

## CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE NUBES MEDIANTE IMÁGENES METEOSAT VIS-IR Y NOAA-A/TOVS

C. Casanova (\*)(\*\*), A. Romo (\*), E. Hernández (\*\*) y J.L. Casanova (\*)

[carlos@latuv.uva.es](mailto:carlos@latuv.uva.es)

(\*) Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid, LATUV.  
Departamento de Física Aplicada I. Facultad de Ciencias, Universidad de Valladolid.  
47071 Valladolid, España.

(\*\*) Departamento de Física de la Tierra II.  
Facultad de Ciencias Físicas. Universidad Complutense de Madrid.  
28040 Madrid, España.

**RESUMEN:** El objetivo del presente trabajo es mostrar una clasificación automática de diferentes tipos de superficies nubosas formadas sobre España. Para ello, se utilizaron los canales Visible e Infrarrojo del satélite Meteosat así como datos proporcionados por la sonda A/TOVS embarcada en los satélites polares NOAA. Igualmente se utilizó una base de datos histórica de temperaturas medias mensuales medidas a nivel del suelo. El análisis de diferentes situaciones sinópticas y mesoescalares significativas mostró que el método representa con objetividad las diferentes estructuras nubosas que aparecen normalmente según dichas situaciones. Basado en los resultados del estudio, se concluye que el método resulta adecuado para el seguimiento de sistemas nubosos dada su rapidez y exactitud.

**ABSTRACT:** In this paper an automatic cloud classification method applied to the Spanish region of the Iberian Peninsula is described. Visible and Infrared channels from Meteosat satellite are combined with data from A/TOVS sounder on board the polar orbiting NOAA satellites. An ancillary historical temperature database is also used. The method has been tested analysing several characteristic synoptical and mesoscale environments and comparing this analysis with the outputs of the method. Having into account the results of the studies, we conclude that this method is suitable for monitoring cloud systems due to its speed and accuracy.

**Palabras clave:** albedo, temperatura de brillo, sunglint, kriging, inestabilidad baroclínica.

### INTRODUCCIÓN

Durante la década de los 90, las pérdidas de vidas humanas debidas a inundaciones, rayos y accidentes aéreos por mal tiempo ascendió a un total de 294 víctimas según datos del proyecto INARIS del Instituto Geológico y Minero de España. A esto hay que añadir las cuantiosas pérdidas económicas que se derivan de tales fenómenos adversos. Sirva como ejemplo los 1.500 millones de euros en los que el Consorcio de Compensación de Seguros estimó, en su informe de 1995, las pérdidas producidas por inundaciones en los últimos 20 años.

Ante tales cifras no es gratuito afirmar que la monitorización en tiempo real de la formación de aquellas estructuras nubosas precursoras de estos desastres naturales, podría atenuar, en cierta medida, las pérdidas humanas y económicas que de ellas se derivan.

Durante los últimos años se han desarrollado diversos métodos de clasificación de nubes: Derrien *et alii*. 1993, Feidas *et alii*. 2000

entre otros. En este trabajo se presenta un método operacional de clasificación de nubes en el que principalmente se utiliza información suministrada por satélite con el fin de que tal método sea automático. Dada la finalidad que posee, éste debe ser rápido, preciso y objetivo. Por todo ello, se ha elegido, debido su alta resolución temporal, el satélite Meteosat. Por otro lado, resulta necesario conocer el estado termodinámico de la atmósfera. Éste se obtiene a partir de los datos suministrados por la sonda A/TOVS (Advanced / Tiros-N Operational Vertical Sounder) embarcada en los satélites de la serie NOAA. La combinación de datos entre los canales Visible (VIS) e Infrarrojo (IR) del Meteosat junto con los datos A/TOVS permiten clasificar diferentes tipos de superficies nubosas.

### METODOLOGÍA

Los canales VIS e IR del Meteosat son corregidos atmosférica y geoméricamente. Dado que la resolución espacial de ambos satélites con los que se trabaja es diferente, resulta imprescindible convertir la totalidad de píxeles al mismo tamaño.

