

# METODO DE PROCESAMIENTO DE IMAGENES MODIS PARA COLOMBIA

Elizabeth Barona A.<sup>1</sup>, Ernesto Giron<sup>1</sup>, Kelly L. Feistner<sup>2</sup>, John L. Dwyer<sup>2</sup>, Glenn Hyman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CIAT, USGS- <sup>2</sup>U.S. Geological Survey -USGS/EROS Data Center  
Centro Internacional de Agricultura Tropical – USGS/EROS Data Center  
e-mail: [e.barona@cgiar.org](mailto:e.barona@cgiar.org), [e.giron@cgiar.org](mailto:e.giron@cgiar.org), [stens@usgs.gov](mailto:stens@usgs.gov), [dwyer@usgs.gov](mailto:dwyer@usgs.gov),  
[g.hyman@cgiar.org](mailto:g.hyman@cgiar.org)

Palabras Claves: Imágenes, Colombia, MODIS, metodología, GIS, Indices de Vegetación

## RESUMEN

Las imágenes MODIS actualmente juegan un papel importante en el desarrollo de sistemas de tierras, monitoreo de la deforestación, predicción en el cambio global entre otros, convirtiéndose en un gran aporte para asistir a políticas de protección ambiental.

Los índices de vegetación (IV) están diseñados para proveer una comparación permanente y consistente de los cambios temporales y espaciales de la vegetación al responder a la cantidad de radiación fotosintéticamente activa en determinado píxel, al contenido de clorofila, área foliar y a las características estructurales de las plantas. El sistema de imágenes MODIS contiene dos tipos de IV's: NDVI (normalized difference vegetation index) sensible a la clorofila y el EVI (enhanced vegetation index) enfocado a las variaciones estructurales de las plantas, como su fisonomía, tipo o área foliar.

Como podemos procesar las imágenes MODIS para que puedan ser utilizadas por las diferentes instituciones y usuarios en nuestro país?

En colaboración con USGS-EROS Data Center y CIAT se generó un método de procesamiento de productos MODIS para toda Colombia con proyección MAGNA-Sirgas \_ Bogotá. Este método nos permitió obtener imágenes de 23 periodos de 16 días para el año 2004. La información se genera en formato GEO\_tiff (compatible con los diferentes software GIS) con imágenes separadas de cada banda de NDVI, EVI, MIR reflectance, EVI Quality y NDVI Quality. Estas últimas contienen información adicional sobre nubosidad, calidad de aerosol, datos atmosféricos entre otros.

Un paso importante es la re-proyección de las imágenes a un sistema de coordenadas estándar para cada país que sea compatible con un software de GIS y de procesamiento de imágenes. Colombia recientemente actualizó el sistema geodésico de referencia Datum Bogotá adoptado en 1941, por un sistema moderno compatible a nivel internacional que soporta las tecnologías actuales. Este sistema de proyección es conocido como MAGNA (Marco Geocéntrico Nacional de Referencias)-SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur) cuya precisión facilita el intercambio de información georreferenciada entre los diferentes usuarios de información geográfica.

En el caso de imágenes MODIS para Colombia se debe considerar la proyección antes mencionada y la conformación de un mosaico de 7 "tiles" o cuadros que cubran todo el territorio nacional. El método usado para el procesamiento de estas imágenes puede ser replicado para diferentes años y los datos estarán disponibles para toda la comunidad en Colombia que lo requiera.

El uso combinado de EVI con otros índices podría ser aplicado en la modelación de cultivos, y la valoración y estimación de los efectos de la variabilidad del clima en las cosechas. Información útil para las diferentes comunidades de expertos que trabajan en Colombia.

## **ABSTRACT**

MODIS images play an important role in land systems analysis, deforestation monitoring, global change prediction and for scientific information for environmental policy-making.

Vegetation indices are designed to provide a consistent comparison of temporal and spatial changes in vegetation as a response to the quantity of photosynthetically active radiation in a given pixel, the chlorophyll content, leaf area and structural characteristics of plants. The MODIS system has two types of vegetation indices: NDVI (normalized difference vegetation index), sensitive to chlorophyll and the EVI (enhanced vegetation index), focused on plant structural variation such as physiognomy and leaf type and area.

How can these images be processed for different institutions and users in our country?

