

VARIACION DIARIA DE LA REFLECTANCIA DE SUELOS. APLICACION A LA NORMALIZACION DE IMAGENES METEOSAT VIS

J.Massons, J.Grau

Lab. de Teledetección. Universitat Rovira i Virgili. Tarragona. Tel. 55.81.53

J.Grau, M.Llorens

Escola Univ. d'Enginyeria Tècnica. Universitat Politècnica de Catalunya. Tel. 430.16.04.

J. Lorente

Dept. Astronomia i Meteorologia. Universitat de Barcelona. Barcelona. Tel 402.11.23

RESUMEN.- En este trabajo se analiza la evolución temporal del nivel de gris en las imágenes del canal visible del satélite METEOSAT durante un ciclo diario. En particular, esta evolución se compara con la que predice un modelo Lambertiano. El análisis se ha realizado para diferentes estaciones, tanto de mar como de tierra, y para diferentes estaciones del año. En una fase previa se han eliminado las nubes para, de esta forma, poder realizar el estudio sobre regiones libres de nubosidad.

ABSTRACT.- This paper analyzes the time evolution of the grey level in the METEOSAT VIS images during the daily illumination cycle. In particular, this evolution is compared with the one predicted by a Lambertian model. The analysis was conducted at several locations, both for land and sea surfaces, and for different seasons of the year. Prior to studying the images, the clouds were removed in order to obtain cloud free regions.

1.- INTRODUCCION

Las imágenes de satélite constituyen una herramienta muy valiosa para obtener de forma global variables meteorológicas casi en tiempo real (Saunders and Seguin, 1992). Estas imágenes se utilizan tanto de forma cualitativa como, más recientemente, de forma cuantitativa para obtener parámetros físicos de interés. Debido a los cambios en la iluminación solar durante el día, las imágenes en el canal visible necesitan ser cuidadosamente corregidas a fin de poder comparar medidas de reflectancia realizadas en instantes distintos, especialmente para valores pequeños del ángulo cenital del sol, θ , dado que para estos valores el cociente entre la irradiancia difusa y la global es mayor. El método más común para corregir las imágenes visibles considera una reflexión lambertiana clásica en todas las superficies y, en consecuencia, divide el nivel de gris de cada píxel por el coseno del ángulo cenital solar, $\cos \theta$. A pesar de su simplicidad, este método conduce a resultados con un grado de exactitud razonable, para valores grandes de $\cos \theta$. Otros autores sugieren utilizar otras metodologías más complejas (Minnis and Harrison, 1984, Binder, 1989), pero al crecer la dificultad de los métodos disminuyen también sus potenciales

aplicaciones al día a día del análisis de imágenes meteorológicas, dado que la corrección de una imagen puede requerir un tiempo excesivamente grande, aún en potentes ordenadores. Esta es la razón fundamental por la cual la comunidad meteorológica continúa utilizando ampliamente la corrección lambertiana. El objetivo de este trabajo es determinar la evolución diaria del nivel de gris en diferentes zonas de una imagen Meteosat (superficies sólidas y mar) y comparar esta evolución con la prevista a partir de un modelo de reflexión lambertiana.

