

INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN DE DIFERENTES SENSORES REMOTOS EN EL ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE LA VEGETACIÓN EN LA ISLA DE LA ESPAÑOLA

P. A. HERNÁNDEZ-LEAL (*), J. S. WILSON (**), y M. ARBELO (*)

pedro.hernandez@ull.es

(*) *Universidad de La Laguna. Departamento de Física Fundamental y Experimental. Avda. Astrofísico Fco. Sánchez s/n. 38200 La Laguna. Tenerife.*

(**) *Department of Geography. Indiana University-Purdue University, Indianapolis 425 University Boulevard. Indianapolis, (IN) 46202 USA.*

RESUMEN: El estudio de la dinámica espacio-temporal de la vegetación, es de particular importancia en muchas zonas del planeta en las que la desertificación, por causas naturales o antropogénicas, resulta ser un problema de primera magnitud. Así, en este trabajo, haciendo uso del Índice de Vegetación Diferencia Normalizada (NDVI) obtenido con imágenes Landsat-30m, imágenes AVHRR-8km de la base de datos del proyecto NOAA-Pathfinder, e información auxiliar de campo, se ha abordado el estudio de la dinámica en la cobertura vegetal de la zona fronteriza entre Haití y la República Dominicana. El análisis de datos AVHRR-8km en un periodo de 17 años, permite, entre otras cosas, constatar la existencia de promedios mensuales de NDVI mucho más elevados en la República Dominicana y que los cambios en la biomasa resultan ser más extremos en la zona correspondiente a Haití. Estudios complementarios en curso con imágenes AVHRR-1km, que involucran, además de los índices de vegetación, la información correspondiente a la temperatura del terreno obtenida a través de los canales térmicos del mismo sensor, podrán darnos una visión más amplia de los patrones de cambio y de los factores implicados en los mismos.

ABSTRACT: The study of the temporal and spatial vegetation dynamics is extremely important in that areas in the world in which desertification, due to natural trends or anthropogenic causes, represents an important problem to be analyzed. So in this work, making use of the Normalized Difference Vegetation Index, derived from Landsat TM-30m imagery, AVHRR-8km, from the NOAA-Pathfinder database and ancillary ground data, a study about land cover dynamics in the border region between Haiti and Dominican Republic, has been made. The analysis covers a 17 year period of AVHRR-8km images and permits, among other things to confirm much higher mean monthly NDVI trends in the Dominican side and more extreme biomass changes in the Haiti area. Complementary studies are under way using AVHRR-1km NDVI data and Land Surface Temperature (LST) derived from that sensor thermal channels. They could give us a more comprehensive view of changing patterns and the parameters involved.

Palabras clave: AVHRR, Landsat TM, NDVI, Desertificación, La Española.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el uso de la información proveniente de sensores remotos, ha dado un impulso definitivo a la cuantificación en el espacio y el tiempo de la magnitud del problema de la deforestación. En particular, las regiones fronterizas entre dos países, con culturas en protección medioambiental claramente diferenciadas, pero sometidas a los mismos condicionantes climáticos suelen ser zonas idóneas para el estudio mediante la teledetección de cómo factores antropogénicos, pueden provocar grandes contrastes en la

cobertura vegetal. En el presente trabajo se ha elegido como área test la zona fronteriza entre dos países, Haití y la República Dominicana, en la Isla Caribañá de La Española.

Si bien la degradación medioambiental en la Isla, sobre todo en la zona haitiana, ha sido estudiada a nivel cualitativo, son escasos los trabajos en los que se aborda el problema desde el punto de vista cuantitativo y con una visión global, como la que puede aportar la Teledetección.

Así, como indicador de la dinámica de cambio en la cobertura vegetal, se ha utilizado el "Normalized Difference Vegetation Index" (NDVI) (Leprieur et al, 2000), obtenido de imágenes multitemporales y con distinta resolución espacial. Más concretamente se ha analizado la dinámica de este índice en la zona fronteriza con escenas parciales con resolución de 30m (Landsat-TM), así como imágenes con resolución 8 km (NOAA-AVHRR) para el conjunto del territorio insular.

