

UN INDICE DE VEGETACION PARA EL SEGUIMIENTO POR SATELITE DE LA MASA FORESTAL

E. M. Louakfaoui y J. L. Casanova

E-mail:mostafa@latuv.uva.es

Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid, LATUV
Departamento de Física Aplicada I, Facultad de Ciencias,
Universidad de Valladolid,
47071 Valladolid, Spain.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es determinar los índices de vegetación más adecuados para el seguimiento de la masa forestal de la Península Ibérica mediante imágenes del sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) de los satélites NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Típicamente, el índice de vegetación obtenido a partir del AVHRR es el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) que combina las radiancias de los canales 1 y 2, (Ripple, 1994; Defries, Hanse & Townshend, 1995). Sin embargo, diversos autores han demostrado que son posibles otras combinaciones que son sensibles a la actividad de la masa forestal (Boyd & Ripple, 1997; Kaufman & Remer, 1994). Por eso hemos correlacionado 27 combinaciones con en el porcentaje forestal que existe en cada pixel de áreas forestales seleccionadas. Los resultados de este trabajo muestran que existen índices de vegetación sensibles a la masa forestal especialmente el formado por la combinación: $C1 \cdot C3 / C4$.

Palabras claves: índices de vegetación, NOAA-AVHRR, masa forestal, bosques.

INTRODUCCION

Las masas forestales españolas se han visto dañadas durante los últimos siglos por las condiciones de propiedad, explotación, crecimiento de la población y gran número de incendios. Para detener la degradación de la masa forestal hay que tomar medidas efectivas de control y protección.

La teledetección espacial es una herramienta muy útil para el seguimiento de la masa forestal, las imágenes del sensor AVHRR de los satélites NOAA se han usado extensamente en esta tarea. Las principales ventajas de la utilización del satélite NOAA-AVHRR son: 1) La buena resolución temporal, ya que se puede recibir cuatro imágenes al día 2) el AVHRR es un sensor

multiespectral que opera en el visible y en el infrarrojo 3) una imagen de NOAA puede cubrir $2048 \times 2048 \text{ Km}^2$.

Normalmente el estudio de la evolución de la vegetación mediante el satélite se hace mediante una combinación de las diferentes bandas en las que miden los sensores embarcados a bordo, esa magnitud recibe el nombre de "Índice de vegetación", si se ha hecho la combinación adecuada que sea sensible a la actividad fotosintética del vegetal, a su estado evolutivo, a un posible estrés hídrico, etc., será el índice de vegetación adecuado para un seguimiento eficaz de la vegetación, y hasta el momento el mejor índice que respeta estas propiedades es el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) combinado del canal I (la radiancia del visible) y la canal II (la radiancia del infrarrojo cercano) del sensor AVHRR de los satélites NOAA. Sin embargo se han realizado estudios a escala regional y han mostrado que el NDVI tiene una sensibilidad limitada a las masas forestales (Sader et al. 1989). Teniendo en cuenta estos resultados, se pensó analizar otros índices de vegetación para determinar un índice que presente un comportamiento adecuado y una mejor sensibilidad a las masas forestales.

AREA DE ESTUDIO

Teniendo en cuenta la diferencia que presenta la masa forestal española de una zona a otra hemos elegido trabajar sobre seis ventanas de diferentes zonas de España, las ventanas son de 30×30 pixeles, es decir, de 900 km^2 . ver (figura 1).



Figura 1: Las zonas del estudio.

METODOLOGIA

1.Degradación del inventario CORINE

a resolución NOAA: El inventario de ocupación del suelo CORINE esta construido con una resolución espacial de 250m x 250m, y consta de setenta y seis tipos diferentes de cubiertas, de las que catorce son forestales, la masa forestal que hemos tenido en cuenta se compone sobre todo de todos los tipos del matorral y del pino. (La figura 2) muestra el reparto de las cubiertas del suelo de las seis ventanas del estudio reclasificadas a seis componentes principales, así se puede saber con exactitud que tipos de cubiertas presenta cada zona.

