROJAS. COMPARATIVA ENTRE VERSIONES ORIGINALES

R. TARRUELLA y J. JORGE

jorge@fa.upc.es

Dep. Física Aplicada. Universitat Politècnica de Catalunya
EUP Manresa. Av. Bases de Manresa, 61-73, 08240 Manresa

RESUMEN: Con objeto de elaborar mapas de isoyetas, aplicación eminentemente climatológica, se han aplicado en sus versiones originales diversas técnicas que emplean únicamente imágenes IR. Las técnicas que se han utilizado fueron formuladas en su origen para la predicción de aguaceros, habiéndose seleccionado las técnicas planteadas por Arkin (1979), Negri *et alii.* (1984), y Vicente *et alii.* (1998). Se observa en todos los casos que es necesaria una recalibración de las técnicas ya que sobrestiman la precipitación y presentan un comportamiento diferente según la zona geográfica y la época del año, con toda seguridad debido al tipo de precipitación dominante en cada una de ellas.

ABSTRACT: To elaborate isohyet maps from a climatic point of view, some techniques using only IR images have been applied in their older version. In the beginning the used techniques were formulated to predict heavy rainfalls by Arkin (1979), Negri *et alii.* (1984) and Vicente *et alii.* (1998). Because they overestimate the rainfall as we show in this work, we conclude that is necessary their recalibration considering geographical and seasonal aspects.

Palabras clave: lluvia, infrarrojo, Meteosat, climatología

INTRODUCCIÓN

Conocer la distribución de precipitaciones resulta necesario para una gran variedad de usos científicos (estudios de diagnóstico climático, modelos de predicción numérica del tiempo, etc.) y para aplicaciones socio-económicas, tales como la gestión de los recursos hídricos en agricultura y energía, previsión de inundaciones, etc.

Las observaciones desde satélites geoestacionarios permiten hacer estimaciones de la lluvia con una gran resolución espacial (cada píxel cubre una zona menor que la representada por un observatorio de medición). En particular, la información sobre el campo de temperaturas del sistema tierra-atmósfera es utilizada, de forma indirecta, por diferentes propuestas metodológicas para hacer estimaciones de las precipitaciones.

En otros trabajos (Tarruella y Jorge, 1998, 1999) ya discutimos la aplicación de técnicas particulares una a una, y ahora presentamos una comparativa entre las versiones originales de las mismas. Se comparan los valores acumulados de la precipitación día a día, mes a mes, a lo largo de un año y se concluye que se da un comportamiento parecido de los resultados para las técnicas aplicadas lo cual sugiere que deba adecuarse espacio-temporal las mismas.

TÉCNICAS APLICADAS

Las tres técnicas que aplicamos en este trabajo las denotamos por el nombre de su primer autor: Arkin (Arkin, 1979), Negri (Negri *et alii.*, 1984) y Vicente (Vicente *et alii.*, 1998), aunque no son denominaciones al uso, y corresponden a categorías diferentes: índice de nube, ciclo de vida y modelo de nube, respectivamente.

a) Técnica Arkin

Es una técnica simple de aplicar, que se sigue utilizando todavía, junto a otros datos, para estimar la precipitación en el GPCP (Global Precipitation Climatology Project) (Huffman *et alii.*, 1997).

Se clasifica cada píxel de la imagen como "nube" o "no nube", según su temperatura de brillo sea menor o no, respectivamente, a un valor umbral (T_h) y se asigna una cantidad de precipitación a cada píxel identificado como nube ($T_h=235$ K, 3mm/h en el experimento GATE). Matemáticamente se tiene para una determinada zona:

$$GPI = 3 f \Delta t$$

donde GPI es la estimación de la precipitación en mm, f es la fracción del área estudiada más fría que la temperatura umbral elegida, y Δt es el tiempo en horas.

b) Técnica Negri

Esta técnica discrimina las nubes en forma de conglomerados de píxeles mediante una isoterma; busca el píxel más frío y le asocia como componentes de la misma nube los píxeles vecinos con temperaturas inferiores a un valor umbral ($T_h = 253$ K en la versión original). Dentro de cada nube se discriminan tres zonas (figura 1) separadas por los valores percentiles 10 y 50 de temperatura (T_{10} y T_{50}) y se asocia al píxel (i,j), con una temperatura T_{ij} , una intensidad de precipitación, R, dada por:

$$\begin{array}{ll} T_{ij} < T_{10} & R = 9.0 \text{ mm/h} \\ T_{10} < T_{ij} < T_{50} & R = 1.8 \text{ mm/h} \\ T_{ij} > T_{50} & R = 0.0 \text{ mm/h} \end{array}$$