DATOS Y PROCESAMIENTO

Las imágenes de satélite usadas en el presente estudio fueron obtenidas de los sensores TM y TM+ a bordo de las satélites Landsat-5 y Landsat-7; y del sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) a bordo de los satélites NOAA.

Imágenes Landsat

Se han seleccionado tres escenas parciales con cobertura sobre la frontera de unos 80 km y correspondientes a las fechas: 15 de Julio de 1986 (TM), 9 de Agosto de 1992 (TM), y 6 de Enero de 2000 (TM+). Los valores de reflectividad en los canales rojo e infrarrojo próximo, se obtuvieron mediante un procedimiento de corrección atmosférica propuesto por Chavez *et al.* (1996). Las imágenes fueron georreferenciadas al sistema de coordenadas UTM y se les aplicó una corrección geométrica usando una interpolación bilineal como algoritmo de re-muestreo, con un error cuadrático medio igual o inferior a 0.5 píxeles.

Imágenes AVHRR

Las imágenes AVHRR fueron obtenidas de la base de datos (PAL-8 km.), que forma parte del programa Pathfinder, llevado a cabo por NOAA-NASA. Esta base de datos incluye datos a escala continental y global de los canales 1, 2, 4, 5 y NDVI, obtenidos del sensor AVHRR. Las imágenes PAL-NDVI están disponibles como composiciones multitemporales de 10 días o mensuales, con una resolución de 8 km.

Si bien estas imágenes poseen una escasa resolución espacial para estudios a nivel regional, ofrecen la gran ventaja, por un lado, de su fácil accesibilidad y por otro, el hecho de ser productos finales, evitando por consiguiente, el engorroso trabajo de procesado de la enorme cantidad de imágenes que una serie temporal mínima requeriría. Además, no existe en este momento otra base de datos similar con tan alta cobertura temporal.

Se ha utilizado un total de 204 composiciones mensuales de NDVI correspondientes a los años 1982-1993 y 1995-1999 (un total de 17 años). A pesar de la existencia de datos de los años 1981, 1994 y 2000, estos

fueron eliminados del análisis, por la falta de datos para algunos meses.

METODOLOGÍA

El estudio de la dinámica de la vegetación en la zona fronteriza (ZF) se ha realizado mediante la técnica referenciada como "temporal NDVI metrics" (Borak *et al.*, 2000). Esto es, se trata simplemente de medidas de tendencia central y dispersión obtenidas a partir de las imágenes de NDVI en los intervalos espaciales y temporales seleccionados. Estos parámetros han sido utilizados con el objeto de desarrollar perfiles comparativos inter-anales e intra-anales de las características de la vegetación en Haití, la República Dominicana y en el conjunto de la isla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La imagen de la figura 1 sirve como primera muestra del enorme contraste en valores de NDVI, entre las zonas a ambos lados de la frontera. El mismo podría ser claramente atribuible a las diferencias en cobertura forestal, evidenciada por los tonos claros (valores altos de NDVI), en la zona dominicana.

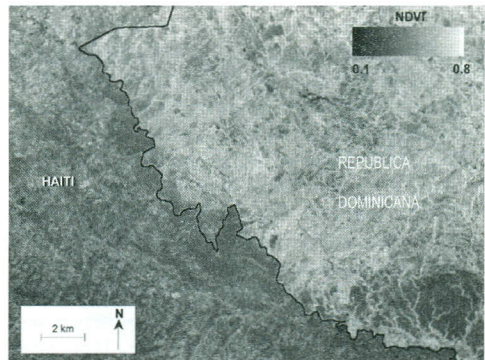


Figura 1. Imagen de NDVI (TM) del 9 de Agosto de 1992 de una porción de la zona fronteriza.

En la tabla 1 se representan los valores de desviación estándar de NDVI para las tres imágenes Landsat disponibles, correspondientes a tres zonas test: la franja de transición entre ambos países (ZF), el lado correspondiente a Haití (ZH) y la zona Dominicana (ZD). Se observan valores persistentemente más elevados para la media y la desviación estándar del NDVI en el lado dominicano. La tendencia en los valores de NDVI se resume en la figura 2.

