

SEGMENTACIÓN DE LAS NUBES EN LAS IMÁGENES DEL NOAA-AVHRR BASADA EN LOS DIAGRAMAS T_{34} vs. T_4

Juan C. Pérez, Albano González, Félix Herrera, Fernando Rosa, Dulce M. de la Cruz

Laboratorio de Comunicaciones y Teledetección.

Departamento de Física Fundamental y Experimental. Universidad de La Laguna.

Tenerife. Islas Canarias. España

Palabras clave: NOAA, AVHRR, Nubes, Histogramas bidimensionales.

Resumen. Cuando se observan las imágenes suministradas por los satélites meteorológicos se comprueba que un gran porcentaje de la superficie terrestre se encuentra cubierta por nubes. Por tanto, el estudio de la cobertura nubosa se presenta como una herramienta fundamental en Teledetección, tanto para comprender mejor sus propiedades como para evitar que afecten a otras medidas que queramos obtener a partir de las imágenes. Esto último es importante en sistemas como el radiómetro AVHRR de los satélites NOAA, en el que, debido a su resolución espacial, se dan casos frecuentes de cobertura parcial de un píxel. En el presente trabajo se propone la utilización de los histogramas bidimensionales T_{34} frente a T_4 para el estudio y comprensión del comportamiento espectral de los distintos tipos de nubes para dos situaciones: en ausencia de radiación solar (imágenes nocturnas) y en presencia de ésta presente (imágenes diurnas). Por último, se propone un método de segmentación de histograma que permita discriminar aquellos píxeles contaminados total o parcialmente de nubes.

I. Introducción.

Uno de los principales problemas que se presentan cuando se utilizan los datos proporcionados por el sensor NOAA-AVHRR es la dificultad de la estimación de los diversos fenómenos que ocurren dentro de cada píxel, en particular cuando uno de ellos es debido a la presencia de nubes. Así, para una gran variedad de aplicaciones tales como clasificación, cálculo de índices de vegetación, temperatura superficial de mar, etc., la contaminación parcial por nubes en un determinado píxel puede dar lugar a una interpretación incorrecta de los resultados obtenidos. Numerosos estudios han sido realizados en este sentido [1],[2], en los que se persigue un método que permita realizar análisis de nubes de forma automática a partir de las imágenes multispectrales proporcionadas por los satélites. Estos métodos varían desde la utilización de técnicas de decisión mediante umbrales [3], pasando por el estudio estadístico y análisis de texturas, hasta la aplicación de las redes neuronales. En la actualidad, los métodos operativos más empleados se basan, precisamente, en técnicas de detección por umbrales, que proporcionan buenos resultados bajo condiciones normales [4]. Con estas técnicas, lo que se persigue es la clasificación de un píxel como nuboso o libre de nubes, a

partir de la evaluación de las diferencias entre los distintos canales y comprobar si éstas se encuentran dentro de unos valores preestablecidos. Sin embargo, la diferencia en el comportamiento espectral de los distintos tipos de nubes, así como la cantidad de las mismas presentes en cada elemento de la imagen, hace muy difícil la estimación de unos valores umbrales que permitan discriminar de una forma general aquellos píxeles contaminados.

Es precisamente este comportamiento espectral el que ponemos de manifiesto en el presente trabajo. Para ello, centraremos nuestro estudio en cómo afectan las nubes al proceso radiativo en las bandas espectrales correspondientes a los canales 3 y 4 del AVHRR.

II. Datos y métodos utilizados.

El presente estudio se ha realizado utilizando los datos suministrados por el radiómetro AVHRR a bordo de los satélites NOAA. Estos, han sido adquiridos y procesados por una estación TeraScan (SeaSpace) ubicada en el Laboratorio de Comunicaciones y Teledetección del Departamento de Física Fundamental y Experimental de la Universidad de La Laguna. Con la intención de comprobar que los resultados obtenidos corresponden a un comportamiento general, se ha realizado un análisis continuo desde Noviembre de 1996 hasta Mayo de 1997. Las imágenes empleadas corresponden al satélite NOAA-14, seleccionando aquellas, tanto diurnas (15:00 GMT) como nocturnas (03:00 GMT), que presenten una variada cubierta nubosa, tanto en tipo (nubes altas, bajas,...) como en densidad. La región de estudio se centra en Las Islas Canarias y se extiende desde los 27° hasta los 30° Norte y desde 18° hasta los 13° Oeste. Los datos, una vez obtenidos, fueron convertidos a sus correspondientes valores de temperatura de brillo usando los coeficientes de calibración específicos de cada canal, transmitidos por el satélite [5].

