

RELACIÓN ENTRE EL NDVI, PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO. APLICACIÓN A ZONAS FORESTALES DE LA PROVINCIA DE ALICANTE.

F. Belda(*) , J. Melia (**) y D. Segarra(**)

Fernando.Belda@uv.es

(*)*Centro Meteorológico Territorial de Valencia.
Instituto Nacional de Meteorología.*

Ministerio de Medio Ambiente. España

(**)*Departamento de Termodinámica. Facultad de
Física. Universidad de Valencia.
Valencia. España*

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es analizar, para el período 1984-94, la relación entre el índice de vegetación diferencia normalizada (NDVI), con las precipitaciones acumuladas (P) durante el período agronómico correspondiente. Por otra parte, analizamos la relación entre estos índices y la humedad del suelo (HS) disponible en el mes de mayo, calculada a partir del método de Thornthwaite o de los balances hídricos. Este análisis se aplica sobre un área que comprende una superficie de aproximadamente 900 km² ubicada al Norte de la provincia de Alicante y en una pequeña parte en la provincia de Valencia. Para el estudio climático se utilizan 25 observatorios con series de 40 años, de la red del Instituto Nacional de Meteorología, clasificando el área de estudio en diferentes zonas climáticas. Para evaluar la variación multianual desde imágenes de satélite, se utiliza el NDVI obtenido a partir de los datos suministrados por el sensor TM instalado a bordo del satélite Landsat-5 (Bandas 3 y 4). La relación entre estos parámetros se analiza desde dos puntos de vista, uno espacial, donde se establecerán las correlaciones, para cada uno de los años, entre el NDVI, P y HS; y otro temporal, donde se analizan estos mismos índices para el período 1984-94.

ABSTRACT

Relationships between Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and rainfall (P), NDVI and Soil moisture (HS) for period 1984-94, is the main topic of this work. We considered the accumulated rainfall to may and the soil moisture

available in the same month, calculated by Thornthwaite's method. Study area is located at Southeast of Spain situated in Alicante. Between NDVI, P, HS, spatial and temporal analysis is available in this work. In spatial analysis, simple correlation has been established for every year during 1984-94. On the other hand, in temporal analysis, we study this correlation for all the period. For this, 25 meteorological stations with long series, of the Spanish Meteorological Institute, have been used in the climatic study. Jointly with this dates, different climatic classification have been developed. Finally, to evaluate the multiannual variation since remote sensing, we have used NDVI calculated with the satellite Landsat-5 (bands 3 and 4).

PALABRAS CLAVE: Teledetección, NDVI, Precipitación, Humedad del suelo

INTRODUCCIÓN

La cantidad y distribución anual de precipitación en una región, especialmente durante determinados periodos del año, afecta al desarrollo y crecimiento de la vegetación. Para un crecimiento y desarrollo óptimos, las plantas requieren un suelo que les suministre agua así como los nutrientes que van disueltos en ella. Las precipitaciones de otoño sirven, principalmente, para aportar el grado de humedad suficiente a los suelos y para recargar, después del período estival, las reservas de agua, de embalses y acuíferos. Las precipitaciones invernales son necesarias principalmente para mantener la humedad del suelo (Huang et al., 1996) y seguir aumentando los niveles de los acuíferos. Las lluvias primaverales son especialmente importantes, ya que deben mantener el grado de humedad adecuado en los suelos, requiriendo en esta época la vegetación, en general, mayor cantidad de agua que en otros periodos, por las elevadas temperaturas que se registran (Belda 1997).

Entre los múltiples índices de vegetación existentes en la bibliografía, uno de los más utilizados en las aplicaciones agronómicas y medio ambientales de la teledetección es el índice de vegetación normalizado, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Tamayo 1994, Nicholson and Farrar 1994, García-Haro 1997; Meliá et al. 1996, Viedma 1999).

DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio comprende una superficie de aproximadamente 900 km² ubicada al Norte de la

provincia de Alicante y en una pequeña parte en la provincia de Valencia. El área de estudio queda delimitada, en coordenadas UTM, por 730400 - 760400 y 4274000 - 4304000 (Figura 1).

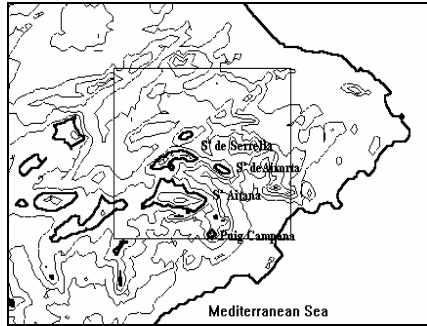


Figura 1.- Provincia de Alicante. El cuadro muestra la superficie analizada por el satélite Landsat TM.

METODOLOGÍA

Datos meteorológicos

Para analizar las precipitaciones y la humedad del suelo de la zona, se han utilizado los datos suministrados por 25 observatorios pluviométricos (12 termopluviométricos) que posee el Instituto Nacional de Meteorología en el área de estudio, con series de más de 30 años. A partir de estos datos se han construido series cronológicas amplias y homogéneas de precipitación y temperatura.