Tras el chequeo de los datos obtenidos en ambas correcciones respecto a datos AVHRR, se decidió remuestrear los canales VIS e IR al tamaño  $1 \times 1 \text{ km}^2$ , mediante un método de interpolación al vecino más próximo, permitiendo así su posible fusión con datos NOAA-AVHRR.

A partir de la radiancia del canal VIS se obtiene la reflectividad de la cubierta nubosa y mediante la ecuación de Planck se obtienen los valores de temperatura de brillo del canal IR.

Por otra parte se convierten las radiancias de los sensores HIRS y MSU de la sonda A/TOVS en datos atmosféricos. Como se ha demostrado en numerosos estudios (Lakshmi y Susskind 2000 o Powers y Gao 2000), los datos A/TOVS presentan un grado de fiabilidad aceptable para el estudio de variables meteorológicas, de ahí su elección. Así, partir de los valores de temperatura y geopotencial A/TOVS se generan sendas imágenes mediante el método geostadístico de interpolación "Kriging" (Cressie 1991)

En una primera aproximación, se detectan aquellos píxeles que no son nube. Para ello se comparan los valores de temperatura de brillo del canal IR con una base de datos histórica de temperaturas medias (1999-2002) obtenidas a nivel del suelo proporcionadas por el Instituto Nacional de Meteorología. Si la temperatura del píxel es mayor que aquella registrada históricamente más la oscilación térmica media de la hora y el mes analizado, el píxel es no nube. Caso contrario, el píxel puede ser o no nube. Para comprobar esto último, se sigue el proceso que se muestra en la Figura 1 y que se explica en los siguientes apartados.

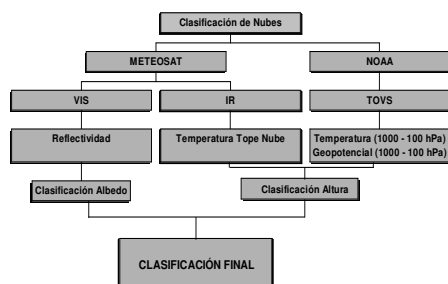


Figura 1.- Diagrama de flujo del método de clasificación de nubes.

### Canal VIS

La Reflectividad o Albedo, proporciona una primera clasificación de las nubes dependiendo

de la cantidad de radiación visible que estas reflejen. Por ello, se han utilizado los valores de Albedo dados por Conover (1964). Estos valores se reclasifican para obtener un rango de datos operativos. Así los valores de Albedo son clasificados según los intervalos mostrados en la Tabla 1.

Rango	Intervalo de Albedo	Tipo de superficie
0	0 - 10	Mar
1	10 - 25	Tierra
2	25 - 36	Cu de buen tiempo, Cs, Ci.
3	36 - 65	St
4	65 - 72	Sc, Cu, Cs.
5	72 - 100	Ns, Cb.

Tabla 1.- Valores operativos de Albedo.

Debido a que la radiancia en el canal VIS puede estar contaminada por el fenómeno del "Sunlint", se eliminan aquellos píxeles que presentan tal fenómeno.

### Canal IR

Estableciendo una relación entre las diferentes superficies nubosas y su altura se puede obtener una segunda clasificación. Para ello, se cuenta con una clasificación desarrollada por la Universidad de Michigan (1995). Al igual que en el canal VIS, los datos son reclasificados obteniéndose una relación de datos operativos mostrados en la Tabla 2.

Altura (m)	Rango
0 - 500	0
500 - 2.000	1
2.000 - 5.000	2
5.000 - 15.000	3

Tabla 2.- Valores operativos de altura.

Suponiendo una atmósfera adiabática, la relación existente entre la altura y la temperatura en esta capa atmosférica es lineal y considerando dicho comportamiento como caso genérico, mediante las imágenes de geopotencial y temperaturas a diferentes niveles de presión que proporcionan los datos A/TOVS, se puede obtener, para cada píxel de la imagen, una relación lineal altura-temperatura hasta el nivel tropopausico. De esta manera,

aplicando la imagen IR-Meteosat podremos conocer la altura a que se encuentra cada píxel de la nube.

