

VULNERABILIDAD DE LOS BOSQUES EN VENEZUELA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

R. Rebolledo.

Fundación Instituto de Ingeniería Para Investigación y Desarrollo Tecnológico, Centro de Procesamiento digital de Imágenes. Carretera Nacional Hoyo de la Puerta-Baruta, Urb. Monte Elena II-Sartenejas Baruta, Estado Miranda, VENEZUELA. rafaelr@fii.org

RESUMEN

Uno de los más importantes proyectos de investigación de la FII-CPDI es Proyecto Bosques. Como parte de los objetivos de este proyecto esta el realizar y analizar las relaciones entre los cambios en la cobertura boscosa de Venezuela y los cambios en el clima. Los resultados de estas investigaciones nos permiten estimar la vulnerabilidad de cada tipo de los bosques contra el cambio climático. Con el fin de estimar esta vulnerabilidad estamos analizando los datos de teledetección, y de terreno sobre la base de datos climáticos de 30 años de observaciones, a saber: 250 imágenes LANDSAT y SPOT de los bosques de Venezuela, más de 40.000 registros procedentes de 82 estaciones meteorológicas, e imágenes MODIS. Por último, sobre la base de estos estudios, que están determinando las condiciones de vulnerabilidad de los bosques de Venezuela. Los resultados se utilizarán para desarrollar las políticas de conservación y gestión sostenible de los bosques, como por ejemplo: jerarquización de prioridades de conservación, diseño de planes de adaptación, etc.

ABSTRACT

One of the most important research projects of the FII-CPDI is Proyecto Bosques. As part of the aims of this project is the task to realize and analyze the relationships between changes in forest cover of Venezuela and changes in climate, at the same period of time. The results of these investigation let us to estimate the vulnerability (susceptibility, adaptability and resilience) of each kind of forests against Climate Change.

In order to know about this vulnerability we are analyzing remote sensing data, and ground climate data based on 30 years of observations. We are studding nearly 250 LANDSAT and SPOT images from different forest areas of Venezuela, more than 40,000 records coming from 82 meteorological stations, and some MODIS images.

Finally, based on these studies, we are discovering out the vulnerability conditions of the Venezuelan forest.

The results will be used to develop policies on the conservation and sustainable management of forests, such as: hierarchal priorities for conservancy, design of adaptive planning, etc.

Palabras Clave: cambio climático, bosques, imágenes de satélite, vulnerabilidad.

INTRODUCCIÓN

Los bosques se cuentan entre los ecosistemas más sensibles ante el Cambio Climático (Locatelli, 2006), Muchas investigaciones ven en los bosques una causa importante al Calentamiento Global, mientras otras investigaciones buscan demostrar que la reducción de los bosques es un efecto del Calentamiento Global entre otros cambios climáticos. En cualquier caso es evidente la relación entre ambos aspectos. El territorio venezolano esta cubierto casi 50% por bosques, como cualquier bosque tropical son ecosistemas altamente complejos, pluri-estratificados y mega-diversos. En este contexto es clara la importancia del desarrollo de trabajos científicos que estudien este tipo de relaciones como indicador de las condiciones de vulnerabilidad de los bosques ante CC. Este tipo de iniciativa es la base para la formulación de políticas para el manejo sustentable de los bosques y la generación de medidas de adaptación ante el CC en Venezuela.

METODOLOGÍA

Para el caso del cambio en la cobertura boscosa, se pre-procesaron las imágenes de acuerdo a las características originales, se seccionaron y se construyeron imágenes de NDVI para cada imagen de la serie. Para el caso del clima se pre-procesaron las imágenes se estratificaron y se validaron contra los registros de las estaciones de tierra. Tanto la información de bosques como de clima fueron sometidas a un análisis interno con la finalidad de evaluar la confiabilidad de las series. Este análisis consiste en verificar la vigencia del patrón de dispersión de valores para cada unidad boscosa analizada a lo largo del tiempo. En la medida que este patrón se conserve, en esa misma medida los resultados serán más confiables.