Finalmente, estimamos la humedad del suelo disponible al final de la primavera, mediante el método de Thornthwaite (Belda 1997), introduciendo el concepto de evapotranspiración residual (e), que es una evapotranspiración potencial (ETP) a savia parada (Costa 1987). Esto se calcula mediante la expresión: $e = ETP/5$.

Tratamiento de las imágenes

Los índices de vegetación se han obtenido a partir de los datos suministrados por el sensor TM instalado a bordo del satélite Landsat-5, con una resolución de 30 por 30 metros. Este índice viene definido por la expresión:

$$NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3).$$

Teniendo en cuenta la información estadística disponible, la incidencia del incendio

(verano) y la ausencia de cobertura nubosa, se han seleccionado las siguientes imágenes: 7 Abril 1984, 3 Junio 1987, 7 Junio 1990, 19 Junio 1993, 29 Junio 1985, 23 Julio 1988, 14 Junio 1991, 21 Mayo 1994, 9 Abril 1986, 7 Mayo 1989, 28 Marzo 1992.

El procesamiento de las imágenes consiste de las correspondientes correcciones geométricas, topográficas y radiométricas (Meliá et al. 1996), así como la normalización respecto a una imagen, que tomaremos como referencia. En nuestro caso la imagen escogida corresponde al año 1989, por tratarse de una imagen con una atmósfera transparente.

Un trabajo preliminar para el desarrollo del presente trabajo, es obtener una clasificación de áreas forestales. Esto se ha realizado utilizando 7 imágenes: 6 bandas TM y una imagen de NDVI y aplicando el método de mínima distancia (Meliá et al. 1996, García-Haro 1997, Belda 1997).

RESULTADOS

Precipitación y Humedad del suelo

A partir del análisis climático (Belda 1997), y tomando como referencia el área de una imagen Landsat, hemos establecido dos clasificaciones diferentes, una para un análisis temporal y otro para uno espacial. Para el primero establecemos la siguiente clasificación: Zona P1, precipitaciones inferiores a 600 mm., Zona P2, precipitaciones entre 600 y 700 mm., Zona P3, precipitaciones superiores a 700 mm. Para establecer un análisis espacial, estratificamos el mapa pluviométrico y el de humedad, en diez subzonas (Belda 1997).

Igual que en el caso de la precipitación, para el análisis temporal, clasificamos el área de la imagen Landsat, en tres zonas climáticas con los siguientes valores (Belda 1997): Zona HS1, Humedad del suelo inferior a 60 mm., Zona HS2, Humedad del suelo entre 60 y 68 mm., Zona HS3, Humedad del suelo superior a 68 mm. Finalmente, para el análisis espacial, estratificamos el mapa de humedad, en diez subzonas (Belda 1997).

Relación NDVI/P y NDVI/HS

La relación entre NDVI/P y NDVI/HS, se analiza desde dos puntos de vista, uno espacial, donde se establecerán las correlaciones, para cada uno de los años, entre el NDVI, la precipitación y la humedad del suelo; y otro temporal, donde se

analizan estos mismos índices para el período 1984-94.

Para establecer un análisis espacial, e intentar encontrar una relación entre estos parámetros, utilizamos la estratificamos del mapa pluviométrico y el de humedad, en diez subzonas. En segundo lugar se establece un análisis temporal considerando los datos disponibles para cada uno de los años. Las correlaciones se van a llevar cabo en el conjunto de la región y en las distintas clases pluviométricas (P1, P2, P3) para el caso de la precipitación, o climáticas (HS1, HS2, HS3) para el caso de la humedad del suelo.

Análisis espacial

Obtenemos para una variación de la precipitación de 500 mm obtenemos diferencias de 0.1 para el NDVI. En la tabla 1, agrupamos los coeficientes de correlación obtenidos en los ajustes lineales. Se aprecia en estos resultados que el valor del coeficiente es bastante bueno, obteniéndose los peores resultados en los años 1987 y 1993.

Por otra parte, respecto el ajuste para la humedad del suelo, observamos para una variación de la humedad del suelo de 10 mm obtenemos una variación de 0.09 para el NDVI.

Para analizar el grado de correlación entre la humedad del suelo y los índices de vegetación correspondientes, se calcula los coeficientes de correlación de los ajustes entre estos dos parámetros (Tabla 1). En líneas generales el ajuste lineal varía substancialmente dependiendo del año que estemos considerando.

Año	NDVI-P	NDVI-HS
1984	0.89	0.80
1985	0.87	0.74
1986	0.83	0.20
1987	0.52	0.33
1988	0.65	0.30
1989	0.93	0.83
1990	0.62	0.52
1991	0.85	0.63
1992	0.79	0.78
1993	0.40	0.36
1994	0.77	0.42

Tabla1.- Coeficientes de correlación entre el NDVI-P y NDVI-HS.

