

## **ESTUDIO DE LA EVOLUCION DE DIVERSAS AREAS MEDIANTE IMAGENES NOAA-AVHRR**

A. Lammini; J.L. Casanova Roque y M.P. Rodríguez Campos  
*Laboratorio de Teledetección, LATUV. Universidad de Valladolid*

**RESUMEN.-** Este trabajo presenta un método de control de la vegetación basado en la consideración simultánea del CVI (Condition Vegetation Index), la temperatura de superficie y el albedo del canal 2, IR próximo, de los satélites NOAA. El método utiliza las series temporales de los compuestos máximos decenales de estas tres variables, desde el 1 de abril al 30 de septiembre, que es el período de evolución y desarrollo de la vegetación, y mediante un procedimiento "cluster" se obtienen una clasificación de usos del suelo que tiene en cuenta el comportamiento de la vegetación. La comparación entre dos años sucesivos permite localizar las áreas que hayan modificado su uso o su comportamiento.

**ABSTRACT.-** This project presents a method for vegetation monitoring based on the simultaneous consideration of CVI (Condition Vegetation Index), surface temperature, albedo of channel2 and near IR of the NOAA satellites. The method makes use of ten days maximum composite series of these variables, from abril 1<sup>st</sup> to September 30<sup>th</sup>, which is the period of vegetation evolution and development. A land use classification including vegetation behaviour is produced by a "cluster" procedure. The comparison between two consecutive years lets us find the areas that have changed its behaviour or its use.

### **1.- INTRODUCCION**

Entre los problemas medioambientales más graves que afectan a la Península Ibérica cabe mencionar los de erosión y desertización, que dan como resultado la desaparición o disminución de la cubierta vegetal. Hay múltiples zonas en España que vienen siendo objeto de estudio directo sobre el terreno, como aquéllas sobre las que se desarrollo el Proyecto MEDALUS, Mediterranean desertification and Land Use, que incluye desde estudios climatológicos hasta estudios socio-económicos, pasando por los procesos físicos y su modelización en diferentes lugares escogidos.

El presente trabajo presenta un procedimiento para la vigilancia global de la vegetación y la detección de zonas en las que haya una sustancial modificación de los usos del suelo, especialmente aquéllas en las que la modificación consista en una disminución o desaparición de la cubierta vegetal. El método aprovecha la alta periodicidad temporal de los satélites de la serie NOAA, que permiten obtener una imagen diaria de la Península. Unido esto a su resolución espectral, que es suficiente para poder calcular el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) y la temperatura de superficie con una precisión bastante elevada, es posible construir compuestos decenales máximos de estas variables.

### **2.- FUNDAMENTO**

La sonda AVHRR, embarcada en los satélites de la serie NOAA, transmite cinco bandas

situadas, la primera, sobre el visible, la segunda, sobre el IR próximo, la tercera sobre el IR medio y las dos últimas sobre el IR térmico. Combinando las dos primeras, se obtiene el Normalized Difference Vegetation Index, NDVI, en la forma:

$$NDVI = \frac{CANAL\ 2 - CANAL\ 1}{CANAL\ 2 + CANAL\ 1}$$

donde CANAL 1 y CANAL 2 representan, respectivamente, el albedo de cada uno de estos dos canales. Es bien sabido que este NDVI correlaciona bien con una serie de características de la vegetación: la superficie foliar, la radiación fotosintéticamente activa absorbida, la biomasa etc. Evidentemente, el valor de este NDVI depende del momento de evolución de la planta y de la planta en sí. Así por ejemplo, el valor máximo del NDVI para las masas forestales suele estar por encima del máximo para los viñedos o las praderas, mientras que el máximo absoluto de la península se aprecia en los arrozales del Delta del Ebro. Quiere esto decir que un simple mapa del NDVI no permite conocer el estado exacto de la vegetación, ya que un cultivo irrigado puede tener, por ejemplo, un valor más alto que una zona de olivos, y sin embargo estar muy por debajo de lo que sería normal en él, pudiendo ocurrir que los olivos estuviesen al máximo de sus posibilidades.

