

La dinámica de la vegetación como indicador de la desertificación en la cuenca del Guadalentín, SE España

M.T. Younis, M.A. Gilabert y J. Meliá

younis@uv.es

Departament de Termodinamica, Facultat de Fisica, Universitat de Valencia

RESUMEN

El estudio de la evolución de la vegetación natural, incluyendo diversas especies de matorral y bosques de pinos, y su correlación con los parámetros climáticos se ha llevado a cabo en la Cuenca del Guadalentín, zona piloto del proyecto MEDALUS III, utilizando imágenes Landsat-5 TM. Todas las imágenes utilizadas fueron corregidas geométrica, atmosférica y topográficamente. Además sufrieron una posterior renormalización mediante la utilización de superficies de reflectividad constante, para asegurar al máximo su intercomparación. En el estudio se utilizó también un mapa de cubierta vegetal obtenido a partir de una clasificación multitemporal de la escena y datos de precipitación para el periodo 1990-98. El análisis efectuado pone de manifiesto que las clases correspondientes a matorral disperso, romero y hierbas estacionales son altamente sensibles a la precipitación, mientras que la *Stipa* presenta una fuerte resistencia a la sequía. Por otra parte, los bosques de pinos presentan la máxima resistencia a periodos de sequía, dado el profundo sistema radicular que desarrollan.

PALABRAS CLAVE: Teledetección, desertificación, vegetación, índice de vegetación

ABSTRACT

The study of the vegetation evolution and its relationships to the climatic data was carried out in the Guadalentín basin (pilot area of MEDALUS III project) using multitemporal Landsat-5 TM imagery in the period 1990-1998. The images were geometrically coded, atmospherically and topographically corrected in addition to scene-scene normalisation using invariant targets to assure intercomparison between the obtained data. An improved vegetation cover map obtained from the multitemporal classification of the images was used jointly with climatic data of 1990-98. The study shows that seasonal grasses, disperse matorral and *Rosemarinus* classes are highly sensitive for the precipitation while *Stipa* shows higher resistance to drought period. On the other hand, *Pine* forests show maximum drought resistance since they develop a deep rooting system.

KEY WORDS: Remote sensing, desertification, NDVI.

INTRODUCCIÓN

La dinámica de la vegetación es uno de los indicadores más importantes para revelar la existencia de un proceso de desertificación en ambientes semiáridos. La resistencia de la vegetación a prolongados periodos de sequía, así como la eficiencia en el uso del agua y las características del suelo influyen en dicho fenómeno.

La teledetección permite realizar el seguimiento multitemporal de la cubierta vegetal a escala regional (Meliá et al., 1996). Dicho análisis de la dinámica de la vegetación debe realizarse conjuntamente con datos climáticos relativos, fundamentalmente, a la precipitación.

AREA DE ESTUDIO

La cuenca del Guadalentín ha sido seleccionada como zona piloto del proyecto MEDALUS III por presentar las características típicas de paisajes semiáridos en proceso de desertificación. Desde un

punto de vista climático se caracteriza por inviernos suaves y veranos muy cálidos con prolongados periodos de sequía que, por lo general, van seguidos de lluvias torrenciales en otoño. La temperatura media está comprendida entre 18 y 30°C, con alrededor de 2900 horas de insolación por año (Palutikof et al., 1996). La vegetación dominante es la de tipo natural/semi-natural, incluyendo varios tipos de matorrales (que se presentan muy dispersos por lo general), bosques de pinos y hierbas estacionales. Además hay otras zonas cultivadas (parcelas de almendros, cereales, etc.) de las que no nos ocuparemos por ser, principalmente, de regadío.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Procesado de imágenes

Once imágenes Landsat-5 TM comprendidas en el periodo Abril 1993 Abril 1998 fueron seleccio-

nadas para realizar el estudio multitemporal, tanto inter-como intra-anual.