Su aplicación a otras zonas geográficas, diferentes de la inicial, realizada por otros autores (Levizani *et alii.*, 1997) nos ha llevado a modificar ligeramente los valores de la "rainrate" a 8.0 mm/h y 2.0 mm/h en lugar de sus valores originales.

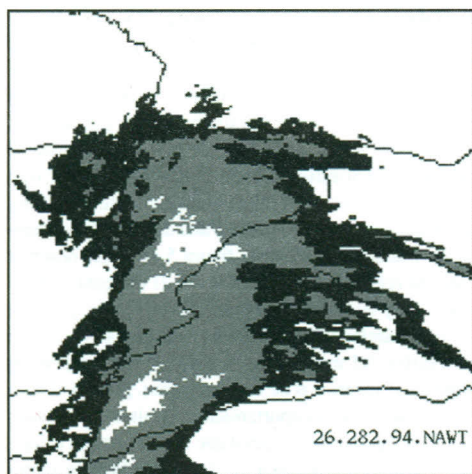


Figura 1. Núcleos de un sistema nuboso resaltados mediante la técnica de Negri *et alii.*

c) Técnica Vicente

La técnica original intenta fijar un algoritmo prácticamente automático que a partir de una imagen de satélite pueda dar la precipitación en cada uno de los píxeles de la misma. El principio físico es muy parecido al de las otras dos técnicas, cuanto más frío es un píxel más alta está la nube, correspondiéndose fácilmente con una nube de fuerte desarrollo vertical que suele proporcionar mucha precipitación.

Tras un estudio de correlación entre la temperatura de la cima de nubes (datos de imágenes IR) y la precipitación medida (con radar meteorológico), para 6800 píxeles correspondientes a las llanuras centrales de USA y a puntos del Golfo de México, se obtuvo la siguiente relación:

$$R = 1.1183 \cdot 10^{11} \exp(-0.036382 \cdot T^{1.2}),$$

donde R es la intensidad de precipitación (mm/h) y T la temperatura aparente (K).

La aplicación de forma general de esta ecuación de regresión es criticable ya que depende de unas condiciones climáticas muy concretas. Por ello, se han añadido posteriormente para su aplicación unos factores de corrección: el contenido de humedad en el ambiente; un valor límite de la precipitación basado en datos históricos; la temperatura media en el entorno del píxel, y la evolución térmica temporal de éste último (este factor toma los valores 0 ó 1 según la temperatura del píxel sea mayor o menor/igual, respectivamente, que la que tenía en la imagen anterior).

DATOS

Los datos de precipitación medidos en tierra corresponden a la red de observatorios del Instituto Nacional de Meteorología (figura 2). Se han diferenciado tres zonas desde el punto de vista de las precipitaciones (Font, 1983): zona 1, de clima atlántico (Galicia, Cantábrico, Euskadi y los Pirineos occidentales y centrales); zona 2, con un clima puramente mediterráneo (parte costera del litoral mediterráneo desde los Pirineos orientales hasta Almería, entrando más o menos hacia el interior según la posición de las montañas y los valles fluviales); zona 3, de clima mediterráneo continental (agrupa las dos mesetas, prácticamente toda la depresión del Ebro, Extremadura y Andalucía).

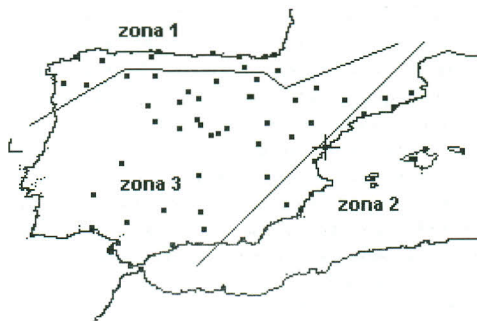


Figura 2. Zonas climáticas y distribución de observatorios.