Las imágenes NOAA que hemos utilizado son de una resolución espacial de (1x1 Km²), por esto el primer paso que se hizo es acoplar la dimensión del inventario de ocupación del suelo CORINE a la dimensión de las imágenes NOAA. Así se ha degradado el mapa CORINE a 1x1 Km² adaptándolo a la misma retícula a la que están corregidas las imágenes NOAA, que corresponde a coordenadas UTM referidas al huso 30, la degradación conservó en cada retícula el porcentaje forestal existente en ella. (La figura 3) muestra las seis ventanas del CORINE degradadas a la resolución NOAA donde cada retícula presenta el porcentaje forestal existe en ella.

2.Clasificación de los pixeles: Un pixel NOAA es una superficie de 1km x 1km, un área lo bastante grande para que deban coexistir varios tipos de cubiertas, Para tener una correlación correcta y adecuada de los índices de vegetación analizados en este trabajo con el porcentaje forestal en cada pixel, hemos analizado los pixeles de las seis zonas estudiadas para conocer los tipos de cubiertas que existen en cada pixel. (La tabla 1) que sigue presenta un ejemplo de la clasificación de algunos pixeles.

P	% F	%U	%A	%O	% H	% W
1	37	0	62	0	0	0
2	25	0	75	0	0	0
3	0	0	100	0	0	0
4	81	0	18	0	0	0
5	31	0	68	0	0	0
6	6	0	93	0	0	0
7	0	0	100	0	0	0
8	100	0	0	0	0	0
9	68	0	31	0	0	0
10	93	0	6	0	0	0

P= Pixeles, F= Forestal, U= Urbano,
A= Zonas Agrícolas, O= Espacios Abiertos,
H= Zonas Húmedas, W= Aguas.

Tabla 1.

Además se han tenido en cuenta solamente los pixeles en los que el 99 % de su cubierta se compone de masa forestal y cultivo, de esta manera se ha intentado eliminar los ruidos que pueden presentar las superficies urbanas, espacios abiertos, aguas etc.

3.Calcular los índices de vegetación: El Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid (LATUV) se dispone de una antena receptora de la señal HRPT y ha desarrollado el software necesario para el procesado de la imagen, así que después de capturar la imagen, el procedimiento seguido fue en primer lugar una corrección de los efectos atmosféricos influyentes, como el caso del vapor de agua, de los aerosoles, del ozono y la dispersión de Rayleigh, utilizando el programa de transmisividad y radiancia 5S(Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum, Tanre et al 1986) y los datos TOVS incorporados en los satélites NOAA. Y en segundo lugar una corrección geográfica mediante un método mixto, a partir de parámetros orbitales y puntos de control(Illera et al 1993). Finalmente se filtraron las nubes a través de umbrales fijados de antemano. Las imágenes AVHRR utilizadas son imágenes del mes de junio de 1998 en el que la actividad de la masa forestal es muy importante. Mediante unas combinaciones de los cinco canales del sensor AVHRR del satélite NOAA, que son las radiancias del canal I y II, el canal infrarrojo medio, MIR, y los dos canales infrarrojos térmicos, hemos calculado las imágenes de los 27 índices de vegetación, después siguiendo una técnica similar a la de Boyd y Ripple (1997), se han correlacionado con los correspondientes porcentajes de cubierta forestal de cada pixel, y se han obtenido los coeficientes de correlación que presenta cada índice de vegetación.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos en las seis zonas del estudio destacamos los siguientes resultados:

- 1) Los coeficientes de correlación de los índices de vegetación en las zonas 1, 4 y 5 son importantes; ver (tabla 2). Estas zonas son las que pueden servir para determinar cuál de los 27 índices de vegetación analizados correlaciona mejor.
- 2) En las zonas 2, 3 y 6 los coeficientes de correlación de todos los índices de vegetación son muy bajos. Quizá esto se puede explicar debido a la antigüedad del mapa del CORINE, que fue hecho en 1988, y que las imágenes sobre las que hemos calculado los índices de vegetación son de Junio de 1998. Normalmente la masa forestal

no cambia mucho con el tiempo, por lo que probablemente los cambios se produjeron en la cubierta de cultivo de esas zonas porque los pixeles que se han considerado se componen solamente de forestal y cultivo.