	1986		1992		2000	
	$\bar{\chi}$	σ	$\bar{\chi}$	σ	$\bar{\chi}$	σ
ZF	0.388	0.160	0.274	0.134	0.328	0.141
ZH	0.359	0.121	0.227	0.098	0.286	0.113
ZD	0.399	0.171	0.292	0.142	0.344	0.147

Tabla 1. Valores promedio y desviación estándar del NDVI correspondiente a las tres imágenes TM

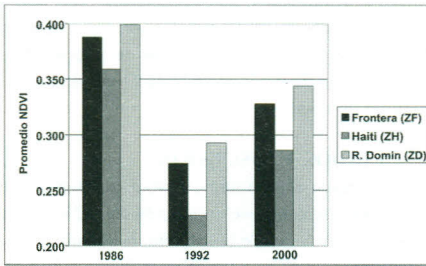


Figura 2. Valores promedio de NDVI para las tres fechas analizadas con imágenes TM.

La diferenciación de imágenes fue utilizada para estimar los cambios en los valores del NDVI para cada intervalo temporal resultante de la sustracción de la imagen más antigua de la más nueva (2000-1992, 2000-1986, 1992-1986). El valor medio y la desviación estándar para cada intervalo y zona test, se resume en la tabla 2. Así, los datos presentados en la tabla 2 y la figura 3 sugieren ciertas tendencias espacio-temporales en la cubierta vegetal de la ZF. Independientemente de la dirección del cambio (aumento o disminución del valor medio), el promedio de las diferencias de NDVI fue siempre mayor en la ZH, lo cual indica un cambio más extremo en la biomasa en esta zona. Esto nos sugiere que, por contraposición los valores bajos de la ZD probablemente sean debidos a una mayor cubierta forestal. Esto es, que los bosques del lado ZD se convierten en un núcleo relativamente estable de biomasa, menos sujeto a fluctuaciones en el NDVI.

	1986		1992		2000	
	$\bar{\chi}$	σ	$\bar{\chi}$	σ	$\bar{\chi}$	σ
ZF	-0.06	0.123	0.054	0.099	-0.11	0.125
ZH	-0.07	0.103	0.060	0.082	-0.13	0.108
ZD	-0.05	0.129	0.053	0.104	-0.10	0.130

Tabla 2. Valor medio y Desviación estándar de los valores de NDVI obtenidos por diferenciación

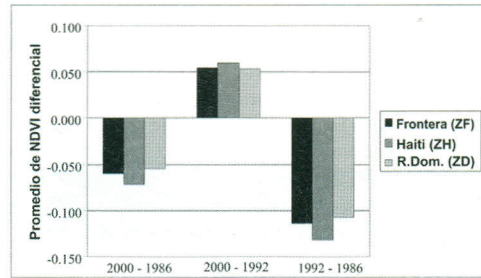


Figura 3. Valores promedio de las diferencias de NDVI para las tres fechas con imágenes TM.

La desviación estándar (σ) de los valores diferenciales de NDVI ofrece otro análisis complementario. En las tres comparaciones cronológicas establecidas, es la ZD la que ofrece unos valores más altos para σ , indicando con ello una gran heterogeneidad en los cambios en la biomasa. Una de las explicaciones a este hecho es la relativa estabilidad de los valores diferenciales de NDVI asociados con las zonas boscosas de la ZD, en contraste con otras formas de vegetación más susceptibles a los cambios, como son las de la ZH. Además, otro factor determinante de la diferencia podría ser la utilización de cultivos de regadío en la ZD que podría contribuir a un aumento de la biomasa en épocas de sequía, frente a la escasa infraestructura hidrológica de la ZH.

Análisis de las imágenes PAL

El estudio con las imágenes PAL nos permite evaluar la variación estacional del NDVI y tener una idea mucho más clara de su comportamiento en el tiempo. Esto es particularmente interesante ya que un análisis, como el realizado con las imágenes TM, podría dar lugar a conclusiones erróneas sobre las diferencias observadas en la cubierta vegetal. Así se utilizaron 17 años de datos PAL para determinar el valor medio mensual de NDVI para ambos países (figura 4a) y la diferencia entre estos valores medios (figura 4b).

