

## DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA DE DETECCIÓN DE CAMBIOS EN ZONAS SUSCEPTIBLES DE PROCESOS DE DEGRADACIÓN

B. MARTÍNEZ (\*), M. A. GILABERT (\*), G. DEL BARRIO (\*\*) y J. MELIÁ (\*)

beatriz.martinez@uv.es

(\*) Dept. de Termodinàmica. Fac. de Física, Univ. de València  
Burjassot (València)

(\*\*) Estación Experimental de Zonas Áridas. EEZA (CSIC).  
Almería

**RESUMEN:** Tras un período de continuos cambios, los suelos y cubiertas vegetales pueden verse afectados por diversos procesos de degradación, tanto de origen natural como humano. Dado que los cambios experimentados por la vegetación, tanto en su composición como distribución, son claros indicadores de posibles procesos de degradación, proponemos en el siguiente trabajo una técnica de detección de cambios a partir del seguimiento multitemporal de imágenes a escala regional. Nos centraremos fundamentalmente en zonas áridas y semiáridas, consideradas como zonas muy sensibles a procesos de degradación en su ecosistema.

**ABSTRACT:** After a constant period of changes, the soil and vegetation cover can be seriously damaged by different degradation processes depending on their geographical situation and natural and human agents. As the canopy changes, in its composition and spatial distribution, point out several degradation processes, a methodology of work in changes detection is proposed. The analysis is carried out from the multitemporal monitoring of the images in semiarid and arid areas.

**Palabras clave:** Procesos de degradación, análisis multitemporal, zonas áridas y semiáridas.

### INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la Teledetección se ha convertido en una técnica valiosa para la observación y diagnóstico de la Tierra, siendo cada vez más las disciplinas que hacen uso de esta fuente de información, como son la geografía, geología, meteorología y oceanografía. Entre los propósitos que se plantea, ocupa un lugar importante la detección de los alarmantes procesos de degradación (incendios, inundaciones, deforestación, etc.) que afectan a la biosfera. Principalmente por el hecho de que estos fenómenos afectan a la calidad de los recursos vitales tales como suelo, agua, aire y vegetación (López, 1993), afectando de forma directa en la evolución del ecosistema.

La detección de cambios, en general, identifica diferencias en el estado de un objeto o fenómeno mediante la observación de su evolución a lo largo de un período (Merril *et al.*, 1998). Diferencias en el estado de la vegetación y del suelo, junto a un deterioro del sistema, son claros indicadores de procesos de degradación.

Dado que la reflectividad de una superficie vegetal depende en gran medida del estado fenológico de la misma en el momento de realizar la medida, la Teledetección nos ofrece la posibilidad de realizar un seguimiento de la evolución de la vegetación.

El estudio de las cubiertas vegetales mediante teledetección se aborda tradicionalmente mediante la utilización de los denominados "índices de vegetación" (Gilabert *et al.*, 1997). El IV más utilizado en teledetección es el NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Rouse *et al.*, 1974), que se construye a partir de la diferencia normalizada de la reflectividad en las bandas del rojo (r) e infrarrojo cercano (irc).

Este índice presenta una alta correlación con diferentes parámetros de la vegetación, como la fracción de cobertura vegetal y la radiación fotosintéticamente activa. Tiene la ventaja de ser un índice de cálculo sencillo, donde no se requiere información adicional de la proporcionada por la imagen del satélite. Por este motivo el NDVI se utilizará, como primera aproximación, en el

diseño propuesto para detectar cambios, sin descartar la posibilidad de utilizar conjuntamente otros índices existentes en la bibliografía (Bannari *et al.*, 1995).

El procedimiento desarrollado en el siguiente trabajo consiste en el análisis multitemporal de una serie de imágenes de *NDVI* y en la construcción de distintos índices que nos permitan cuantificar y detectar cambios en la cubierta. Principalmente, nos centraremos en aquellas zonas de España donde las condiciones de aridez son altas y pueden verse afectadas por uno de los fenómenos de degradación más destructivos del suelo y la vegetación, el proceso de desertificación.