Las imágenes que se han utilizado corresponden a las captadas por el sensor del infrarrojo térmico del satélite Meteosat 5, entre el 1 de julio de 1994 y el 30 de junio de 1995 (ESA, 1996).

RESULTADOS

Se ha procedido a aplicar las técnicas explicitadas anteriormente a más de 16.000 imágenes IR, con una secuencia temporal que cubre un periodo de todo un año seguido (de julio de 1994 a junio de 1995, ambos inclusive). Los valores de la precipitación para cada intervalo semi-horario (1 imagen cada 30 minutos) se han ido acumulando con totales parciales para cada día (365 días), cada diez días (36 décadas), cada mes (12 meses), cada estación climática (4 estaciones) y todo el año (1 año).

La figura 3 compara las precipitaciones acumuladas estimadas por cada una de las tres técnicas para cada mes y para el conjunto de observatorios con los valores registrados (INM).

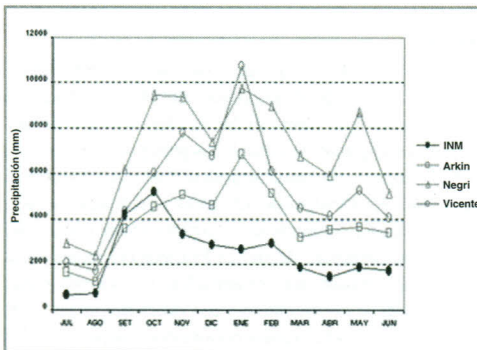


Figura 3. Precipitación mensual.

Se observan unas evoluciones parecidas para las tres técnicas, sobretodo en el máximo del mes de enero que no existió en los registros. Es notoria la sobre-estimación de la precipitación que producen todas las técnicas, especialmente en los meses más lluviosos.

La figura 4 muestra los valores del coeficiente de correlación de Pearson que se obtienen de comparar las estimaciones de las tres técnicas con las medidas de lluvia (INM). Se observa una mala correlación para los datos mensuales especialmente el mes de enero (recuérdese el máximo estimado antes), y para los meses más secos (sobre todo agosto). El comportamiento de las tres técnicas, pues, es similar y afinan aparentemente más para las estaciones de otoño y primavera (tabla 1).

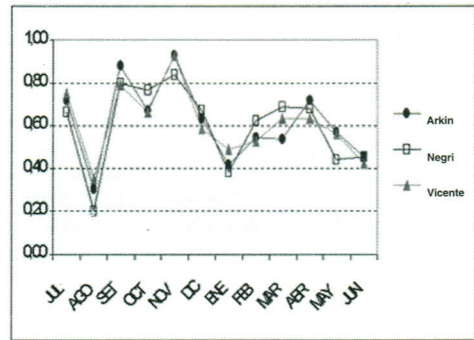


Figura 4. Coeficientes de correlación entre los valores mensuales.

Periodo	Arkin	Negri	Vicente
Año (día a día)	0.64	0.66	0.62
36 décadas	0.70	0.79	0.68
Mensual	0.60	0.67	0.61

Tabla 1. Coeficientes de correlación temporales (medias acotadas al 90%).

Cuando se tienen en cuenta las tres zonas climáticas en que podemos dividir nuestro territorio, pensando en el diferente origen de las lluvias que en cada zona se producen (normalmente de tipo frontal o de tipo convectivo) se obtienen comportamientos muy regionalizados a la vez que con una dependencia temporal muy acusada. Así, en la figura 5 se puede observar como la región mediterránea (zona 2) presenta correlaciones muy buenas en los meses de mayor precipitación, ya que mantiene una frecuencia de lluvias de origen convectivo (el mismo que contemplaban las técnicas originales) superior al de las otras zonas, pero en el resto de los meses su comportamiento es altamente dispar.

El comportamiento zonal que hemos visto en la figura 5, sólo para la técnica de Arkin, también se reproduce en las otras dos técnicas, como puede deducirse de los valores de la tabla 2. En ella observamos como la zona 2 muestra unos valores globales muy deficientes fruto del irregular comportamiento detectado en la figura 5.

	Arkin	Negri	Vicente
Toda España	0,60	0,67	0,61
Zona 1	0,44	0,51	0,47
Zona 2	0,32	0,37	0,35
Zona 3	0,63	0,56	0,60

Tabla 2. Coeficientes de correlación zonales (mes a mes).