In a partnership between USGS-EROS Data Center and CIAT, methods were applied to the processing of MODIS images for all of Colombia in the MAGNA-SIRGAS projection. The method allowed us to acquire imagery for 23 periods of 16 days each in 2004. The images were developed in the GeoTiff format, compatible with most GIS software. The image products generated include NDVI, EVI, MIR reflectance band #7, EVI Quality, NDVI Quality MODIS mixed cloud, NDVI Quality MODIS Aerosol, MIR reflectance band #7, NIR reflectance band #2, Blue reflectance band #1, NDVI Quality QA and EVI Quality QA which can be used to extract information on clouds, aerosol quality and vegetation indices.

An important step is to re-project the images to standard coordinate system for Colombia that is compatible with image processing and GIS software. Colombia recently replaced the Bogotá Datum adopted in 1941 with a modern system compatible with international standards and current technologies. Known as MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de Referencias – Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur), this system supports the exchange of georeference information between users in Colombia.

In the case of MODIS images for Colombia, the conversion to a standard national projection system and the creation of a mosaic of seven tiles that cover the entire national territory are key pre-processing steps. We demonstrate methods that can be replicated for different years. The data could be made available for the remote sensing community in Colombia

The enhanced vegetation index (EVI) improves vegetation monitoring by separating spectral signals of soils and atmosphere from that of vegetation. The combined use of EVI with other indices can be used for modeling crops and climate variability and its effect on harvest. All this information is useful for different communities of experts working in Colombia.

## **DESARROLLO DEL TEMA**

### **1- Introducción**

El propósito de este trabajo es obtener productos MODIS para Colombia, que serán utilizados en el modelamiento de cultivos y a su vez poder estimar los efectos de la variabilidad del clima sobre las cosechas. Estas imágenes serán puestas disponibles en un sitio web usando herramientas de código abierto (Open Source) y de tipo colaborativo (groupware). Permitiendo ser compartidas con la comunidad de expertos en Colombia y con los socios de CIAT que trabajan en proyectos de monitoreo de vegetación y clima.

### **2- Materiales y Métodos**

El área de estudio está enfocada principalmente en la zona del Valle del Cauca, pero tiene un cubrimiento de toda Colombia y en un futuro Suramérica.

MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) incluye dos satélites (MODIS-Terra y MODIS-Aqua) que proporcionan imágenes de la superficie entera del globo cada 1 a 2 días. Estas imágenes contienen información de alta sensibilidad radiométrica en 36 bandas espectrales y a tres diferentes resoluciones: 250m, 500m y 1000m. El área de cobertura es de 10° x 10° divididos en “tiles” o cuadros con una cobertura global. Para Colombia se seleccionaron las imágenes con una resolución espacial de 500m cada 16 días según el calendario juliano correspondiente al 2004, para un total de 23 periodos. MODIS contiene diferentes productos disponibles actualmente. Este documento esta enfocado principalmente en el producto de Índices de Vegetación de 16-días de composición (EVI y NDVI)

Para el pre-procesamiento de las Imágenes a un formato compatible con un software GIS, fue necesario obtener los programas de instalación para pre-procesamientos de los datos, los cuales se encuentran disponibles en la página de USGS (<http://LDPAAC.usgs.gov>) de acuerdo al sistema operativo en que se desee trabajar. Para el caso de Colombia se utilizo Linux como sistema operativo debido a la capacidad en el procesamiento en datos de gran tamaño, y porque permite ejecutar operaciones a través de comandos de líneas y código que facilitan los procesos.

Estos programas son:

- a. MODIS Reprojection Tool (MRT)
- b. MODIS Land Data Operation Product Evaluation (LDOPE)
- c. MODIS Swath Reprojection Tool (MRT Swath)
- d. MODIS Data Pool Extraction Tool (MODextract)

Estas herramientas pueden ser instaladas bajo Windows 2000, XP, Linux, SGI IRIX 6.5 y Solaris 2.7

La metodología utilizada se basa principalmente en un código escrito con comandos de líneas que permiten ser ejecutados dentro de cada uno de los programas mencionados anteriormente. Los resultados son imágenes en formatos compatibles en software GIS, y con un sistema de coordenada designado para el país. En el caso de Colombia fue necesario antes de iniciar el proceso tener en cuenta los siguientes requerimientos:

- Vegetation Indices EVI y NDVI
- Resolución Temporal suficiente para entender el progreso de la estación de crecimiento  
Resolución espacial: 500 metros
- Periodo: Año 2004
- Proyección para Colombia y Valle del Cauca: MAGNA-SIRGAS Bogotá (Tabla 1)
- Formato de salida: GeoTiff

	Colombia	Valle del Cauca
<b>Projection:</b>	<b>Transversal Mercator</b>	
<b>Parameters:</b>		
<b>False Easting</b>	1000000.000000	1000000.000000
<b>False Northing:</b>	1000000.000000	1000000.000000
<b>Central Meridian</b>	-74.077508	-77.077508
<b>Scale Factor:</b>	0.999600	0.999600
<b>Latitude of Origin:</b>	4.596200	4.596200

