

## UN MÉTODO PARA EL SEGUIMIENTO DE LA COBERTURA TERRESTRE EN LA CUENCA MEDITERRÁNEA

J. A. SOBRINO, N. RAISSOUNI, J. EL KHARRAZ, J. C. JIMÉNEZ, G. SÒRIA

sobrino@uv.es

Unidad de Cambio Global. Dept de Termodinàmica, Facultat de Física, Universitat de València  
C/ Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot (Valencia)

**RESUMEN:** En este trabajo se presenta un método que denominamos *Vector Dinámica de la Cobertura Terrestre* (VDCT) que permite el seguimiento de la cobertura terrestre a partir de los datos proporcionados por los satélites artificiales. El método se basa en el estudio de la evolución del NDVI y de la temperatura de la superficie terrestre. El VDCT se ha aplicado a los datos proporcionados en el marco del proyecto Pathfinder AVHRR Land (PAL) en la Cuenca Mediterránea durante el periodo de tiempo comprendido entre los años 1981 a 1994.

**ABSTRACT:** In this paper we present the method *Vector of Land Cover Dynamic* (VDCT) for land cover dynamic monitoring using satellite imagery. The method is based on the analyses of the evolution of land surface temperature and NDVI. The VDCT has been applied to the data provided in the frame of The Pathfinder AVHRR Land (PAL) project in the Mediterranean Basin.

**Palabras clave:** Pathfinder AVHRR Land (PAL), VDCT, Cuenca Mediterránea, NDVI, Temperatura.

### INTRODUCCIÓN

Son numerosos los trabajos realizados en el campo de la cartografía y el análisis de los cambios en la cobertura terrestre que consideran únicamente la evolución temporal del NDVI (Townshend *et al.* 1987; Loveland *et al.* 1991; Lambin y Strahler, 1994), sin embargo, son escasos aquellos que incorporan el dato de temperatura obtenido desde satélite al estudio del seguimiento de la cobertura terrestre (Lambin y Ehrlich, 1996; Raissouni y Sobrino, 1998; Sobrino y Raissouni, 2000). Quizá uno de los motivos sea la dificultad de la obtención de este parámetro. Sin embargo, con las técnicas actuales, es posible determinar la temperatura de la superficie terrestre con una precisión cercana al Kelvin, lo que hace injustificable no introducir este parámetro en el estudio de la evolución de la cobertura terrestre.

En este trabajo se presenta un método que denominamos método del *Vector Dinámica de la Cobertura Terrestre* (VDCT), que se basa en la evolución de la Temperatura de la superficie terrestre y del NDVI. El VDCT se ha aplicado a la base de datos Pathfinder AVHRR Land (PAL) de la Cuenca Mediterránea.

### ZONA DE ESTUDIO Y DATOS DE SATÉLITE

La zona de estudio es la Cuenca Mediterránea situada entre los 23.75° N y los 46.25° N de latitud y entre

los 36.25° E y los 17.5° W de longitud. Esta posición geográfica da a esta zona una gran diversidad medioambiental. El clima mediterráneo en esta zona se caracteriza esencialmente por dos estaciones: un verano cálido y seco y un invierno corto con altas precipitaciones. Para aplicar el VDCT hemos utilizado los datos proporcionados en el marco del proyecto Pathfinder AVHRR Land (PAL) (Townshend, 1994), desarrollado por las agencias americanas NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y NASA (National Aeronautics and Space Administration). Se dispone en la actualidad de casi 20 años de datos AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) de carácter global. En el presente trabajo se han utilizado datos AVHRR formato GAC (Global Area Coverage) que comprenden desde julio de 1981 a septiembre de 1994, con una resolución al nadir de 4 km y accesibles vía FTP a través del Goddard Distributed Active Archive Center ([daac.gsfc.nasa.gov](http://daac.gsfc.nasa.gov)).