Análisis Temporal

Desde el punto de vista general, NDVI y las precipitaciones, siguen una evolución similar, en toda la región, ajustándose a una función lineal aceptable con un coeficiente de correlación de 0.84 (Tabla 2).

Por otra parte, no se aprecia una mejoría significativa en los ajustes al considerar la división según las clases pluviométricas respecto a los que se obtiene en toda el área, siendo incluso peores, principalmente en zonas más húmedas (zona P3). Por otra parte, en zonas más secas (P1), la pendiente es más acusada, decreciendo el valor a medida que nos desplazamos a zonas más húmedas (P3). Inversamente, el valor de la constante, es mayor en zonas más húmedas.

Finalmente, se han realizado ajustes entre la humedad del suelo y los NDVI a lo largo del período 1984 a 1994, para la totalidad de la zona de trabajo y para cada una de las zonas climáticas (Tabla 3). Se observa claramente, que no existe correlación lineal entre la humedad del suelo calculada mediante el modelo de Thornthwaite y los índices de vegetación medio de cada uno de los años.

	GLOBAL	P1	P2	P3
R	0.84	0.79	0.79	0.69

Tabla 2.- Coeficientes de correlación entre el NDVI y la precipitación durante 1984/94

	GLOBAL	HS1	HS2	HS3
R	0.06	0.06	0.14	0.00

Tabla 3.- Coeficientes de correlación entre el NDVI y la humedad del suelo durante 1984/94

CONCLUSIONES

En general, el rango de variación del NDVI en la región de estudio es bajo. Los ajustes que se obtienen entre el NDVI y las precipitaciones desde el punto de vista espacial son muy aceptables para todos los años. Esta correlación lineal tiende a mejorar en aquellos años donde la precipitación acumulada de otoño a primavera registra valores inferiores o muy inferiores a las normales.

Por otra parte, el ajuste decrece en aquellos años donde la precipitación se registra en casi su totalidad, en otoño o en invierno. Sin embargo, los

años en que las precipitaciones se dan en su mayoría en primavera, mejoran este ajuste lineal.

La relación entre la precipitación y el NDVI, desde un punto de vista temporal, es prácticamente lineal, empeorando este ajuste en zonas más húmedas.

Los ajustes que se obtienen entre el NDVI y la humedad del suelo desde el punto de vista espacial son relativamente aceptables. La correlación lineal entre la humedad del suelo y el NDVI dependen claramente de las precipitaciones registradas durante la primavera. Obtenemos mejores correlaciones, cuando la lluvia registrada en la primavera es superior a sus valores normales.

BIBLIOGRAFÍA

Belda, F. 1997. Climatología y Teledetección en zonas forestales de la provincia de Alicante. Aplicación a zonas incendiadas. Tesis Doctoral. Departamento de Termodinámica. Facultat de Física.Universitat de Valencia.

Costa, M., 1987. EL País Valenciano, en la Vegetación de España. Ediciones Peinado, M. y Rivas-Martínez, S., cap.8, pp. 281-309. Colección Aula Abierta. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid.

García-Haro, F.J. 1997. Modelización y estimación de parámetros relacionados con la cubierta vegetal en teledetección. Tesis Doctoral. Departamento de Termodinámica. Facultat de Física.Universitat de Valencia.

Huang, J., Van den Dool, H.M., and Georgai, K.P., 1996. Analysis of Model-Calculated Soil Moisture over the United States (1931-1993) and Applications to Long-Range Temperature Forecasts. *Journal of Climate*, 9, 1350-1362.

Meliá, J., Segarra, D., Belda, F., Caballer, P., Fortea, J.C., García, J., López, E., Moreno, J., Serrano, J.C., Viedma, O., 1996. Evaluación mediante teledetección de los procesos de reforestación en zonas afectadas por incendios. "La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana" pp. 149-212. Memoria final. CEAM. Generalitat Valenciana.

Nicholson S.E. and Farrar F.J. , 1994. The influence of Soil Type on the Relationships between NDVI, Rainfall, and Soil Moisture in Semi-arid Botswana:

NDVI Response to Rainfall. *Remote Sensing Environment*, 50:107-120.

Tamayo, J. 1994. Relación entre las precipitaciones y el índice de vegetación diferencia normalizada (NDVI) en áreas en riesgo de desertificación. Aplicación a la zona de estudio del proyecto EFEDA. Tesis Doctoral. Departamento de Termodinámica. Facultat de Física.Universitat de Valencia.

Viedma, O. 1999. Caracterización espectral y espacial de los incendios forestales mediante técnicas de teledetección. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia y Universidad de Alcalá de Henares.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido realizado dentro del marco de los proyectos "Integración de Parámetros Climáticos y Medidas de Satélite para Estudios Regionales de la Cubierta Vegetal. Estudio del Impacto de la Degradación de los Cultivos Extensivos y de los Incendios Forestales". Programa Nacional de I+D sobre el Clima (CICYT - CLI95-1887) y el proyecto LUCIFER (ENV4-CT96.0320).