

Manual de prácticas de percepción remota con el programa **ERDAS IMAGINE 2011**

por

Elena Posada, IGAC

Hector Mauricio Ramirez Daza, IGAC

Norma Carolina Espejo Delgado, IGAC



UNITED NATIONS
Office for Outer Space Affairs



Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica

CIAF

**MANUAL DE PRÁCTICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA
PARTE 1**

Por:

Elena Posada

Actualizado por:

**Hector Mauricio Ramirez Daza
Norma Carolina Espejo Delgado**

Bogotá DC, 2012

INTRODUCCIÓN

La percepción remota se define como la ciencia y arte de obtener información útil sobre los objetos, áreas o fenómenos bajo investigación mediante análisis de datos adquiridos por dispositivos que no están en contacto físico con estos.

Con el lanzamiento del primer satélite comercial LANDSAT-1 (USA) en el año 1972, la comunidad científica y el público en general empezaron a beneficiarse de las imágenes que ofrecían observación periódica y amplia perspectiva de la superficie terrestre, de sus recursos, de los rasgos de actividades humanas y de sus impactos. Desde entonces, las imágenes satelitales se han convertido en una fuente valiosa de información para numerosas aplicaciones, tales como el inventario de recursos naturales, planificación urbana y rural, monitoreo y gestión del medio ambiente, agricultura, infraestructuras, obras civiles, exploraciones mineras, respuestas rápidas a desastres y operaciones militares, entre muchas otras.

Adicional a esto, con el desarrollo de nuevos sensores digitales aerotransportados con capacidad de adquisición de imágenes en diversos rangos del espectro electromagnético se ha logrado obtener imágenes de pequeñísimos tamaños en pixel con infinidad de bandas que han permitido realizar trabajos científicos y cartográficos a escalas muy grandes. Por si fuera poco en la actualidad se ha logrado dominar la técnica de la generación de imágenes de radar, con la posibilidad de obtener información de coberturas vegetales y desarrollos fenológicos que hasta hace algunos años no era posible; todo esto permite inferir que la evolución de los sensores remotos va de la mano con el desarrollo tecnológico y que a futuro nos esperan nuevas y gratas sorpresas.

Para desarrollar las prácticas de sensores remotos se utilizará en este curso el programa ERDAS, reconocido internacionalmente como una poderosa herramienta para la realización de estudios y monitoreo de los recursos naturales.

Este manual contiene las instrucciones paso a paso sobre cómo llevar a cabo ciertos procesos. Se debe ser consciente de que en cada ejercicio se proporciona una única vía a través de las herramientas de ERDAS Imagine. Desde luego, en la mayoría de los casos, hay varias maneras de aprovechar al máximo el uso de herramientas, en función de los diversos proyectos.

Este manual está dirigido para el entrenamiento del estudiante, junto con todas las imágenes y una presentación de diapositivas utilizada por el instructor. Esto proporciona la capacidad para recrear los conceptos explicados en clase, así como anotar los puntos clave de la teoría en cuestión.

Al finalizar la práctica, los estudiantes estarán en capacidad de entender la naturaleza de una imagen digital y conocer las diferencias que existen entre las imágenes de diversos programas satelitales.

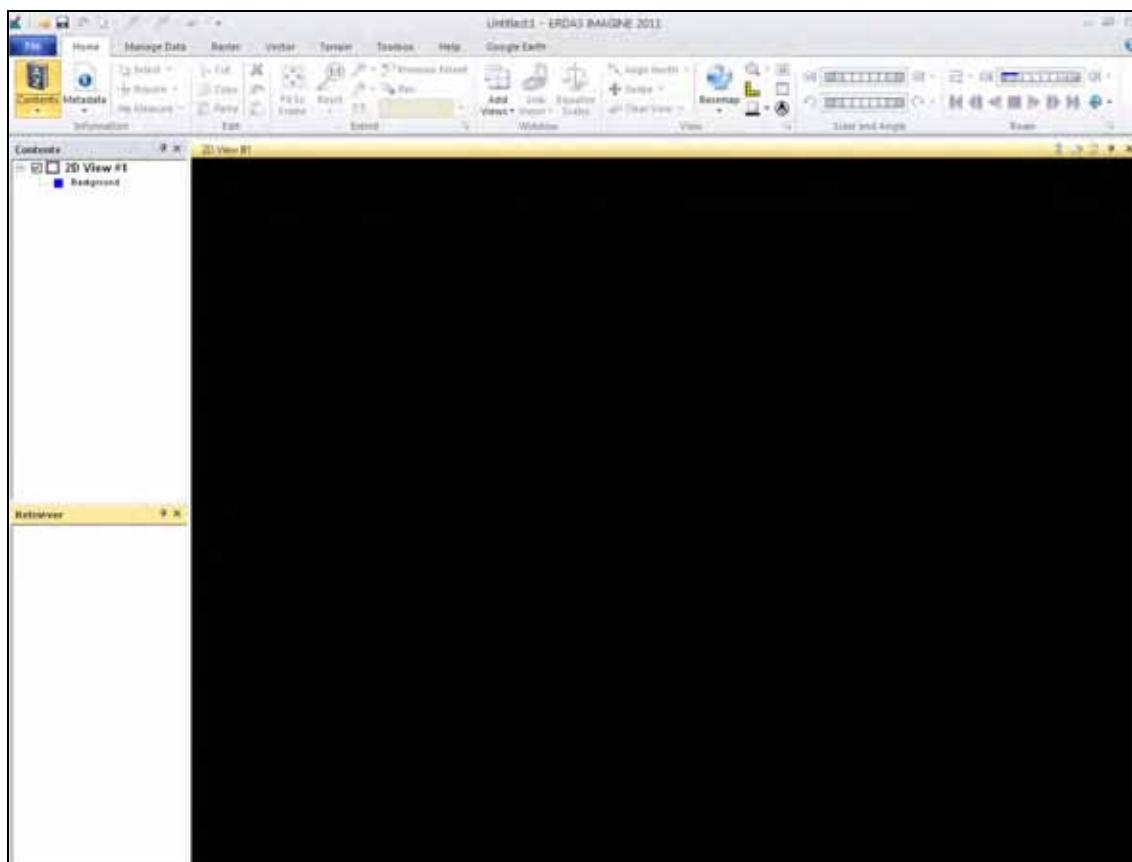
EJERCICIO 1: INDUCCION AL PROGRAMA ERDAS IMAGINE 2011

Para activar el programa ERDAS 2011 ejecute la siguiente ruta desde la barra inferior de títulos así:

- ❖ INICIO / TODOS LOS PROGRAMAS /ERDAS 2011/ ERDAS Imagine 2011

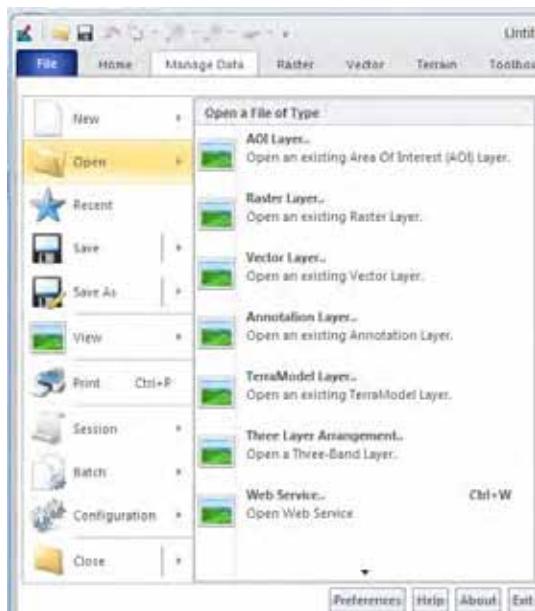
En este momento se desplegará automáticamente la interface del programa erdas versión 2011.

Figura 1 Menu de inicio de ERDAS v 2011



La ventana superior contiene unas pestañas del programa ERDAS para acceder a sus diversas funciones:

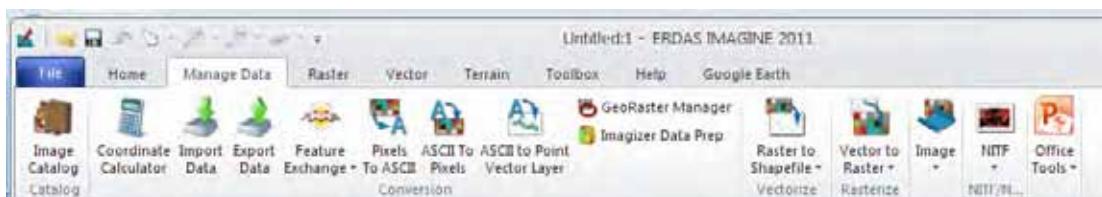
- FILE – Es el menú de aplicaciones en el se puede crear una nueva ventana en una vista de mapa, *vista en 2D* (AOI layer, vector layer, annotation layer, IEC layer, Algorithm, conunt features, foot print y record sanitail) y *vista en 3D* (crear una vista en 3d), Open, menú para abrir diferentes archivos se encuentran los mismos mencionados en la vista 2D y adicional a ellos TerraModel Layer, Three Layer Arrangement y Web service, Recent, para abrir los proyectos recientes, Save y Save as, para guardar el trabajo realizado, View, tipos de vistas (View text file, View Raster Attributes, view binary data y view imagine HFA file), Print, para imprimir, Session (view sesión log, preferences, generate system report, imagine properties, DLL Information, Launch command window y enter log message)



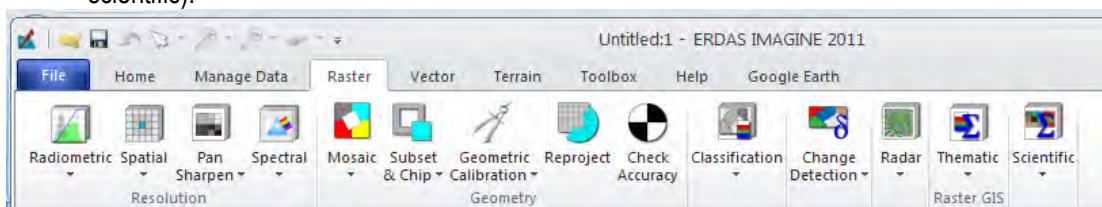
- HOME – En esta pestaña se encuentran contenidos de ayuda, metadatos, herramientas básicas de edición, extensión, ventana y vista (select, inquire, measure, cut, copy, paste, fit to frame, reset, previous extent, pan, add views, link views, equalize scales, align north, swipe, clear view, basemap, scale and angle y roam.



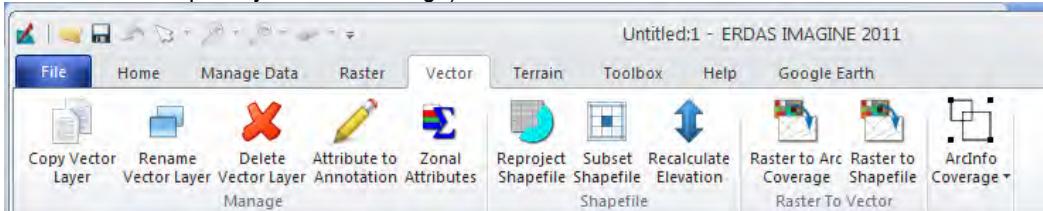
- MANAGE DATA – o manejo de datos, en el se encuentran catalogo, conversión, vectorización, rasterizar y NITF (image catalog, coordinate calculator, import data, export data, feature Exchange, pixels to ASCII, ASCII to pixels, ASCII to point vector layer, georaster manager, imagizer data prep, raster to shapefile, vector to raster, image, NITF y Office tolos.



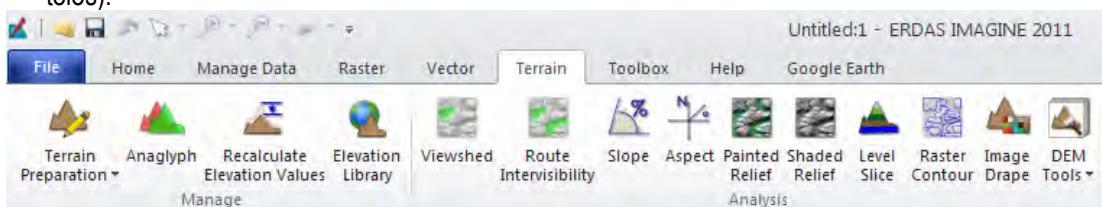
- RASTER – Son los procesamientos que se pueden realizar a las imágenes contiene resolución, geometría y raster gis (radiometric, spatial, pan sharpen, spectral, mosaic, subset, geometric calibration, reproject, check accuracy, classification, change detection, radar, thematic y scientific).



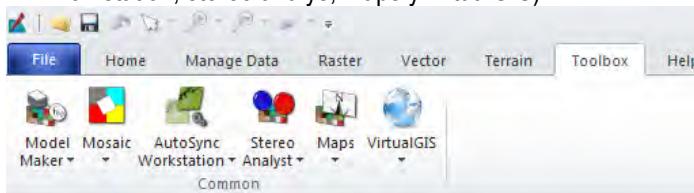
- VECTOR – Esta pestaña trae operaciones para capas vectorizadas gestión, shapefile y raster to vector (copy vector layer, rename vector layer, delete vector layer, attribute to annotation, zonal attributes, reproject shapefile, subset shapefile, recalcúlate elevation, raster to arc coverage, raster to shapefile y arcinfo coverage).



- TERRAIN – Esta pestaña trae diferentes operaciones para administrar y analizar modelos del terreno (terrain preparation, anaglyph, recalcúlate elevation values, elevation library, viewshed, route intervisibility, slope, aspect, painted relief, level slice, raster contour, image drape y dem tollos).



- TOOLBOX – Incluye herramientas de procesamiento comunes (model maker, mosaic, autosync Workstation, stereo analys, maps y virtualGIS).



- HELP – Son todo el tipo de ayudas disponibles en el programa.



- GOOGLE EARTH – Este modulo permite la sincronización con google earth.



- MULTISPECTRAL – Este modulo permite la realizar cambios en una imagen multiespectral contiene las secciones (Enhancement, brightness contrast, sharpness, bands, views, utilities, transform & ortohocorrect y edit).



- DRAWING – Este modulo posee todas las herramientas de edición en un raster (Edit, insert geometry, modify, insert map element, Font/size, locking, style y arrange).



- FORMAT –Herramientas de cambio en un raster (insert geometry, text, Font, symbol, lock, style, symbology).



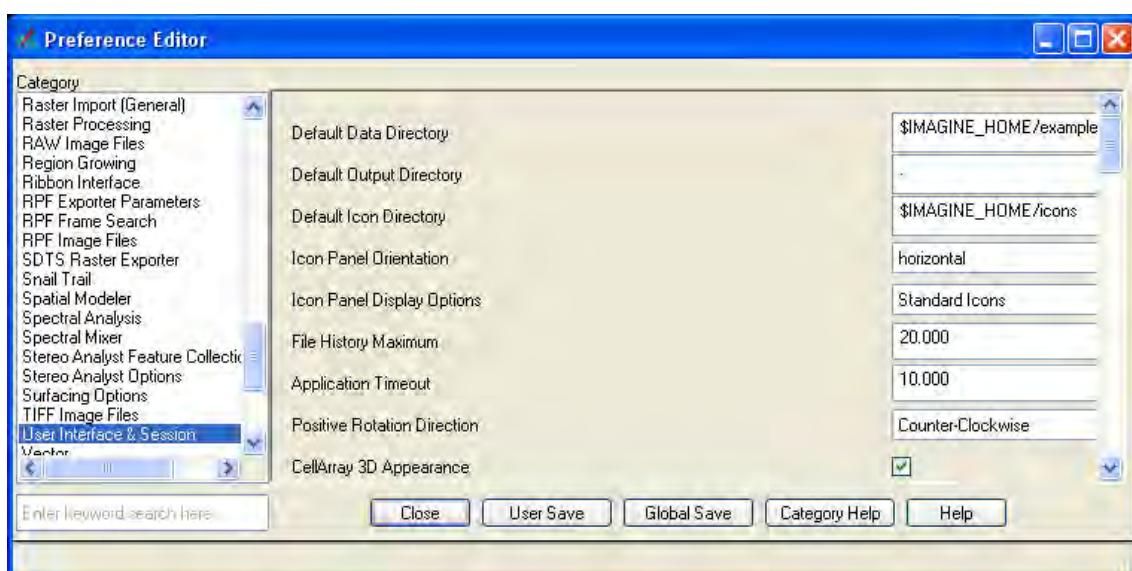
❖ DEFINICIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO

Para el desarrollo de ejercicios prácticos de la asignatura de Percepción Remota, se dispone de un conjunto de imágenes de diversos sensores satelitales y aerotransportados, localizados en la siguiente ruta: C:\PR\

Acceda a esta carpeta a través del EXPLORADOR de Windows y observe su contenido. Cree ahora una nueva carpeta dentro este mismo directorio (Ej. PRACTICA), con el fin de guardar los datos que se generarán posteriormente durante desarrollo de los ejercicios. Cierre el EXPLORADOR.

NOTA: *Este programa no reconoce caracteres en los que aparezcan tildes o la letra Ñ, tampoco acepta los espacios en blanco entre palabras o caracteres. Por tanto, es recomendable evitar estos signos gramaticales y reemplazar los espacios por guiones bajos, Ej: salidas_ejercicio*

Ahora, es necesario cambiar las preferencias asignadas por defecto dentro el programa ERDAS, con el fin de acceder a su directorio de trabajo desde ERDAS directamente. Para esto, seleccione del menú File, Session y preferences, automáticamente se despliega la ventana Preference Editor.



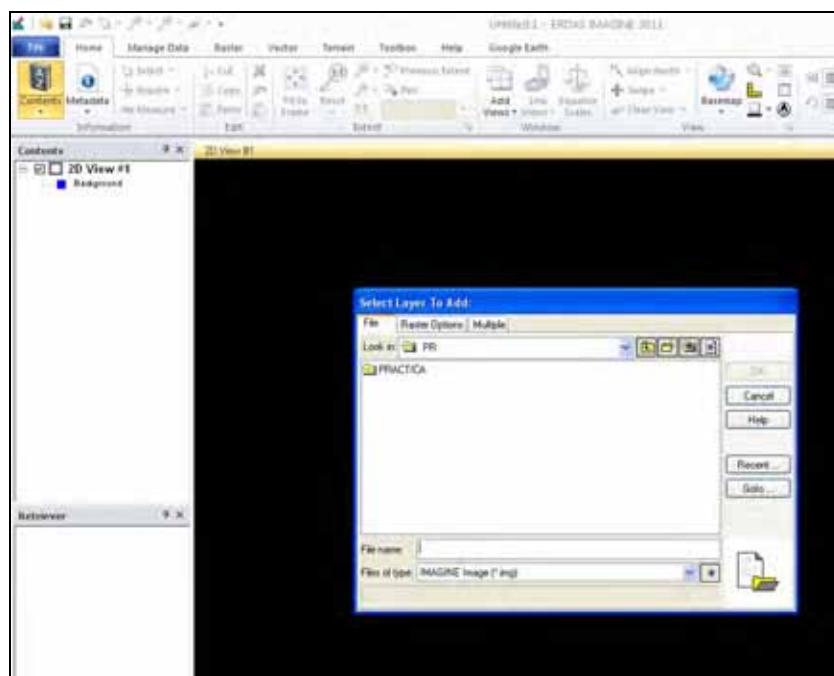
Estando en esta ventana, en el listado de la caja **Category** a la izquierda, aparecerá resaltada la fila **User Interface & Session**, luego de esta verificación, cambie la ruta establecida por defecto del programa en las cajas de diálogo situadas en la esquina superior derecha, por la que se ajusta a su espacio de trabajo así:

- Default data directory = C:\PR\
- Default Output directory = C:\PR\practica

Una vez este seguro de consignar esta ruta correctamente, confirme su selección oprimiendo el botón **User Save** ubicado en la parte inferior de la ventana **Preference Editor**.

Finalmente, cerciórese de que ésta operación fue correcta ingrese a la pestaña File, Open, Raster Layer, allí se tiene que desplegar la ventana **Select layer to Add**, si allí aparece en File la carpeta PR, la rutina fue exitosa, de lo contrario es necesario repetir el procedimiento.