## METODOLOGÍA

### Imágenes utilizadas

Las imágenes utilizadas pertenecen al NOAA-AVHRR, con píxel de 1.1km de lado en el nadir. Estas imágenes se obtienen diariamente, de modo que son adecuadas para el estudio temporal a escala regional y global de posibles cambios en la cubierta, tanto esporádicos como continuos.

Las imágenes NOAA-AVHRR proceden de la base de datos "Mediterranean Extended Daily One-km Data Set (MEOKADS)", construida durante los últimos años por el Instituto de Meteorología de la *Freie universität* (Berlín) al objeto de estudiar cambios de vegetación en la Cuenca del Mediterráneo (Koslowsky *et al.*, 1999) a través del índice de vegetación *NDVI*.

Las imágenes NOAA, que se reciben en una estación HRPT ubicada en el mencionado instituto, son procesadas para corregirlas de la contaminación por nubes y de posibles perturbaciones debidas a una degradación del sensor, a la variabilidad de las condiciones atmosféricas y a la hora de adquisición de las imágenes (Koslowsky *et al.*, 1999).

Dado que el proceso de desertificación tiene lugar de forma lenta y progresiva, la base de datos elegida abarcará un largo período. La serie de imágenes corresponden al período 1989-1996 y se componen del valor máximo de *NDVI* para la primera decena del mes de Junio, de este modo podemos asegurarnos que la vegetación se encuentre en su estado de máximo crecimiento.

### Técnica de detección de cambios

En los últimos años se han desarrollado diversas técnicas a partir del análisis multitemporal de imágenes. Dependiendo del tipo de procesos a analizar, esporádicos (incendios) o continuos (desertificación), la selección de imágenes, las escalas de trabajo y los métodos de análisis en estudios multitemporales son muy dispares (Chuvieco, 1998). Entre las técnicas más utilizadas (Chuvieco, 1999), se pueden distinguir aquellas

cuyo procedimiento consiste en el cálculo de índices que cuantifiquen o indiquen el sentido y magnitud del proceso, como son el cociente o la diferencia entre imágenes, la desviación estándar o índices relativos.

En primer lugar, analizaremos la evolución de la cubierta a lo largo de la serie de imágenes para detectar aquellas zonas donde existe una pérdida de la misma. La evolución de cada píxel la obtendremos a partir del método de ajuste por mínimos cuadrados de las ocho imágenes respecto del tiempo *t*, de la forma:

$$NDVI = At + B$$

donde la pendiente *A*, corresponde a la imagen de evolución de la cubierta. De este modo, pendientes negativas serán indicadoras de una disminución de la cubierta en el período de estudio.

En segundo lugar, la magnitud del cambio la estudiaremos a partir del cálculo del índice relativo, *Vegetation Condition Index (VCI)* (Kogan, 1990), definido como:

$$VCI_i = \frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} * 100$$

Este índice, se calcula para el año *i* y para cada píxel, siendo *NDVI<sub>max</sub>* el máximo absoluto del *NDVI* en el período considerado, *NDVI<sub>min</sub>* el mínimo absoluto y *NDVI<sub>i</sub>* el valor del índice en el año *i* considerado.

El *VCI* representa el valor de *NDVI* referido a una variación propia de cada píxel. Toma valores entre 0 y 100, de modo que valores cercanos a 100 indicaran que el *NDVI* está cerca del máximo absoluto y cuando esté próximo al mínimo absoluto se acercará al valor de cero. Esto permite una comparación de los cambios temporales y espaciales entre distintas zonas independientemente del tipo de cubierta de que se trate, de la localización geográfica y de los factores externos.

Por último, calcularemos el valor medio de *NDVI* para cada píxel a lo largo del período, con el fin de obtener una imagen de valores medios del índice para toda la Península. Esta imagen, junto a la de evolución e información adicional sobre la aridez del territorio, nos permitirán seleccionar zonas de estudio donde su cubierta se ve afectada por un deterioro gradual, principal consecuencia del proceso de desertificación.