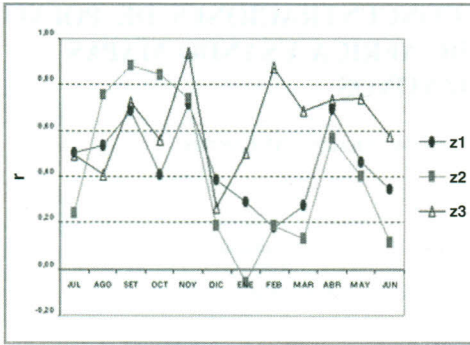


Figura 5. Correlación mensual por zonas (técnica Arkin).

Los coeficientes de correlación de la tabla 2 han sido obtenidos tras la comparación de los valores de precipitación acumulados mes a mes. Si en su lugar tenemos en consideración los valores obtenidos al agrupar los datos en periodos de 10 días (décadas) los ajustes son mejores como muestra la tabla 3.

	España	z 1	z 2	z 3
Arkin	0,696	0,494	0,698	0,729
Negri	0,790	0,600	0,676	0,825
Vicente	0,679	0,438	0,669	0,718

Tabla 3. Correlación por décadas.

CONCLUSIONES

La aplicación de técnicas de estimación de la precipitación basadas sólo en imágenes del infrarrojo térmico, en sus versiones originales, ha dado lugar a:

- sobrestimaciones de la precipitación en todos los meses (salvo Arkin para los meses de setiembre y octubre);
- correlaciones similares para las tres técnicas cuando tenemos en cuenta los valores de lluvia acumulados mensualmente, y con unos valores muy aceptables (r^2 de 0,70) sólo para algunos meses;
- mejores correlaciones cuando consideramos la lluvia acumulada en periodos de 10 días que cuando comparamos los acumulados de cada mes o día a día;
- un comportamiento zonal, mostrando la zona mediterránea una mejor correlación entre técnica y

medidas, seguida de la zona centro-súr, en aquellos meses de predominio de precipitaciones convectivas.

BIBLIOGRAFÍA

- ARKIN, P. A., 1979, The relationship between fractional coverage of high cloud and rainfall accumulations during GATE over the B-scale array. *Monthly weather review*, 107, 1382-1387.
- ESA, 1996, Europe's four seasons. METEOSAT Collection, CD-ROM n. 3.
- FONT, I., 1983, Climatología de España y Portugal. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.
- HUFFMAN, G. J., ADLER, R. F., ARKIN, P., CHANG, A., FERRARO, R., GRUBER, A., JANOWIAK, J., McNAB, A., RUDOLF, B. and SCHNEIDER, U., 1997: The Global Precipitation Climatology Project (GPCP), Combined Precipitation Dataset. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 5-20.
- LEVIZZANI, V, AMORATI, R., ALBERONI, P. P., NANNI, S. and RIZZI, R., 1997: Satellite and radar analysis of convective precipitation in Northern Italy. *MAP Newsletter*, 7.
- NEGRI, A. J., ADLER, R. F. and WETZEL, P. J., 1984: Rain estimation from satellites: An examination of the Griffith-Woodley technique. *J. Appl. Meteorol.*, 23, 102-116.
- TARRUELLA, R. and JORGE, J., 1998, Comparison between raingauge measurements and isopleth maps from IR Meteosat images. *9th Conference on Satellite Meteorology and Oceanography*. París.
- TARRUELLA, R. y JORGE, J., 1999, Construcción de mapas de precipitación con imágenes meteosat, en J.M. Raso y J. Martín-Vide (eds), *La Climatología española en los albores del siglo XXI*, Barcelona: AEC, pp.537-545.
- VICENTE, G. A., SCOFIELD, R. A., and MENZEL, W. P., 1998: The operational GOES Infrared Rainfall Estimation Technique. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79, 9, 1883-1898.
- ## AGRADECIMIENTOS
- Este trabajo se enmarca dentro de las actividades del proyecto IMMEDIATE (2000-2002), financiado por el Departament de Medi Ambient (DMA) y el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI) de la Generalitat de Catalunya. Las imágenes utilizadas fueron cedidas por la Agencia Espacial Europea (Dr. J. Leber y Dra. E. Oriol, ESA Meteosat Exploitation Project).