2.- METODOLOGIA

La base de datos analizada en este trabajo corresponde al banco de imágenes del Laboratorio de Física Aplicada (Tarragona). Corresponden a imágenes digitales del satélite METEOSAT, en una ventana de 512x512 pixels, centrada en la Península Ibérica, y limitada por las líneas 1884 y 2395 y por los píxels 1076 y 1587. La resolución radiométrica en los canales visible e infrarrojo es de 256 niveles. Se han analizado las imágenes correspondientes a los meses de enero a diciembre de 1994. Para cada día de este período, se han analizado las imágenes visibles desde las 6:00 hasta las 18:00 UTC (7:00 hasta 17:00 para los meses de invierno) y todas las imágenes infrarrojas para obtener un conjunto de píxels libres de nubes. Para cada una de las imágenes analizadas se han retenido los niveles de gris en el visible e infrarrojo en un total de 100 estaciones de medida, repartidas sobre toda la imagen. En este trabajo se presentarán los resultados relativos únicamente a 6 de ellas, como se señala en la Figura 1, en la que puede observarse la ventana de análisis, en la proyección METEOSAT. Las imágenes térmicas se han normalizado transformando los niveles de gris a temperaturas utilizando la inversa de la ley de Plank. Esta transformación elimina las variaciones debidas a cambios en los coeficientes de calibración y permite comparar de forma precisa imágenes de diferentes días. La calibración de las imágenes visibles METEOSAT puede obtenerse, por ejemplo, de Kriebel and Amann, 1990, pero en este trabajo no se ha realizado la conversión a variable física, prefiriendo trabajar con niveles de gris. La iluminación de las imágenes visibles no se ha corregido, debido a que el interés de este trabajo se centra justamente en el análisis del comportamiento de estos datos durante el ciclo de iluminación diario. De cara a mantener el significado físico del nivel de gris de cada píxel, no se ha aplicado ninguna modificación (como filtros, modificaciones del histograma, etc). Únicamente se han aplicado técnicas de equalización y composición de falso color para inspeccionar visualmente los resultados de los algoritmos de eliminación de nubes y eliminar aquellos píxels nubosos que no hayan sido correctamente detectados por el método automático. Después de estos ajustes iniciales, se han utilizado las imágenes con los niveles de gris recibidos del satélite. El procedimiento de obtención de la base de datos de píxels libres de nubes se basa en cálculos realizados sobre los valores mínimos de nivel de gris en el canal

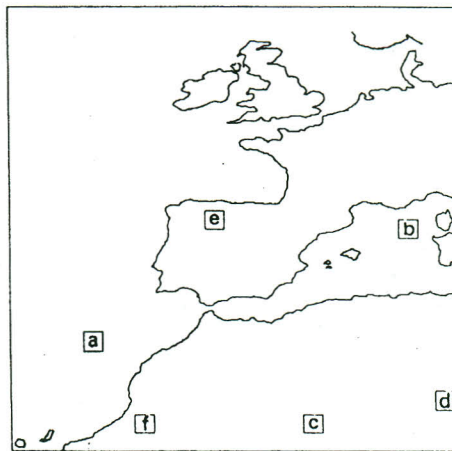


Figura 1.- Regiones analizadas

de observarse la ventana de análisis, en la proyección METEOSAT. Las imágenes térmicas se han normalizado transformando los niveles de gris a temperaturas utilizando la inversa de la ley de Plank. Esta transformación elimina las variaciones debidas a cambios en los coeficientes de calibración y permite comparar de forma precisa imágenes de diferentes días. La calibración de las imágenes visibles METEOSAT puede obtenerse, por ejemplo, de Kriebel and Amann, 1990, pero en este trabajo no se ha realizado la conversión a variable física, prefiriendo trabajar con niveles de gris. La iluminación de las imágenes visibles no se ha corregido, debido a que el interés de este trabajo se centra justamente en el análisis del comportamiento de estos datos durante el ciclo de iluminación diario. De cara a mantener el significado físico del nivel de gris de cada píxel, no se ha aplicado ninguna modificación (como filtros, modificaciones del histograma, etc). Únicamente se han aplicado técnicas de equalización y composición de falso color para inspeccionar visualmente los resultados de los algoritmos de eliminación de nubes y eliminar aquellos píxels nubosos que no hayan sido correctamente detectados por el método automático. Después de estos ajustes iniciales, se han utilizado las imágenes con los niveles de gris recibidos del satélite. El procedimiento de obtención de la base de datos de píxels libres de nubes se basa en cálculos realizados sobre los valores mínimos de nivel de gris en el canal

visible y máximos en el térmico (Massons et al., 1995). Esta metodología, además de contemplar el nivel de gris VIS-IR de cada pixel de forma individual (Rossow and Gardner, toma en consideración la imagen de variancia y la coherencia temporal para asignar una determinada zona a la categoría de dejada, nubosa o mezcla. A modo de ejemplo de los resultados obtenidos con el programa de filtrado de nubes, la Figura 2 presenta la evolución del nivel de gris visible y de la temperatura para las estaciones b (localizada en el mar Mediterráneo) y c (en el desierto del Sáhara), para los 5 últimos días del mes de enero. Se puede apreciar el carácter sostenido de la temperatura de mar y los elevados contrastes térmicos que se dan en la zona desértico, con el característico régimen de enfriamiento nocturno y de rápido calentamiento en las primeras horas del día.