Por otra parte, hemos utilizado los histogramas bidimensionales $T_3 - T_4$ frente a T_4 , los cuales van a ser una herramienta fundamental para explicar la composición de un determinado píxel atendiendo a su situación sobre el mismo. Con esta herramienta y la utilización de un modelo de transferencia radiativa como el MODTRAN 7 podremos entender inicialmente los

fenómenos que ocurren cuando se tiene una nube situada entre la superficie terrestre y el sensor del satélite. Posteriormente, podremos discriminar directamente del histograma si un píxel se encuentra contaminado total o parcialmente de nubes.

III.- Comportamiento de las nubes en el histograma.

El canal 3 del AVHRR ($3,5-3,93\mu\text{m}$) se presenta como una herramienta útil para el estudio de las nubes debido a su situación en el espectro. Sin embargo, presenta una serie de inconvenientes a la hora de validar los resultados. Así, por una parte, los datos se encuentran afectados de ruido que varía de una imagen a otra. Esto hace necesario que, cuando se realizan estudios cuantitativos precisos, como puede ser el caso de la aplicación en técnicas de clasificación, es imprescindible la implementación de filtros digitales que minimicen dicho efecto [6]; sin embargo, en el presente trabajo en lugar de utilizar dichos filtros, se ha optado por realizar una fuerte selección de imágenes con poco ruido. El segundo inconveniente que presenta este canal es debido a su situación espectral. Así, la radiación que es captada por este sensor es la suma de dos contribuciones. Por una parte, la radiación procedente del Sol que es reflejada en la superficie y, por otra parte, la radiación térmica emitida desde la propia superficie. Como consecuencia, vamos a considerar dos situaciones, a) el estudio de imágenes nocturnas (eliminando así la contribución solar) y b) imágenes diurnas.

III.a. Imágenes nocturnas

Cuando analizamos los histogramas bidimensionales obtenidos para imágenes nocturnas observamos que, para aquellos píxeles claramente libres de nubes, las temperaturas de brillo obtenidas por los canales 3 y 4 son similares. Sin embargo, a medida que aumenta la concentración nubosa, éstas no se comportan de igual forma frente a la radiación procedente de la superficie terrestre en su camino hacia el sensor. Así, para nubes medias y altas, la radiación en la banda correspondiente al canal 3 se transmite a través de la nube en una proporción mayor a la del canal 4, lo que se manifiesta en el histograma aumentando las diferencias de temperatura de brillo de ambos canales, alcanzándose para nubes altas de un cierto espesor, diferencias de temperaturas superiores a los 25 grados Kelvin. Sin embargo, a partir de un cierto espesor, la nube se va haciendo prácticamente opaca a la radiación proveniente de la superficie en ambos canales, lo que se manifiesta disminuyendo la diferencia entre las temperaturas de brillo de ambos canales. Este fenómeno puede observarse con claridad en las figuras 1 y 2. En la figura 1, se presenta una imagen nocturna de la región de estudio en el canal 4, mientras que en la figura 2.a, podemos observar esta misma imagen segmentada de

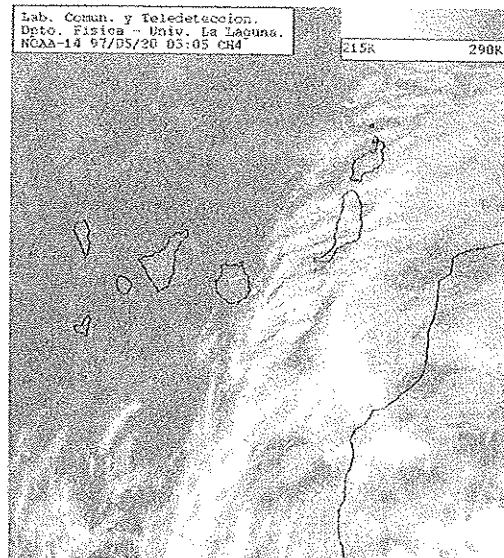


Fig. 1. Imagen nocturna de la zona de Canarias (canal 4).

acuerdo al histograma bidimensional T_3-T_4 frente a T_4 de la figura 2.b. En ellas, podemos distinguir la acumulación de puntos de mar (región más clara en el histograma) que, en ausencia de nubes, se sitúan en torno al valor 0 para T_3-T_4 . A medida que éstas se van haciendo más densas la diferencia de temperaturas de brillo empieza a incrementarse alcanzando un máximo. El mismo fenómeno se produciría para una misma densidad al aumentar el porcentaje de píxel cubierto. A partir de aquí, cuando las nubes son lo suficientemente densas, la diferencia de temperaturas de brillo vuelven a descender llegando de nuevo hasta cero en la zona central de las mismas (región más oscura en el histograma), lo que nos indica que la radiación que alcanza el sensor es debida únicamente a la emisión térmica de la nube.