El procesado básico aplicado a la serie de imágenes incluye su corrección geométrica (mediante puntos de control y convolución cúbica), su corrección atmosférica mediante la inversión de un modelo sencillo de transferencia radiativa (Gilabert et al., 1994) y su corrección topográfica mediante un modelo no Lambertiano. Para asegurar todavía en mayor medida la intercomparación de las imágenes se seleccionaron diversas superficies de reflectividad constante en la escena y se realizó una renormalización de todas las escenas con respecto a la de Abril 1993, que es la que presentaba las condiciones atmosféricas óptimas, es decir, la que contaba con una atmósfera más transparente. Una vez corregidas las imágenes, se construyó el índice de vegetación NDVI para cada una de las fechas, siendo ésta la magnitud escogida para realizar el estudio de la vegetación (Gilabert et al., 1996).

El análisis de la dinámica de la vegetación de la zona de estudio se realizó para cada una de las clases obtenidas mediante una clasificación supervisada de la escena, obtenida utilizando las imágenes correspondientes al 7 de Abril y 14 Septiembre de 1993 (Younis et al., 1999). Este mapa de vegetación incluye las clases: hierbas estacionales, matorral disperso, romero, *Stipa*, parcelas de almendros y bosques de pinos, además de otras clases relacionadas con zonas de regadío en la escena que no se han considerado en el estudio.

Datos climáticos

Los datos climáticos considerados incluyen la precipitación mensual y la temperatura media mensual procedentes de 18 estaciones de la red del Instituto Nacional de Meteorología en la zona de estudio. Estas estaciones, distribuidas a distintas alturas, se consideran suficientemente representativas de la zona. Para analizar la correlación entre los datos climáticos y el NDVI, se generaron imágenes de 30m de resolución espacial de precipitación acumulada (desde finales de agosto hasta la fecha de cada imagen TM a analizar) y de temperatura media (de abril a marzo del siguiente año) mediante un método de kriging. Es éste un método de regresión que permite estimar, a partir de valores puntuales irregularmente distribuidos, una distribución continua de los mismos. El estimador es de tipo lineal y los pesos o coeficientes se obtienen a partir de un sistema de ecuaciones lineales en las cuales los coeficientes son los valores de los variogramas y funciones de covarianza que cuantifican las correlaciones entre los datos en dos localizaciones y el punto donde son estimados (Myers, 1991).

El estudio pone de manifiesto que la cuenca del Guadalentín ha registrado niveles muy bajos de precipitación durante el periodo considerado y que,

generalmente, se registran al final del otoño y, muchas veces, de forma torrencial. La época que comprende el verano y principio de otoño suele ser muy seca (prácticamente con precipitación nula) y muy cálida. El patrón característico de la precipitación está formado por máximos localizados en otoño y con largos periodos con total ausencia de precipitación. Su alta variabilidad queda bien ilustrada, por ejemplo, en los años 1985, 1989 Y 1992, en los que la precipitación registrada en septiembre, octubre y mayo, respectivamente, es prácticamente la mitad de la total registrada en los años mencionados.

Respecto a las variaciones térmicas cabe mencionar que en verano e invierno la temperatura resultó estar comprendida entre 7-11 °C y 25-30°C, respectivamente. La más alta registrada durante el periodo estudiado correspondió al verano de los años más secos: 1985 y 1994. Al contrario de lo que ocurre con la precipitación, la temperatura media mensual mantiene un patrón regular que muestra, además, cierta dependencia con la topografía de la zona de estudio. Así, las temperaturas más altas se registran en las zonas menos elevadas, mientras que las temperaturas más bajas se registran en las zonas de mayor altitud.

El escenario climático del periodo estudiado se caracteriza por dos periodos muy secos, centrados alrededor de 1985 y 1994, en los que la precipitación anual no alcanzó los 200 mm. El periodo comprendido entre ambos, más húmedo, presenta un máximo en 1990.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra las correlaciones observadas entre el valor medio del NDVI para cuatro clases de cubiertas vegetales de tipo semi-natural y los valores de precipitación acumulados. Se observa que, en todos los casos, existe una buena correlación entre ambos parámetros, obviamente positiva indicado el desarrollo de la vegetación como consecuencia de la precipitación registrada.