Figura 3. Ventana de dialogo de selección de datos a adicionar



EJERCICIO 2: DESCARGAR UNA IMAGEN GRATUITA DESDE LA PÁGINA DEL EARTH EXPLORER DEL USGS (U.S. GEOLOGICAL SURVEY)

1. Entrar a la página de Earth Explorer y registrarse

- Inicie su navegador web de preferencia (puede ser Google Chrome, Microsoft Explorer , o Mozilla firefox)
- En un buscador web como google digite: Earth explorer (Fig 4) y acceda al primer link que se despliegue (Fig 5)

Figura 4



Figura 5

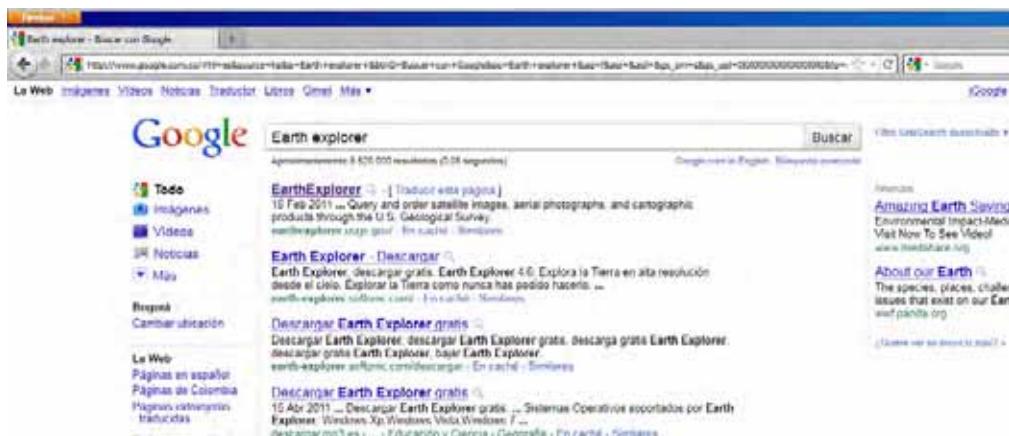
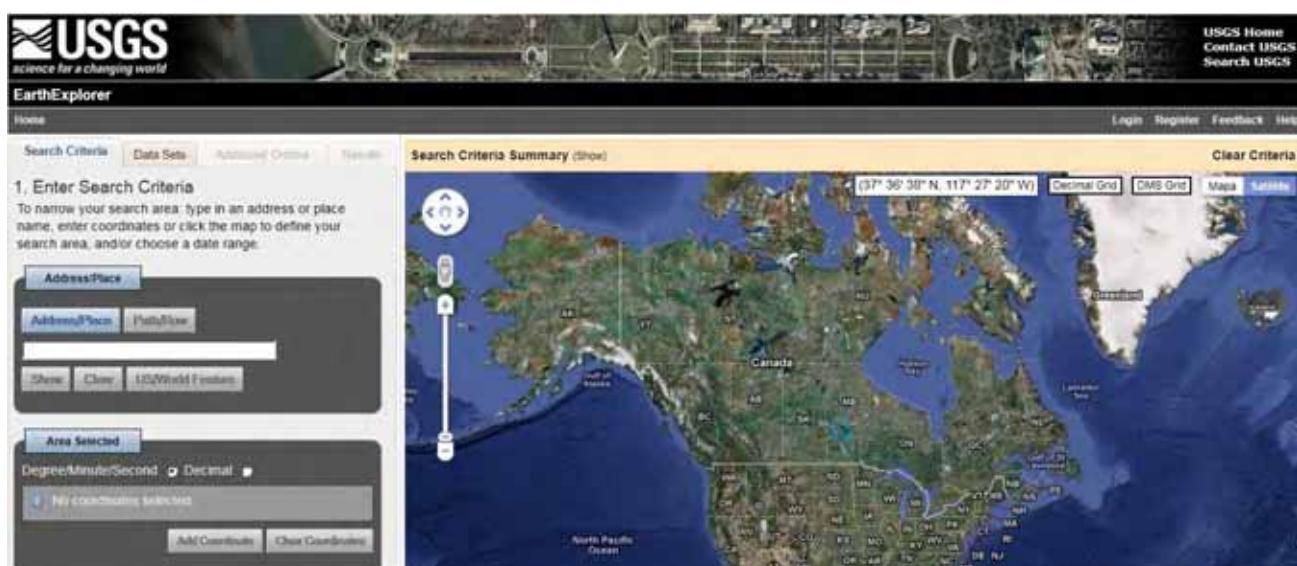


Figura 6

- Una vez este en la página del Earth explorer del USGS diríjase al link de registro y píquelo le desplegará el formulario de registro (Fig6)



- Diligencie los campos para crear un nuevo usuario y sus respectiva contraseña, igualmente se llena una pregunta de seguridad (Fig 7)

Figura 7

The screenshot shows a web browser window for the USGS Earth Explorer registration service. The URL is https://usgs.gov/earthexplorer/registrar/index?NET_ACPD&http://usgs.gov/login?newEarthExplorer. The page has a header with the USGS logo and navigation links like 'Home', 'Logout', 'Register', 'Feedback', and 'Help'. Below the header, there's a section titled '1. Login' with sub-sections 'User Affiliation', 'Address', and 'Confirmation'. A note states: 'The USGS registration service allows you to register and save information that can be used to access a specific USGS site or to place orders for USGS products. Additional features, such as the ability to save search information, may also be available to registered users depending on the site accessed.' It also says: 'To register, please provide a user name and password. The information you provide will be secure and not shared with others. Review our [Privacy Policy](#).'

Login Information:

User Name: igac
 Password: prueba
 Confirm Password: prueba
 User Username: igac.username
 User Address: igac.prueba@gmail.com

Note: All fields are required.

- Pique en continuar y termine de llenar los campos de información que se le solicitan de acuerdo a su objetivo (Fig 8).

Figura 8

[1. Login](#) [2. User Affiliation](#) **3. Address** 4. Confirmation

Steps for entering Address Information ([We do not share any information you enter here!](#))

Enter the address where we can contact you.
 Provide Billing and Shipping addresses only if different from your Contact Address.
 Click the "Submit Address Information" button when you are done.

Contact [Customer Services](#) if you are a business partner or if you qualify for special ordering options.

The screenshot shows a 'Contact Information' form. The fields are as follows:

*First Name:	igac
*Last Name:	prueba
Company/Organization:	GAC-CIAF
*Address 1:	Carrera 30 no 45-51
Address 2:	
*Country:	COLOMBIA
*City:	Bogotá
State/Province:	Distrito Capital
*Zip/Postal Code:	11001000
*E-mail:	igac.prueba@gmail.com
Alternative E-mail:	
*Telephone:	057-3694000
Fax:	057-3694083

Notes: Example: SD, South Dakota, sd, south dakota. Example: 6055946885, 605 594 6885, 605-594-6884 (Phone # used only if we have questions about an order).

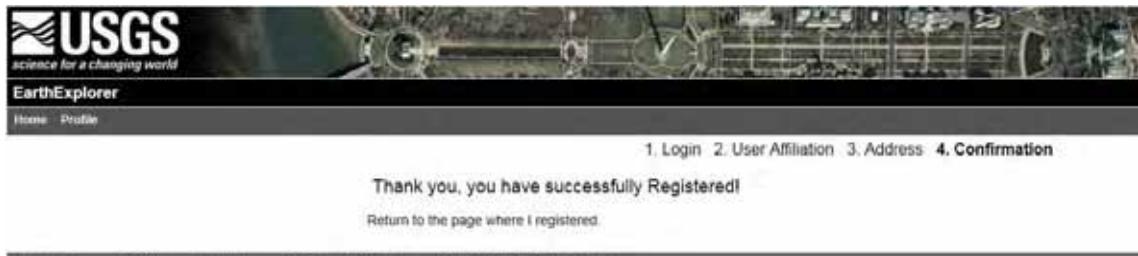
Buttons: Cancel, Reset, Continue.

** = Required Field*

- Pique en continuar y diligencia la información referente a sus datos de dirección, correo y teléfonos

- Pique en continuar y verá la información de confirmación de su registro exitoso (Fig 9)

Figura 9



Una vez se está registrado ya se puede consultar y descargar imágenes, recuerde que si no está registrado se puede consultar, pero al momento de descargar información tendrá que ser un usuario registrado.

2. Seleccionar el área de interés

- Una vez registrado, vuelva al "home" del sitio web (Fig 6) picando en el link de la derecha "Home"
- En el visor de mapa de la derecha navegue con la herramienta interactiva hasta la zona de su interés, en este caso el canal del dique, en Colombia (Fig 10).

Figura 10. Visor interactivo del USGS en el área del canal del Dique

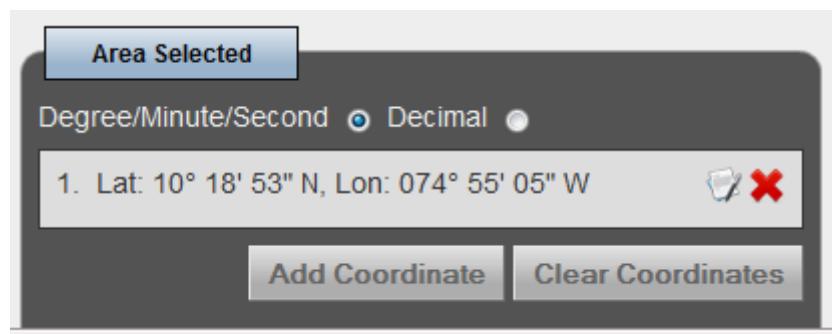


A continuación con el mouse marque con el botón izquierdo el punto de su interés (picando sobre el área) Figura 11 y verifique en la parte izquierda de su pantalla que se haya marcado una coordenada, Figura 12

Figura 11 Marca hecha con el mouse sobre el área de interés



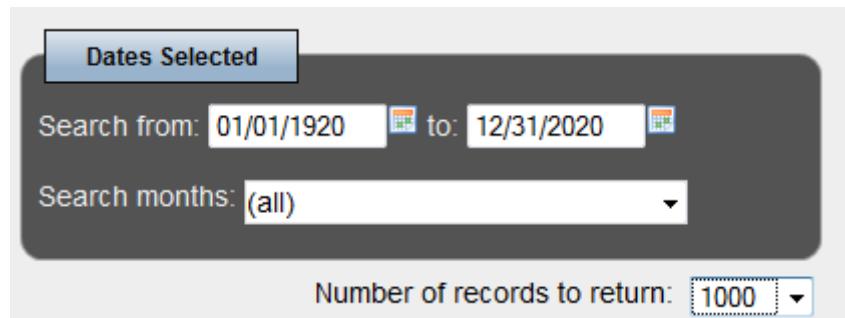
Figura 12 Coordenada del área de interés, en la parte izquierda de la pantalla



3. Determinar el tipo de imágenes a buscar

- A continuación, observe en la parte inferior izquierda el panel que dice "Data Selected" y deje por defecto los valores de búsqueda entre 01/01/1920 y 12/31/2020, en la casilla que dice "Search Months" seleccione **ALL** (Para que busque resultados para todos los meses), y seleccione **1000** en *Number of records to return* (para que permita ver un hasta 1000 registros de imágenes que tengan en la base de datos del USGS) Figura 13.

Figura 13 Configuración de la selección de datos



Continuando con el proceso, proceda a picar en el botón que dice “**data sets**” y vea como se despliega una lista en árbol del tipo de datos que se pueden consultar, Figura 14 y 15.



Figura 14 Botón Data Sets que se debe picar para desplegar el tipo de datos.

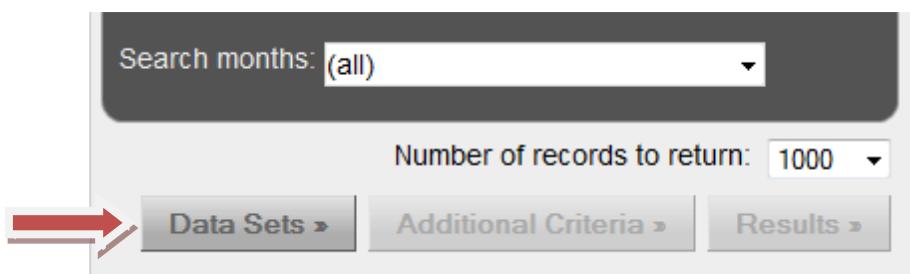


Figura 15 Árbol desplegado de tipos de datos que se pueden consultar

Una vez desplegado el árbol, se debe ir a la cruz de la parte izquierda del menú que dice “*Landsat Archive*” y allí observe el despliegue de posibilidades de datos a conseguir y marque las opciones: L7 SLC – off (2003 – present), L7 SLC - ON, (1999- 2003), L4-5 TM; estas opciones indican que se buscarán imágenes de Landsat de 2003 al presente (con bandeoamiento o gaps negros), imágenes de 1999 a 2003 (antes del daño del sensor del satélite) y Landsat 4 y 5 tomadas para la zona de interés; Ver figura 16.

Figura 16 Selección de archivos Landsat



Una vez hecho esto, se procede a ir al menú de la parte superior que dice “*results*” resultados (Figura 17) y el software iniciara a buscar los datos que cumplan el criterio de búsqueda configurado por usted.

4. Realizar la búsqueda

Como resultado en la parte izquierda mostrará una lista de imágenes, con una pequeña previsualización de cada imagen encontrada que satisface los criterios de búsqueda, Figura 18.

Figura 17 Link de resultados

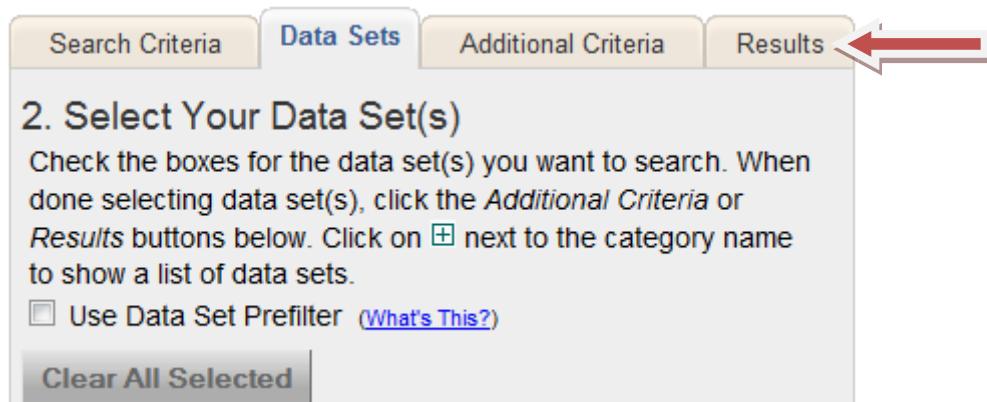


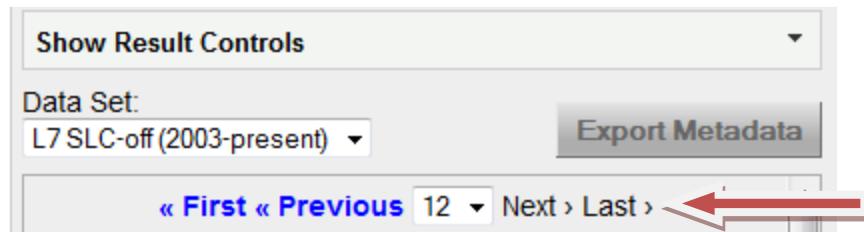
Figura 18 resultados de la búsqueda

« First << Previous 1 >> Last »	
Displaying 1 - 10 of 117 i	
1	 Entity ID: LT50090531984246XXX01 Acquisition Date: 02-SEP-84 Path: 9 Row: 53 Edit Add Delete Print Download Preview Search Delete
2	 Entity ID: LT50090531984358XXX02 Acquisition Date: 23-DEC-84 Path: 9 Row: 53 Edit Add Delete Print Download Preview Search Delete
3	 Entity ID: LT50090531985008AAA02 Acquisition Date: 08-JAN-85 Path: 9 Row: 53 Edit Add Delete Print Download Preview Search Delete
4	 Entity ID: LT50090531985024XXX02 Acquisition Date: 24-JAN-85 Path: 9 Row: 53 Edit Add Delete Print Download Preview Search Delete
5	 Entity ID: LT50090531985040AAA03 Acquisition Date: 09-FEB-85 Path: 9 Row: 53 Edit Add Delete Print Download Preview Search Delete

Como las imágenes encontradas se muestran desde la más antigua a la más reciente, debe picar en el link "Last" de color azul para ver las más recientes, igualmente en el menú Data sets puede

usted escoger si quiere ver las Landsat 5, las Landsat 7 con Gaps, o las Landsat 7 sin Gaps, Ver figura 19.

Figura 19 Selección de tipos de datos que podemos apreciar, en listado de más reciente a más antiguo.



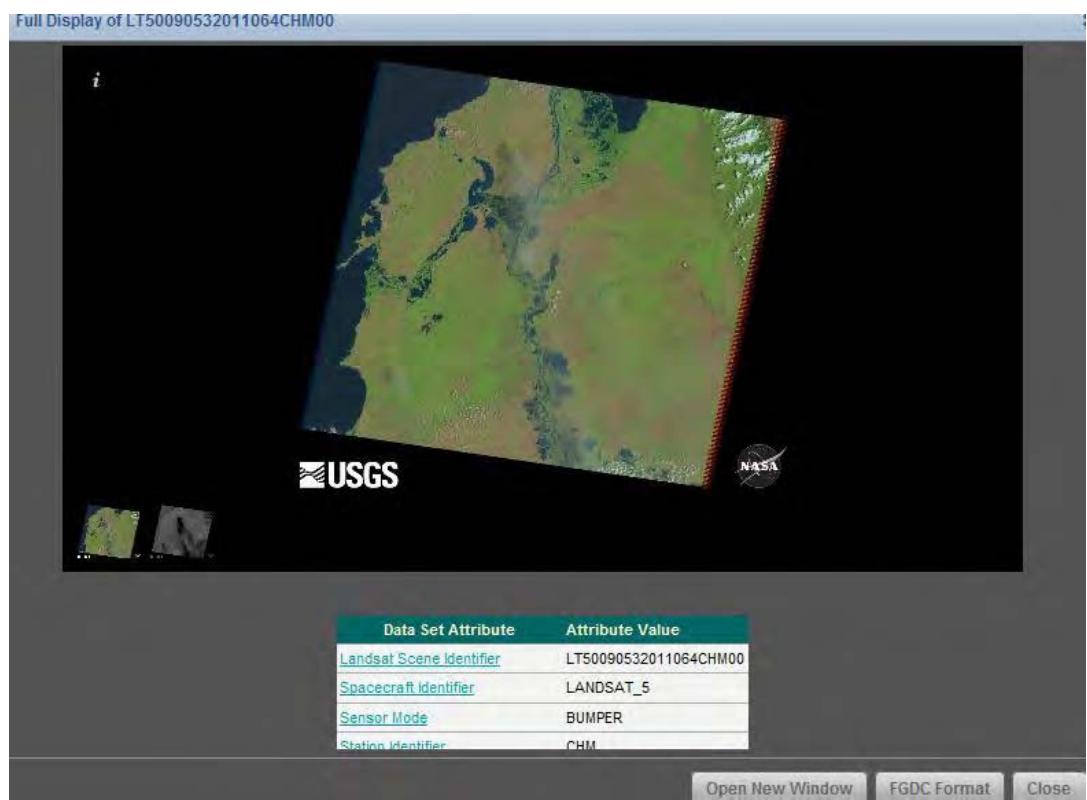
A continuación, pique sobre cada pequeña imagen de la parte izquierda de la pantalla para ver si cumple para descargar de acuerdo a su objetivo, en ella además de una pequeña escena, se puede observar un metadato de las características generales de la imagen. Figura 20.

Figura 20 Ventana de pre-visualización de una imagen seleccionada para el canal del dique del 30 de abril de 2011



Al igual que la imagen de la Figura 20 se pueden observar imágenes de Landsat 5 muy recientes sin daño de gaps Figura 21.

Figura 21 Pre-visualización de imagen Landsat 5 de la zona del canal del Dique para el 5 de marzo de 2011



5. Seleccionar la imagen a descargar

Una vez tenga seleccionada la imagen que le interesa procesar (Recuerde que debe tener software de procesamiento digital para trabajar con imágenes de satélite o software SIG), proceda de la siguiente manera: en las opciones de visualización de la escena en el visor geográfico (Figura 22) pique el primer ícono para que le permita ver el cubrimiento de la escena sobre el área de interés.

Figura 22 y 23 Botón de show Footprint y su respectiva visualización en el visor geográfico



Con el siguiente botón (*Show browse overlay*) podrá cargar un *Quick look* sobre el área de interés para que observe como se ve la imagen en contexto (Figura 24 y 25).

Figura 24 y 25 Botón de Show browse overlay y su respectiva visualización en el visor geográfico



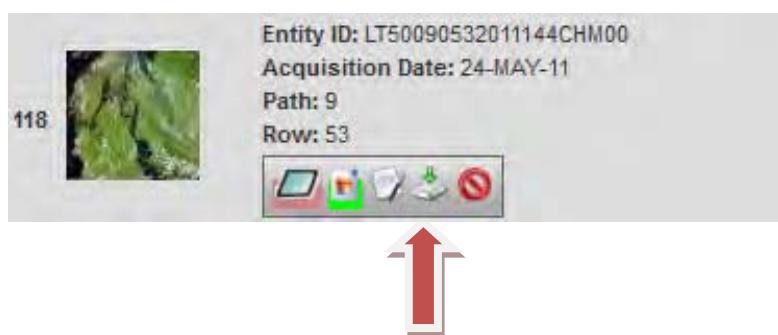
El siguiente botón nos permite ver el metadato de manera similar a como se vio en la figura 20 y 21.