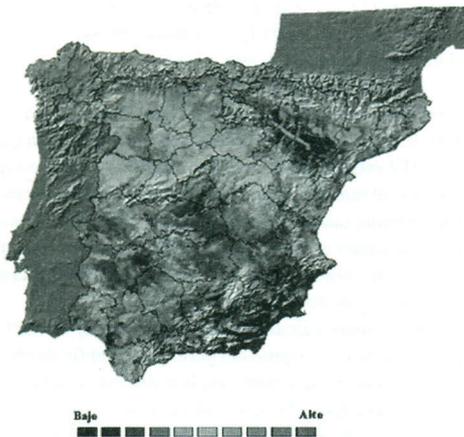
## RESULTADOS

Con el fin de aplicar la metodología propuesta, seleccionaremos de la imagen de evolución (figura 1) y de la del valor medio del *NDVI* (figura 2) aquellas zonas con pendiente negativa (tonos anaranjados y rojizos) y

bajo valor medio de *NDVI* como susceptibles de verse afectadas por el proceso de desertificación.



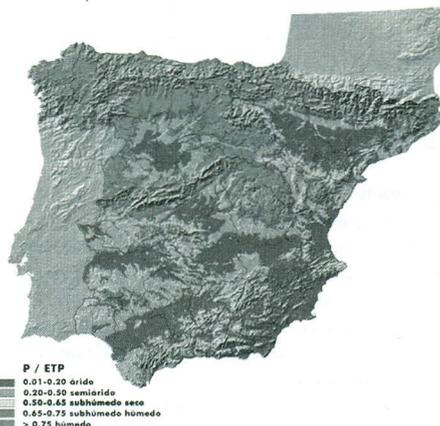
**Figura 1.** Imagen de evolución de la cubierta para el período 1989-1996. Los tonos anaranjados corresponden a pendientes negativas siendo más rojizo para pendientes fuertemente negativas (véase texto). Los tonos verdes se refieren a pendientes positivas, cuanto más brillante más positiva será la pendiente.  
(Ver figura en color en la página 669)



**Figura 2.** Imagen del valor medio de *NDVI* para el período 1989-1996.  
(Ver figura en color en la página 669)

Dado que el proceso de desertificación viene evidenciado por dos indicadores de diagnóstico válidos tales como la aridización del suelo y de la vegetación (López, 1993), utilizaremos información proporcionada

por la Estación Experimental de Zonas Áridas (EEZA-CSIC) en Almería para la selección de estas áreas. Nos centraremos, principalmente, en regiones áridas y semiáridas afectadas por distintos factores, como erosión del suelo, escasez de lluvias y altas temperaturas, capaces de perturbar el equilibrio del sistema.



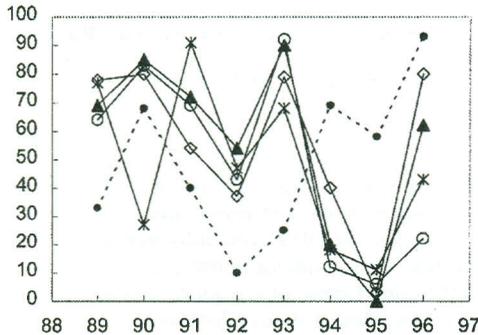
**Figura 3.** Categorías de aridez en la España Peninsular. Imagen proporcionada por la Estación Experimental de Zonas Áridas en Almería (EEZA-CSIC).  
(Ver figura en color en la página 669)

Las áreas elegidas se localizan en la vertiente sur y cuenca mediterránea, principalmente por las características de clima árido (figura 3) y bajo nivel de cobertura (figura 2). Corresponden a cuatro zonas de la imagen de evolución (figura 1) con pendientes negativas: la cuenca del Guadalquivir, la cuenca del Guadalentín (zona piloto en España del proyecto MEDALUS), Los Monegros en la parte central de la cuenca hidrográfica del Ebro en Aragón y por último un área al Este de la Comunidad Valenciana fuertemente afectada por dos importantes incendios en el período considerado, reflejándose también en una pendiente negativa (figura 3). Además se incorpora una quinta zona de la vertiente norte como referencia.