Para evitar el seguimiento multi-temporal píxel a píxel, lo que resulta difícil de interpretar, hemos analizado la evolución de regiones, con características claramente diferenciadas, que se han definido a partir de la imagen de la media total del NDVI (MTNDVI) para todo el periodo considerado (véase la Figura 1). Atendiendo a este procedimiento, hemos definido un total de seis

regiones desde el punto de vista de MTNDVI con una amplitud en cada región de 0,1 (Tabla 1). Las regiones así definidas concuerdan con el mapa de las zonas climáticas en el área de estudio dado por Strahler y Strahler (1989).

La Figura 2a presenta los resultados de la evolución mensual en función del NDVI en cada región. Las regiones áridas (1 y 2) muestran pequeñas variaciones, las regiones 3 y 4 alcanzan el mínimo en noviembre, mientras que las regiones 5 y 6 presentan sus mínimos en diciembre. Para éstas regiones el valor máximo de NDVI (0,4-0,6) se da en los meses de junio y julio.

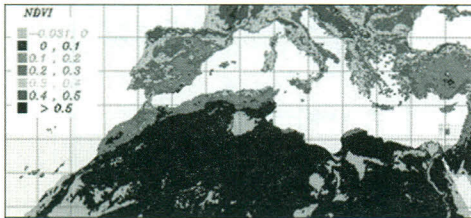
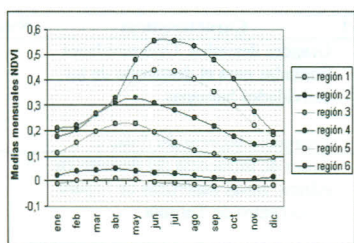


Figura 1. Media Total del NDVI (MTNDVI).

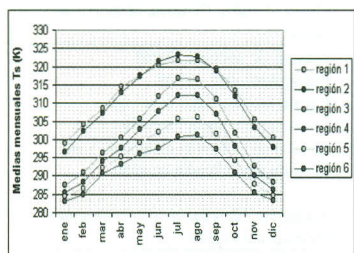
La Figura 2b es similar a la Figura 2a pero para la evolución de la temperatura de la superficie terrestre, Ts. La estimación de este parámetro se ha realizado aplicando el algoritmo de tipo split-window dado en Sobrino y Raissouni (2000), que permite estimar la Ts con una precisión de 1,3 K. De la figura se observa como Ts presenta un máximo en verano (320 K) y un mínimo en invierno (<290 K), siendo la amplitud térmica en la zona de estudio entre la región 1 y 5 del orden de 23 K en el mes de julio y de 14 K en el mes de enero. La Figura 2c es similar a las anteriores pero para la evolución de la emisividad, parámetro que se ha obtenido aplicado el método de umbrales del NDVI, desarrollado por Sobrino y Raissouni (2000). De esta forma la región 6 alcanza un máximo de 0,988 durante el verano y un mínimo de 0,976 durante el invierno. La región 5 muestra un comportamiento similar con un máximo de 0,982 en verano y un mínimo de 0,976 en invierno. La región 4 presenta un máximo de 0,976 y un mínimo de 0,974, mientras que la región 3 presenta un máximo de 0,976 en invierno y un mínimo de 0,973 en verano. Las regiones áridas (1 y 2) muestran una evolución similar a la región 3, pero con valores menores; un máximo de 0,973 en diciembre y un mínimo de 0,968 en julio.