6. Descargar las imágenes

Una vez se han realizado estas pruebas para ver cuál es la imagen (o imágenes) que mejor satisface la necesidad de trabajo, se procede de la siguiente manera:

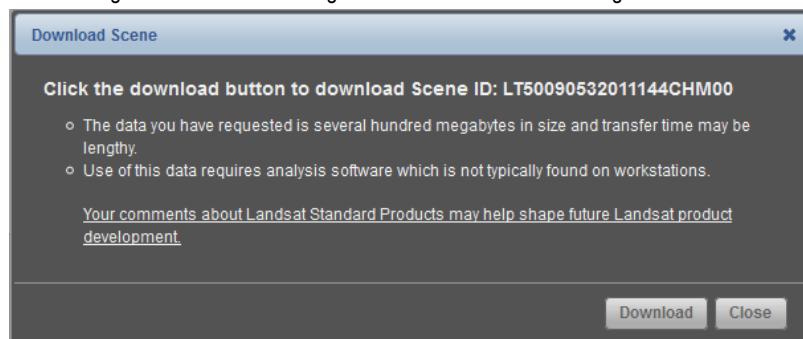
Sobre la información de la imagen que le interesa descargar pique el botón “*download options*” opciones de descarga (Figura26)

Figura 26 Botón de Download options



Y saldrá una ventana de dialogo similar a la de la figura 27, en ella nos explican que esta imagen de satélite tiene un peso considerable en megabytes y que es posible que su descarga se dé como un proceso lento (esto depende del tipo de conexión a internet que tenga, por ejemplo con modem telefónico puede tardar varias horas, pero con banda ancha de 4 Megas puede tardar 10 minutos), de igual manera nos recuerda que para este tipo de datos que se está a punto de descargar se requiere un software especial de análisis que no viene instalado por defecto en los computadores de escritorio o en estaciones de trabajo.

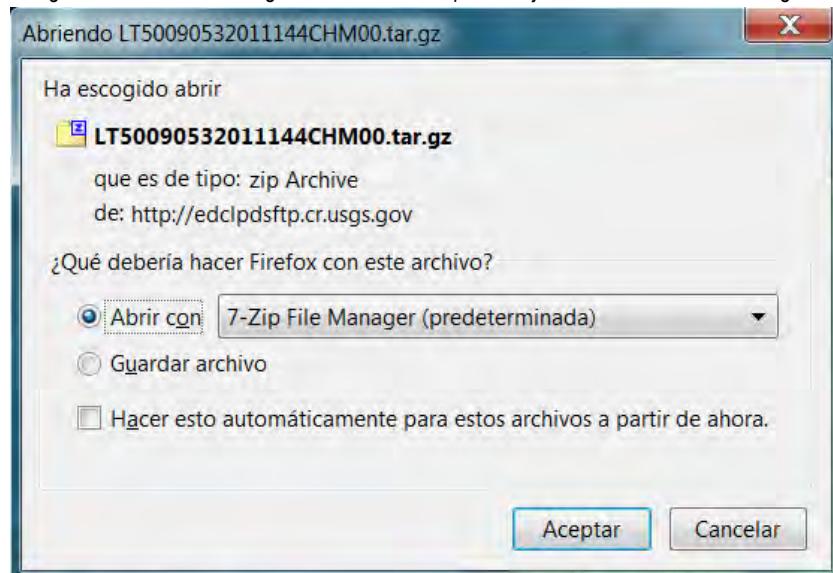
Figura 27 ventana de dialogo sobre advertencias de descarga



Decidido ya a descargar pique en download en la ventana de dialogo, recuerde que debe estar registrado y en sesión (logueado) para que pueda descargar (ver Figura 6 y siguientes).

Hecho esto se desplegará una ventana de dialogo como se ve en la figura 28 donde nos indica que se descargará un archivo en formato comprimido, que puede ser *.rar, *.zip, *.gz, *.tar entre otros.

Figura 28 ventana de dialogo donde nos indica que se bajara un archivo en formato *.gz



Pique en aceptar y se iniciara la descarga, una vez descargado el archivo (en este caso de 178 megas) se deberá descomprimir en un programa como WinRAR (en línea en <https://www.winrar.com/>) o Winzip (en línea en <http://www.winzip.com/es/downwz.htm>) o 7-zip (en línea en <http://www.7-zip.org/>)

<http://www.7zippable.com/>) y una vez descomprimido el *.gz, es posible que deba descomprimir un *.tar.

Hecho esto ya puede observar la información de la imagen de satélite, como se observa en la figura 29, note que cada banda está separada y en formato *.tif, igualmente se observan los archivos planos de apoyo, como el metadato (*.MTL.TXT).

Figura 29 Archivos descargados una vez se han descomprimido mediante el software 7-Zip

Nombre	Tamaño	Tamaño co.	Modificado	Modo	Usuario	Grupo
L5009053_05320110524_B10.TIF	54 817 628	54 817 792	2011-06-21...	0rw-rw-r--	bulk_ops	ops
L5009053_05320110524_B20.TIF	54 817 628	54 817 792	2011-06-21...	0rw-rw-r--	bulk_ops	ops
L5009053_05320110524_B30.TIF	54 817 628	54 817 792	2011-06-21...	0rw-rw-r--	bulk_ops	ops
L5009053_05320110524_B40.TIF	54 817 628	54 817 792	2011-06-21...	0rw-rw-r--	bulk_ops	ops
L5009053_05320110524_B50.TIF	54 817 628	54 817 792	2011-06-21...	0rw-rw-r--	bulk_ops	ops
L5009053_05320110524_B60.TIF	54 817 628	54 817 792	2011-06-21...	0rw-rw-r--	bulk_ops	ops
L5009053_05320110524_B70.TIF	54 817 628	54 817 792	2011-06-21...	0rw-rw-r--	bulk_ops	ops
L5009053_05320110524_GCP.txt	3 002	3 072	2011-06-21...	0rw-rw-r--	bulk_ops	ops
L5009053_05320110524_MTL.txt	65 535	65 536	2011-06-21...	0rw-rw-r--	bulk_ops	ops
README.GTF	8 776	9 216	2011-06-21...	0rw-r--r--	bulk_ops	ops

Con esto concluye el proceso de descarga de las imágenes del Satelite Landsat de la página del Earth Explorer del USGS de los Estados Unidos.

EJERCICIO 3: CARACTERISTICAS DE UNA IMÁGEN SPOT

OBJETIVO:

Visualizar una ventana de la imagen SPOT y conocer sus características.

MATERIAL:

Archivo: **spot5_marzo2005_647_340.img**, que contiene 4 bandas espectrales de una escena de una imagen SPOT-5, cubre parte de la sabana de Bogota y se extiende en la parte izquierda hasta la población de San Francisco. Las aplicaciones de cada banda se resumen en la tabla 1.

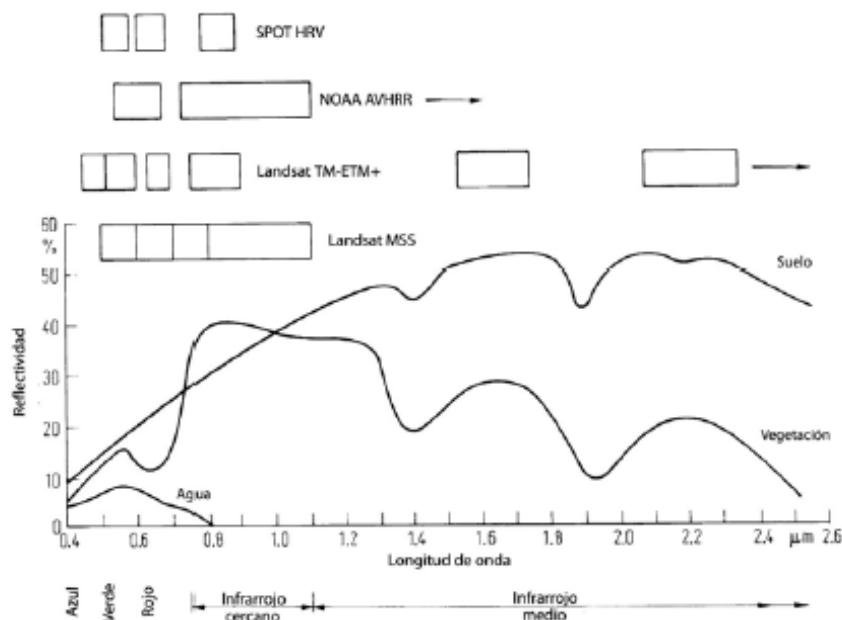
Tabla 1. Aplicaciones de las bandas SPOT 5.

Dominio espectral	Banda	Longitud de onda(μm)	Aplicación
Verde	1	0.50-0.59	Batimetria en aguas turbias, estimación de sedimentos, vigor de la vegetación
Rojo	2	0.61-0.68	Clasificación de cultivos, color de los suelos y del follaje de las plantas.
Infrarrojo Cercano	3	0.78-0.89	Estudio de biomasa, tipos de bosques, delimitación aguas-suelos
Infrarrojo medio	4	1.58-1.75	Humedad en vegetación, diferenciación nubes-nieve
Pancromática	1	0.48 – 0.71	Catastro, cartografía básica, planificación urbana

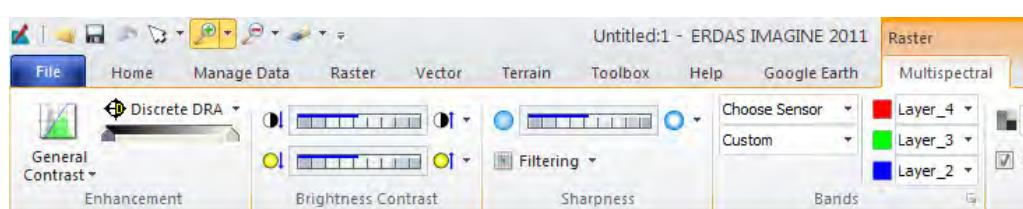
PARTE I: ANÁLISIS DE LA IMAGEN POR BANDAS

- Sobre la figura 30, tracé los rangos del espectro que corresponden a las bandas espectrales de la imagen SPOT 5.

Figura 30. Curvas espectrales típicas del suelo, agua y vegetación y su relación con diferentes programas satelitales.



- Desde las pestañas superiores seleccione: **File > Open > Raster layer**. En la ventana **Select Layer To Add**, seleccione la imagen a estudiar: **spot5_14marzo2005_bogota646_340.img**, y oprima OK. De esta manera, se desplegará la imagen en una composición a color. Es posible que la imagen que se desea observar no aparezca de inmediato o se vislumbre apenas una parte de esta. Para apreciar esta imagen en todo el espacio de la pantalla, localice el cursor a la izquierda de la pantalla en el cuadro de **Contents**, haga click derecho en el nombre de la imagen cargada y seleccione **Fit layer to Windows**, en este momento aparecerá toda la imagen en la pantalla.
- Desde el menú superior, ingrese a la pestaña **Multispectral**, en la sección de **Bands**, asigne la combinación **RGB 4,3,2**, allí se encuentran los cañones de color representados con cuadros de colores, la combinación a utilizar es la correspondiente a una en falso color.



Responda: ¿a cuales rangos de espectro corresponden estas bandas?

R- 4: _____

G-3: _____

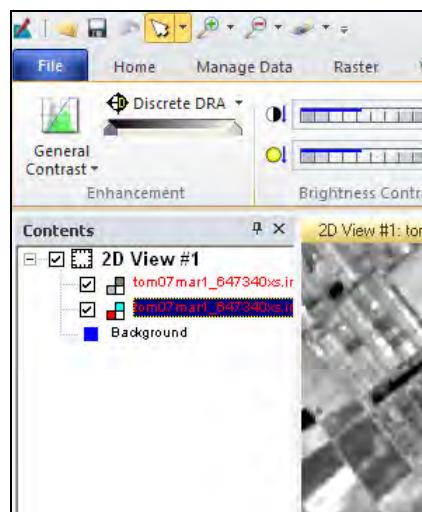
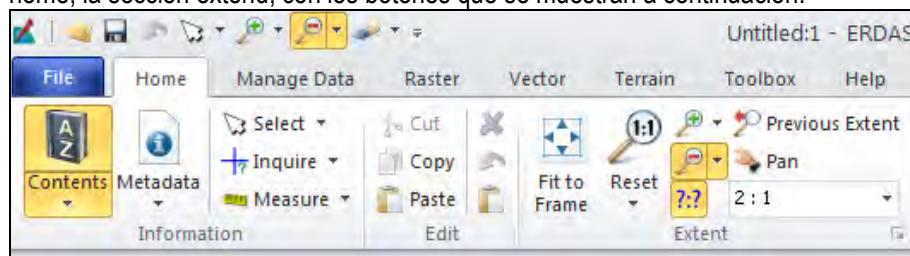
B-2: _____

Nota: No cierre este el programa para continuar con el siguiente paso.

4. Desde el menú principal superior de ERDAS, vaya a la pestaña **File**, open, raster layer y proceda a desplegar de nuevo la misma imagen, pero con opción de bandas individuales. Para tal fin, en la ventana **Select layer To Add**, seleccione la pestaña **Raster Options** ubicada en la parte superior. Luego de esto, se desplegara otra ventana auxiliar. Desde la caja **Display As**, elija **Gray Scale**. De otro lado, en la caja **Display Layer** seleccione con los botones de flecha el número1, lo que significa, selección de capas individuales y oprima **OK**.

*NOTA: recuerde que para apreciar mejor la imagen, se debe ubicar el cursor sobre el nombre de la imagen a la izquierda oprimir el botón derecho del Mouse y seleccionar **Fit layer To Window** o click derecho sobre la imagen y seleccionar la opción **Fit to Frame** y se ajustará la escena al marco de la pantalla.*

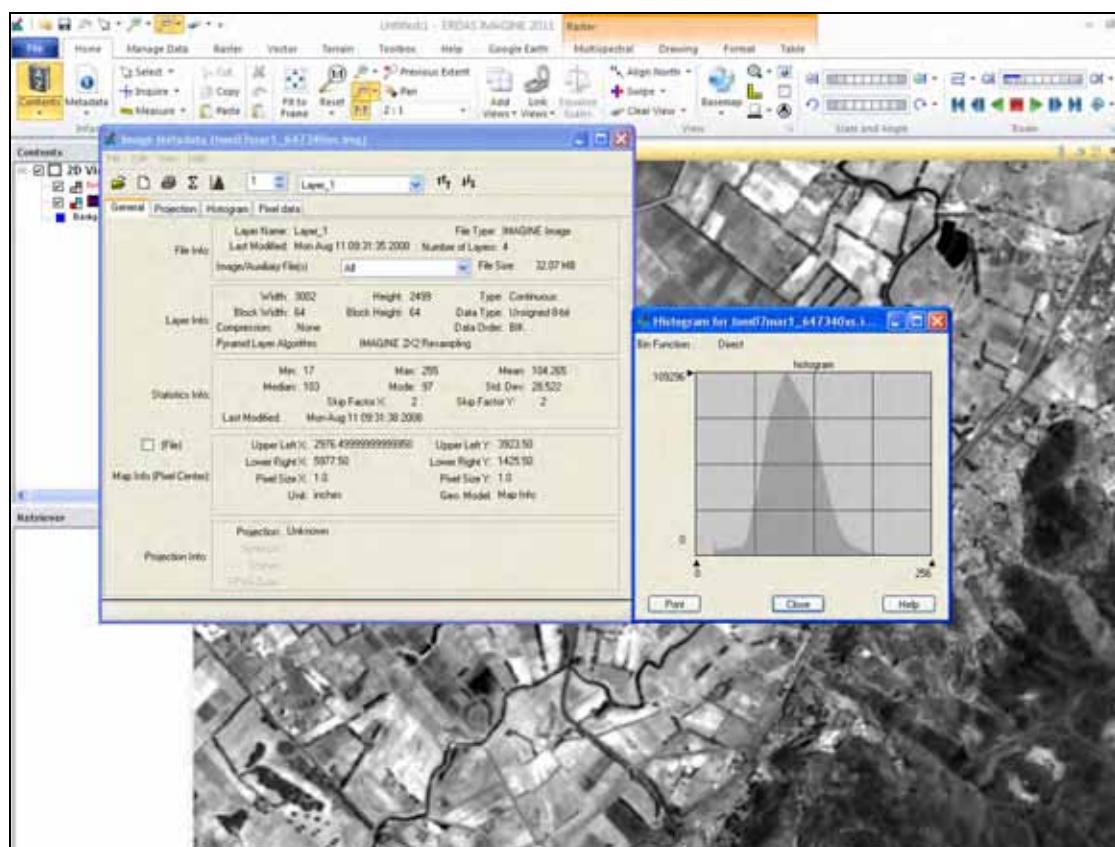
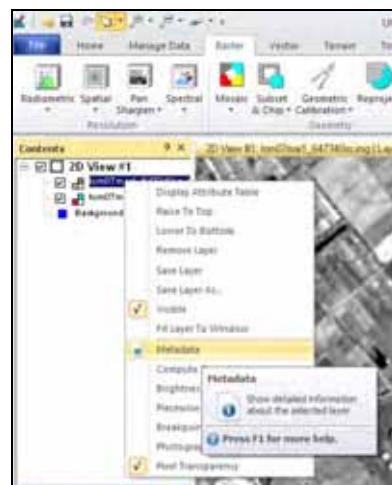
5. De manera alterna, se pueden observar y comparar las dos imágenes activando o desactivando las mismas con la parte izquierda de la pantalla o dejando encima la que se desea visualizar, realice las funciones de acercamiento y de alejamiento (zooming) de la escena en la pestaña home, la sección extend, con los botones que se muestran a continuacion:

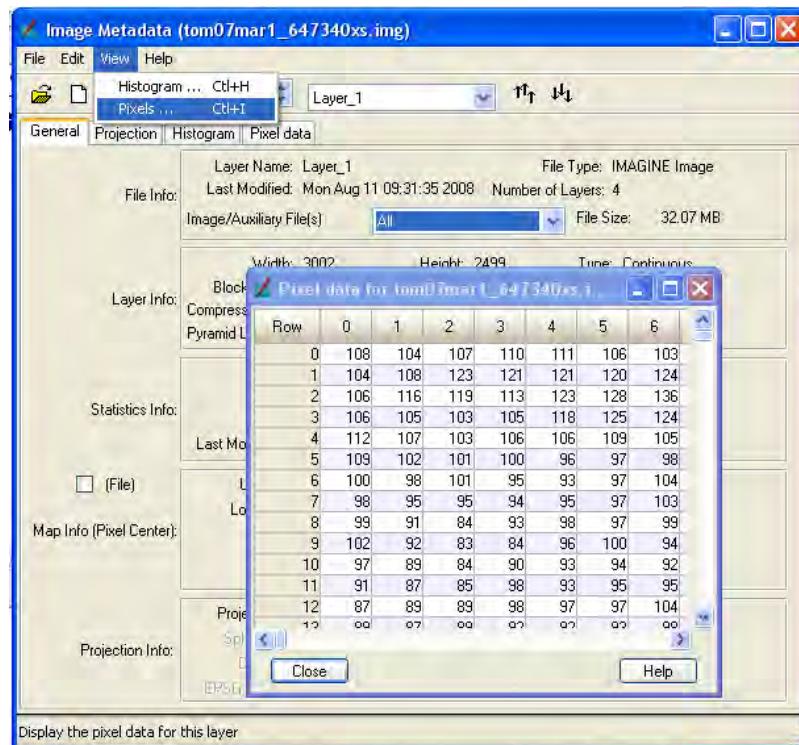


Haga zoom (+) hasta llegar a observar los elementos al nivel de píxel. Identifique los diversos accidentes geográficos y/o coberturas; por ejemplo, áreas urbanas, vías de acceso, cuerpos de agua, invernaderos, áreas de cultivos, bosques, etc. Esta imagen le servirá de apoyo, para identificar los objetos o coberturas en las bandas individuales.

6. Observe ahora la imagen desplegada, que contiene la banda 1, correspondiente al rango Verde del espectro electromagnético. Desde la barra superior seleccione la pestaña **Home**, **Metadata**, y finalmente **view/edit image metadata**. Analice la información contenida en esta ventana.

Desde el menú la misma ventana, active **View / Histogram** y después **View / Píxel**. Con esto se puede estudiar de otra manera la imagen en cuanto a: modo de distribución de frecuencias y modo de matriz digital, la otra manera para acceder a esta información de metadatos es ubicándose a la izquierda de la pantalla dando click derecho a la capa la cual quiero analizar y escogiendo la opción Metadata.