Al objeto de analizar la magnitud del cambio experimentado en cada una de estas zonas, escogimos de cada una de ellas un área de unos 4000km<sup>2</sup> y comparamos la evolución de su valor medio de *VCI* a lo largo del período 89-96 (figura 4). De esta gráfica se puede ver el comportamiento tan diferente de la cubierta entre la vertiente norte (cambio creciente) y la cuenca del Guadalentín (cambio decreciente) en los últimos cuatro años.

De las cuatro zonas destacan como posibles afectadas por el proceso de desertificación, la cuenca del Guadalentín y la zona de los Monegros. Ambas zonas

han sido objeto de diversos estudios en los últimos años (Koch, 1999; MEDALUS II, 1995), y presentan además de una evolución fuertemente negativa, una alta variabilidad en el estado de la vegetación (figura 4) y un comportamiento decreciente del VCI en los últimos cuatro años.



**Figura 4.** Valores medios de VCI para cada área. ● corresponde a la vertiente Norte, ◊ a Valencia, ▲ al Guadalquivir y \* a Los Monegros.

De las dos zonas restantes, Valencia y la cuenca del Guadalquivir, presentan una alta respuesta con el aporte hídrico (años 1992 y 1994 muy secos en la vertiente sur) reflejándose en cambios en su cubierta y en una disminución de la misma. Cabe destacar la coincidencia de los valores mínimos para la zona de Valencia con dos importantes incendios ocurridos en Julio del 92 y del 94 (Chuvieco, 1999). Sin embargo a pesar de estos cambios experimentados por la cubierta no podemos afirmar que la incidencia del proceso de desertificación sea muy intensa ya que según el valor del VCI para el año 1996, ambas zonas aumentan entre un 60 y un 80 por ciento respecto al año anterior, lo que indica una recuperación de la cubierta.

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados presentados se puede ver que es posible la evaluación mediante un método sencillo de zonas afectadas por cambios negativos en su cubierta, los cuales pueden dar lugar a una degradación de la misma.

Los resultados obtenidos a partir del NDVI, justifican el uso de éste índice en técnicas de detección de cambios en la cubierta a escala regional. Por otra parte, no se descarta la posibilidad de introducir en la metodo-

logía desarrollada otros índices más recientes, diseñados con la finalidad de reducir las limitaciones presentadas por el NDVI.

## BIBLIOGRAFÍA

- BANNARI, A., MORIN, D. BONN, F., HUETE, A. R. 1995. A review of vegetation indices, *Remote Sensing Reviews*, 13:95-120.
- CHUVIECO, E. 1998. El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección* 10: 39-48.
- CHUVIECO, E. 1999. Measuring changes in landscape pattern from satellite images: short-term effects of fire on spatial diversity. *International Journal of Remote Sensing* 20: 2331-2346.
- KOCH, M. 1999. Geological controls of land degradation as detected by remote sensing: a case study in Los Monegros, north-east Spain. *International Journal of Remote Sensing* 21: 457-473.
- KOGAN, F. N. 1990. Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. *International Journal of Remote Sensing* 11: 1405-1419.
- KOSLOWSKY, D., H. BILLING, C. BRÜMMER, M. ECKARDT, I. LANGER, D. PRAETORIUS, W. TONN and H. J. BOLLE (1999). Multi-annual full resolution AVHRR data sets for environmental studies in the Mediterranean area - Evaluation of the shotwave channels. *International Journal of Remote Sensing* (submitted).
- LÓPEZ BERMUDEZ, F. 1993. Desertificación: factores y procesos. En *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Climatología y Desertificación*, editado por S. Gandía y J. Meliá (Universitat de València, Dept. de Termodinàmica), pp. 183-204.
- MEDALUS II, 1995. *Final Report* "Research and policy interfacing in selected regions". 715 pp. Editado por Medalus Office. Thatcham, UK.
- MERRIL, K. R. y JIAJUN LIU. 1998. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. *Remote Sensing of Environment* 63: 95-100.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de la CYCIT "Evaluación de la Desertificación en España. Fase I" y "Procedimientos de alerta y seguimiento de la desertificación en España (HISPASED)".