Las distribuciones de puntos de la Figura 1 se pueden ajustar mediante una [unción exponencial del tipo

$$Y = A * \exp(BX)$$

donde Y y X hacen referencia, respectivamente, al NDVI y a la precipitación. El parámetro de ajuste A representa el NDVI en ausencia de precipitación (X=0), es decir, el valor mínimo de NDVI que registra cada tipo de vegetación y que suele corresponder al verano (época más seca). Por su parte, el parámetro de ajuste B está relacionado con la pendiente de las curvas, es decir, con la velocidad de crecimiento de cada tipo de vegetación como consecuencia de la precipitación registrada.

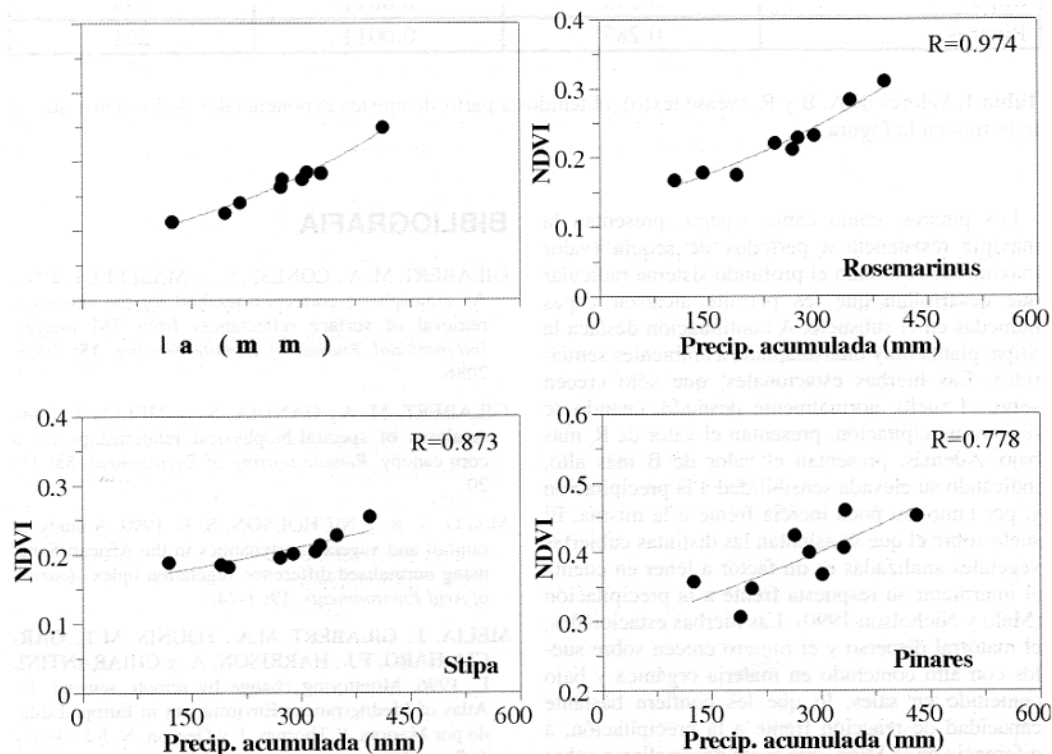


Figura 1. Dinámica de distintos tipos de cubiertas vegetales en la cuenca del Guadalentín durante el periodo 1990-98, observada a través de las correlaciones entre el NDVI de las mismas y la precipitación acumulada.

En teoría, y según la interpretación que se acaba de dar, valores altos de A indicarían una mayor resistencia de la vegetación a la sequía, mientras que valores bajos (similares a los del suelo desnudo) estarían indicando que la clase considerada ha perdido su cobertura vegetal como consecuencia de un periodo de sequía. Por su parte, valores altos de B indicarían una sensibilidad elevada del tipo de vegetación considerada a la precipitación y, por consiguiente, valores bajos de este parámetro estarían indicando que el régimen de precipitación apenas afecta al crecimiento de la planta. Por todo lo expuesto, se puede definir un coeficiente relacionado con la resistencia de la vegetación a la sequía (R_s) como:

$$R_s = A/B$$

de modo el valor numérico del mismo crece a medida que aumenta su resistencia a la sequía.

Para las cinco clases de vegetación predominantes en la zona, los valores de A, B y R_s se proporcionan en la Tabla 1.