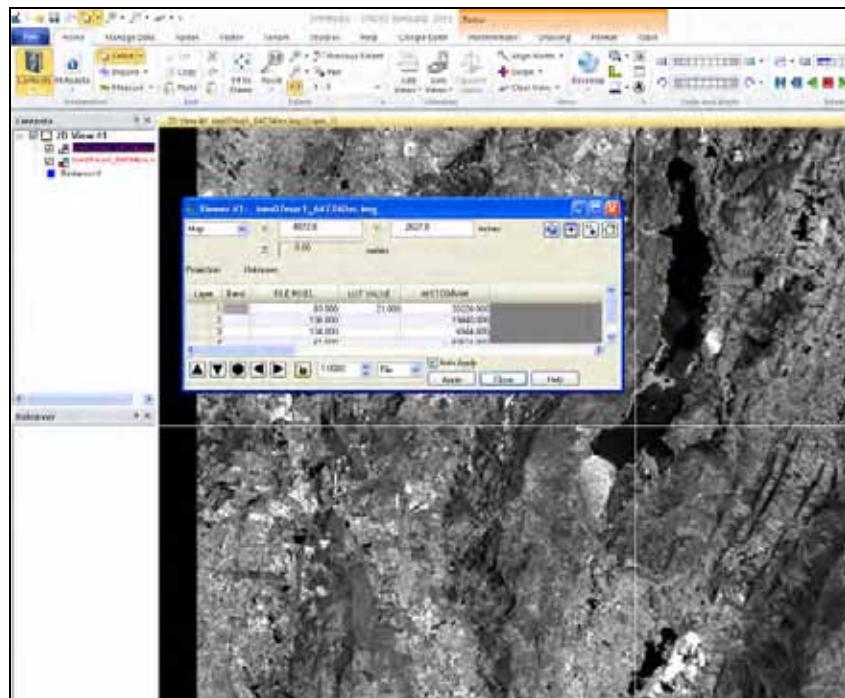




7. Ahora, estando en la vista de la banda 1 intente identificar (Con base en tono, textura, patrón, asociación) los siguientes tipos de coberturas: Urbana, cultivos, bosques, pastizales, invernaderos, agua, suelo descubierto. Comente con su compañero de práctica, que tan fácil es la identificación de objetos en una imagen en escala de grises frente a una composición a color.
8. Siendo esta una imagen digital, también es factible examinar las respuestas espectrales de cada cobertura, representadas por un Nivel Digital (ND) para cada píxel.

Ingrese a la pestaña superior **Home**, la sección **information** y de click en **Inquire**; con lo que se desplegará un cursor en forma de cruz sobre la escena y una ventana adicional que muestra los valores digitales por píxel de acuerdo con cada banda.





En esta ventana aparecen 5 columnas así: (1) Layer, (2) Band, (3) File pixel, (4) Lut value y (5) Histogram. Su significado es el siguiente: 1: indica el numero de capas o bandas que posee el archivo seleccionado; 2 : bandas desplegadas en el momento (cuando se despliega una composición, aparecerán coloreadas tres bandas en orden así: AZUL, VERDE Y ROJO; pero si es solo una banda, esta se ubica en el # 1 sin color); 3: Es el nivel digital ND del píxel discriminado para cada banda en la escena; 4: Es el nivel visual NV que el programa ajusta de manera automática del valor digital original de cada píxel para facilitar al usuario la apreciación de una imagen; 5: Es una información estadística que posibilita ver el total de píxeles que contienen ese mismo valor digital.

Ubique el cursor en algún tipo de cobertura que haya sido reconocido plenamente, ej. Bosque. Observe y analicé la tendencia de los valores digitales en la columna **File Pixel**, de acuerdo con la banda registrada.

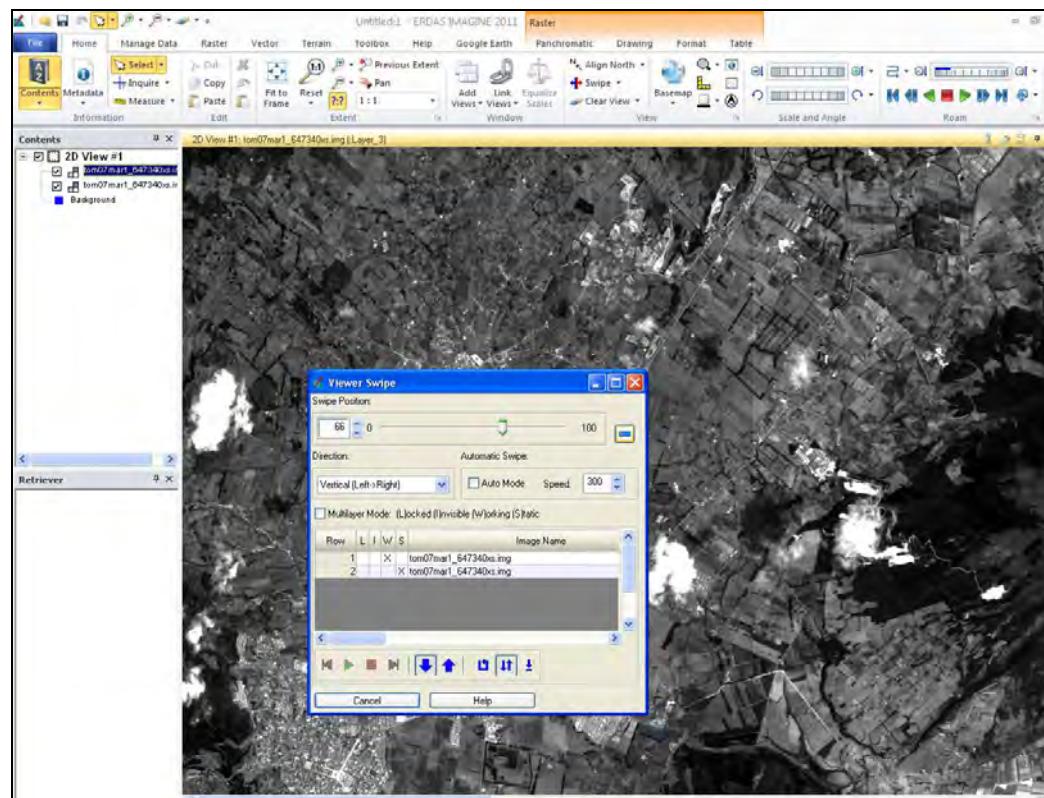
9. Ahora, proceda a desplegar y analizar las bandas restantes (2, 3,4.). Para tal fin, vaya a la pestaña **File**, open, raster layer y proceda a desplegar de nuevo la misma imagen, pero con opción de bandas individuales. Para tal fin, en la ventana **Select layer To Add**, seleccione la pestaña **Raster Options** ubicada en la parte superior. Luego de esto, se desplegará otra ventana auxiliar. Desde la caja **Display As**, elija **Gray Scale**. De otro lado, en la caja **Display Layer** seleccione con los botones de flecha el número2. De esta manera, se desplegará la banda 2 de SPOT, correspondiente al rango del rojo. Siga con este proceso hasta analizar todas las bandas.

Nota: Para realizar el análisis simultaneo y comparativo entre dos bandas, puede ir apagando y encendiendo capas en la parte izquierda de la pantalla, con el procedimiento ya conocido. Luego, abra dentro del mismo Viewer la banda 2, de la siguiente manera:

10. Como se hizo en la instrucción 4 y en el paso anterior vuelva a abrir otra capa, en la ventana **Select layer To Add**, seleccione la pestaña **Raster Options** ubicada en la parte superior. Seleccione el archivo de la imagen que viene siendo estudiada, oprima la opción **Raster Option** y luego de esto, se desplegará otra ventana auxiliar. Desde la caja **Display As**, elija **Gray Scale**,

a la vez, seleccione layer 2, correspondiente a la banda 2, y desactive la viñeta en la opción **Clear display** para que no se remueva las imágenes cargadas anteriormente.

Para ver las dos bandas desplegadas, utilicé desde el menú superior Home, la sección **View**, seleccione **Swipe**. De esta manera, mediante el botón de corredora que aparece en la ventana **Viewer Swipe**, se podrán visualizar en el Viewer con un barrido, las dos imágenes sobreuestas, para identificar así las diferencias en reflexión y contraste que exhiben estas dos bandas de acuerdo con su rango espectral.



11. Ahora, analice comparativamente las propiedades de cada banda para la identificación de las diversas coberturas. Resuma los resultados de análisis en la siguiente tabla:

Cobertura	Caract.	B1	B2	B3	B4	Observación
Urbano	Tono					
	ND					
	NV					
Bosque	Tono					
	ND					
	NV					
Cultivo	Tono					
	ND					
	NV					

Pastizal	Tono					
	ND					
	NV					
Suelo descubierto	Tono					
	ND					
	NV					
Agua	Tono					
	ND					
	NV					
Nubes	Tono					
	ND					
	NV					
Invernaderos	Tono					
	ND					
	NV					

A partir de los valores obtenidos en los niveles digitales (ND) y para cada cobertura en las bandas individuales, grafique la tendencia de ND para el conjunto de bandas analizadas, la que representa las curvas espectrales de cada cobertura terrestre y comente sobre su similitud o discrepancia con las curvas típicas.

Concluya sobre la facilidad de identificar las coberturas señaladas en cada banda estudiada y el apoyo que brinda el análisis de los ND.

PARTE II: ANÁLISIS DE LA IMAGEN LANDSAT EN COMPOSICIÓN A COLOR

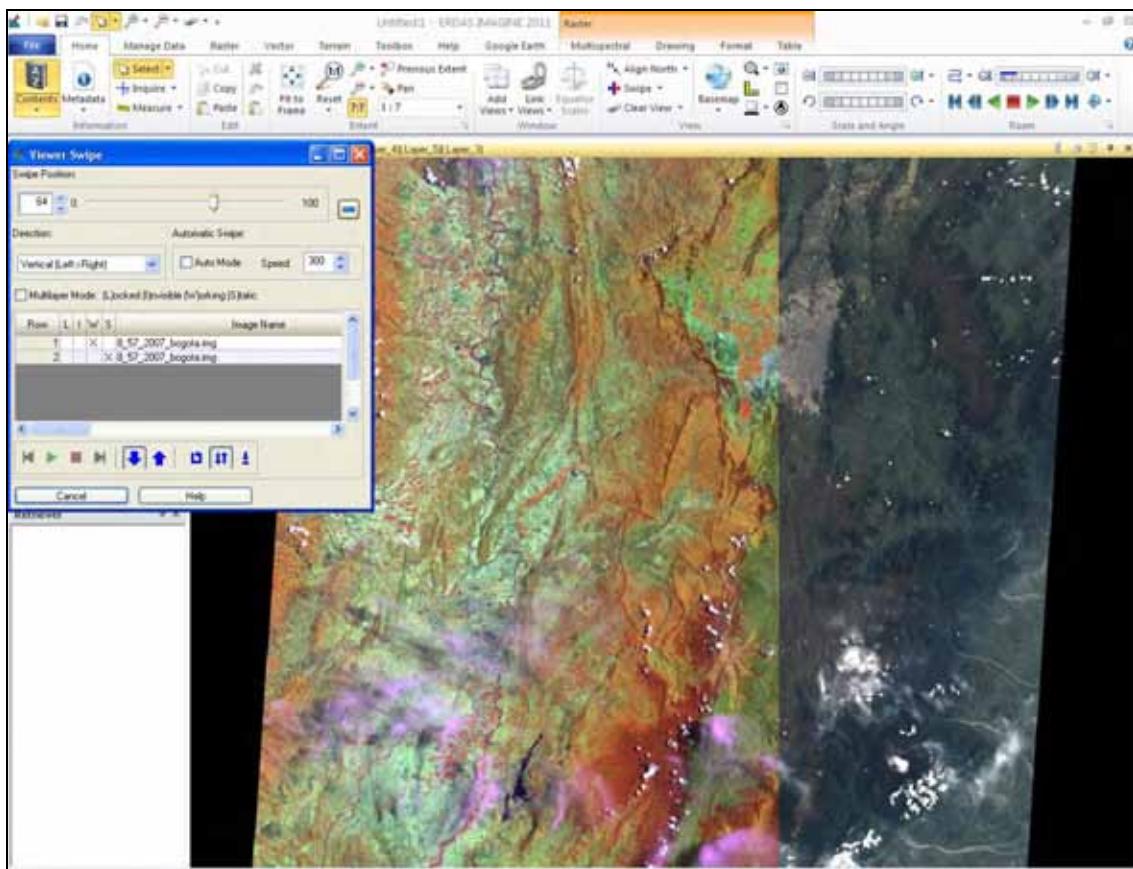
1. En la pestaña **File**, seleccionar **Open, Raster Layer**, se despliega la ventana **Select Layer to add**, en la pestaña file seleccione la imagen importada completa y en la pestaña **Raster Option** y deje por defecto en la caja **Display As** la opción **True Color** para el despliegue y en **Layers To Color** asigne para el cañón de color Rojo la banda 3; para el color Verde la banda 2; y para el color Azul la banda 1.



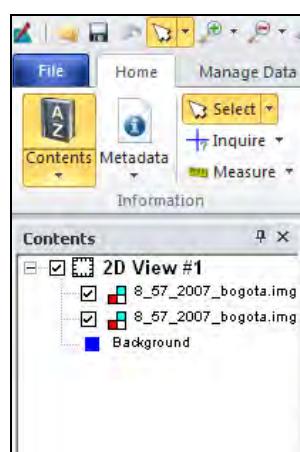
2. Ahora vuelva y cargue la imagen importada completa pero en otra combinación, para ello se siguen los mismos pasos del numeral anterior, pero en la ventana **Select Layer to add** seleccione la pestaña **Raster Option** y deje por defecto en la caja **Display As** la opción **True Color** para el despliegue y en **Layers To Color** asigne para el cañón de color Rojo la banda 4;

para el color Verde la banda 5; y para el color Azul la banda 3. Desactive la opción **Clear Display** y oprima **OK**.

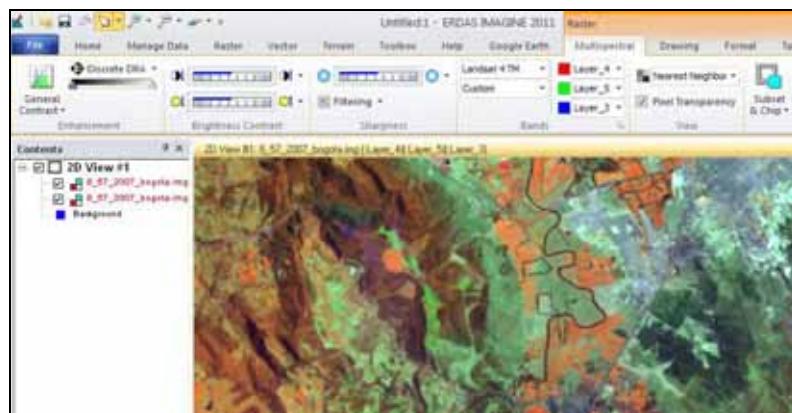
Con la opción del **SWIPE**, utilizada anteriormente, compare las dos combinaciones a color de las imágenes que se encuentran en el mismo Viewer, respecto a la facilidad de identificar objetos, fenómenos o coberturas. Cierre la ventana Swipe.



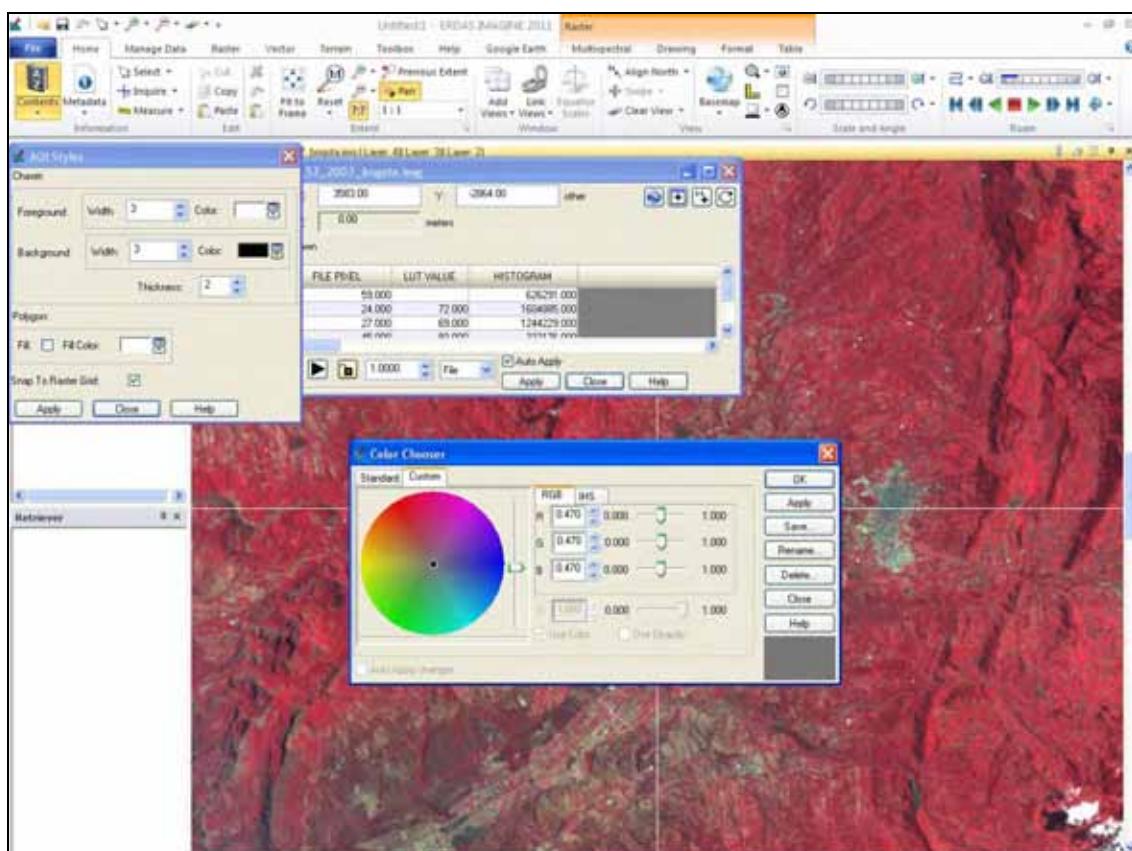
3. Para cambiar el orden de despliegue, diríjase a la izquierda de la pantalla en la zona de Contents, allí se encuentran las dos imágenes desplegadas en la pantalla, para cambiar el orden de las mismas seleccione la que deseé ubicar primero dele click sostenido con el cursor arrastre el nombre de la imagen hacia arriba o hacia abajo y verá como se modifica el orden de estas capas.



4. Practique ahora el despliegue de la imagen con otras composiciones de color y observe el cambio de color que se presenta para las diferentes coberturas. Para cambiar la composición a color de la imagen desplegada, seleccione la pestaña **Multiespectral**, en la sección de **Bands**, allí se presentan los tres cañones de color rojo, verde y azul, con los cuadros que contienen la información de la banda (1, 2, 3, 4, etc), allí se seleccionan las bandas que se deseen utilizar.



5. Para una mejor compresión de la formación de color en las composiciones RGB, despliegue la tabla de colores desde la pestaña **Home**, en la sección **view**, buscar **Display and Symbology** con el siguiente ícono



Ahora, active la opción **inquire**, de esta manera, sobre la escena se desplegará un cursor en forma de cruz y aparecerá también una ventana donde se reportan los valores de ND para el

píxel indicado por el cursor. (Ingresé a la pestaña superior **Home**, la sección **information** y de click en **Inquire**; con lo que se desplegará un cursor en forma de cruz sobre la escena y una ventana adicional que muestra los valores digitales por píxel de acuerdo con cada banda).

Estando en el modo de despliegue en color, observe que en la columna **Band** estarán activados los layers que están desplegados en este momento, lo que se puede constatar por que aparecen sus casillas con los colores: rojo, verde y azul.

6. Ubique el cursor en un tipo de cobertura que se haya reconocido, ej. cultivo; y tome nota de los valores del Nivel visual-NV en LUT VALUE correspondientes a las bandas coloreadas. Ej., si se tiene desplegada la composición a color RGB 342 al señalar un cultivo, a la banda 3 desplegada en la capa de color rojo, le corresponde un NV=90; a la banda 4 de color Verde, le ataña un NV=57; y a la banda 2 del color verde, le concierne un NV=44. Si cada banda tiene como máximo un NV=255, es posible calcular el porcentaje que corresponde a los Niveles visuales NV para el píxel correspondiente al cultivo estudiado. En este caso la deducción sería así: Rojo=90*100/255= 35 o 0.35% de color rojo; Verde= 22 o 0.22 % de color verde; Azul=17 o 0.17 % de color azul.
7. Desplácese ahora a la tabla de colores abierta y asigne el porcentaje de color calculado para cada capa de color y observe que color se forma (tenga la precaución de asignar los valores al cañón RGB correspondiente). Practique el mismo procedimiento para otra cobertura de su interés y explique los resultados. Responda: ¿que pasaría si todas las bandas desplegadas en modo de RGB tuvieran el mismo valor de NV?
8. Finalmente, diga ¿porque en la imagen en composición a color RGB 342, la vegetación aparece de tonos rojos? y en cambio, ¿en la combinación RGB 432 la misma aparece en tonos verdes?