Posteriormente, a través de un estudio multitemporal se analiza la naturaleza de los cambios con base en técnicas de cuantificación y

fragmentación del paisaje (Badii et al.; 2006) pero orientado hacia el modo y la dinámica de cambio. En base a estas cualidades del cambio y a la secuencia del mismo se definen las condiciones de vulnerabilidad de cada tipo de bosque (ver figura 1).

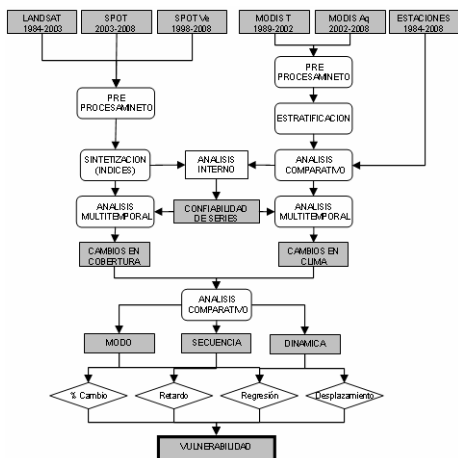


Figura 1.- Modelo conceptual para la determinación de vulnerabilidad de los bosques ante el cambio climático.

RESULTADOS PRELIMINARES

Aun cuando para el momento de la elaboración de este documento el trabajo aun no ha concluido, se han adelantado algunas etapas.

Pre-procesamiento

Este procedimiento consistió en la adquisición, georeferenciación de las imágenes disponibles, además incluye la conformación de las series temporales según trimestres meteorológicos tropicales y la extracción y seccionamiento de los lotes boscosos. Dada la insuficiencia de imágenes disponibles para toda Venezuela; se optó por separar el área de estudio por 5 regiones con el criterio de regiones bioclimáticas. Esto permite analizar independientemente cada región y sus tendencias. Para el caso de las imágenes de temperatura de MODIS el pre-procesamiento será similar. Las actividades de estratificación y sintetización permiten el análisis estadístico de los datos para cada caso; además en el caso de la parte climática, permite la calibración con información de tierra. Los resultados de estos procesos están orientados a afinar el proceso de detección de cambios para cada caso, garantizando que solo las mejores series sean consideradas.

Análisis comparativo

La parte central de la propuesta es el análisis comparativo de las diferentes escenas que componen las series, tanto para el caso cambios en el clima como para el caso de los cambios en cobertura boscosa. Ambos casos (bosques y clima) se estudian detalladamente por separado, y mediante la utilización de técnicas de Análisis morfológico (Aline, 2006) se determinan cualidades atributivas para cada serie: Modo y Dinámica.

Modo: Se refiere a la manera en la cual cambian los elementos de la unidad estudiada

Agregado: Reunión de elementos de la misma clase

Disgregado: Ruptura y dispersión de elemento de la misma clase

Homogéneo: Cuando los cambios no afectan la conformación de los elementos.

Dinámica: Ganancia o pérdida de espacio por la unidad estudiada con el pasar del tiempo.

Creciente: La unidad estudiada aumenta su tamaño.

Decreciente: La unidad estudiada disminuye su tamaño.

Alternante: La unidad disminuye y aumenta su tamaño alternativamente

Desplazante: La unidad cede espacios y gana otros.

Estacionario: La unidad se mantiene casi inalterable.

Las figuras 2 y 3 muestran algunos ejemplos de lo que en la práctica representan, tanto el modo de cambio, como la dinámica de cambio. La idea es analizar el comportamiento de las unidades asociadas a cada tipo de bosque y definir para ellas estos atributos (Modo y Dinámica).

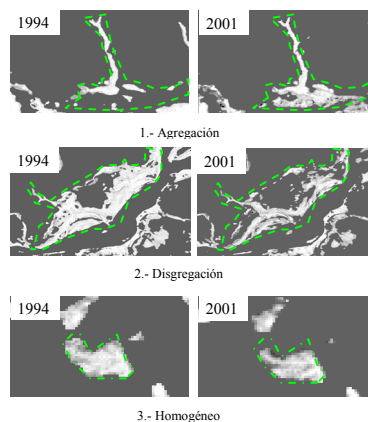


Figura 2.- Ejemplo de Modo de Cambio.