Es por ello por lo que es más conveniente utilizar el denominado Vegetation Condition Index, VCI, desarrollado por Kogan (1991), y que se calcula a partir de la expresión:

$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \times 100$$

que se calcula para cada pixel, siendo  $NDVI_{\max}$  el máximo valor histórico del NDVI de ese pixel,  $NDVI_{\min}$  el mínimo valor histórico, y NDVI el valor actual. Es evidente que el VCI tomará valores entre 0 y 100: cuando esté próximo a su máximo histórico se acercará a 100 y cuando este próximo al mínimo, se acercará a cero. De esta manera el VCI representa el valor del NDVI, pero referido a una escala propia de cada pixel; de esta manera, el valor del VCI expresará lo bien o mal que está la vegetación de un pixel respecto a sus propias posibilidades e historia, independientemente del tipo de cubierta vegetal de que se trate.

Por otra parte, la temperatura de la superficie,  $T_s$ , es un valor muy importante porque está relacionado directamente con la cantidad de cubierta vegetal y con la satisfacción hídrica de ésta. Un superficie bien irrigada tendrá una temperatura próxima a la del aire que la rodea, mientras que a medida que aumenta el stress hídrico, la temperatura también aumenta. De la misma manera, el suelo desnudo suele calentarse mucho más que el suelo cubierto de vegetación. Experimentos realizados en el CIBA, Centro de Investigación de la Baja Atmósfera, próximo a Valladolid, daban para el suelo desnudo en un día de junio 72 °C, mientras que la vegetación del entorno, aun estando bastante seca, no superaba los 34 °C.

El algoritmo más adecuado para determinar la temperatura de la superficie es el de Valor y Caselles (1996), que es una variación del conocido método de split-window, pero introduciendo las emisividades para los canales 4 y 5 del suelo y de la vegetación. Dado que no conocemos con exactitud las emisividades de los distintos tipos de suelo y, sobre todo, de los distintos tipos de vegetación, que por otra parte varían enormemente en función del propio estado hídrico de la planta, se han tomado valores standard. En todo caso, la precisión alcanzada es suficiente para la clasificación que se pretende ya que, como se verá más adelante, lo que interesa no es tanto el valor absoluto de la temperatura, como la forma en que evoluciona con el tiempo.



El albedo del canal 2 está directamente ligado a la actividad de la vegetación, siendo bajo cuando el área es de suelo desnudo. por tanto es un indicador adecuado que puede complementar los datos de las otras dos variables. Aun cuando aparece en el cálculo del NDVI, su relación no es directa por cuanto también allí aparece el albedo del canal 1.

### **3.- METODOLOGIA**

Se han recogido las imágenes NOAA diarias desde el uno de abril al treinta de septiembre de 1993, 94 y 95. Cada una de estas imágenes ha sido calibrada y corregida tanto geográficamente como radiométricamente. Además, han sido eliminados los pixeles contaminados por nubes, siguiendo un procedimiento propio del LATUV que funciona en base a valores umbrales específicos para cada región española.

A continuación se han obtenido los valores diarios del NDVI, de la temperatura de superficie y del albedo del canal 2. Los valores del NDVI han sido suavizados utilizando un procedimiento de media móvil. Se elimina así el ruido provocado por las variaciones en el ángulo de observación del satélite, presencia de nubes tenues etc.

Las series de cada uno de los valores han permitido formar los compuestos decenales máximos, a razón de tres décadas por mes. Formar el compuesto máximo del NDVI, o del VCI, es un procedimiento habitual, ya que sirve para eliminar interferencias y ruido. Sin embargo, el compuesto máximo de temperaturas exige alguna explicación.