¿Para obtener una composición en verdadero color, que combinación de bandas debe asignar?

9. Practique otras opciones de combinación a color y resuma los resultados en la siguiente tabla:

Cobertura	RGB 342		RGB 432		RGB XXX	
	Color	% color R:G:B	Color	% color R:G:B	Color	% color R:G:B
Urbano						
Bosque						
Cultivo						
Suelo						
Agua						
Nubes						

EJERCICIO 4: DESCARGA DESDE LA PAGINA DEL GLOBAL LAND COVER FACILITY , IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE ARCHIVOS RASTER

Para poder manipular las imágenes dentro el ambiente de ERDAS, se requiere que estas sean convertidas al formato propio del software, reconocidas por la extensión *.IMG. El proceso se denomina IMPORTACIÓN. La transferencia del formato *.IMG a los formatos raster foráneos se denomina EXPORTACIÓN.

OBJETIVOS:

- Descargar de la WEB una imagen LANDSAT del formato Generic Binary Data (L1G o dat)
- Importar la imágenes (dat y tiff) descargadas a formato *.IMG

- Exportar la imagen con la extensión *.IMG a las extensiones *.LAN y *.TIF.

1.1 PARTE I: DESCARGA E IMPORTACIÓN DE UNA IMAGEN LANDSAT EN FORMATO GENERIC BINARY DATA

1. Descargue las bandas de una imagen LANDSAT 7 identificada con path 8 y row 57 y con la extensión de dat.gz. Para tal fin, entre a la página de INTERNET de la Universidad de Maryland <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>. En esta página, haga clic sobre el icono en forma de mapamundi con una inscripción que dice ESDI.



2. Luego de esto, saldrá una nueva ventana con tres iconos grandes en la parte superior. Haga clic sobre el ícono central **Path / Row Search**:

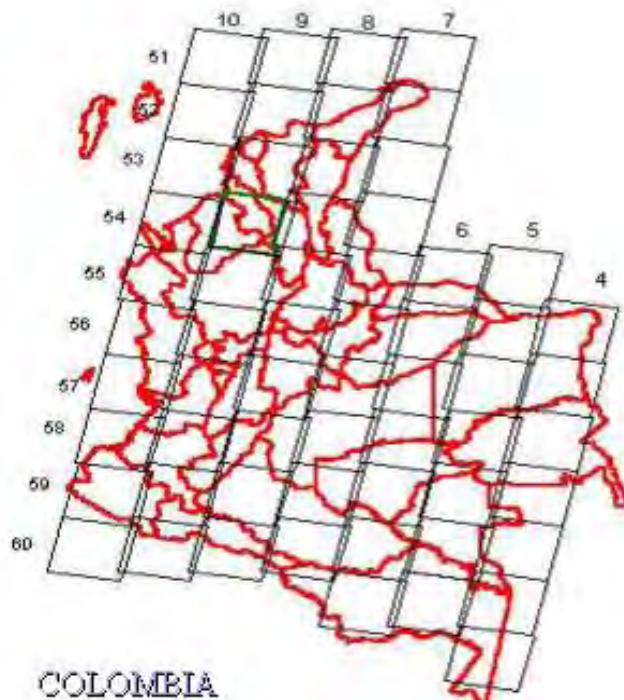


3. Deje por defecto todos los parámetros de selección de imágenes y marque solo la identificación de PATH y ROW de la imagen LANDSAT que piensa descargar; luego oprima el botón **Submit Query** localizado en la parte inferior derecha.

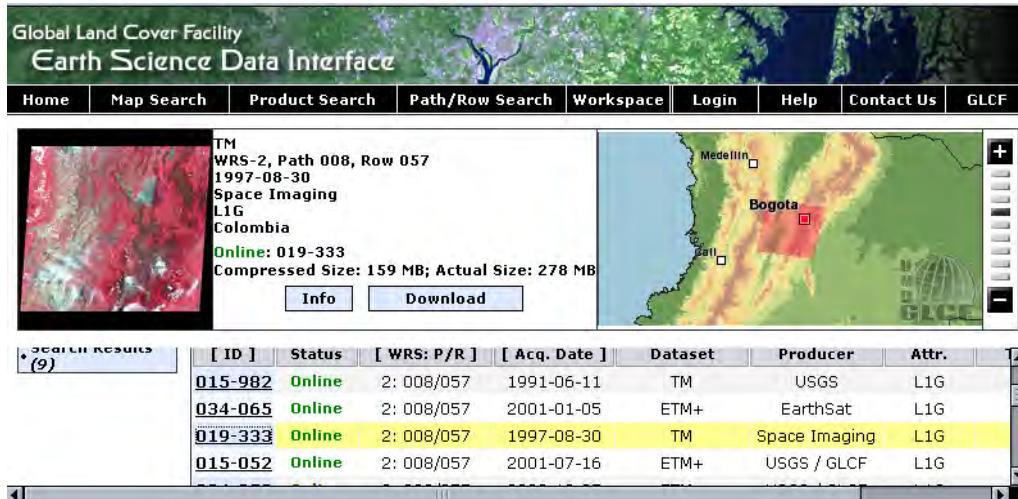


Al aparecer la información sobre la cantidad de imágenes disponibles, haga clic en el botón **Preview and Download**, ubicado en la parte inferior central.

Para la consulta, en la figura que a continuación se presenta, se observa la Grilla Mundial de Referencia para imágenes LANDSAT sobre Colombia.



4. En la ventana que aparece, examine las imágenes disponibles, sus fechas, la presencia de nubes, el formato en el que están guardadas. Para tal efecto, ubíquese en la columna ID y valla desplazándose de manera vertical en cada registro. De esta manera podrá visualizar una imagen previa y los datos de la misma en la parte superior izquierda.



5. Seleccione una imagen para realizar la descarga. En el ejercicio se va a descargar la imagen con la extensión .dat, correspondiente a Generic Binary Data. En este caso, es importante conocer el número de filas y columnas de la imagen de interés. Para tal fin, consulte el archivo Header.dat mediante un editor de texto. En este documento, encontrará entre otros datos el reporte inscrito como: *pixel per line _____*, lo que significa columnas y *lines per image _____* equivalente a rows o filas. Tome nota de los datos que aparecen y continúe con el ejercicio.

6. Haga clic en el botón **Download** y aparecerá una nueva ventana iniciándose la descarga. Busque el archivo, donde se registra la información sobre el tamaño de la imagen, expresado en número de líneas (line) y columnas (samples o pixels).

NOTA: *Este archivo puede tener la extensión DAT, HDR, DDR, o MTL. Asegúrese que esta información esta reportada; si no es así, no será posible realizar la importación a ERDAS. Apunte en su libreta el dato o guarde el archivo en la misma carpeta donde se va a guardar la imagen.*

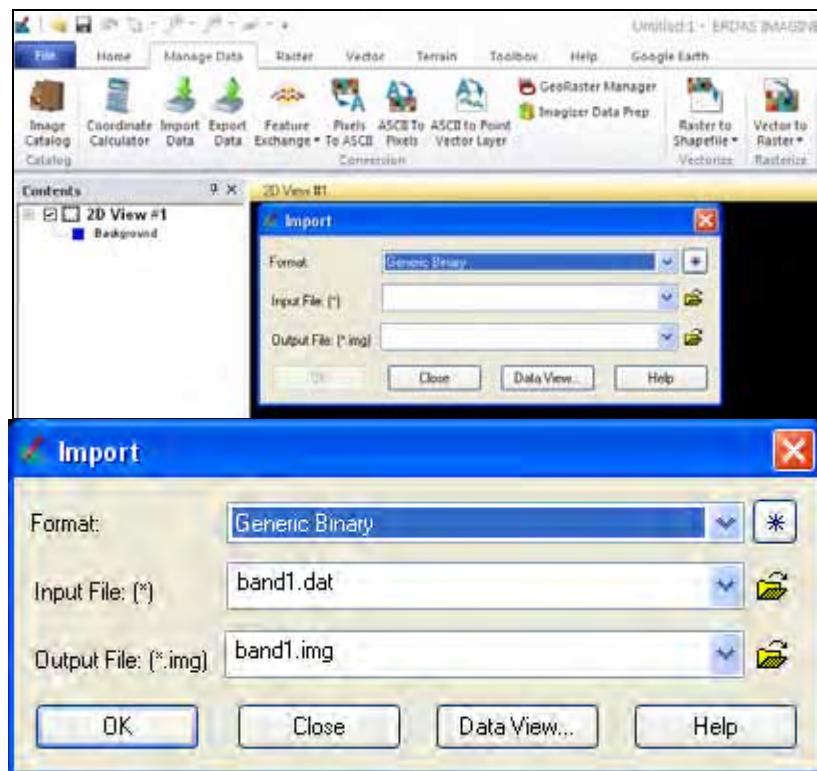
7. Ahora, proceda a descargar la imagen, esta información está organizada en archivos por bandas independientes. Haga clic en una de las bandas que desea descargar y guárdela en una carpeta previamente creada. La descarga puede demorarse más de 30 minutos.

8. Al terminar el proceso, se debe confirmar siempre si la imagen bajó de la red completamente, para esto, compare el tamaño de su descarga con el tamaño del archivo reportado en la página de INTERNET. Luego, continué con la descarga de las demás bandas. Una vez termine la descarga, descomprima las bandas y proceda con la importación de estas imágenes al programa ERDAS 2011.

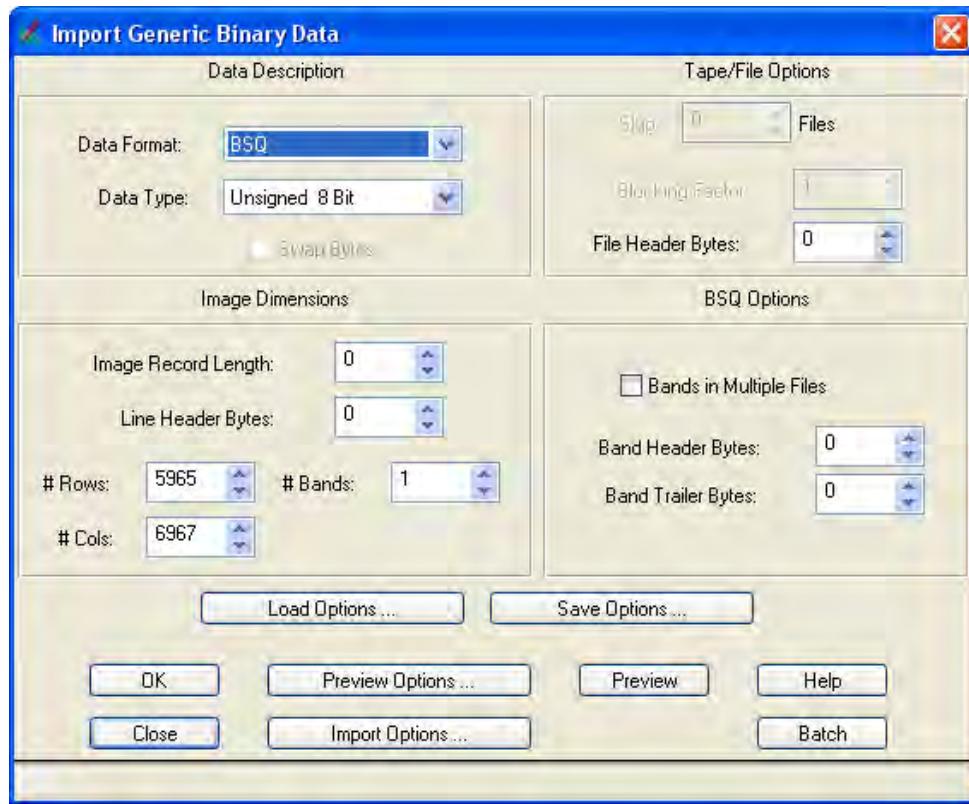
NOTA: *teniendo en cuenta que el proceso de descarga frecuentemente se demora o no es exitoso, se trabajará con una imagen ya descargada del mismo sitio y el instructor dará las indicaciones en este caso.*

9. Para iniciar el proceso de importación, descomprima las bandas de la imagen utilizando el programa WINZIP u otro. Luego, en el menu principal de Erdas seleccionar la pestaña **Manage Data**, allí seleccionar el ícono **Import Data**. Acto seguido, se desplegará la ventana **Import**. Estando en esta misma ventana, habilite el tipo de formato: **Generic Binary**. En la caja **INPUT FILE** ubique la carpeta donde se encuentra la imagen a importar y seleccione la banda 1. En la caja de **OUTPUT FILE** asigne el nombre del archivo de salida y adicionela a su carpeta de trabajo, se puede crear una carpeta con el nombre de la imagen y la palabra importada. Oprima **OK**, el programa se demora unos segundos en mostrar una nueva ventana para la importación.

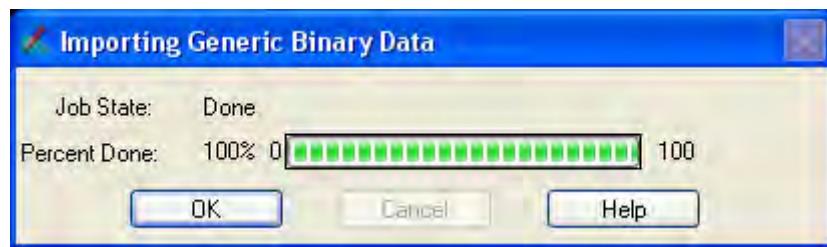
NOTA: Es importante descomprimir las bandas antes de importarlas, ya que en muchos casos se presentan errores al intentar importar el archivo comprimido.



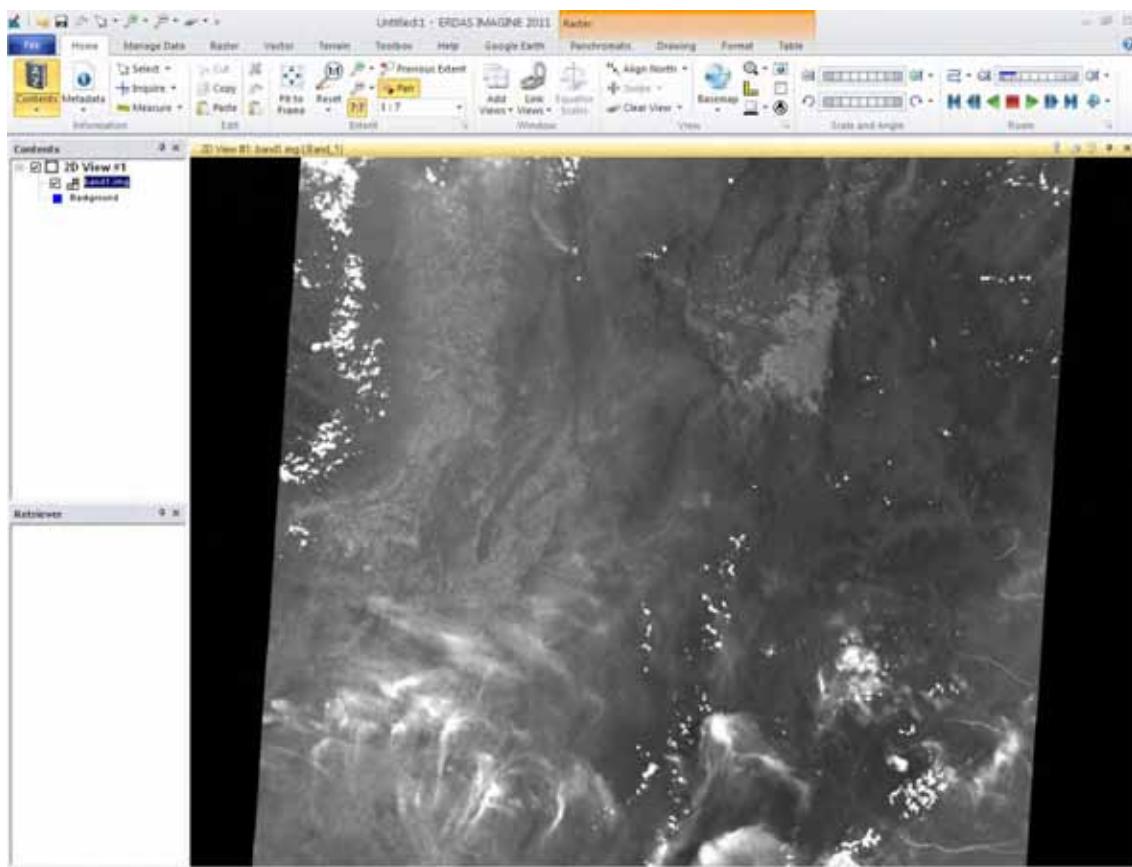
10. Una vez se ha ejecutado lo anterior, se abrirá la ventana **Import Generic Binary Data**. En **Data Format** seleccione **BSQ**, En **#Row** y **#Cols** digite el tamaño de la imagen que se ha extraído del archivo del metadato de la imagen. (Lines son rows y samples son columnas). Oprima **OK**.



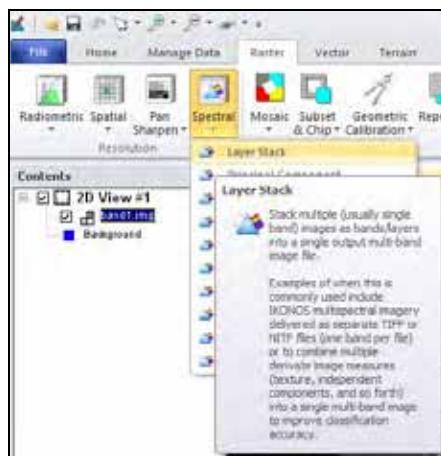
Luego de realizarse el paso anterior, se desplegará la caja de estado de proceso **Importing Generic Binary Data**. Cuando el estado de trabajo indique *Done* y llegue a un 100%, oprima **OK** para completar el paso.



11. Despliegue la imagen importada para revisar si el proceso fue exitoso. Para desplegar la imagen, ubíquese en la pestaña **File**, **Open**, **Raster Layer**. En la ventana de **Select Layer To Add** seleccione el archivo de la imagen importada y oprima **OK**. Ubique el cursor sobre la a la izquierda de la pantalla y en el nombre de la imagen importada, de click derecho y seleccione **Fit Layer to Window** para ajustar la escena al espacio de vista.

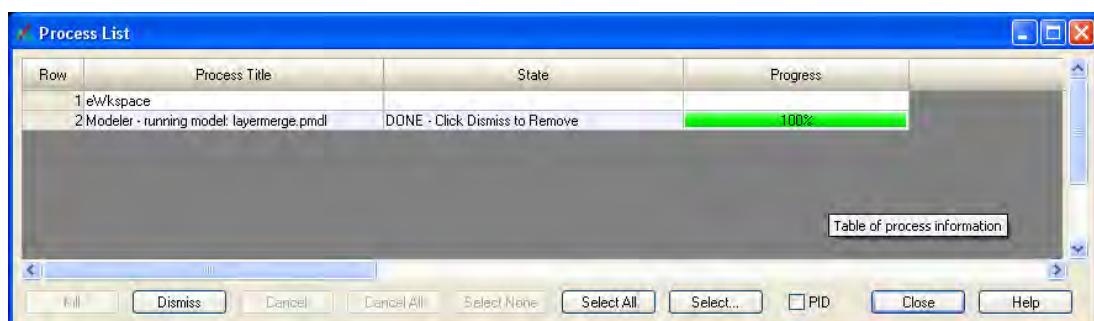


12. De la misma manera, proceda a importar las bandas restantes. Una vez hecho esto, se requiere unir los archivos individuales por banda de la imagen LANDSAT en un archivo único. Para esto, del menú principal seleccionar la pestaña **Raster**, en la sección **Resolution**, seleccionar un ícono denominado **Spectral**, de allí se desplegaran una serie de opciones, escoger la primera **Layer Stack**.