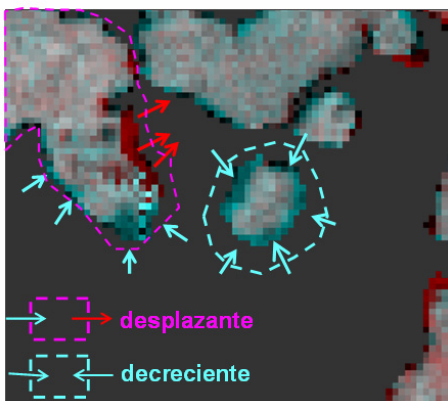


Figura 3.- Ejemplo de Dinámica de Cambio.

Finalmente, la información atributiva se complementa con el análisis de la Secuencia. Este análisis relaciona el comportamiento de la serie de cambio en bosque y la serie de alteraciones climáticas de forma conjunta (ver figura 4). Así, la Secuencia: Se refiere al retardo (+/-) que se experimenta al comparar series de cambio en bosque y series de cambio en clima. La Secuencia puede ser:

- Precedente: Cambios en la serie de bosques ocurren antes que alteraciones en la serie de clima correspondiente.
- Simultaneo: Cambios en la serie de bosques ocurren al mismo tiempo que alteraciones en la serie de clima correspondiente.
- Consecuente: Cambios en la serie de bosques ocurren después que alteraciones en la serie de clima.

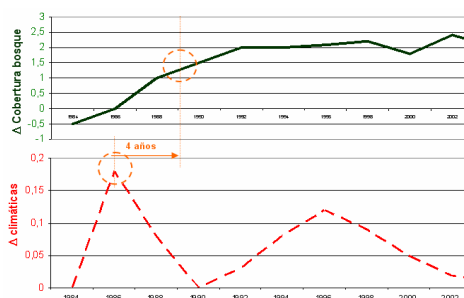


Figura 5.- Ejemplo de cambio Consecuente.

Vulnerabilidad

Más allá de la direccionalidad entre causa efecto de la relación Bosques – Clima, entendiendo que la vulnerabilidad es la estimación de la forma como un evento afecta un Bien determinado y considerando además que en este caso el evento es el Cambio Climático y el Bien son los bosques; la vulnerabilidad de éstos ante el Cambio Climático puede ser determinada por los resultados de este estudio, toda vez que, efectivamente alteraciones en la temperatura y el régimen de precipitación son un indicador válido para Cambios Climáticos.

En este orden de ideas, si se tienen escenarios futuros de Cambio Climático donde se conoce como serán la temperatura y las precipitaciones, se podría en consecuencia predecir la situación en que se encontrarán los bosques para ese escenario.

Con estas consideraciones, para esta propuesta la vulnerabilidad al Cambio Climático se estima como una función equipotencial de las tres cualidades atributivas determinadas (Modo, Dinámica y Secuencia).

Esta estimación se hace en base a tres componentes: La susceptibilidad, la adaptabilidad y la resiliencia.

La susceptibilidad se evalúa en función de modo y la dinámica, en base a las posibles combinaciones de estas variables está expresada en la tabla 1.

La Adaptabilidad es posible en aquellas unidades que experimentan cambios positivos (tabla 2). La Resiliencia se evalúa como la posibilidad de las unidades de recuperar en cierto tiempo su funcionalidad original, a los efectos de esta propuesta, la resiliencia es posible cuando la unidad experimenta una dinámica alternativa y permanece homogénea.

Finalmente la Vulnerabilidad se evalúa en base a tres aspectos (Tabla 3).