La temperatura máxima de una superficie depende de la irradiancia solar, y por tanto de la fecha del año y de la nubosidad, de la cobertura vegetal y del nivel de humedad de la misma. Para diez días puede suponerse que la irradiancia solar es constante, por tanto si se busca la temperatura máxima, ésta corresponderá a un día con poca o nula nubosidad. Evidentemente, también la temperatura del aire influye, es decir, la situación meteorológica, pero ésta puede considerarse constante para una amplia zona. Por tanto, la temperatura máxima en diez días dependerá, finalmente, de la cubierta vegetal y de su estado de humedad. Es decir, será un buen parámetro para caracterizar el estado de la vegetación.

Por último, el albedo mínimo del canal 2, caracteriza de alguna forma la presencia máxima de suelo desnudo. Estas variables han sido utilizadas para estudiar la evolución de cada pixel de una comarca de referencia, Medina-Sidonia en Cádiz, y además se ha realizado una clasificación cluster de los pixeles de esta comarca que ha permitido caracterizar el comportamiento en diversas áreas. La comparación entre el año 1993 y 1996 permite determinar qué zonas han modificado su comportamiento.

### **4.- RESULTADOS**

Cada pixel está caracterizado, a lo largo del año, por las siguientes variables:

- Los compuestos máximos decenales del VCI, desde el 1 de abril al 30 de septiembre.
- Las temperaturas máximas de cada una de las 18 decenas.
- El NDVI máximo el año.
- El albedo mínimo anual del canal 2.

El método permite, en primer lugar, analizar la evolución de un pixel singular a lo largo del año. La figura 1 muestra la evolución de un pixel determinado, en la que se puede ver perfectamente el tipo de evolución fenológica del mismo, con un máximo en la segunda decena de mayo y una evolución de la temperatura creciente a lo largo de las decenas naturales desde abril a septiembre.

A cada pixel se le han asignado como variables los valores del máximo VCI y de la máxima temperatura para cada una de las 18 decenas. En la figura 2 puede apreciarse los valores medios de los cuatro clusters retenidos para la comarca de Medina Sidonia en Cádiz. Como se ve, las curvas de evolución del VCI de cada uno de ellos son muy diferentes, así como las curvas de evolución de sus temperaturas. Así por ejemplo, la clase 3 tiene su NDVI permanentemente creciente, y su temperatura es la más baja, por lo que podría corresponder a regadíos permanentes, mientras que la clase 2 tiene un VCI muy bajo, y una temperatura muy alta, pudiendo corresponder a suelo casi desnudo. La clase 1 muestra una forma típica de matorral, con un VCI muy bajo y decreciente, y una temperatura bastante alta, y la clase 4 podría corresponder a cultivos herbáceos de secano.

Es evidente entonces que este procedimiento permite clasificar imágenes y comparar resultados con años anteriores.

En las figuras 3 a 6 se muestran los resultados para tres, cinco, siete y nueve clusters retenidos de la misma comarca para dos años diferentes. Un problema que se presenta, y que no está resuelto, es la determinación del número adecuado de clusters. Una posibilidad es acudir a la clasificación Corine, sin embargo los resultados no son muy satisfactorios, debido por una parte a la antigüedad de esta clasificación y por otra, al distinto concepto de clasificación ya que el método que se propone considera también la evolución como un factor diferenciador de las cubiertas vegetales.

Otra posibilidad es determinar a qué tipo de cubiertas corresponden los diferentes clusters, lo que puede hacerse en base a las diferentes curvas de evolución y mediante la selección de algunas superficies tipo que sirvan a modo de áreas piloto.

En todo caso, una comparación entre las clasificaciones de dos años sucesivos permite determinar las zonas que se han modificado y, mediante el análisis de los clusters a los que se han integrado, conocer la forma en que ahora evolucionan y en qué manera han modificado su comportamiento.