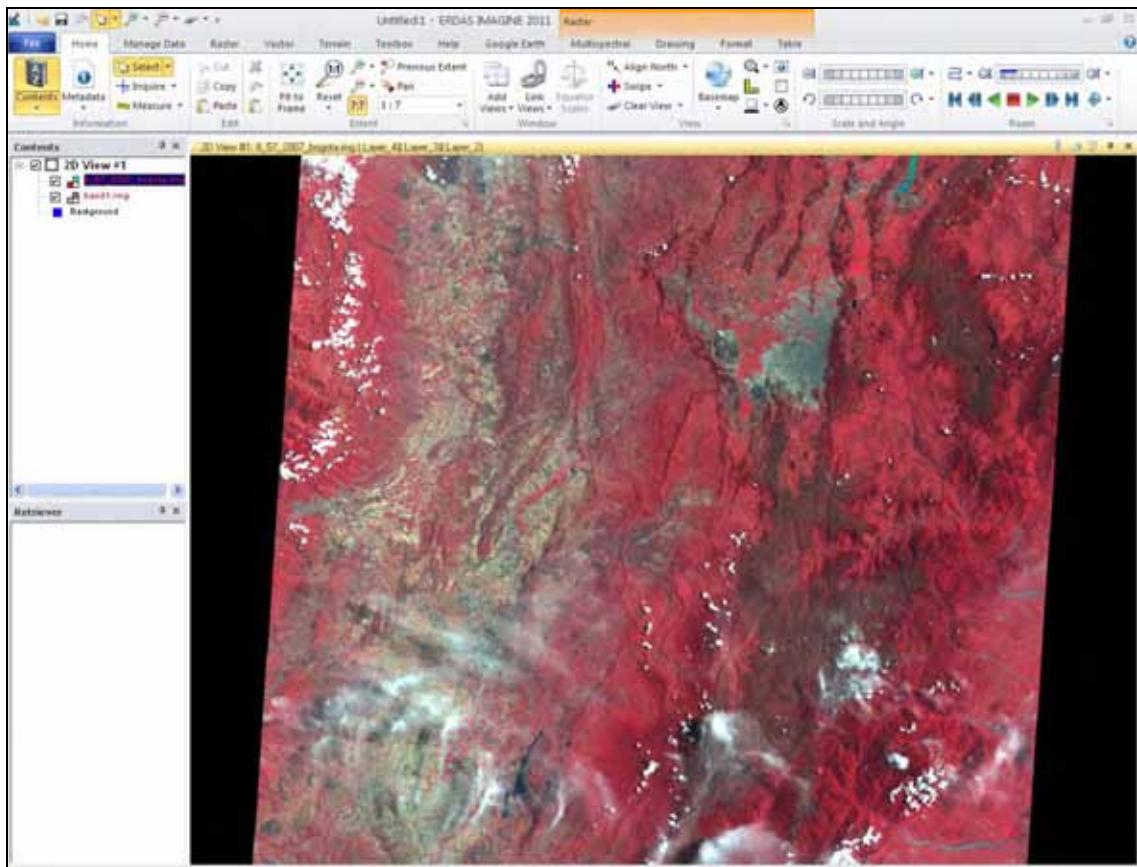


13. En la ventana del dialogo de **Layer Selección and Stacking**, seleccione en **Input File** la primera imagen o banda a unir y oprima la opción **Add**. De nuevo, en **Input File** seleccione la banda 2 y una vez seleccionada oprima **Add**. Repita esta operación hasta completar todas las bandas que

se desea unir. Asigne el nombre de salida de la nueva imagen y deje por defecto en la caja de chequeo **Output Options** habilitado el botón circular correspondiente a **Union**, luego oprima **OK**.

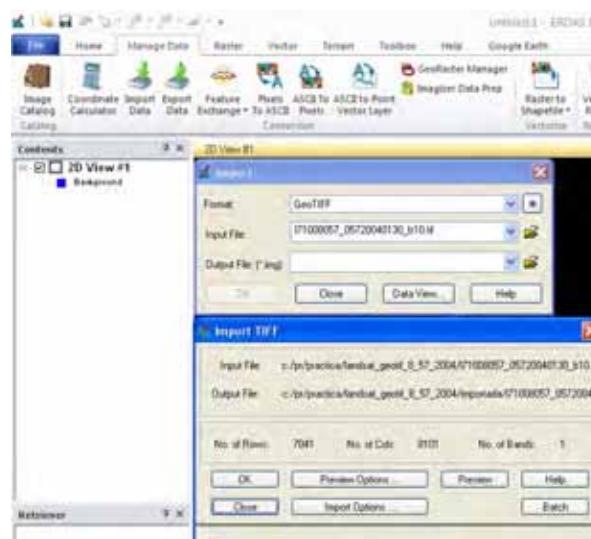


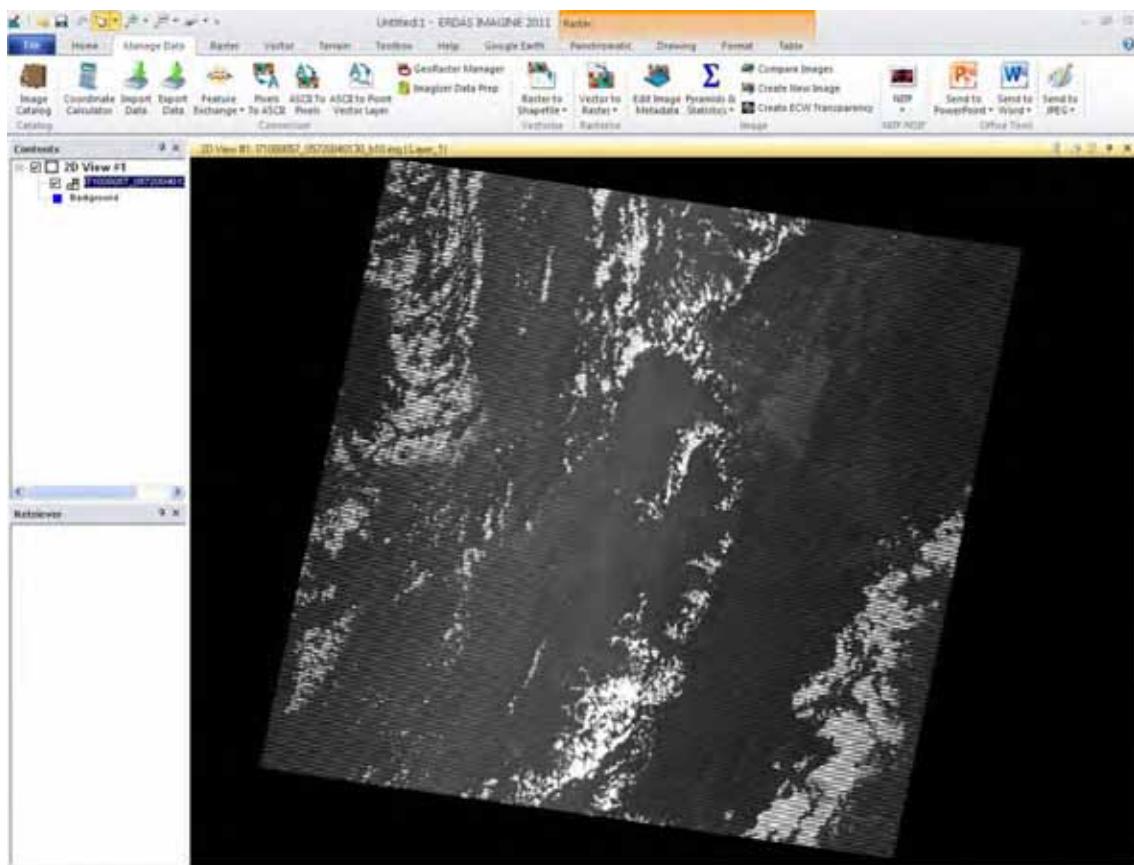
14. Una vez terminado este proceso, cierre las ventanas del paso realizado. Finalmente, despliegue y observe la imagen producto de la unión de varias bandas.



1.2 IMPORTACIÓN DE UNA IMAGEN LANDSAT EN FORMATO GEOTIF

1. De nuevo, seleccione del menú principal de ERDAS la pestaña Manage Data, en la sección conversión seleccione Import data, allí se abre la ventana Import, en formato escoja Geo TIFF en Input file ubique la carpeta donde se encuentra la primera banda de la imagen a importar. En OUTPUT FILE asigne el nombre del archivo de salida y adicionelo a su carpeta de trabajo. Oprima OK. Con esto, se abrirá una nueva ventana Import TIFF, en la que vienen por defecto reportados los datos correspondientes a filas y columnas. Acepte todos los parámetros oprimiendo el botón de OK.





2. Importe todas las bandas y únalas con la opción de **Layer Snack**, tal como se hizo en los pasos 13 y 14, del ejercicio anterior.

1.3 EXPORTACIÓN

1. Seleccione la opción **EXPORT DATA** de la sección conversión, de la pestaña **Manage Data**. En la opción **TYPE** seleccione el formato con la extensión ***.TIFF**.
2. Ubique la imagen de entrada, **xxx** y asigne el nombre para la imagen de salida. Por defecto, esta tendrá la extensión ***tiff**. Oprima **OK**. De este modo, se abrirá la ventana de **Export Data**. Revise la información de soporte. Oprima **OK**.

EJERCICIO 5: RECORTE DE UNA VENTANA DE TRABAJO

En las fases preliminares de un proyecto que involucra el procesamiento digital de imágenes satelitales, se recomienda recortar la imagen original en ventanas de trabajo. Esto posibilita ahorrar espacio en el disco duro y el tiempo de los procesos a ejecutar, si se tiene en cuenta que un producto LANDSAT TM está por encima de los 300 mega-bites de tamaño.

OBJETIVOS:

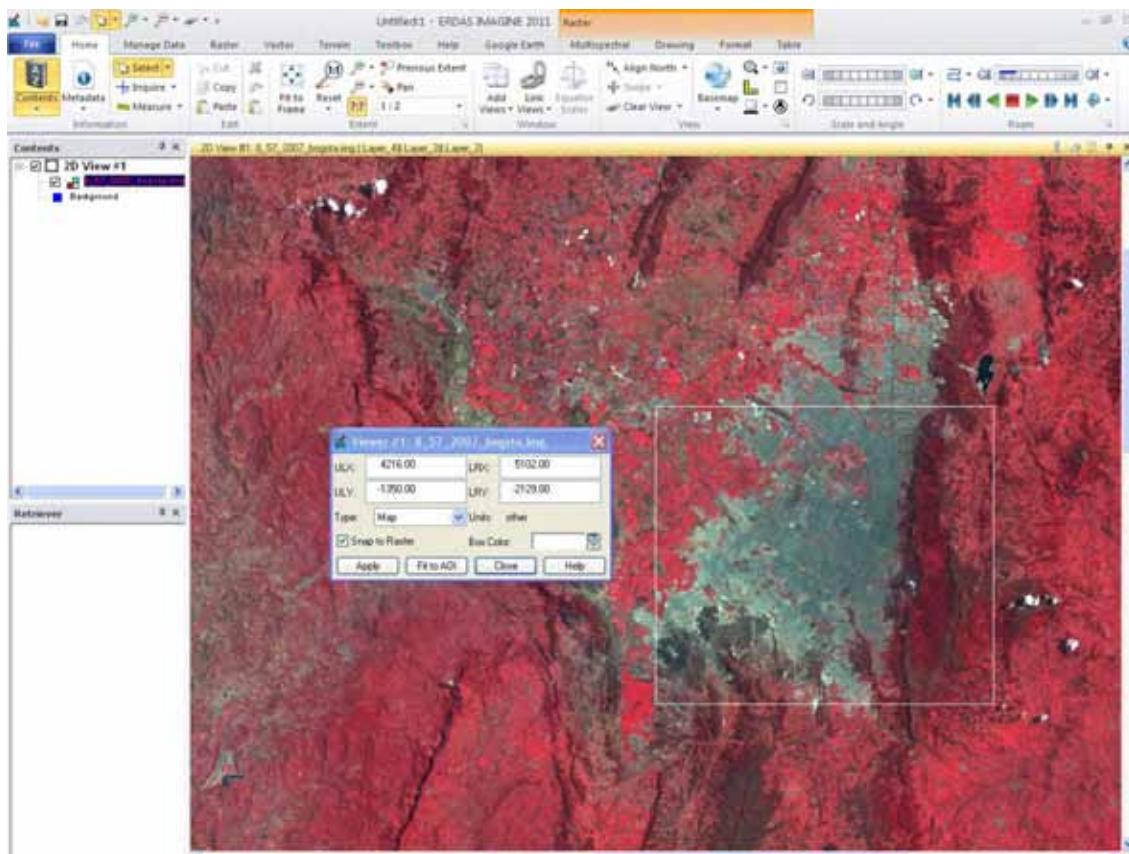
- Minimizar la cantidad de datos que se usan y almacenar por secciones sobre la base de un área geográfica específica.
- Aprender las funciones de recorte de ventanas

- Recortar varias ventanas de las imágenes descargadas.

PROCEDIMIENTO:

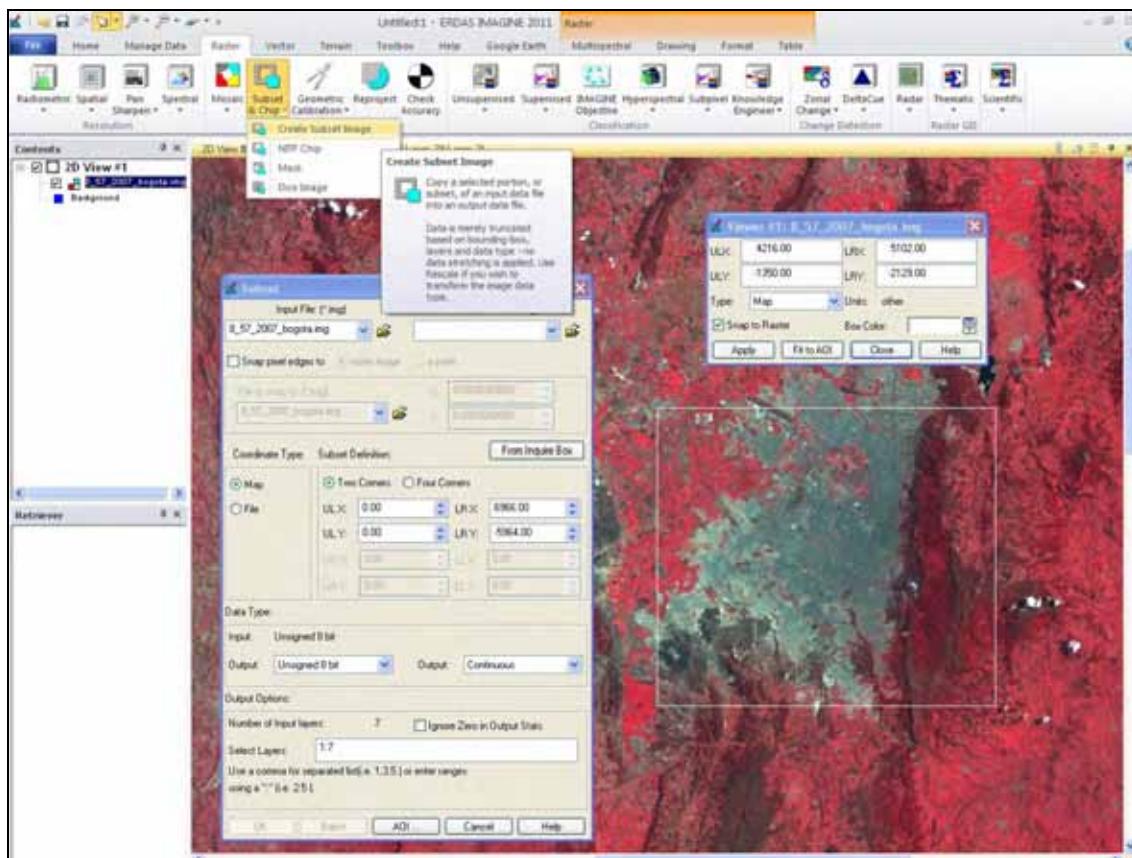
La ventana recortada debe ser representativa del área de estudio, ya que sobre esta se realizan diferentes pruebas y operaciones de mejoramiento de las imágenes y una vez seleccionadas las mejores opciones, se aplican sobre toda la escena. El recorte también es necesario cuando el área del proyecto cubre solo una porción de la imagen.

1. Para iniciar, despliegue la imagen que se importó en el ejercicio anterior. Ubique el cursor sobre la imagen desplegada y oprima el botón de la derecha para activar luego la opción **Inquire Box**. Sobre la imagen se activará un recuadro. Localice y ajuste con este recuadro el sector de la imagen de interés que ha trabajado en los ejercicios previos.



NOTA: ¡No cierre la ventana de coordenadas hasta terminar el proceso de recorte!

2. Ahora, desde el menú principal del ERDAS vaya a la pestaña **Raster**, en la sección **Geometry**, seleccione **Subset & chip** y finalmente **Create subset image**.

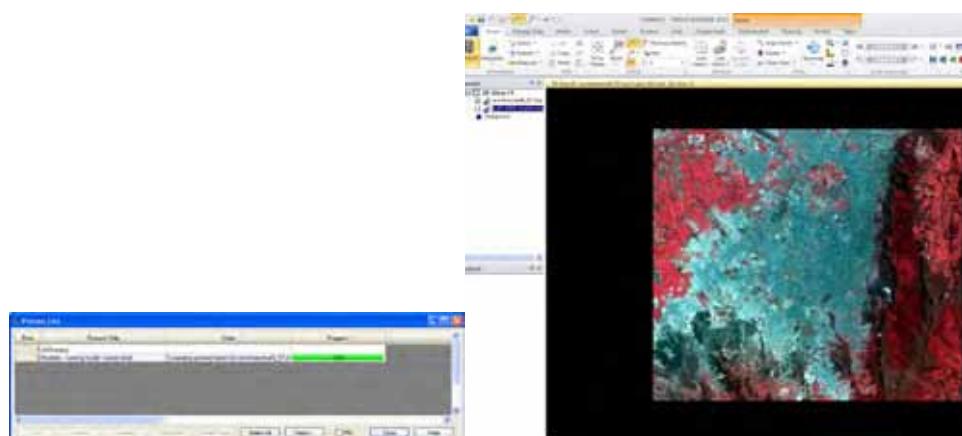


3. En la caja de texto de **Input File** a la derecha, seleccione la imagen que se utilizará para hacer el recorte, oprimiendo el ícono de archivo y en la caja de texto **Output File** digite el nombre de salida de la ventana recortada.

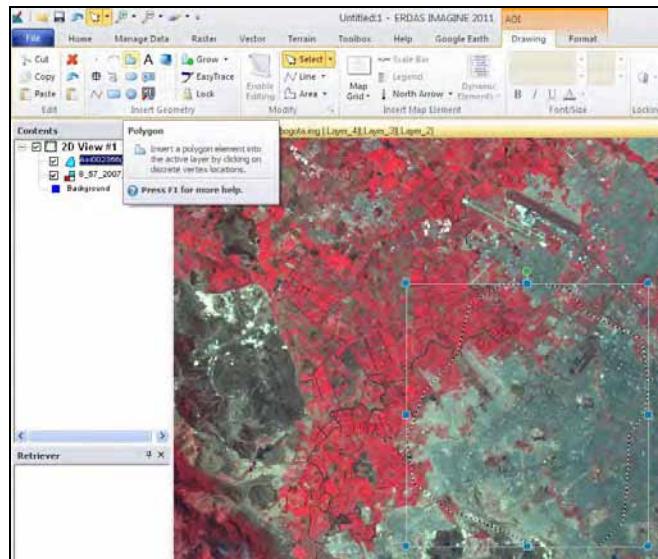
Oprima ahora el botón que dice: **From Inquire Box** ubicado en la parte superior derecha y seleccione en **Coordinate Type**: el botón de punto **Map**. Finalmente oprima **OK**.

*Nota: Si desea, con la opción de **Select Layers** puede seleccionar solo algunas bandas para incluir en la ventana de recorte.*

Luego de realizar la rutina anterior, aparecerá la ventana llamada **Modeler- running model**: subset. pmdl, indicando que el proceso ha corrido satisfactoriamente. Abra la imagen recortada y cotéjela.



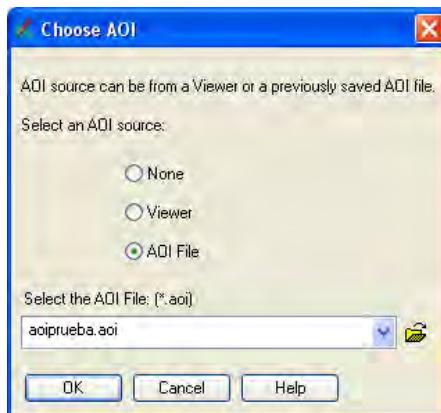
4. Ahora, a partir de la imagen inicial recorte una ventana irregular. Para esto, abra la imagen correspondiente, en el menú principal de erdas, vaya a la pestaña Drawing, allí a la sección Insert Geometry, Dentro de esta, oprima el botón  (Polygon) y desplace el cursor hacia la imagen para delimitar el área que se recortará. Dibuje un polígono irregular según su criterio, oprimiendo con el botón izquierdo del Mouse cada vez que se elija un vértice. Con un doble clic del botón izquierdo del Mouse, se concluirá dicha delimitación.