Tabla 1: Parámetros de reproyección MAGNA-SIRGAS

Una vez definidos los requerimientos e instalado los programas en la plataforma seleccionada, se deben descargar las imágenes MODIS. El sitio web de MODIS ofrece un buscador que permite al usuario hacer una búsqueda por producto MODIS, identificando el área de interés, resolución de los datos, y fecha de los mismos. Cabe anotar que los productos dentro de las fechas inferiores a la presente deben ser solicitados directamente a USGS a través de su sitio web <http://lpdaac.usgs.gov/main.asp>. Las opciones de descarga de los datos almacenados en el “Data Pool” pueden ser a través de FTP del servidor de USGS. Citando un ejemplo, para Colombia el

producto de interés seleccionado fue “Vegetation Indices 500m” MOD13A, la fecha de interés todo el año 2004 y por el ultimo los “tiles” que cubren el área de interés, en este caso Colombia son h09v09, h10v07, h10v08, h10v09, h11v07, h11v08 y h11v09. En la figura 1 se puede observar la forma como estos “tiles” están distribuidos dentro de un sistema cartesiano, iniciando en la posición (0,0) correspondiente a la esquina superior izquierda y finalizando en la posición (35,17) esquina inferior derecha. El área de cobertura de cada “tile” es de 10° x 10°. Las filas estas definidas por la letra “v” y las columnas por la letra “h”, de esta manera se puede hacer una selección adecuado del área de interés:

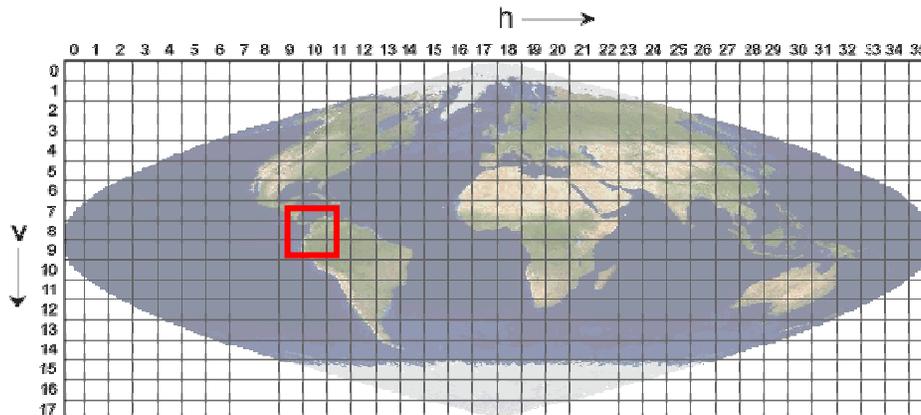


Figura 1: La zona enmarcada en rojo muestra los “tile” correspondiente para Colombia

Cuando se descargan los datos MODIS estos están almacenados en un formato comprimido con extensión HDF. El siguiente paso es definir que información almacenada en cada archivo hdf es útil para nuestro estudio, en el caso de Colombia se extrajeron los siguientes datos:

- 500m 16 days **NDVI**
- 500m 16 days **EVI**
- 500m 16 days **NDVI Quality**
- 500m 16 days **EVI Quality**
- 500m 16 days **red reflectance MODIS Band #1, 620-670 nm**
- 500m 16 days **NIR reflectance MODIS Band #2, 841-876 nm**
- 500m 16 days **blue reflectance MODIS Band #3, 459-479 nm**
- 500m 16 days **MIR reflectance MODIS Band #7, 2105-2155 nm**

El código para el procesamiento de las imágenes utilizado en cada uno de los programas (MRT, LDOPE, MODextract) se ejecutan a través de scripts facilitando la extracción de la información, generación de mosaicos y re-proyección de los datos. Los archivos resultados en formato GeoTiff permite que sean utilizados para los análisis espaciales en los diferentes software GIS.

La gráfica 1 muestra un ejemplo de uno de los scripts utilizados con la herramienta MODIS Data Pool Extraction Tool (MODextract) el cual permite generar un archivo log de los formatos HDF que se será utilizados para la generación del mosaico para Colombia (ver grafica 1).

