

CARACTERIZACIÓN DE LA CUBIERTA NUBOSA CON MÉTODOS MULTIFRACTALES

J. GRAU (*), J. MASSONS (**), y J. M. REDONDO (***)

Joan.Grau@upc.es

(* *U.E. Mecànica. EUETIB. UPC. C/ Compte Urgell 187, 08036 Barcelona*

(**) *Àrea de Física Aplicada, Dep. de Química Física i Inorgànica. URV. Imperial Tarraco s/n, Tarragona*

(***) *Dep. Física Aplicada. Mòdul B5. Campus Nord. UPC*

RESUMEN: La cubierta de nubes presenta una estructura compleja, que debido a su naturaleza, es difícil de representar con la geometría euclídea. Se presenta en este trabajo una metodología para su caracterización mediante análisis multifractal aplicado a imágenes de satélites geoestacionarios, como Meteosat. En este trabajo se describe la metodología de estudio y se presentan unos primeros resultados. Mediante este método se consigue una caracterización del tipo de nubes presente en cada escena.

ABSTRACT: Cloud cover shows a complex behaviour which is difficult to modelise with standard euclidean geometry. In the present work we describe the methodology for using multifractal analysis with geostationary satellite data in order to describe the cloud cover characteristics. This work describes de methodology of analysis and the method was checked in primary Meteosat images. This method allows the characterization of the cloud cover in each frame to be realised.

Palabras clave: dimensión fractal, box-counting, caracterización de nubes, Meteosat.

DATOS

El presente estudio se ha realizado sobre imágenes del satélite Meteosat 7 con escenas del año 2000 capturadas por el receptor primario PDUS (Primary Data User Station) de la URV.

Este satélite presenta tres canales de observación en el espectro electromagnético. Canal visible (0,3-1,05 μm), canal de vapor de agua (5,4-7,5 μm) en la zona de absorción de vapor de agua y otro en el IR térmico (10-13,10 μm). La resolución espacial presenta un tamaño de punto de 5 km en el nadir para la imagen de vapor de agua y la de IR térmico. Para la visible la resolución espacial original es de 2,5 km en el nadir, pero se utiliza muestreada a 5 km. Debido a la proyección Meteosat de las imágenes el tamaño del punto aumenta con la latitud y la longitud. De estos tres canales se han utilizado el visible (VIS) y el IR térmico (IR) en el presente estudio.

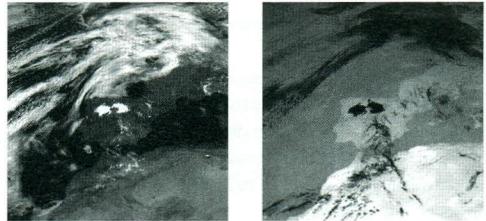


Figura 1. Imagen visible y IR. 1-6-2000. 12:00 GMT.

Estas imágenes están centradas sobre la península ibérica con unas dimensiones de 512x512 puntos. Se analizan imágenes a las 12:00 GMT pertenecientes a los días 1 y 2 de Junio del año 2000 (Figura 1 y 2).

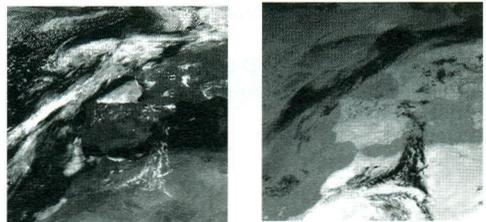


Figura 2. Imagen visible y IR. 2-6-2000. 12:00 GMT

METODOLOGÍA

Las imágenes originales del receptor PDUS se someten a un primer procesamiento para corregir la posición solar, la posición de observación por parte del satélite y la superficie ocupada por el punto.

El segundo paso es la realización de una clasificación de las cubiertas para poder seleccionar la zona de interés. Este proceso de clasificación utiliza el histograma bidimensional de las imágenes visible e IR con la finalidad de poder segmentar las cubiertas de interés (Massons *et al.*, 1996).

Sobre las imágenes que contienen exclusivamente cubiertas de nubes se realiza una selección de la zona de cálculo y se procede a aplicar el método Box-counting para hallar la correspondiente caracterización fractal. Debido a la naturaleza de 2D del método, para las imágenes en intensidades de gris (NDG), es preciso que se realice un análisis a diferentes intervalos de trabajo realizando una caracterización multifractal.

Método Box-counting

El método box-counting (Peitgen *et al.*, 1992) se basa en correlacionar las observaciones a diferente escala de la misma escena. Éstas se parametrizan midiendo la superficie recubierta por el conjunto de puntos válidos de observación a diferentes escalas.

Las mediciones se realizan mediante un recubrimiento de cajas (box) sobre la escena con el posterior recuento de las que contienen motivos del dominio de trabajo.

Este proceso itera el recuento de cajas variando las dimensiones de estas de forma sistemática. El resultado es una relación del número de cajas de costado E que se utilizan (o la longitud del costado L dividida por E, L se suele normalizar a 1) y el número de cajas que recubre la escena de interés N(E).