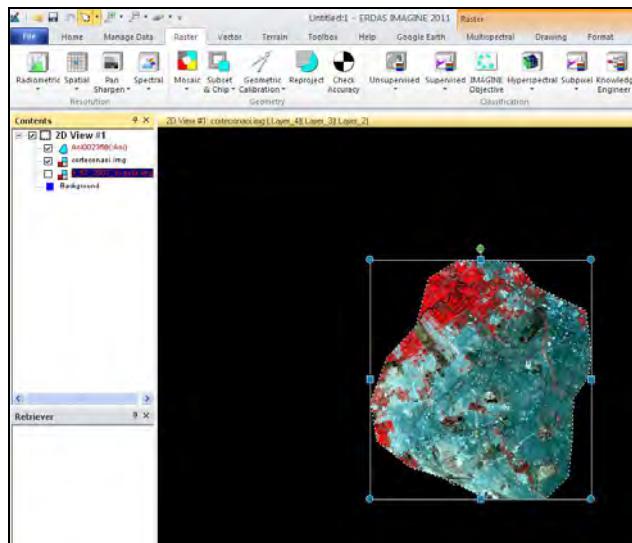
5. Salve el polígono dibujado AOI con la opción **File>Save As>AOI layer as...** asigne un nombre al archivo de salida, el que tendrá la extensión específica de AOI.
6. Luego de lo anterior, desde el menú principal del ERDAS vaya a la pestaña **Raster**, en la sección **Geometry**, seleccione **Subset & chip** y finalmente **Create subset image**. De esta manera, aparecerá la ventana de dialogo **Subset**. En **Input File** accione el icono  para abrir la imagen de la cual se hará el recorte y en la caja de texto de **Output File** escriba un nombre de salida para la ventana de recorte, luego de esto, déle Enter. Habilite ahora la viñeta de la caja de chequeo en **Ignore zero**, además de esto, oprima el botón **AOI** en la parte inferior de la ventana de **Subset**.



7. Luego del paso anterior, se abrirá la ventana auxiliar **Choose AOI**. En esta, seleccione la opción de **AOI File**, y ubique en la caja **Select The AOI File**, el archivo AOI que acabó de guardar mediante el botón . Oprima OK en esta ventana y para terminar, oprima otro OK dentro la ventana de **Subset**.



Verifique enseguida el resultado, desplegando el archivo conseguido con este proceso.



EJERCICIO 6: ESTUDIO DE UNA IMÁGEN LANDSAT TM Y COMPARACIÓN DE ESTA CON LA IMAGEN SPOT 5

OBJETIVOS:

- Visualizar una imagen LANDSAT TM y estudiar sus características.
- Identificar las diferentes coberturas terrestres en la imagen apoyándose en el análisis visual y propiedades espectrales de las coberturas.
- Comparar imágenes LANDSAT y SPOT.

MATERIALES:

Archivo de la ventana recortada de la imagen LANDSAT 5 de 1997 con 7 bandas espectrales.

Como complemento, se cita un resumen de las aplicaciones por banda de LANDSAT TM (tabla3).

Tabla 3. Bandas espectrales de LANDSAT TM y sus principales aplicaciones.

Dominio espectral	Banda	Longitud de Onda (μm)	Principal aplicación
Azul	1	0.45-0.52	Batimetría en aguas claras, diferenciación de suelos y tipos de bosques.
Verde	2	0.52-0.60	Batimetría en aguas turbias, estimación de sedimentos, vigor de vegetación.
Rojo	3	0.63-0.69	Clasificación de cultivos, color de los suelos y del follaje.
Infrarrojo Cercano	4	0.76-0.90	Estudio de biomasa, tipos de bosques, delimitación agua-suelos.
Infrarrojo medio	5	1.55-1.75	Humedad en vegetación, diferenciación nubes-nieve
Infrarrojo térmico	6	10.4-12.5	Mapeo hidro-térmico, discriminación tipos de suelo y rocas
Infrarrojo medio	7	2.08-2.35	Mapeo térmico, estrés en vegetación, diferenciación usos urbanos y no urbanos.

INSTRUCCIONES:

1. Analice las bandas de LANDSAT de manera individual y compárelas con las de la imagen SPOT.
2. Genere composiciones en falso color y verdadero color y analícelas.

- Haga al menos 2 composiciones a color similares usando los productos LANDSAT y SPOT, e indique que bandas tendría que utilizar en cada caso.

EJERCICIO 7: ELABORACIÓN DE PERFILES ESPECTRALES

El perfil espectral de una imagen satelital, facilita el análisis acerca del comportamiento espectral de las diversas coberturas presentes, en relación con las bandas del sensor. Asimismo, se hace una primera valoración sobre la posibilidad de separación espectral de las clases temáticas y la utilidad de cada banda espectral de la imagen en el proceso de clasificación supervisada.

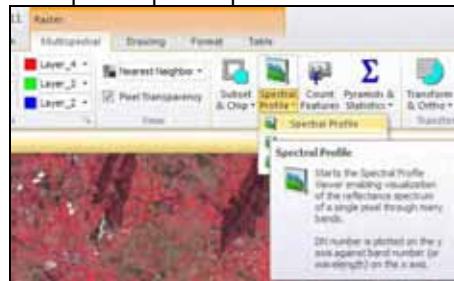
OBJETIVO:

- Generar curvas espetrales a partir de imágenes LANDSAT y SPOT.
- Estudiar de manera comparativa las curvas espetrales de varias coberturas terrestres.

PROCEDIMIENTO:

Para elaborar el perfil espectral, siga los siguientes pasos:

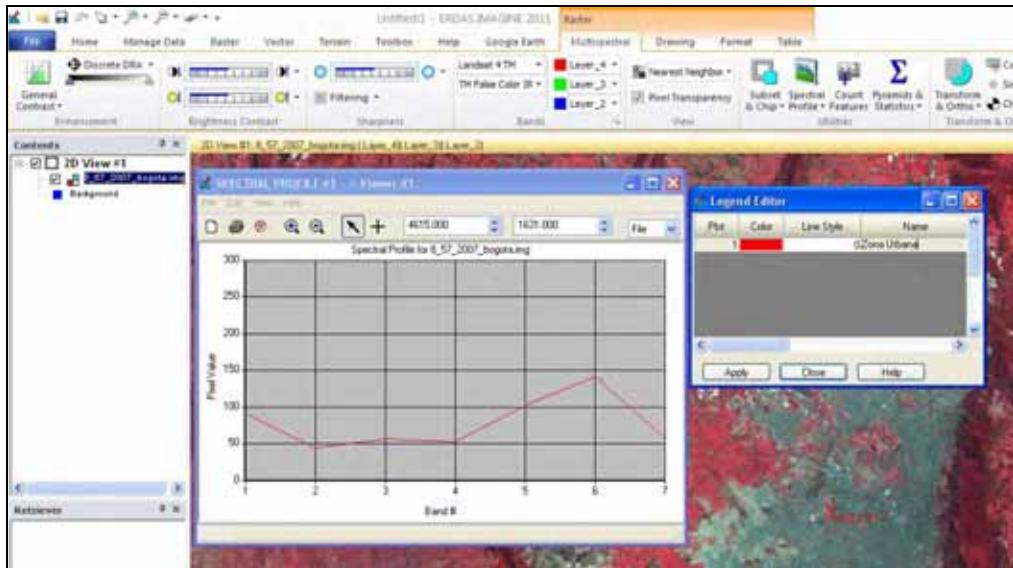
- Despliegue la imagen LANDSAT, en una composición a color, que se considere la más conveniente. Active las graficas espetrales, para ello vaya a la pestaña Multispectral, sección utilities, allí escoja dos veces la opción Spectral profile.



De esta manera, aparecerá la ventana **Spectral Profile**, en la que debe activarse el icono



- Luego de esto, seleccione sobre la imagen los puntos representativos de las diversas coberturas que desea estudiar.
- Ubíquese en el primer punto elegido, oprimiendo el botón izquierdo del Mouse, enseguida, se desplegará de manera automática la ventana de **Spectral Plot**, en la que se graficarán las curvas espetrales por punto, con un color específico por defecto.
- mediante la opción **Edit / Chart Legend** de la misma ventana, active una nueva ventana denominada **Leyend editor**. Con esta herramienta, modifique los colores y asigne el nombre a cada curva, de acuerdo con la cobertura representada. Discuta los resultados.
- Compare las curvas obtenidas con las curvas típicas discutidas en la teoría y comente a que se debe la similitud o discrepancia entre estas.



6. Responda ahora las siguientes preguntas:

- ¿Qué consideración se debe tener respecto a la banda correspondiente al azul, al analizar las curvas espectrales obtenidas a partir de una imagen?
- Con base en las curvas espectrales, determine cuales son las mejores bandas para discriminación de las siguientes coberturas:
 - a. Bosque y Cultivos
 - b. Bosque y Suelos
 - c. Suelos y Área Urbana
 - d. Agua y Bosque
 - e. Invernaderos y suelos
- ¿En cual de las bandas, los cultivos tienen mayor reflexión y en cual la menor?
- ¿En que banda se discrimina mejor la red vial y porque?
- Seleccione dos bandas que considere sean las mejores para discriminación de todas las coberturas presentes en la imagen.
- ¿Porque nuestros ojos perciben la vegetación sana y vigorosa con el color verde? ¿Cuales la curva típica para este tipo de vegetación?
- ¿Cómo la presencia de la humedad en los suelos afectará su curva espectral?
- ¿En cuales bandas se puede determinar la presencia de humedad en las coberturas?

- ¿Que factores afectan la respuesta espectral del agua? ¿Que bandas son mejores para estudiar diferentes tipos de agua?
 - ¿Porque es importante estudiar las curvas espectrales de diversas coberturas?
5. Despliegue la imagen SPOT y genere las curvas espectrales. Compare estas con las curvas generadas con la imagen LANDSAT.
 6. Investigue, analice y responda a que se debe las diferencias en las respuestas espetrales de las mismas coberturas terrestres en estos dos productos satelitales.

EJERCICIO 8: ESTUDIO DE IMÁGENES RADAR

OBJETIVO:

Conocer y comparar las imágenes radar Terrasar y RADARSAT.

MATERIALES:

PROGRAMA	NOMBRE ARCHIVO
RADARSAT	vs6radarsat_97.img radbog97s6.img radbog97s1.img radbog97f2.img
TERRASAR	tomine_terra_sep28_2007hh.img tomine_terra_sep28_2007vv.img
LANDSAT TM	bog857_14feb95utm.img

PARTE 1: Imágenes de radar del programa de RADARSAT 1 y comparación con la imagen LANDSAT TM.

Las imágenes que se utilizaran en este ejercicio, cubren la ciudad de Bogota y sus alrededores. El objeto del ejercicio, consiste en complementar el conocimiento de las imágenes de radar del programa de RADARSAT y comparar estos productos con una imagen LANDSAT TM.

PROCEDIMIENTO

Siga cuidadosamente las siguientes indicaciones:

1. Despliegue la imagen LANDSAT, correspondiente a una ventana de Bogotá y familiarícese con esta.
2. Despliegue las dos imágenes de radar, **File, Open, Raster Layer: RADBOG97S1.IMG** (imagen RADARSAT en modo estándar con 30 metros de resolución espacial y un ángulo de incidencia de 20°), **RADBOG97S6.IMG** (imagen RADARSAT en el modo estándar con 30 metros de resolución espacial y un ángulo de incidencia de 46°), y **RADBOG97F2.IMG**. (imagen de RADARSAT en modo estándar con 10 metros de resolución espacial y un ángulo de incidencia de 42°) de esta manera:
3. Compare las tres imágenes de radar respecto a la discriminación de las diversas coberturas terrestres, en relación con lo que ofrecen las imágenes LANDSAT.

4. Ahora, en las tres imágenes de radar identifique los distintos tipos de coberturas según sus características pictórico-morfológicas y resuma resultados en una tabla como la que se presenta a continuación.

Imagen	Cobertura	Tono	Patrón	Textura	Tipo de reflexión	Observaciones
S1	Urbana					
	Bosque					
	Cultivo					
	Suelo					
	Aqua					
S6	Urbana					
	Bosque					
	Cultivo					
	Suelo					
	Aqua					
F2	Urbana					
	Bosque					
	Cultivo					
	Suelo					
	Aqua					

5. Describa las características pictórico-morfológicas, de acuerdo con la tabla que define estos aspectos a continuación.

Elementos básicos	Tono: variación distinguible de gris entre el blanco y el negro Color: variación visible sobre la imagen, producida por múltiple combinación de los tres colores primarios: rojo verde y azul
Patrón espacial	Tamaño: Dimensión de objetos. Depende de la resolución espacial Forma: se relaciona con la silueta, estructura y contorno de los objetos. Permite reconocer objetos individuales. Textura: organización y frecuencia de variaciones tonales. Depende de resolución del sensor, tamaño del objeto, ángulo de toma, longitud de onda. También se puede interpretar como rugosidad. Se designa con las expresiones: gruesa, mediana, fina Patrón: arreglo espacial de tono / color de una cobertura.
Elementos complementarios	Altura: Sombra: ayuda a reconocer la altura relativa de objetos y es útil para identificación de topografía.

EJERCICIO 9: COMPARACIÓN DE DIFERENTES IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS

OBJETIVO: Habituarse y comparar las imágenes de diferentes sistemas de sensores en cuanto a su resolución espacial y espectral

MATERIALES:

SENSOR
LANDSAT TM
SPOT 5 XS
SPOT 5 PAN

Cámara digital Ultracam
IKONOS
Rapid eye
ORTOFOTOMOSAICO
Quick_bird
Aster
DMC_2
MODIS

- ❖ Despliegue cada una de las imágenes y familiarícese con estas analizando cada banda por separado. Practique diferentes combinaciones de color. Compare todas las imágenes en cuanto a resolución espacial y espectral.
- ❖ Discuta sobre la facilidad de identificar diferentes tipos de coberturas.

Para resumir los resultados de su análisis, califique la facilidad de identificación de las distintas coberturas en las imágenes en la tabla que se presenta a continuación:

Sensor / cobertura	Urbano	Bosque	Cultivo	Suelo	Agua	Observaciones
LANDSAT TM						
SPOT 5 XS						
SPOT 5 Pan						
Cámara digital						
IKONOS						
Rapideye						
ORTOFOTOMOSAICO						
Quick_bird						
Aster						
DMC_2						
MODIS						

Facilidad de identificación: 1-excelente, 2-buena, 3-regular, 4-mala, 5-no se identifica; 6-no aplica

Confirme a partir de sus observaciones la validez de la tabla a continuación y si es el caso complemente esta a partir del análisis de imágenes suministradas para el ejercicio.

Resolución Espacial	Características
1 a 5 metros	<ul style="list-style-type: none"> Permite diferenciar tipos de edificaciones (casas, forma del terreno, características de los techos) Elaboración de mapas a escala humana, o también, es posible individualizar árboles, carros, ómnibus, monumentos y calles urbanas. Identificación de áreas agrícolas menores..
10 - 15 metros	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de cuarteles de una ciudad, edificios e calles principales. Detallamiento de áreas forestales. Identificación de minerales y áreas agrícolas.
20 - 30 metros	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de regiones urbanas, aeropuertos, autopistas principales y ferroviarias. Identificación de grandes áreas forestales y agrícolas, vías hidrográficas y caracterización de cobertura del suelo. Identificaciones de lineamientos geológicos.
80 - 100 metros	<ul style="list-style-type: none"> Mapas de estructuras geológicas regionales. Mapas de grandes vías hidrográficas y extensas áreas forestales y agrícolas.

- ❖ Consulte y complementa la tabla que se presenta a continuación respecto a las características de las imágenes de los programas satelitales que se van a analizar.

LANDSAT TM		SPOT 5		IKONOS		DMC_2	
Banda	$\lambda, \mu\text{m}$	Banda			$\lambda, \mu\text{m}$	Banda	$\lambda, \mu\text{m}$
1		1				1	
2		2				2	
3		3				3	
4		4					
5		PAN		PAN			
6							
7							
R. Espacial							
R. Espectral							
R. radiométrica							
R. temporal							
Ancho faja							
Precio x km ²							

**Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica
CIAF**

**MANUAL DE PRÁCTICAS DE
PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES PARTE 2**

ELENA POSADA

**Revisión y Edición:
CAROLINA ESPEJO**

Bogotá D.C, Junio de 2012

INTRODUCCIÓN

Con el lanzamiento del primer satélite comercial LANDSAT-1 (USA) en el año 1972, la comunidad científica y el público en general se beneficiaron de las imágenes que ofrecen periódica observación y amplia perspectiva de la superficie terrestre, de sus recursos, de los rasgos de actividades humanas y de sus impactos. Desde entonces, las imágenes satelitales se han convertidos en una fuente valiosa información para numerosas aplicaciones, así como: el inventario de recursos naturales, planificación urbana y rural, monitoreo y gestión del medio ambiente, agricultura, infraestructuras, obras civiles, exploraciones mineras, respuestas rápidas a desastres y operaciones militares, entre muchas otras.

El valor práctico de las imágenes y la multiplicidad de aplicaciones, continúan aumentando a medida que se lanzan más satélites con los sensores de nueva generación. Las imágenes satelitales proveen altos volúmenes de datos en formato digital y pueden ser alternativas y complementos a la fotografía aérea, ya que dado a su resolución espacial, espectral y temporal sirven para producir los mapas de alta calidad y de manera eficiente. Actualmente alrededor de 30 programas satelitales de diferentes países se encuentran en órbitas espaciales, brindando las imágenes y los datos de sistemas óptico-electrónicas y de radar en el rango visible, infrarrojo y de microondas. La resolución espacial se aumentó de 80 metros a 60 centímetros; la resolución espectral pasó de 4 bandas a 220 bandas; la resolución temporal se ha incrementado hasta 1 día. El precio de imágenes de satélite es variado; las imágenes de alta resolución espacial son todavía muy costosas (IKONOS, QUICKBIRD, SPOT 5); las imágenes de mediana resolución (ASTER y LANDSAT) son de bajo costo e inclusive se puede descargarlas gratuitamente desde las páginas especializadas de la WEB. Igualmente, existen los datos gratuitos de sensores de baja resolución espacial con periodicidad diaria (MODIS y NOAA-AVHRR).

Como consecuencia de aumento en la oferta de datos satelitales, se ha generado la necesidad de desarrollar nuevos medios y métodos para el procesamiento, análisis y utilización de la información, que se asocian a tareas de investigación y desarrollo y a la formación de recursos humanos calificados¹. El Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (CIAF) del IGAC ha jugado un papel importante para impulsar la utilización de imágenes satelitales para múltiples aplicaciones ambientales, a nivel nacional e internacional por más de 20 años. Por consiguiente, su uso en Colombia presenta índices de crecimiento, que está en gran medida asociado a una concientización nacional de la necesidad e importancia de monitoreo continuo del medio ambiente y estudio de los recursos naturales. Con premisa en lo anterior, es apropiado de mencionar la expresión del investigador argentino A. Brizuela: "Yo creo que para apostar al desarrollo productivo de la provincia, de la región y del país, hay que partir de la necesidad de contar con una buena logística que nos permita saber cuál es nuestra situación actual, cuáles son nuestros recursos naturales, con cuáles podemos contar, dónde están, de qué calidad son y en qué cantidad se encuentran. En función de esos datos, se puede realizar una planificación estratégica que posibilite conducir eficientemente la toma de decisiones. En este sentido, las imágenes satelitales se presentan como una herramienta de primer orden^{2**}.

¹ Informe de cooperación internacional para la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos: actividades de los Estados Miembros

² www.citytpp.org.ar/prudkin07.pdf

PARTE I: INTRODUCCIÓN A PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES SATELITALES.

Para utilizar los datos de la superficie terrestre obtenidos con Sensores Remotos se procede a la interpretación y análisis de imágenes, que consiste en extraer información útil a partir de los datos recolectados, e involucra la identificación y/o medida de objetos observables en las imágenes satelitales. Estos objetos puede tener cualquier forma, sean de tipo puntual, lineal o de área, por ejemplo, la identificación de aeronaves en pistas aéreas, vías en una zona urbana o grandes cuerpos de agua como lagos, todo ello, debe tener en cuenta como principal característica que deben ser distinguible en la imagen, es decir, que contraste con respecto a los otros objetos de su alrededor (CCRS, 2003).

La interpretación y análisis de imágenes puede ser definido como “*técnica de examinar las imágenes con el fin de identificar los objetos y extraer información*”. El análisis de imágenes estudia los datos de sensores remotos e intenta a través de procesos lógicos la detección, identificación, clasificación medición y evaluación de la información de los objetos naturales y culturales, así como sus relaciones y patrones espaciales (GIS Developmet, 2007).

Existen dos métodos para llevar a cabo esta interpretación y análisis de imágenes, a través de un proceso manual o visual, en el cual una persona realiza la extracción de información directa sobre una imagen ploteada o impresa, y es independiente del tipo de sensor que la capturó, en este caso, se dice que los datos tienen un formato análogo. Sin embargo, generalmente los datos de sensores remotos son almacenados en un formato digital, como una matriz de píxeles, en el que cada píxel representa un nivel numérico o de brillo en la imagen.