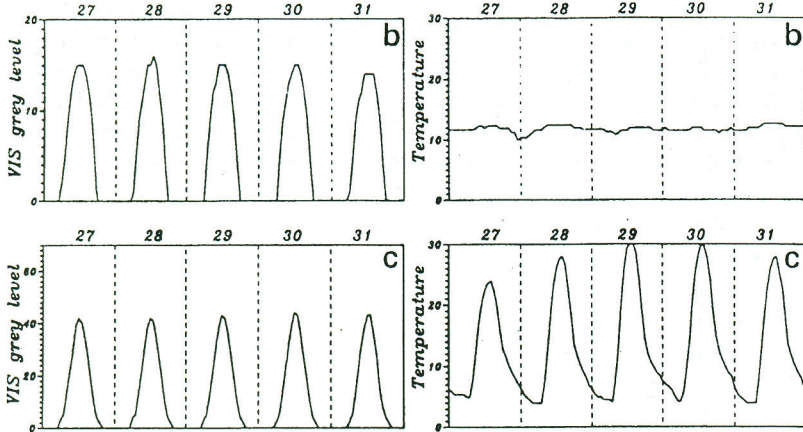


Figura 2.- Evolución diaria de la temperatura y del nivel de gris VIS en diferentes regiones

La Figura 2 permite apreciar que las variables (tanto térmica como de reflectividad) de las superficies evolucionan de manera similar para los diferentes días. También a modo de ejemplo, la Figura 3 presenta la evolución anual del máximo de temperatura y el mínimo de nivel de gris visible para las estaciones a (Océano Atlántico) y c (desierto del Sáhara). El período representado cubre desde Julio de 1993 hasta Septiembre de 1994. Puede apreciarse que, sobre el mar, el nivel de gris en el canal visible presenta muy poca variación a lo largo del año, con un nivel de gris de alrededor de 18. Esta misma tendencia se ha observado en las otras estaciones de mar analizadas. La superficie de tierra presenta una variabilidad más acusada, con un mínimo de 45 para los meses de invierno, un máximo para los meses de

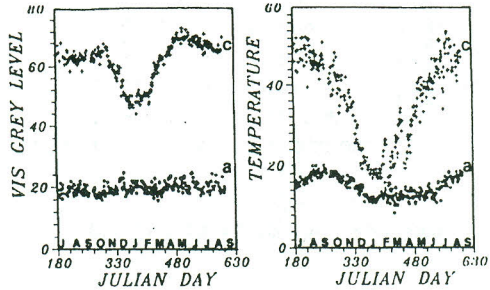


Figura 3.- Variación anual del mínimo VIS y de la temperatura máxima a las 12:00 UTC para las estaciones a y c

verano (nivel de gris 70) y una región de transición para primavera y otoño. El comportamiento particular de la dependencia temporal del nivel de gris del canal visible, depende fuertemente del tipo de suelo, contenido de humedad, etc. pero en todos los casos la variabilidad de los datos se produce en escalas de tiempo mucho mayores que un mes. Esta relativa constancia a escala mensual sugiere definir un día medio para cada mes, de forma que se pueda reducir el volumen de datos a analizar y, al mismo tiempo, simplificar el proceso de análisis de los resultados. De esta forma, los niveles de gris de cada estación (cuando estaba libre de nubes) y de cada hora se han promediado para todos los días del mes.

3.- RESULTADOS OBTENIDOS

Como ejemplo de la evolución temporal del nivel de gris de las imágenes visibles en las seis estaciones analizadas, la Figura 4 presenta la variación diaria del nivel de gris medio para el mes de Enero de 1994. Los datos han sido normalizados tomando como nivel de referencia su nivel de gris máximo para cada día. Este valor máximo, (que se produce a mediodía, hora local) presenta pequeñas variaciones durante los días del mes y puede ser utilizado como factor de normalización válido. En la figura se incluyen también las desviaciones medias de los datos (en forma de rms para cada hora) y se representan por las barras de error, que miden la variabilidad de los datos para los diferentes días del mes.