### Clasificación final

El producto de las imágenes de albedo y altura permite obtener una imagen clasificación final de nubes. Dicha clasificación proporciona una disposición en la imagen de los distintos tipos de superficies nubosas dado que la fusión de ambas permite establecer una relación entre el valor del píxel y el tipo de nube correspondiente.

De forma relativa, se puede establecer una relación reflectividad vs. altura como la mostrada en la Figura 2 con el fin de comprobar la no superposición de productos.

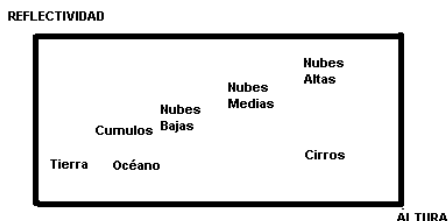


Figura 2.- Reflectividad vs. altura.

### VALIDACIÓN DEL MÉTODO

Con el fin de comprobar la bondad del método se analizaron un total de 19 situaciones sinópticas y mesoescalares significativas para comprobar si aquellas estructuras nubosas que debieran aparecer eran las que proporcionaba el método. Se presenta el estudio pormenorizado de una de ellas, la correspondiente al 14 de septiembre de 1999.

#### Análisis de la situación sinóptica

En el análisis de superficie del 14 de septiembre de 1999 a las 00 GMT (Figura 3) se observa una situación sinóptica característica de esta época del año que ha sido estudiada y clasificada por Hernández *et alii.* (1998) como Tipo-I.

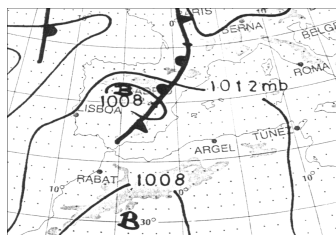


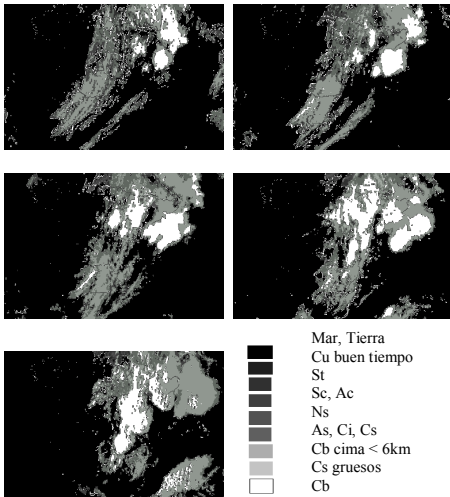
Figura 3.- Mapa de superficie.

Dicha situación viene caracterizada por una baja térmica al noroeste de Marruecos, acompañada por el paso de un frente frío procedente del océano Atlántico. En altura (500 y 300 hPa), la atmósfera presenta una marcada vaguada con eje N-S y a 300 hPa aparece una corriente de chorro que favorecerá la formación de sistemas convectivos (Leary y Rappaport 1987). Todos estos rasgos engendran sobre la Península Ibérica una inestabilidad baroclínica muy intensa. Por lo tanto, en las horas centrales del día, es previsible que al paso de este frente frío se desarrollen corrientes verticales que den lugar a precipitaciones intensas.

Teniendo en cuenta el análisis de la nubosidad que cabe esperar con este tipo de situaciones sinópticas, podría afirmarse que habrá una gradación de nubes a diferentes niveles de la atmósfera debido a la gran intensidad de las corrientes verticales. Así, debieran aparecer Altocúmulos (Ac) y Altoestratos (As), seguidos de Cumulonimbos (Cb), Estratos (St), Estratocúmulos (Sc) y Nimboestratos (Ns).