La herramienta MODIS Swath Reprojection Tool (MRT Swath) permite generar un mosaico de los “tiles” especificados en el archivo log creado con el script que se muestra en la gráfica 1. El archivo log que contiene los “tiles” correspondiente al área de estudio es utilizado con el comando “mrtmosaic” a través de comandos de líneas, por ejemplo:

```
/> mrtmosaic -i MODextract.log -o TmpMosaic.hdf -s '1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0'
```

El comando anterior permite crear un mosaico con los datos NDVI, EVI, red reflectance, NIR reflectance, blue reflectance, y MIR reflectance, los valores 1 corresponde a los datos que se van a extraer, y los valores 0 corresponden a los datos que se ignoran en el proceso. El archivo de salida queda almacenado en un nuevo archivo HDF, pero no se trata de un solo “tile” sino de un mosaico de toda el área correspondiente a la zona.

MOD13Q1.004	#input dataset and version –avg size 125 MB
2004.01.01	#start date
2004.12.25	#end data
09,09	#horizontal, vertical grids (09,09)
10, 07 08 09	#horizontal, vertical grids (10,07) (10,08) (10,09)
11, 07 08 09	#horizontal, vertical grids (11,07) (11,08) (11,09)

Gráfica 1: Código utilizado para generar el archivo log de los formatos HDF

La herramienta MODIS Reprojection Tool (MRT) es la utilizada para re proyectar los datos SIN (Sinusoidal) a mas de una de las proyecciones comunes, en el caso de Colombia a UTM MAGNA-SIRGAS. Es necesario utilizar un nuevo script que permita generar cada uno de los archivos GeoTiff de los parámetros seleccionados.

Estos procesos como scripts comandos de líneas generan GeoTiff correspondientes a EVI, NDVI, NDVI Quality, EVI Quality, red reflectance MODIS Band #1, NIR reflectance MODIS Band #2, blue reflectance MODIS Band # 3, MIR reflectance MODIS Band #7.

Cabe anotar que MODIS a parte de los datos de EVI y NDVI posee en los Quality información adicional que puede ser extraída de la IMAGENES como:

- 0-1 VI Quality (MODLAND Mandatory QA Bits)
- 2-5 VI Usefulness Index (Indice de utilidad)
- 6-7 Aerosol Quality (Calidad de Aerosol)
- 8 Atmosphere (Adjacency Correction) (Atmosfera)
- 9 Atmosphere (BRDF Correction)
- 10 Mixed Clouds (Mezcla de Nubosidad)
- 11-12 Land/Water Mask (Mascara de Tierra/Agua)
- 13 Snow/ice (Nieve/hielo)
- 14 Shadow (Sombra)
- 15 Compositing Method (Método de composición)

Estos datos “Quality” deben ser extraídos utilizando la herramienta MODIS Land Data Operational Product Evaluation (LDOPE) usando los comandos SDS los cuales posee unos 35 parámetros de ejecución a través de comandos de líneas.

Los procesos especialmente en las herramientas MRT Tool pueden presentar problema con el limite de tamaño de los archivos, para evitar esto hay que considerar las áreas de estudios para el procesamiento, en ese caso se podría reducir el numero de “tiles” y los parámetros que se desean extraer por proceso, especialmente en información con resolución espacial menos de 500m.

## RESULTADOS

Cada archivo HDF-EOS fue reproyectado usando los scripts enunciados anteriormente, generando archivos de salida en formato GeoTIFF con los mismos nombres del archivo de entrada. Los archivos de salida corresponden a cada periodo de 16 días entre Enero 1 del 2004 y 31 de Diciembre del 2004.