- 3) Usando el coeficiente de correlación del NDVI con el porcentaje forestal como punto de referencia, es evidente que muchos de los índices de vegetación analizados en este trabajo presentan unos coeficientes de correlación bastante altos, así que existen índices de vegetación que son sensibles a la actividad de la masa forestal mas que el NDVI.
- 4) Para terminar de analizar la tabla de los índices de vegetación y sus correspondientes coeficientes de correlación, puede señalarse que los índices de vegetación que correlacionan bien con el porcentaje forestal no son combinaciones entre los canales visibles, o entre los canales térmicos, sino que son combinaciones entre los canales visibles y térmicos. (La tabla 3) que sigue presenta los mejores índices de vegetación y sus coeficientes de correlación correspondientes en las zonas 1,4 y 5 que son zonas adecuadas.

INDICES	Z I	Z IV	Z V
$c5-(c2+c1)/c5+(c2+c1)$	0.708	0.412	0.822
$c4-(c2+c1)/c4+(c2+c1)$	0.718	0.415	0.824
$c2-(c3+c4)/c2+(c3+c4)$	0.703	0.413	0.817
$c2-(c3+c5)/c2+(c3+c5)$	0.698	0.412	0.816
$(c1*c3)/c4$	0.719	0.417	0.812
$c4-(c2+c3)/c4+(c2+c3)$	0.732	0.406	0.825
$c5-(c2+c3)/c5+(c2+c3)$	0.733	0.407	0.825

Tabla 3:Lista de los índices de vegetación que correlacionan mejor.

CONCLUSIONES:

Se han obtenido las siguientes conclusiones:

- 1) las zonas 1, 4 y 5 se pueden considerar como zonas pilotos para realizar nuevos análisis sobre los índices de vegetación.
- 2) entre los índices de vegetación que correlacionan mejor, como el del índice $C4-(C2+C3)/C4+(C2+C3)$ que tiene el mejor coeficiente de correlación en la zona 5 ($r=0.83$) o el índice $C5-(C2+C3)/C5+(C2+C3)$ que tiene el mejor coeficiente de correlación en la zona 1 ($r=0.73$), se podría concluir que son los mas adecuados, pero

son índices muy complicados, por lo que consideramos que el índice de vegetación mas adecuado para el seguimiento de la masa forestal es el que viene dado por la combinación $(C1*C3)/C4$ que aunque presenta unos coeficientes de correlación ligeramente menores que los anteriores, 0.72 y $r=0.81$ respectivamente, es un índice de vegetación muy sencillo y manejable.

REFERENCIAS

- Baret, F. and, Guyot, G., 1991, Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR Assessment. Remote Sensing Environment, **35**, 161-173.
- Boyd, D. S. and, Ripple, W. J., 1997, Potencial vegetation indices for global forest cover. International Journal of Remote Sensing, **18**, 1395-1401.
- Boyd, D. S., Foody, G. M., Curran, P. J., Lucas, R. M. And Honzak, M., 1996, An assessment of radiance in Landsat TM middle and thermal infrared wavebands for the detection of tropical forest regeneration. International Journal of Remote Sensing, **17**, 249-261.
- Defries, R., Hansen, M. and Townshend, J., 1995, Global discrimination of land cover types from metrics derived from AVHRR pathfinder data. Remote Sensing of Environment, **54**, 209-222.
- Foody, G. M., Boyd, D. S. And Curran, P. J., 1996, Relations between tropical forest biophysical properties and data acquired en AVHRR channels 1-5. International Journal of Remote Sensing, **17**, 1341-1355.
- Kaufman, Y. J. and, Remer, L. A., 1994, Detection of forest using Mid-IR reflectance: An application for aerosol studies. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, **32**, 672-683.
- Sader, S. A., Waide, R. B., Lawrence, W. T. and Joyce, A. T., 1989, Tropical forest biomass and successional age class relationships to a vegetation index driven from Landsat TM data. Remote Sensing of Environment, **28**, 143-156.

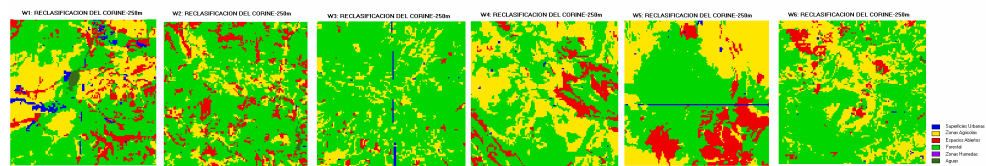


Figura 2: Las ventanas del mapa del CORINE resolución de 250m x 250m reclasificadas a seis cubiertas principales.