#### Identificación de las nubes en las imágenes clasificadas

En la imagen de las 8:00 hora local (HL), se advierte el paso del frente frío por la Península Ibérica observándose fundamentalmente As y Ac. Sobre el océano Atlántico aparecen Cu de buen tiempo característicos del paso de este tipo de frentes. La Costa Dorada muestra una serie de células que teóricamente se desarrollarán como consecuencia de las corrientes verticales ascendentes siendo Cb de gran espesor. Ello está de acuerdo con la convección profunda que se debiera desarrollar debido a las condiciones de inestabilidad tan intensas en los diferentes niveles de la atmósfera. Así mismo se observa el sector cálido existente entre ambas masas de aire.



**Figura 4.-** Imágenes clasificadas para las 8, 10:30, 12:30, 14:30 y 16:30 hora local.

El análisis para el conjunto de imágenes desde las 8 hasta las 10:30 HL muestra que la estructura nubosa determinada a las 8 HL se mantiene en líneas generales salvo las consiguientes modificaciones en el desarrollo y disipación de los sistemas convectivos que llevan asociados Cb y el desplazamiento del frente en dirección E-NE.

A partir de las 12:30 HL aparecen nuevos sistemas convectivos al NE de la Península llevando asociada una intensificación de los Cb. Por el contrario, el sistema de Cb del sistema catalán inicia la fase de disipación. En las horas siguientes, la convección detectada al NE continúa desarrollándose dando lugar a nuevos sistemas convectivos, siendo significativa la intensificación de la nubosidad en eje de la vaguada (N-S).

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha puesto de manifiesto que el método automático de clasificación de nubes propuesto cumple con las premisas de rapidez, precisión y objetividad. La alta resolución temporal de las imágenes Meteosat favorecen la monitorización en tiempo real de los sistemas nubosos y, dado que el volumen de cálculo no es excesivamente alto, permiten la obtención de resultados a muy corto plazo. Por otro lado, los datos suministrados por la sonda A/TOVS ofrecen mayor precisión que los sondeos convencionales dado que permiten obtener, para cada pixel, un sondeo en altura. Como se ha comprobado en las diferentes

situaciones analizadas, los resultados obtenidos reflejan con somera precisión la realidad del terreno.

## BIBLIOGRAFÍA

Conover, J. H. 1964. The identification and significance of orographically-induced clouds observed by TIROS Satellites. *Journal of Applied Meteorology* 3, 226-234.

Consortio de Compensación de Seguros. 1995. Informe anual. Consorcio de Compensación de Seguros. Ministerio de Economía y Hacienda. Serrano, 69. 28006 Madrid.

Cressie, N. A. C. 1990. The origins of Kriging. *Mathematical Geology* 22, 239-252.

Derrien, M., Farki, B., Harang, H., LeGléau, H., Noyalet, A., Pochi, D. y Sairouni, A. 1993. Automatic Cloud Detection Applied to NOAA-11/AVHRR Imagery. *Remote Sensing of Environmet* 46, 246-267.

Feidas, N. H., Cartalis, C. y Cracknell, A. P., 2000. Use of Meteosat imagery to define clouds linked with floods in Greece. *International Journal of Remote Sensing* 21, 1047-1072.

Hernández, E., Cana, L., Díaz, J., García, R y Gimeno, L. 1998. Mesoscale Convective Complexes over the Western Mediterranean Area during 1990-1994. *Meteorology and Atmospheric Physics* 68, 1-12.

Leary, C.A. y Rappaport, E. N. 1987. The life cycle and internal structure of a mesoscale convective complex. *Monthly Weather Review* 115, 1503-1527.

Lakshmi, V y Susskind, J. 2000. Comparison of TOVS-derived land surface variables with ground observations. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 105 (D2), 2179-2190.

Powers, J.G. y Gao, K. 2000. Assimilation of DSMP and TOVS satellite soundings in a mesoscale model. *Journal of Applied Meteorology* 39 (10), 1727 - 1741.

Windows to the Universe team. Clouds. © 2000 - 01 University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), © 1995-1999, 2000. The Regents of the University of Michigan.

## AGRADECIMIENTOS

Instituto Nacional de Meteorología.