Cubierta vegetales	A	B	R_s
Hierbas estacionales	0.077	0.0028	28
Matorral disperso	0.101	0.0022	46
Rosemarinus	0.127	0.0022	58
Stipa	0.153	0.0011	139
Pinares	0.287	0.0011	261

Tabla 1. Valores de A, B y R_s (véase texto), obtenidos a partir de ajustes exponenciales de los datos que se muestran en la Figura 1

Los pinares, como cabía esperar, presentan la máxima resistencia a periodos de sequía (valor máximo de R_s), dado el profundo sistema radicular que desarrollan que les permite alcanzar capas húmedas en el subsuelo. A continuación destaca la Stipa, planta muy bien adaptada a ambientes semi-áridos. Las hierbas estacionales, que sólo crecen sobre el suelo, normalmente desnudo, cuando se registra precipitación, presentan el valor de R_s más bajo. Además, presentan el valor de B más alto, indicando su elevada sensibilidad a la precipitación y, por tanto, su poca inercia frente a la misma. El suelo sobre el que se asientan las distintas cubiertas vegetales analizadas es un factor a tener en cuenta al interpretar su respuesta frente a la precipitación (Malo y Nicholson 1990). Las hierbas estacionales, el matorral disperso y el romero crecen sobre suelos con alto contenido en materia orgánica y bajo contenido en sales, lo que les confiere bastante capacidad de reacción frente a la precipitación, a diferencia de la Stipa, que suele desarrollarse sobre suelos margosos y salinos (Younis et al., 1998).

Si nos fijamos en los valores de A (NDVI en época de sequía) se observa que el valor más alto corresponde a los pinares y a la Stipa, por las razones anteriormente enumeradas. Las hierbas estacionales y los matorrales dispersos presentan valores de NDVI prácticamente semejantes a los de un suelo desnudo. El romero presenta un valor ligeramente superior, dado que, aunque es una clase muy parecida a la de matorral disperso (lo cual se

observa bien por el valor de B), presenta una mayor cobertura vegetal.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido realizado dentro del marco del Proyecto MEDALUS-III (Mediterranean Desertification and Land Use), subvencionado por la Unión Europea (EV5V-CT92-0164).

BIBLIOGRAFIA

- GILABERT, M. A., CONESE, C., y MASELLI, F. 1994. An atmospheric correction method for the automatic retrieval of surface reflectances from TM images. *International Journal of Remote Sensing*. 15: 2065-2086.
- GILABERT, M. A., GANDIA, S., y MELIA, J. 1996. Analyses of spectral-biophysical relationships for a com canopy. *Remote sensing of Environment*. 55: 1120.
- MALO, A. R. y NICHOLSON, S. E. 1990. A study of rainfall and vegetation dynamics in the African Sabel using normalised difference vegetation index. *Journal of Arid Environments*. 19: 1-24.
- MELIÁ, J., GILABERT, M.A., YOUNIS, M.T., GARCIA-HARO, F.J., HARRISON, A. y CHIARANTINI, L. 1996. Monitoring change by remote sensing. In: Atlas of Mediterranean Environment in Europe. Editado por Mariota, P. Thomes, J. y Geeson, N. John Wiley & Sons, 205 pp.
- MYERS, D. E. 1991. Interpolation and estimation with spatially located data. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 11: 209-228.
- PALUTIKOF, J. P., CONTE, M., CASIMIRO MENDES, J., GOODNESS, C. M. y ESPIRITO SANTO, F. 1996. Climate and climatic change. En: Mediterranean Desertification and Land Use, editado por Brandt, C.J. y Thomes, J. B., John Wiley & Sons. 554 pp.
- YOUNIS, M. T., GILABERT, M.A. GARCIA-HARO, F.J. and MELIÁ, J. 1998. Vegetation multitemporal variation using NDVI from Landsat TM images in MEDALUS 111 pilot area (Guadalentin basin) SE Spain. Poster presentado en la XXIII EGS reunión, Niza 20-24 Abril.
- YOUNIS, M. T., MELIÁ, J., GILABERT, M.A., GARCIA-HARO, F.J. y BASTILLA, J. 1999. Lithology and vegetation cover mapping in the Guadalentin basin as interpreted through remotely sensed data. En MEDALUS 11 Book (in press).