Si la relación de estos dos términos es:

$$N(E) = (1/E)^D$$

D indica la dimensión fractal de la escena. Si no se cumple la relación indica que a diferentes escalas no se observa autosimilitud (Mandelbrot 1983).

La forma de obtener D pasa por la representación log-log de N(L) y n(L) obteniendo la pendiente y la correlación (Figura 3).

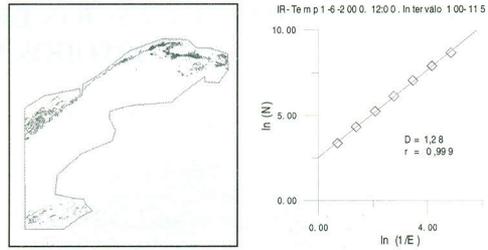


Figura 3. Intervalo de cálculo 100-115 y representación log-log.

Caracterización multifractal

Las zonas de interés de las imágenes están formadas por diferentes puntos cada uno de los cuales tiene un NDG. Cuando se selecciona la zona de cálculo se debe indicar también los rangos de nivel de gris a considerar. Si lo que interesa es estudiar un rango de niveles amplio se puede analizar directamente todo el intervalo apareciendo el problema que el hecho de considerar todos los puntos por igual impide que se pueda aprovechar la información de cómo están distribuidos.

Para realizar un análisis más detallado es más interesante la realización de un análisis multifractal (Sepulcre *et al.*, 1997). Éste se encarga de estudiar un determinado dominio de puntos y un determinado intervalo de niveles de gris, pero, en lugar de estudiarlo como un único intervalo, se analiza a partir de subintervalos más pequeños que lo recubran por completo. Para cada uno de los subintervalos se realiza un análisis de la dimensión fractal. El resultado del análisis es un conjunto de dimensiones fractales de los subintervalos que dan lugar a una caracterización multifractal.

Finalmente es necesario caracterizar las diferentes evoluciones, pasando de una gráfica a una información mucho más concreta. Con esta finalidad se caracterizan los valores estadísticos siguientes: máximo, promedio, varianza y valor más frecuente.

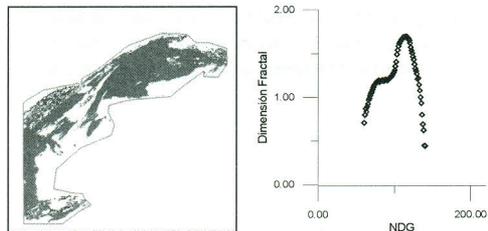


Figura 4. Dominio y caracterización multifractal

RESULTADOS

Del correspondiente análisis de las escenas se obtiene una curva con la dimensión fractal para los diferentes intervalos. Se observan dos zonas para la imagen del día 1 (Figura 5 y 6) y dos para la del día 2 (Figura 7 y 8).

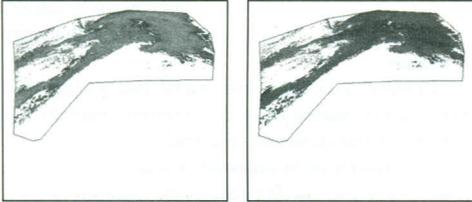


Figura 5. Imagen IR-Temp y VIS, zona 01b_a.

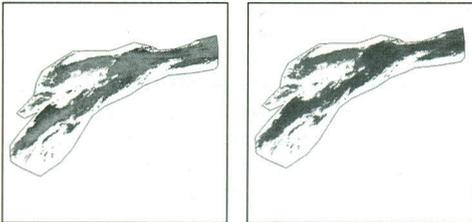


Figura 6. Imagen IR-Temp y VIS, zona 01c_a.

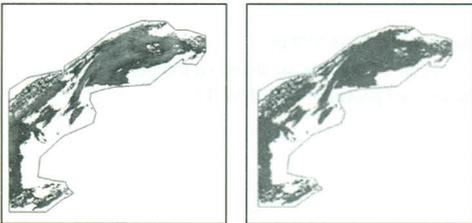


Figura 7. Imagen VIS y IR, zona 01b_a.

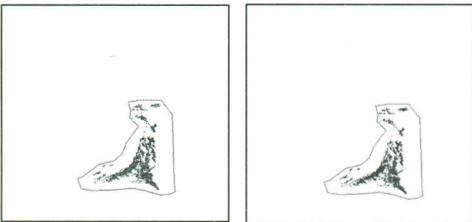


Figura 8. Imagen VIS y IR, zona 01b_a.

Obtenemos las siguientes caracterizaciones para las curvas multifractales correspondientes a las imágenes anteriores.

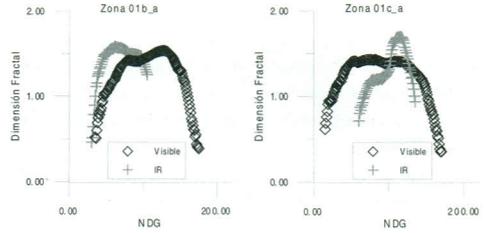


Figura 9. Resultados para el día 1 de junio.