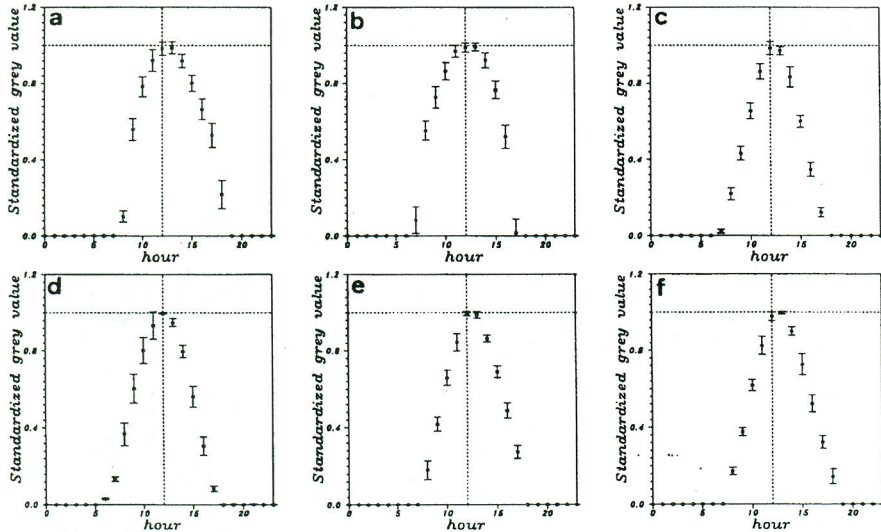


Figura 4.- Evolución diaria normalizada del nivel de gris VIS medio para Enero de 1994

A partir de esta figura se observa que las superficies de mar y tierra se comportan de manera claramente diferenciada. Así, las superficies de mar (Figuras 4.a y b) presentan unos valores más constantes durante las horas centrales del día que los que se observan en la superficie

terrestre, que registra unas variaciones más rápidas, como se puede apreciar en el carácter más agudo del pico. Comparando estas dos evoluciones con las que sugiere el modelo lambertiano, se observa que la superficie sólida tiene una respuesta ligeramente más aguda que la teóricamente esperada, mientras que el mar presenta un comportamiento inverso, manteniendo durante más tiempo del previsto el valor del máximo que se obtiene en las horas centrales del día. La mayor constancia de la reflectividad de las superficies de mar puede ser provocada por la reflexión de la radiación solar incidente en las capas profundas del océano, lo que reduce la dependencia angular de la radiación reflejada. Estos resultados están de acuerdo con los datos obtenidos a partir de modelos bidireccionales de reflectancia (Minnis and Harrison, 1984). Las características observadas para los datos de enero son totalmente representativos del comportamiento para los otros meses del año, por lo que estos últimos no se presentan en detalle en este trabajo. Finalmente, la forma de la evolución temporal de la reflectancia del suelo se analiza en términos de los momentos estadísticos de las distribuciones temporales. Los factores de rms y flatness (momentos estadísticos de orden 2 y 4, respectivamente), calculados para los datos representativos de cada mes se han comparado con los momentos estadísticos de las evoluciones esperadas a partir del modelo Lambertiano. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 5. Hay que señalar que los resultados correspondientes al momento de flatness se presentan normalizados respecto a los valores rms. Los valores (rms/flatness) calculados a partir de la evolución modelizada se presentan es forma de línea (continua/trazos), mientras que los calculados a partir de las evoluciones temporales medidas se representan como símbolos (asteriscos/cruces).