MTNDVI	Características	Reg.
< 0	Grandes desiertos. Oportunidades limitadas para el desarrollo de las actividades humanas.	1
<i>Ejemplo: Desierto del Sahara.</i>		
0 -0.1	Áreas de influencia del desierto en África, zonas desérticas de España y del centro de Turquía.	2
<i>Ejemplo: Pre-Sahara, Almería, Creta, Centro Turquía, desierto de Siria.</i>		
0.1 -0.2	Tierras de secano. Pocas precipitaciones. Altas temperaturas. Bajo nivel de retención de agua. Sensible a los efectos del cambio climático y la pérdida de la biodiversidad.	3
<i>Ejemplo: Mesetas de la Península Ibérica y Turquía.</i>		
0.2 -0.3	Precipitaciones bajas. Capaz de sustentar la vegetación. Sensible a los efectos del cambio climático y la pérdida de la biodiversidad.	4
<i>Ejemplo: Zona costera del norte de África.</i>		
0.3 -0.4	Precipitaciones medias-altas. Zona de vegetación.	5
<i>Ejemplo: Delta del Nilo, norte europeo.</i>		
> 0.4	Zonas de vegetación abundante. Montañas. Altas precipitaciones.	6
<i>Ejemplo: Rif, Alto Atlas, Pirineos</i>		

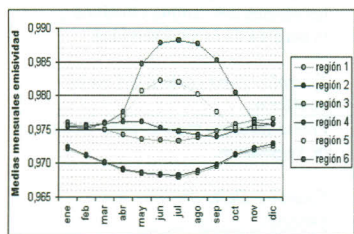
Tabla 1. Características de las regiones.



[a]



[b]



[c]

Figura 2. Evolución mensual del NDVI (a), la temperatura de la superficie terrestre (b) y la emisividad (c) en cada una de las regiones consideradas.

### MÉTODO VECTOR DINÁMICA DE LA COBERTURA TERRESTRE: VDCT

Representados en la sección anterior la evolución en el tiempo de la temperatura de la superficie terrestre y del índice de vegetación NDVI, nuestro objetivo ahora consiste en analizar la evolución de ambos parámetros conjuntamente, con este fin se propone el método del *Vector Dinámica de la Cobertura Terrestre* (VDCT). En la Figura 3 se da la definición del módulo y del arcotangente del VDCT. Ambos parámetros introducen las “amplitudes” térmicas y de NDVI entre los meses de abril y julio. En la Figura 4 se representa para cada región y para todo el periodo de estudio (13 años), los correspondientes valores del módulo y del arcotangente del VDCT. De la misma se observa como las regiones anteriormente seleccionadas se distribuyen en 3 zonas

que podemos caracterizar como: *zona con vegetación* (regiones 5 y 6,  $\text{arctg} < 70^\circ$ ), *zona semi-árida* (regiones 3 y 4,  $\text{arctg} > 70^\circ$  y  $\text{módulo} > 12,5$ ), y *zona árida* (regiones 1 y 2,  $\text{arctan} > 70^\circ$  y  $\text{módulo} > 12,5$ ).

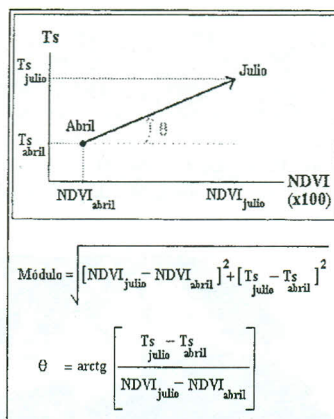


Figura 3. Definición del VDCT.

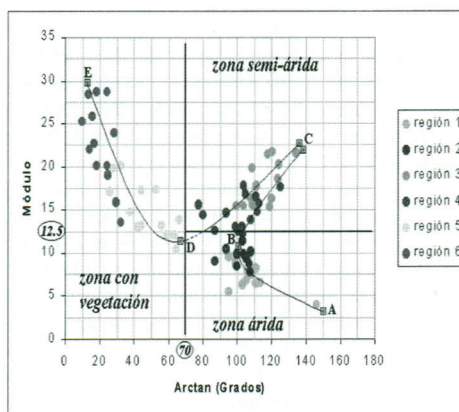


Figura 4. Representación del VDCT para la zona de estudio.