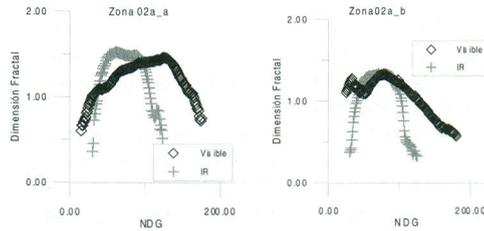


Figura 10. Resultados para el día 2 de junio.

De estas gráficas se obtienen los valores representativos de cada una de las caracterizaciones fractales, estos se pueden observar en la siguiente tabla (Tabla 1):

Zona	Máx.	Promedio	rms	¿???
i1b_a	1,58	1,47	0,0112	-0,0018
v1b_a	1,54	1,37	0,0208	-0,0027
i1c_a	1,69	1,34	0,0046	0,0460
v1c_a	1,43	1,33	0,0199	-0,0017
i2a_a	1,52	1,41	0,0165	-0,0033
v2a_a	1,45	1,27	0,0198	-0,0013
i2a_b	1,34	1,25	0,0085	-0,0010
v2a_b	1,34	1,19	0,0096	-0,0001

Tabla 1. Parametrización de las características multifractales.

Día 1 de junio de 2000

Se estudian dos zonas que presentan unas características muy diferenciadas:

Zona 01b_a: Un análisis visual denota una estructura cumuloforme, apreciándose tanto en el visible como en el IR-Térmico. Las correspondientes caracterizacio-

nes multifractales nos presentan un máximo y un valor promedio no muy diferenciados, dando una idea de una cierta homogeneidad en la distribución de las diferentes dimensiones observadas. Se denota de estos valores una estructura compleja.

Zona 01c_a: A diferencia de la anterior, se observa una estructura estratiforme, básicamente en la imagen del IR-Térmico. Esta estructura se caracteriza por unas dimensiones mucho más elevadas para un rango de NDG característico de la estructura y otros valores más bajos. Resultado de esta abrupta variación es la obtención de un máximo muy diferente del promedio.

Día 2 de junio de 2000

Sobre esta imagen se observan también dos zonas de trabajo. En este caso se diferencia una estructura cumuloforme compacta de otra estructura cumuloforme dispersa.

Zona 02a_a: Esta presenta una caracterización muy parecida a la 01b_a, con una estructura compleja que se extiende por los diferentes NDG, tanto para el visible como para el IR-Térmico.

Zona 02a_b: Aquí se observa una estructura cumuloforme dispersa. Los valores del máximo y del promedio no están muy diferenciados, pero el hecho de tener una estructura más dispersa implica unos valores más bajos de la dimensión observada.

El parámetro rms se obtiene más elevado para las distribuciones que presentan un valor más uniforme en las dimensiones fractales, siendo un valor más pequeño en la caracterización más estrecha y alta i1c_a. El momento de orden 3 también presenta diferencias en este caso, siendo negativo para todos los casos menos para el i1c_a.

CONCLUSIONES

La intención de este trabajo era la de hacer una incursión en una nueva forma de posible parametriza-

ción de la cubierta nubosa. Para tal finalidad se han escogido dos escenas con una zona de estudio en común y otra diferente. A la vista de los resultados se puede concluir que la metodología caracteriza de forma diferente las diferentes cubiertas de nubes, dando unos valores que parecen coherentes; mayor cobertura del espacio da como resultado una mayor dimensión y mayor complejidad en la estructura implica una dimensión no tan alta pero con unos valores más uniformes dentro del rango de trabajo.

El valor de la dimensión fractal indica si hay muchos o pocos puntos en el determinado intervalo y la correspondiente dispersión espacial.

La variación de la dimensión fractal de un intervalo a otro indica la estructura de las nubes para los diferentes niveles de gris.

BIBLIOGRAFÍA

- MANDELBROT, B. 1983, en *The fractal geometry of Nature*. Freeman, New York.
- MASSONS J., DOMINGO D. and GRAU J., 1996, Automatic classification of VIS-IR METEOSAT images. *Computers and Geosciences*, 22, 10, 1137-1146.
- PEITGEN, H.-O., JÜRGENS H. and SAUPE D., 1992, en *Fractals in the Classroom: part One - Introduction to Fractals and Chaos*. Springer-Verlag, New York, 1992, pp. 240-244
- SEPULCRE F., GRAU J., GARCÍA-BONAFÉ M. and MORAGAS A. 1997. Fractal Approach to the Study of Chromatin Texture, en *Fractals in Biology and Medicine. Volumen II*. Birkhäusers, Basel-Switzerland.

AGRADECIMIENTOS

A la CIRIT por su financiación parcial del trabajo dentro del proyecto IMPACTE.