Mención especial merece el comportamiento de las nubes bajas, pues como se muestra en el histograma, tienen una tendencia completamente distinta a las observadas anteriormente, constituidas básicamente de nubes medias y altas. Para este caso, a medida que la nube se hace más densa, la diferencia también aumenta pero en el sentido contrario, es decir, hacia valores T_3-T_4 negativos.

Este comportamiento global del histograma T_3 vs. T_4 , también ha sido obtenido de forma teórica haciendo simulaciones efectuadas con el código de transferencia radiativa MODTRAN7. Para ello, y con el fin de poder comparar los resultados teóricos con los experimentales,

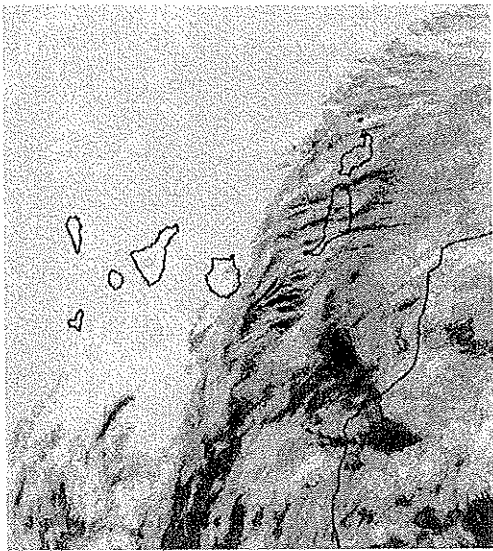


Fig. 2a. Imagen correspondiente a la fig. 1 segmentada según la figura 2b.

inicialmente obtuvimos de forma precisa la función de transferencia de los filtros de los canales 3 y 4 [3] para integrar en la banda correspondiente los valores proporcionados por el MODTRAN, pesados por la función de transferencia del filtro del canal considerado. A continuación, realizamos las simulaciones para un rango espectral que incluyese ambos canales, utilizando como perfil atmosférico el proporcionado por el citado programa como modelo tropical, que es el más adecuado para nuestra situación geográfica. Se ha utilizado una superficie a una determinada temperatura (290 K), sobre la cual situamos una nube a una cierta altura, realizando cálculos para distintos valores de la misma y del espesor óptico. En la figura 3, podemos observar las curvas obtenidas con estas simulaciones, donde cada una corresponde a una altura determinada para la nube. Como se puede apreciar en dicha figura, los resultados teóricos se ajustan a los obtenidos en la práctica, sin más que elegir una temperatura de suelo adecuada y una nube situada a una determinada altura y densidad.

III.b. Imágenes diurnas

Una vez analizadas las imágenes nocturnas, el siguiente paso consiste en ver cómo evolucionan los histogramas cuando se añade la componente solar a la radiación recibida en el canal 3. Para ello, vamos a proceder de forma análoga al caso anterior, mostrando una imagen donde aparecen tanto nubes altas como bajas (fig. 4). Además, en la figura 5.a podemos observar esta imagen, de nuevo segmentada según la figura 5b.

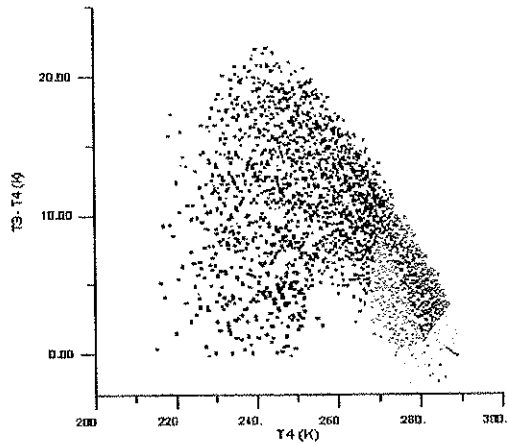


Fig. 2b. Histograma correspondiente a la imagen de la fig. 1

Posteriormente, los resultados obtenidos para estas imágenes son extrapolados a datos diurnos. Como cabría esperar, en estas imágenes la forma del histograma ha variado sensiblemente. Por un lado, podemos ver que la tierra se ha separado completamente (mayores temperaturas y albedo). Además, se observa que las diferencias $T_3 - T_4$ en las nubes son mayores en este caso, pues aparte de la emisión y transmisión de la nube, se incorpora una nueva componente que es la radiación solar reflejada. Al igual que en el caso nocturno, se ha justificado el comportamiento superponiendo en el histograma, las curvas obtenidas con las simulaciones en MODTRAN.

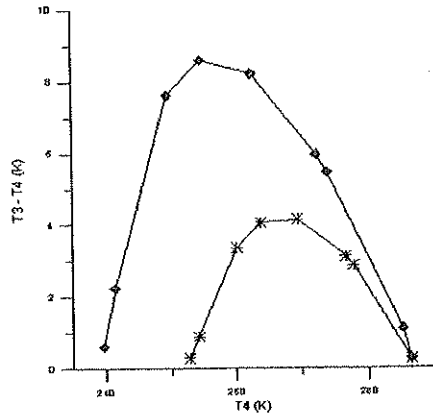


Fig. 3. Curvas simuladas mediante MODTRAN para el caso nocturno.