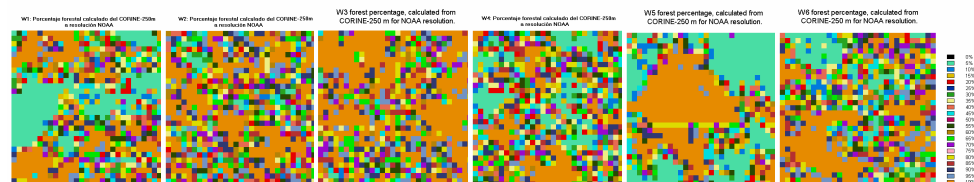


Figura 3: Las ventanas del CORINE degradadas a resolución NOAA, cada retícula presenta el % forestal que existe en ella.

INDICES	ZONA I	ZONA II	ZONA III	ZONA IV	ZONA V	ZONA VI
$(C1 \cdot C2) / C5$	0.704778	0.035169	0.045061	0.404969	0.797646	0.184118
$(C1 \cdot C2) / C4$	0.704311	0.035549	0.045031	0.404534	0.797286	0.184143
$C5 - (C2 + C1) / C5 + (C2 + C1)$	0.708593	0.009721	0.033875	0.41156	0.821842	0.126722
$C5 / (C1 + C2)$	0.528989	0.011832	0.007762	0.362706	0.768643	0.101055
$C4 - (C2 + C1) / C4 + (C2 + C1)$	0.717613	0.005318	0.031455	0.414487	0.823989	0.119988
$C4 / (C1 + C2)$	0.525381	0.010817	0.008714	0.360709	0.767879	0.103138
$(C1 - C5) / (C1 + C5)$	0.68708	0.040144	0.040069	0.405315	0.81013	0.192701
$(C1 / C5)$	0.68775	0.039731	0.042165	0.405739	0.809547	0.195476
$(C4 / C1)$	0.644959	0.04975	0.004599	0.388274	0.753811	0.060214
$(C4 - C1) / (C4 + C1)$	0.687237	0.040574	0.040307	0.405087	0.80963	0.193386
$(C5 - C2) / (C5 + C2)$	0.369787	0.03314	0.03608	0.284254	0.757506	0.174144
$(C4 - C2) / (C4 + C2)$	0.364776	0.032341	0.036632	0.279554	0.755847	0.175449
$(C1 \cdot C2) / C3$	0.732873	0.035053	0.044834	0.403398	0.797262	0.183397
$(C2 \cdot C3) / C4$	0.42254	0.0306	0.038464	0.314565	0.771375	0.170944
$(C2 \cdot C3) / C5$	0.427427	0.031406	0.038057	0.318455	0.772733	0.169875
$C2 - (C3 + C4) / C2 + (C3 + C4)$	0.702938	0.001597	0.008415	0.412994	0.816968	0.002147
$C2 / (C3 + C4)$	0.352994	0.033594	0.038775	0.27372	0.755622	0.1753
$C2 - (C3 + C5) / C2 + (C3 + C5)$	0.698096	0.001847	0.012291	0.411846	0.815756	0.010587
$C2 / (C3 + C5)$	0.355485	0.033976	0.038555	0.276095	0.756461	0.174757
$(C2 \cdot C4) / C3$	0.382307	0.03537	0.035649	0.293199	0.768317	0.157529
$(C2 \cdot C5) / C3$	0.377199	0.034546	0.03618	0.288611	0.766838	0.158947
$(C1 \cdot C3) / C4$	0.71875	0.039746	0.042133	0.416862	0.812151	0.192007
$C4 - (C2 + C3) / C4 + (C2 + C3)$	0.732018	0.007369	0.007738	0.406368	0.825128	0.031843
$C5 - (C2 + C3) / C5 + (C2 + C3)$	0.733025	0.011305	0.012579	0.407325	0.824586	0.015082
$C4 / (C2 + C3)$	0.517247	0.015522	0.037669	0.370959	0.766516	0.191311
$C5 / (C2 + C3)$	0.550336	0.022092	0.03371	0.390671	0.777524	0.182946
NDVI	0.377549	0.042582	0.018576	0.358074	0.747459	0.130072

Tabla 2: Lista de los coeficientes de correlación de los 27 índices de vegetación estudiados con el porcentaje forestal de cada pixel.