El método VDCT permite caracterizar las trayectorias temporales y la separación de las distintas regiones de acuerdo con la evolución de la vegetación. Así se pueden definir a partir de la Figura 4 cuatro trayectorias temporales: AB, mostrando la evolución de las regiones 1 y 2 en la zona árida; BC y CD, la evolución de las regiones 3 y 4 en la zona semi-árida; y finalmente DE, mostrando la evolución de las regiones 5 y 6 en la zona de vegetación. Una evolución a lo largo de AB, CD y

DE con una tendencia hacia los puntos B, D y E respectivamente significaría una evolución "positiva" de la región. El caso definido por la trayectoria BC, correspondería a una evolución desde la zona árida hacia una zona semiárida. Una aplicación a la zona de estudio considerada en este trabajo ha mostrado que la evolución positiva ( $P_E$ ) para la región 1 se ha dado durante 1982 y la evolución negativa ( $N_E$ ) durante 1982 y 1988. Para la región 2,  $P_E$  durante los años 1990 y 1992 y  $N_E$  durante 1993. Para la región 3,  $P_E$  durante 1983 y 1993 y  $N_E$  durante 1994. Para la zona 4,  $P_E$  durante 1984, 1992 y 1993 y  $N_E$  durante 1994. Para la zona 5,  $P_E$  durante 1984, 1992 y 1993 y  $N_E$  durante 1982, 1989 y 1994. Finalmente, para la zona 6,  $P_E$  durante 1984, el 1990, 1991, 1992 y 1993 y  $N_E$  durante 1982. En definitiva el método permite tanto el seguimiento multi-temporal de la cobertura terrestre como el cartografiado de la zona de estudio.

### CONCLUSIÓN

El presente trabajo proporciona un método denominado método del Vector Dinámica de la Cobertura Terrestre (VDCT) que permite realizar el seguimiento multi-temporal de la cobertura terrestre a partir de datos Pathfinder AVHRR Land (PAL) de la Cuenca Mediterránea. El método se basa en el análisis de la evolución de la pendiente y el módulo de la línea cuyos extremos se definen por la temperatura de la superficie y el NDVI en los meses de abril y julio, de esta forma se caracterizan las trayectorias temporales de las distintas regiones.

### BIBLIOGRAFÍA

- LAMBIN, E. F. and A. H. STRAHLER, "Indicators of land-cover change for change-vector analysis in multi-temporal space coarse spatial scales", *IJRS*, 15, 2099-2119. 1994.
- LAMBIN, E. F. and D. EHRLICH, "The surface-temperature-vegetation index space for land cover and land-cover change analysis", *IJRS*, 17, 463-487. 1996.
- LOVELAND, T. R., J. W. MERCHANT, D. O. OHLEN, J. BROWN, "Development of a land-cover database for the conterminous, U. S.", *Photo Eng Remote Sens*, 57, 1453-1463. 1991.
- RAISSOUNI, N. and J. A. SOBRINO, "Land cover dynamic monitoring in the Southwest Mediterranean Basin using the Global Land 1-KM AVHRR project data set", *Proceedings of the "Satellite-based observation: A tool for the study of the Mediterranean basin" symposium*, Tunis, 23-27 November. 1998.
- SOBRINO J. A. and N. RAISSOUNI, "Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring. Application to Morocco", *IJRS*, vol. 21, 2, 353-366. 2000.
- TOWNSHEND, J. R., C. O. JUSTICE, V. KALB, "Characterization and classification of South American land cover types using satellite data", *IJRS*, 8, 1189-1207. 1987.
- TOWNSHEND J. R., "Global data sets for land applications from the Advanced Very High Resolution Radiometer", *IJRS*, 15, 3319-3332. 1994.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Europea, proyecto WATERMED (No. ICA3-ct-1999-00015). Los datos utilizados por los autores han sido proporcionados por la EOSDIS/DAAC/GSFC en el marco del proyecto Pathfinder AVHRR Land (PAL) de la NOAA y NASA.