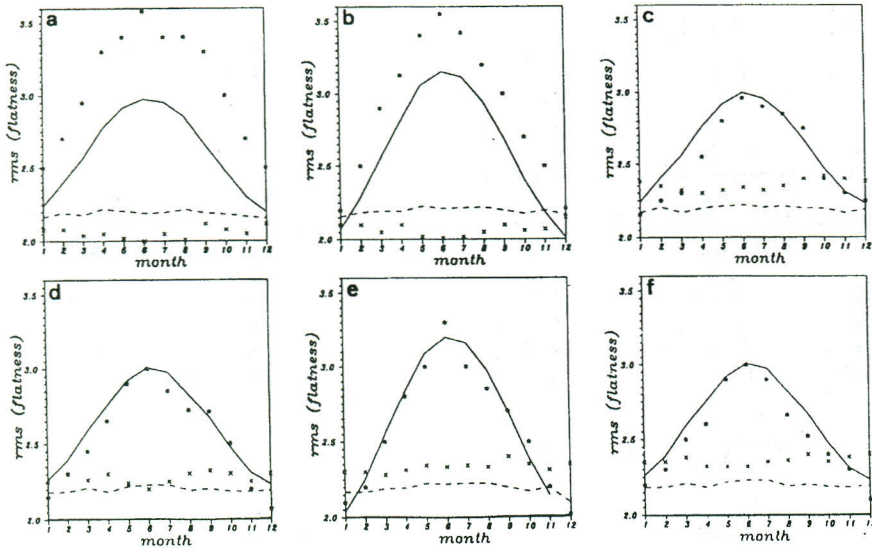


Figura 5.- Rms y flatness de los niveles de gris VIS para los diferentes meses del año

Puede observarse que, prácticamente en todos los casos, el rms experimental queda por encima

del teórico para las superficies de mar (indicando que la evolución diaria es más "ancha" y constante que la esperada), y ligeramente por debajo en el caso de las superficies sólidas, que presentan un comportamiento más próximo al lambertiano. Estos hechos sugieren que las superficies sólidas pueden ser modelizadas de forma más o menos correcta utilizando un modelo lambertiano, pero que las superficies de mar presentan una evolución que es mucho más plana que la sugerida por la ley cosinusoidal. Para estas superficies, la normalización de las imágenes visibles se podría realizar de forma más correcta utilizando una ley de corrección del tipo $(\cos \theta)^{1/2}$, como la utilizada por Tsonis ad Isaac, 1985 y Coretti et al, 1988, dado que presenta un carácter más sostenido en las proximidades del máximo. Por otra parte, el comportamiento ás agudo de la respuesta de las superficies sólidas delata una mayor importancia relativa de las reflexiones especularas en este tipo de superficies. 4. CONCLUSIONES En este trabajo se ha comparado la evolución temporal de la energía solar reflejada por superficies de mar y tierra con la modelizada a partir de un modelo lambertiano. El análisis realizado sugiere que las diferencias entre ambas evoluciones pueden llegar a ser importantes, especialmente para superficies de mar, con valores que aumentan a medida que disminuye la elevación del Sol. Se ha observado también que la reflectividad de las superficies de mar en las horas centrales del día es menos sensible a cambios en el ángulo cenital solar que lo que predice el modelo lambertiano. Los resultados obtenidos demuestran también que el modelo lambertiano proporciona una ley para reflectancia que representa un compromiso entre las variaciones observadas para las superficies de suelo y mar.

5.- REFERENCIAS

- Coretti, C. Desiatto, F. and Cannizzaro, G., 1988, Rainfall estimation over Northern Italy based on Meteosat images. En 7th Meteosat Sci. User's Meeting. Madrid, 27-30 September 1988 pp 2533-2539.
- Binder, P., 1989, A normalization procedure for Meteosat Visible Channel Data. J. Atmos. Ocean. Techn., 6, 1, 67-75.
- Kriebel, K.T. and Amann, V., 1990, Absolute Calibration of METEOSAT 4 VIS channel. En 8th Meteosat Sci. User's Meeting. Norrköping, 28-31 August 1990 pp 33-38.
- Massons, J., Grau, J. and Llorens, M., 1996, Time variability of the radiative characteristics of soil and sea surfaces observed from Meteosat Satellite. Enviado a Theor. Appl. Climat.
- Minnis, P. and Harrison, E.F., 1984, Diurnal variability of regional cloud and clear sky radiative parameters derived from GOES data: Part 1 Analysis Method. J. Climate Appl. Meteor., 23, 993-1011.
- Rossow, W.B. and Garder, L.C., 1993, Cloud detection using satellite measurements of infrared and visible radiances for ISCCP. J. Climate, 6, 12, 2341-2369.
- Saunders, R.W. and Seguin, B., 1992, Meteorology and climatology. Int. J. Remote Sensing, 13, 6 y 7, 1231-1259.
- Tsonis, A.A. and Isaac, G.A., 1985, On a new approach for instantaneous rain area delimitation in the Midlatitudes using GOES data. J. Climate and Appl. Meteor., 24, 1208- 1228.