## 5.- REFERENCIAS

- Cihlar, J., Ly H. and Xiao Q. 1996. Land cover classification with AVHRR multichannel composites in northern Environments. *Remote Sens. Environment*, 58: 36-51.
- Derrien, M; Farki, B.; Legleau, H. y Sairouni, A. 1992. Vegetation cover mapping over France using NOAA-1/AVHRR. *Int. J. Remote Sensing*, vol 13, nº 9: 1787-1795.
- Kogan, F. 1991. Drought watch system using satellite observations. *Proceedings of the seventh International Conference on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Hydrology and Oceanography, New Orleans, LA*, 14-18 enero (Boston: American Meteorological Society), pp. 379-382.



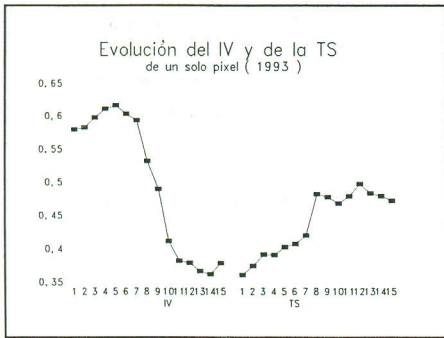


Figura 1.-

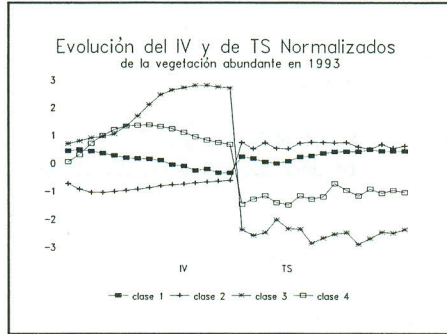


Figura 2.-

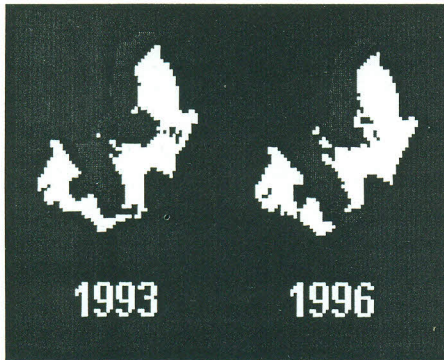


Figura 3.- (C.6.)

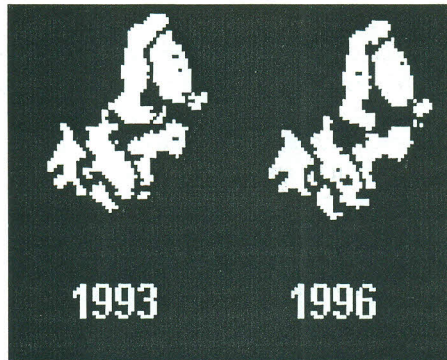


Figura 4.- (C.7.)

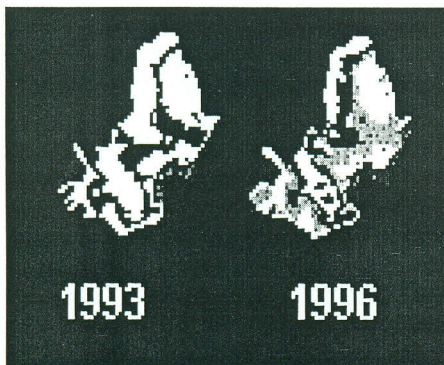


Figura 5.- (C.8.)

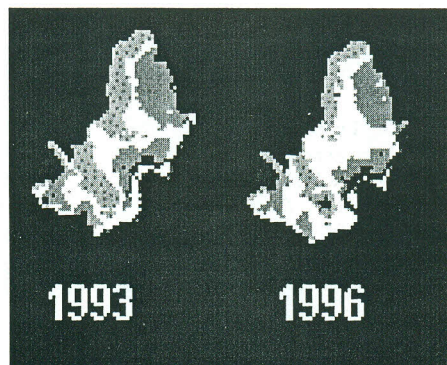


Figura 4.- (C.7.)