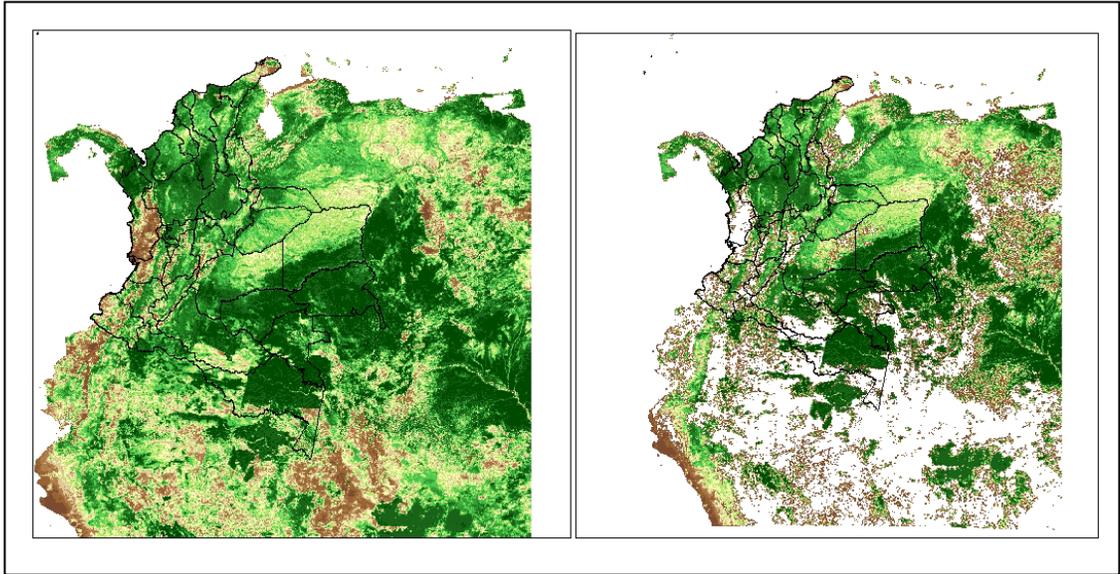


Figura 2: Ejemplo de mapas de EVI y EVI con mascara de Nubosidad correspondiente al primer periodo Enero del 2004

Usando los comandos *sds* de la herramienta LDOPE se generaron mascararas de nubes y cantidad de aerosol, que pueden ser combinados con mapas de EVI y NDVI. Estos procesos de combinación se llevaron a cabo en la herramienta ArcGIS de ESRI (ver Figura 2)

Una de los propósitos de este trabajo es distribuir las imágenes a través de un sitio Web donde los usuarios no solo puedan tener acceso a los datos sino también visualizarlas en una herramienta de tipo “webmapping” como MapServer. Para esta aplicación se debió eliminar el problema de tamaño de las imágenes que impedía que fueran visualizadas en cualquier navegador. La solución fue convertir los datos GeoTiff a JPEG2000, usando la librería GDAL de MapServer (herramienta OpenSource) con el software kakadu el cual permitió tener imágenes con mejor resolución y de menor tamaño.

Todos estos datos fueron integrados dentro de una herramienta de tipo colaborativo y puesto a disposición de los diferentes usuarios a través del sitio: <http://gismap.ciat.cgiar.org/valle>. Aunque se encuentra en su etapa preliminar se pueden visualizar algunas imágenes MODIS procesadas para el Valle del Cauca. Las imágenes disponibles corresponden a los primeros 16 días de cada mes y se encuentran a disposición de quien las necesite.

## CONCLUSIONES

Tener la metodología para procesar las imágenes MODIS ha sido de un gran valor agregado para los diferentes proyectos de investigación en el área Uso de la Tierra, al igual que poner los datos a disponibilidad de quien lo requiera.

Sin la ayuda de USGS hubiera sido difícil generar los mapas, mosaicos y extraer la información de índices de vegetación.

Los scripts utilizados no se pueden detallar ampliamente en este paper, pero los procesos pueden resultar complicados dependiendo de la resolución de los datos, por el tamaño de la información a procesar y las limitaciones que pueda presentar la plataforma utilizada.

Dentro de las ventajas encontradas es que el método se pudo replicar y actualmente se está generando para toda Suramérica. Actualmente gracias a esta capacitación CIAT pudo obtener los formatos crudos (500 DVD's en formato HDF-EOS) correspondiente a los periodos 2000 hasta 2005 para toda Suramérica.

## **RECONOCIMIENTOS**

Cada uno de los procesos fue evaluado y dirigido por Kelly L. Feistner (USGS) bajo la supervisión de John Dwyer (USGS). Esta investigación fue desarrollada como parte del programa de científicos visitantes de la oficina de UNEP-GRID ubicada en EROS-Data Center, Sioux Falls SD. Estamos agradecidos con Michelle Anthony y Ashbindu Singh por facilitar los intercambios científicos entre UNEP y CIAT.

## **BIBLIOGRAFIA**

GSFC/NASA, 2005. Especificaciones Técnicas MODIS. Documento electrónico:  
<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>

Huete, A., Justice, C and Leewen, W., 1999 MODIS vegetation index (MOD 13). Algorithm theoretical basis document ATBD13. Documento Electronico:  
[http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod13.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf)

U.S. Geological Survey, 2006. MODIS Reprojection Tool v3.3a Software:  
<http://edcdaac.usgs.gov/landdaac/tools/modis/index.asp>

U.S. Geological Survey, 2006. MODIS LDOPE Tools Release 1.4 Software:  
<http://edcdaac.usgs.gov/landdaac/tools/ldope/index.asp>

U.S. Geological Survey, 2006. MODIS Swath Reprojection Tool v2.1 Software:  
<http://edcdaac.usgs.gov/landdaac/tools/mrtswath/index.asp>