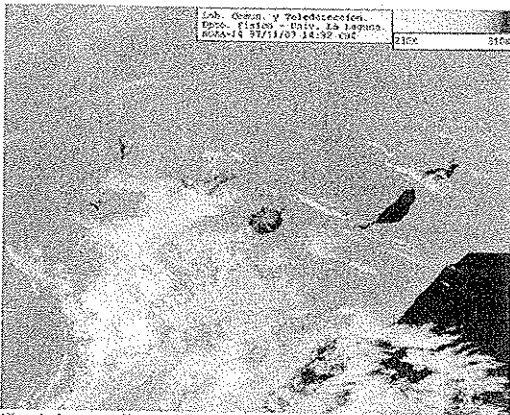


Fig. 4. Imagen diurna.(Canal 4).

IV.- Resultados y conclusiones.

En el presente trabajo hemos puesto de manifiesto el comportamiento radiativo de las nubes haciendo uso de los histogramas T_{34} , T_4 . Además, se ha implementado un procedimiento que permite, de forma visual, discriminar aquellos píxeles nubosos directamente a partir de dichos histogramas. Este proceso se puede hacer bien de forma automática prefijando unos valores umbrales, o de forma interactiva mediante ratón. De esta forma, dependiendo de la fiabilidad que se necesite, se puede realizar una segmentación apropiada que deseche todos aquellos píxeles contaminados de nubes. Así, por ejemplo, atendiendo a la figura 5.b podemos ver cómo utilizando las regiones definidas en el histograma de la figura 5.a, podemos quedarnos con aquellas regiones correspondientes a zonas de mar o tierra.

Agradecimientos.

Este trabajo ha sido realizado gracias a la financiación de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno Autónomo de Canarias por medio del Proyecto 4/95.

Bibliografía.

- [1] SAUNDERS, R.W. and KRIEBEL, K.T., 1988, An improved method for detecting clear sky and cloudy radiances from AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 9, 123-150.
- [2] BERGER, F.H., 1995, Inference of the climatic efficiency of clouds from satellite measurements. *International Journal of Remote Sensing*, 15, 2903-2926.
- [3] HUTCHISON, K.D., and CHOE, N.J., 1996, Application of 1.38 μm imagery for thin cirrus detection

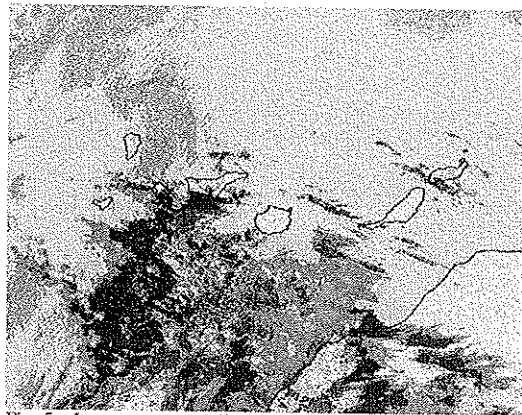


Fig. 5a. Imagen correspondiente a la fig. 4 segmentada según la figura 5b.

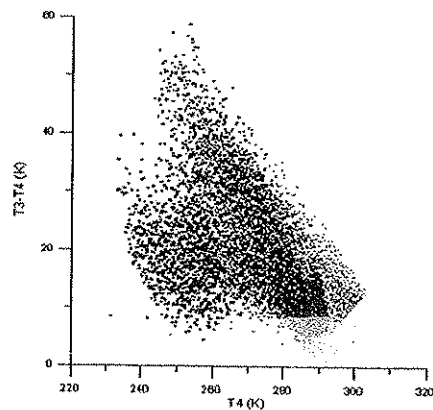


Fig. 5b. Histograma correspondiente a la imagen 4

in daytime imagery collected over land surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 16, 3325-3342.

[4] SIMPSON, J.J., and KELLER, R.H., 1995, An improved fuzzy logic segmentation of sea ice, clouds, and ocean in remotely sensed Arctic imagery. *Remote Sensing of Environment*, 54, 290-312.

[5] KIDWELL, K.B., 1991, NOAA polar orbiter users guide (TIROS-N, NOAA-6, NOAA-7, NOAA-8, NOAA-9, NOAA-10, NOAA-11, NOAA-12, NOAA-13, and NOAA-14). NESDIS, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington, D.C. 20233.

[6] SIMPSON, J.J., and YHANN, S.R., 1994, Reduction of noise in AVHRR Channel 3 Data with Minimum Distortion. *I.E.E.E. Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32, 315-328.