Tabla 1.- Valoración de la susceptibilidad.

| MODO | DIMANICA | SUCEPTIBILIDAD |
|------------|--------------|---|
| Agregado | Creciente | susceptibilidad favorable de 2do orden |
| Agregado | Decreciente | susceptibilidad desfavorable de 2do orden |
| Agregado | Alternativo | susceptibilidad desfavorable de 1er orden |
| Agregado | Desplazante | no susceptible |
| Agregado | Estacionario | susceptibilidad favorable de 1er orden |
| Disgregado | Creciente | no susceptible |
| Disgregado | Decreciente | susceptibilidad desfavorable de 4to orden |
| Disgregado | Alternativo | susceptibilidad desfavorable de 3er orden |
| Disgregado | Desplazante | susceptibilidad desfavorable de 2do orden |
| Disgregado | Estacionario | susceptibilidad desfavorable de 1er orden |
| Homogéneo | Creciente | susceptibilidad favorable de 1er orden |
| Homogéneo | Decreciente | susceptibilidad desfavorable de 3er orden |
| Homogéneo | Alternativo | susceptibilidad desfavorable de 2do orden |
| Homogéneo | Desplazante | susceptibilidad desfavorable de 1er orden |
| Homogéneo | Estacionario | no susceptible |

Tabla 2.- Valoración de la adaptabilidad.

| MODO | DIMANICA | ADAPTABILIDAD |
|------------|--------------|---------------------------|
| Agregado | Creciente | adaptabilidad de 2º orden |
| Agregado | Decreciente | no adaptable |
| Agregado | Alternativo | no adaptable |
| Agregado | Desplazante | adaptabilidad de 1º orden |
| Agregado | Estacionario | no adaptable |
| Disgregado | Creciente | adaptabilidad de 2º orden |
| Disgregado | Decreciente | no adaptable |
| Disgregado | Alternativo | no adaptable |
| Disgregado | Desplazante | adaptabilidad de 1º orden |
| Disgregado | Estacionario | no adaptable |
| Homogéneo | Creciente | adaptabilidad de 2º orden |
| Homogéneo | Decreciente | no adaptable |
| Homogéneo | Alternativo | no adaptable |
| Homogéneo | Desplazante | adaptabilidad de 1º orden |
| Homogéneo | Estacionario | no adaptable |

La evaluación de estos aspectos en el contexto geo-espacial determina la configuración de las unidades de bosque en función al criterio de vulnerabilidad al Cambio Climático aquí definido.

Tabla 3.- Valoración de la vulnerabilidad.

| | |
|-------------------------|---|
| Altamente vulnerable | Susceptibilidad desfavorable de 3er y 4to orden, no adaptable, no resiliente. |
| Medianamente Vulnerable | Susceptibilidad desfavorable de 2do orden, no adaptable, no resiliente. |
| Vulnerable | Susceptibilidad desfavorable de 1er orden, no adaptable, no resiliente. |
| No Vulnerable | No susceptible o susceptibilidad favorable, adaptable y resiliente. |

CONCLUSIONES

Para el momento de la redacción de este extenso se esta trabajando en la caracterización de los cambios en función a dinámica, modo y secuencia; se esperan resultados en Agosto '09. Algunas conclusiones:

- La separación en eco-regiones funcionó ante la escasez de imágenes.
- El análisis interno de los datos ha demostrado ser un procedimiento importante, al evaluar la significancia de series temporales.
- La caracterización del cambio permite un mejor conocimiento de la vulnerabilidad de los bosques de cara a los cambios climáticos.

BIBLIOGRAFÍA

Aline Sayuri Ishikawa: *Aplicação De Operadores Morfológicos Na Extração De Rodovias Utilizando Imagens Digitais*. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Brasil.

Badii, M. H. y J. Landeros: *Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad*. *International J.of Good Conscience*.

Locatelli Bruno: *Vulnerabilidad de los bosques y sus servicios ambientales al Cambio Climático*. CATIE. Costa Rica.

AGRADECIMIENTOS

Earth Science Data Interface (ESDI) at the Global Land Cover Facility.

Grupo Bosque: Anderson Albarrán, Montserrat Bautis, Fani Araque, Egle Valera, Jose De Sa Rodríguez y Gustavo Aguerrevere.

Comite Asesor: Ramiro Salcedo, Freddy Flores, Jose Arismendi y Wuillian Torres.