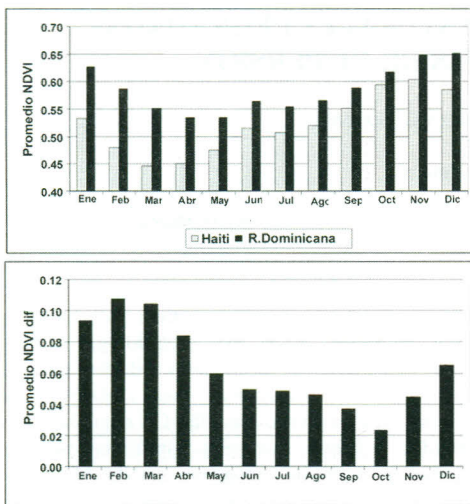


Figura 4. Superior(a): Valores medios anuales de NDVI para Haití y la R. Dominicana con datos PAL. Inferior(b): Desviaciones entre los valores anuales medios de NDVI.

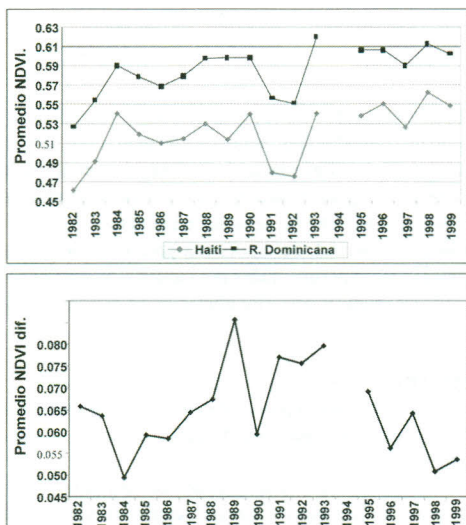


Figura 5. Superior (a): Promedios de NDVI anuales para Haití y R. Dominicana con datos PAL. Inferior(b): desviaciones de los promedios anuales.

La figura 4a muestra como los valores medios mensuales de NDVI son persistentemente más altos en la ZD. Así mismo, parece existir una cierta tendencia en el comportamiento anual de este valor, en los dos países, con un máximo anual alrededor de Noviembre/Diciembre y un decrecimiento continuo hasta alcanzar un mínimo en torno a Marzo, para Haití y en torno a Abril para la R. Dominicana. La figura 4b sugiere también una tendencia clara en la diferencia de las medias mensuales con un máximo en Febrero y un mínimo en Octubre. Este comportamiento tiene importantes implicaciones en futuros estudios, sugiriendo, como era previsible que la época del año en que se realiza el estudio tiene una influencia importante en la magnitud de las diferencias observadas entre ambos países.

La comparación de las tendencias temporales en los valores promedio de NDVI para los 17 años de datos PAL considerados, indica que aunque el patrón global de valores promedio anuales (figura 5) más altos en la ZD es consistente, la magnitud de estas diferencias de un año al siguiente muestra grandes variaciones, observándose un mínimo en el año 1984 y un máximo en 1990, con variaciones apreciables de un año al siguiente, si bien con una tendencia en los últimos años a la disminución en los contrastes en los valores medios anuales del NDVI.

BIBLIOGRAFÍA

BORAK, J. S. and E. F. LAMBIN., 2000. The use of temporal metrics for land cover change detection at coarse spatial scales. *IJRS.*, 21(6):1415-1432.
 CHAVEZ P. S., 1996. Image Based atmospheric corrections revisited and improved. *Phot. Eng. & Rem Sen.* 62(9):1025-1036.
 LEPRIEUR, C. et al, 2000. Monitoring vegetation cover across semiarid regions. *IJRS*, 21(2):281-300

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a una beca de estancia en otros centros del Gobierno de Canarias, Dirección General de Universidades e Investigación.