La interpretación visual también se realiza a través del despliegue de las imágenes digitales en una pantalla de computador, estos datos pueden ser visualizados en una escala de grises (imagen monocromática) o como una imagen a color por la combinación de tres de sus bandas.

Gracias a la disposición de los datos de forma digital y un sistema computacional es posible llevar a cabo un procesamiento digital de imágenes, cuyo fin es mejorar los datos antes de realizar una interpretación visual o la extracción de información asistida por computador o automática, sin embargo, no debe considerarse que este método reemplaza totalmente las tareas del intérprete si no la complementa y asiste al análisis humano (CCRS).

VENTAJAS DE LOS MÉTODOS DE INTERPRETACIÓN VISUAL Y DIGITAL

La interpretación visual tiene sus orígenes con el nacimiento de la fotografía aérea, mientras que el procesamiento digital de imágenes tiene un origen más reciente con la disponibilidad de almacenamiento digital de imágenes de sensores remotos y con el desarrollo del computador. Cada método tiene sus ventajas y limitantes, entre las que se destacan (CCRS, 2003; Chuvieco, 2002):

- Generalmente la interpretación visual requiere equipos menos especializados, frente a un procesamiento digital de imágenes con equipos algo más avanzados y costosos.
- La interpretación visual frecuentemente se limita al análisis de un sólo canal de datos o una imagen en el tiempo, debido a la dificultad de la interpretación continua de múltiples imágenes. En los ambientes informáticos es más amigable el manejo de estas imágenes complejas compuestas por varias bandas y de diferentes fechas. En este sentido, el procesamiento digital es útil en el análisis simultáneo de muchas bandas espectrales y multi-temporales, logrando procesar un gran conjunto de datos de forma más rápida, frente si se haría con una interpretación de datos análogos.
- La interpretación visual es un proceso subjetivo, lo que significa que los resultados varían de acuerdo a los trabajos realizados por diferentes interpretes, en el caso del análisis digital como se basa en la manipulación de números en un computador, los resultados de los procesos pueden ser algo más objetivos. Sin embargo, en el proceso de validación y exactitud de estas salidas se muestra que los resultados son más coherentes y precisos sobre todo en las clases heterogéneas para el método de interpretación visual, que los logrados por el método digital.
- En la interpretación visual es posible incorporar variables visuales en la identificación de objetos como la forma, tamaño, textura, contexto espacial, entre otras y que aún sigue siendo complejas de determinar en el método de procesamiento digital de imágenes.
- La restitución en la interpretación manual era inicialmente compleja a través de grandes restituidores, con la interpretación digital es posible llevar a cabo este proceso de corrección geométrica de forma sencilla y rápida. De otro lado, para la interpretación manual es necesario realizar la conversión de los datos digitales a análogos, mientras que la interpretación digital es posible trabajar con los datos originales, también es necesario en la interpretación manual requiera de digitalización para conectarse a un SIG, mientras que la digital permite realizar la conexión casi inmediata a través de la conversión de formatos raster – vector.

Es importante nuevamente resaltar que tanto la interpretación visual como el procesamiento digital de imágenes de satélite no son mutuamente excluyentes. Ambos métodos son igual de relevantes y en la mayoría de los casos, es preferible la integración de ambos en el análisis e interpretación de imágenes. De hecho la decisión definitiva de la utilidad y la pertinencia de la información extraída al final de cada proceso del análisis, todavía debe ser realizada por seres humanos.

PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE

El procesamiento digital es el conjunto de métodos y técnicas orientado a manipulación y análisis cualitativo y cuantitativo de las imágenes digitales, su corrección, mejoramiento, transformación y/o clasificación temática con el fin de generar información útil sobre objetos, áreas y fenómenos, sin estar en contacto con ellos, y con el fin de mejorar conocimiento sobre los recursos naturales de la tierra y medio ambiente (Posada, 2008; Gis Development, 2007; CCRS, 2003).

Normalmente toda interpretación y análisis de imágenes involucra algún proceso digital, incluyendo la importación, exportación y corrección de datos, mejoras y realces para facilitar una mejor interpretación visual, o algún tipo de clasificación automática de algunas clases de interés complemento desde un computador. Para llevar a cabo un procesamiento digital de imágenes de sensores remotos, es necesario que los datos deben estar almacenados y disponibles en

formato digital en algún dispositivo de almacenamiento, y obviamente, tener disponible un sistema computacional, algunas veces referido como **sistema de análisis de imágenes**, con el hardware y software apropiado para el procesamiento de los datos, adicionalmente, se debe tener en cuenta la experiencia profesional en el campo de la aplicación temática y el dominio de ese ambiente computacional, también se requiere conocimientos de estadística, matemáticas y algunas veces lenguajes de programación. En el mercado hay disponible varias soluciones de software tanto libres como privativos para llevar a cabo el análisis y procesamiento digital de imágenes, entre estos encontramos ERDAS Imagine de Leica Geosystems, ILWIS Open del ITC de Holanda, GRASS GIS mantenido principalmente por la Universidad de Baylor y la comunidad de usuarios de software libre, ENVI de ITT Visual Information Solutions, SPRING del INPE de Brasil, IDRISI de la Universidad de Clark, Geomatica de PCI Geomatics, SAGA GIS mantenido principalmente por la Universidad de Göettingen y la comunidad de usuarios de software libre, entre otros muchos, que examinaremos con más detalle en una próxima lección del curso virtual. Los datos recibidos en forma de imagen y capturadas por los sensores remotos desde las plataformas satelitales, normalmente contienen fallas y deficiencias. Para llevar a cabo una corrección de estas, con el fin de obtener los datos originales, es necesario seguir varias etapas o fases de procesamiento. Estas etapas varían de una imagen a otra dependiendo del formato, condiciones iniciales de la imagen, la información de interés y composición de la escena de la imagen. El procesamiento digital de imágenes incluye una amplia gama de procedimientos, los cuales se puede asociar o categorizar dentro las cuatro etapas o fases siguientes (CCRS, 2003; Posada, 2008):

- Preprocesamiento
- Mejoras y realces
- Transformaciones
- Clasificación y análisis

El diagrama a continuación ilustra los procedimientos a seguir asociados a las cuatro etapas del procesamiento y análisis digital de imágenes de teledetección.

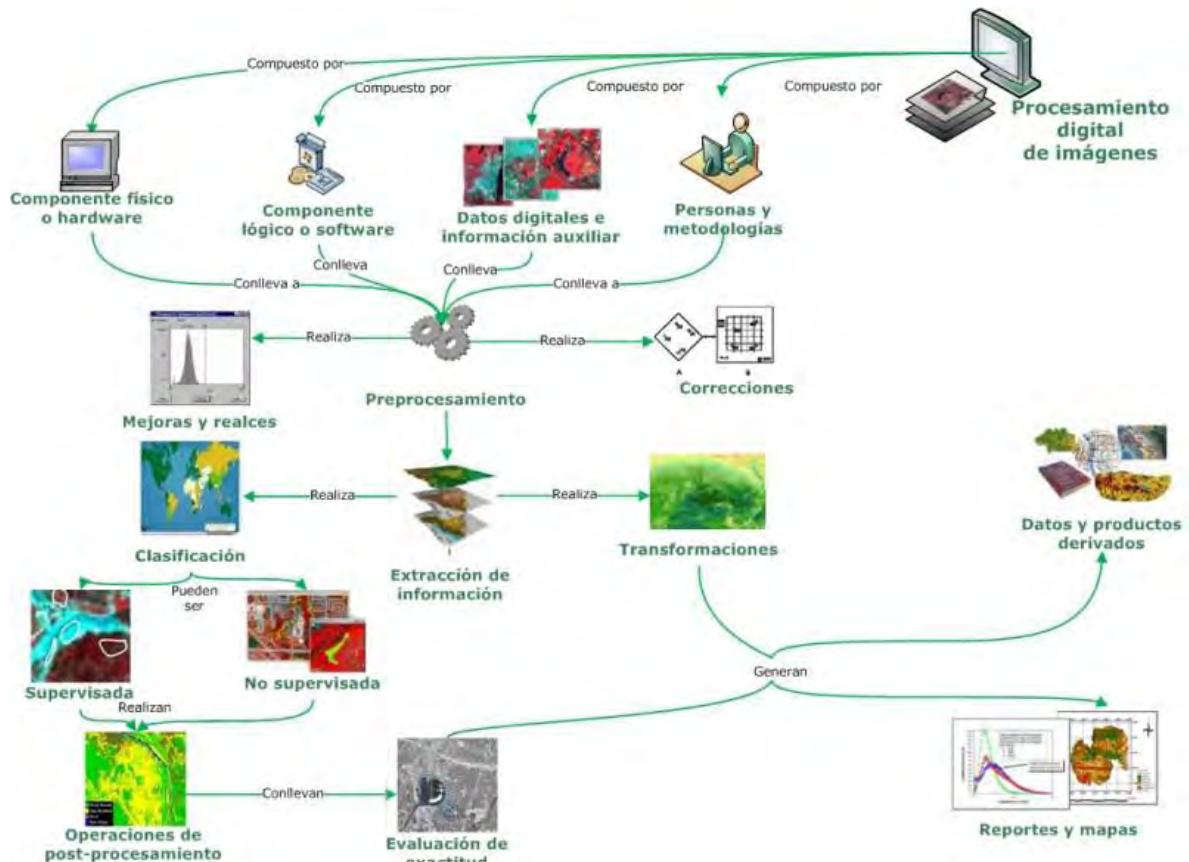


Figura 1: Procedimientos del procesamiento y análisis digital de imágenes

IMAGEN DIGITAL

De forma generalizada, se define a una imagen digital como un arreglo de números que representan una distribución espacial de ciertos parámetros de campos, como la reflexión de energía electromagnética, emisión, temperatura, o alguna variable de elevación topográfica o geofísica (GIS Development, 2007).

Una imagen digital está conformada por elementos pictóricos discretos denominados **píxeles** organizados en filas y columnas. Cada píxel tiene asociado un número denominado como **Nivel Digital (ND)**, el cual representa la intensidad o brillo promedio de una área mínima relativa dentro de la **escena**, generalmente, el rango de niveles digitales va de 0 a 255. El tamaño de esta área mínima afecta considerablemente la captura de detalles terrestres dentro de la escena, si se reduce el tamaño de píxel se preservaran mejor estos detalles terrestres en la imagen.

CARACTERÍSTICAS DE UNA IMAGEN DIGITAL

Las imágenes poseen de unas propiedades o características específicas en cuanto a su capacidad de registrar y discriminar la información de detalle. Se denominan como la resolución de imágenes o también del sensor, y se divide en 4 tipos: espacial,pectral, radiométrica y temporal (Chuvieco, 2002; Posada, 2008).

Resolución Espacial

Se define por el elemento más pequeño que puede ser discriminado en una imagen. Se mide mediante el **Campo de Visión Instantáneo (IFOV)** de un sensor ópticoelectrónico, o en la

práctica, mediante distancia del terreno que corresponde a ese ángulo y que corresponde a mínima unidad de información incluida en la imagen o píxel. Menor sea el tamaño del píxel, mayor resolución posee la imagen y mayor nivel de detalle es posible extraer de la misma. Sin embargo, si las áreas de interés son muy heterogéneas, como por ejemplo áreas urbanas, se ha comprobado que mayor resolución espacial afecta negativamente la clasificación digital. Igualmente, cabe mencionar que el umbral para discriminación de los objetos en una imagen es 4 veces mayor que el tamaño de un píxel (Jensen, 1986 y citado por Posada, 2008).

La resolución espacial de las imágenes de sensores remotos aplicados a estudios de recursos naturales varía de 1m de hasta 1 km. En Colombia los más utilizados son las imágenes de programas LANDSAT, con resolución espacial de 30 y 15 metros; y las imágenes de programa SPOT de 20 y 10 metros de resolución. Recientemente han entrado al mercado las imágenes del programa espacial IKONOS, con resolución espacial que varía de 1 a 4 mts y QuickBird con resolución que varía de 0.6 mts a 2.4 mts. Es una excelente alternativa, sin embargo es muy costosa y requiere de estudios cuidadosos sobre su aplicabilidad real, así como de generación de los nuevos enfoques metodológicos de procesamiento digital a causa de su alta resolución espacial. También están disponibles, desde hace poco tiempo, las imágenes del satélite Indio – IRIS con resolución de 6 metros (Posada, 2008).

Resolución Espectral

Indica el ancho y número de las bandas espectrales que posee una imagen. Una imagen multiespectral se caracteriza por ser más idónea si cuenta con mayor numero de bandas, ya que facilita la caracterizaciónpectral de los distintos objetos de la tierra. A la vez es conveniente que estas bandas sean estrechas, ya que las bandas muy amplias registran un valor promedio, que puede encubrir la diferenciación espectral entre los objetos de interés.

La elección del numero, anchura y localización de las bandas depende de objetivos del estudio. Por ejemplo, para el estudio de la vegetación es recomendable contar con las bandas del rango del espectro visible, infrarrojo cercano y medio; para estudio de calidad de las aguas es importante contar con las bandas azul, verde y rojo. La menor resolución espectral posee las imágenes de radar, cuentan con una sola banda y son monoespectrales. Las imágenes óptico-electrónicas cuentan con un amplio rango de bandas espectrales en función del programa espacial. Existen programas, como HRIS (*High Resolution Imaging Spectrometer*) con 196 canales espectrales, (Chuvieco, 2002). Los comunes para Colombia son las imágenes LANDSAT-TM con 7 bandas espectrales hasta el programa LANDSAT-5 y 8 bandas para LANDSAT-7. Siguen las imágenes SPOT, con 3 bandas en el programa SPOT-3 y 4 bandas para SPOT-4. Las imágenes IKONOS y QuickBird cuentan con 4 bandas espectrales (Posada, 2008).

Resolución Radiométrica

Representa la capacidad del sensor para detectar las variaciones en la radiación espectral que recibe. El rango con que se codifica la radiación varia para distintos sensores, sin embargo, los de 256 niveles de codificación o 8 bits son las comunes en el mercado actual de las imágenes de sensores óptico-electrónicos, así como LANDSAT y SPOT. Las imágenes de IKONOS son de 11 bits o 2048 niveles radiométricos. La mayor precisión radiométrica conlleva en teoría a mayor precisión. Sin embargo, según Chuvieco, algunos autores han demostrado que el aumento de 64 a 256 niveles no implica una mejora significativa en la clasificación de cubiertas vegetales. Igualmente se puede mencionar el caso de radar, que con una resolución radiometrica de 16 bits 65536 niveles de codificación, de ninguna manera podrá superar una imagen multiespectral de 256 niveles en cuanto a discriminación y clasificación de objetos terrestres (Chuvieco, 2002; Posada, 2008; CCRS, 2003).

Resolución Temporal

Es la frecuencia con la que se adquieren las imágenes de la misma porción terrestre y la cual depende de la altura, velocidad y inclinación de la plataforma, así como del ángulo de observación. Las imágenes de LANDSAT se puede obtener, teóricamente, cada 16 días y de SPOT cada 26 días. Sin embargo, obtención de las imágenes ópticoelectrónicas para mayoría de las regiones de Colombia y específicamente en el área del Pacífico se dificulta debido a las condiciones atmosféricas adversas y alta nubosidad durante casi todo año.

Cuando estudian las imágenes en cuanto a su calidad, las 4 resoluciones mencionadas se debe analizar en su conjunto y la selección de una imagen apropiada depende de los objetivos predeterminados por el estudio. Así para algunos estudios puede predominar la riqueza espectral y radiométrica de las imágenes, caso de estudios de vegetación. Para otros, la resolución temporal es más importante, caso de estudio de las áreas urbanas; o en el caso de alguna catástrofe natural, es necesario de contar con las imágenes de muy corta periodicidad.

SOPORTES Y FORMATOS DE LAS IMÁGENES DIGITALES

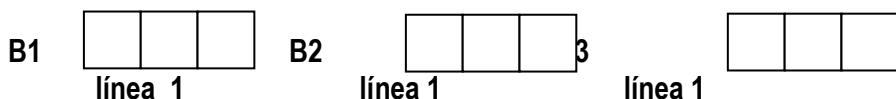
El primer paso para procesamiento digital es la introducción de las imágenes al ambiente computacional. Esta operación se diferencia en base de los tipos de formatos y soportes de las imágenes. El soporte más utilizado actualmente son los discos ópticos o DVD/CD-ROMs, es el dispositivo barato y muy accesible, idóneo para almacenar grandes volúmenes de datos. También existen otros tipos de dispositivos, como: cintas compatibles con computador (CCT), cartuchos de Exabyte de alta y/o baja densidad. Actualmente con el gran avance del Internet es común descargar las imágenes directamente de servidores Web que ofrecen las imágenes de forma gratuita o con pago.

Aunque aún no se ha producido un estándar a nivel mundial para la transferencia y almacenamiento de datos de sensores remotos, a pesar del trabajo realizado por la **CEOS - Committee on Earth Observation Satellites** (GIS Development, 2007). Para facilitar el intercambio e interoperabilidad de datos digitales de sensores remotos, generalmente estos son almacenados de acuerdo tres formatos comunes usados, para organizar datos de imágenes: bandas intercaladas por línea (BIL), bandas secuenciales (BSQ), y bandas intercaladas por píxeles (BIP). Las imágenes digitales se organizan en ficheros, normalmente cada imagen incluye un fichero de cabecera, en donde se guarda la información básica de la imagen, así como: el formato de grabación, tipo de sensor, localización geográfica de la escena, día, elevación y azimut solar y el tipo de correcciones aplicadas por la estación receptora (Posada, 2008).

Los formatos de grabación indican la organización lógica de los ND de la imagen y la codificación aplicada. Como se había enunciado anteriormente, los ND de una imagen se graban en código binario (un bit, 0 y 1), y la mayor parte de sensores emplea grupos de 8 bits para almacenar el ND correspondiente a cada píxel, con 256 posibles valores. Este es también el rango admitido por la mayoría de los equipos de procesamiento digital. Las imágenes de radar se codifican con 16 bits o 65.536 niveles, y para su visualización, a veces se requiere de previa compresión (Posada, 2008).

Formato BIL (Band interleaved by line): Los datos se organizan por líneas, intercalando sucesivamente una línea de píxeles por cada banda. Por cada línea se codifica consecutivamente los ND de la totalidad de las bandas presentes en la imagen, antes de comenzar la línea siguiente. Ejemplo: línea 1 - banda 1, línea 1- banda 2, línea 3 - banda 3; 2 banda – 1, linea2 – banda 2 , etc..... Es un formato común para imágenes SPOT y a veces

también utilizado para grabar los datos LANDSAT. Es práctico si todas las bandas van a ser usadas en el análisis y agiliza lectura de sub-escenas de la imagen. Si algunas bandas no son de interés el formato es ineficiente por cuanto es inevitable leer serialmente datos innecesarios.



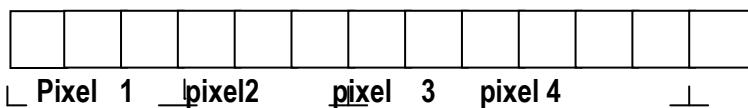
Formato BSQ (Band Secuencial): Los datos se organizan por bandas, los ND de cada banda se graban uno a continuación del otro hasta completar la escena. Este formato se considera bien estructurado, aunque es un poco lento para desplegar sub-escenas. Los ND de la imagen son grabados almacenando primero todos los datos de la banda 1, luego de la banda 2 y así sucesivamente. Este formato es muy común para imágenes LANDSAT.

Banda 1..... Banda 2... Banda 3.....



Formato BIP (Band interleaved by Pixel): Los datos numéricos de la imagen son grabados intercalando sucesivamente un píxel por cada banda. Por ejemplo, tras de ND del píxel de la línea 1, columna 1, banda 1, aparece el correspondiente a la línea 1, columna, banda 2 y así sucesivamente. Este formato es poco utilizado en la actualidad, aunque se considera práctico para agilizar despliegue de las sub-ventanas de una imagen.

B1 B2 B3 B1 B2 B3 B1 B2 B3 B1 B2 B3 B1



Cabe resaltar que los formatos anteriores son considerados los más comunes para el intercambio de datos, sin embargo, cada software de procesamiento digital de imágenes exige la conversión a formatos propios para implementar muchas de las funcionalidades de tratamiento digital de imágenes, por ejemplo, ERDAS Imagine de Leica Geosystems trabaja con el formato HFA (*Hierarchical File Format*) cuya extensión de archivos se conoce como *.img, en el caso del software de Geomatica de PCI Geomatics implementa el formato denominado PCIDSK (*PCI Geomatics Data-base File Format*) cuya extensión se conoce como *.pix. Estos formatos generalmente se consideran como propietarios y muchas veces cerrados, sin embargo, también suele tener una gran aceptación por los usuarios formatos abiertos como el caso del GeoTIFF, diseñado inicialmente por la NASA, y lo que básicamente implementa un estándar de metadatos de dominio público que permite que información georreferenciada sea encajada en un archivo de imagen de formato TIFF.

EJERCICIO 1: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA IMAGEN

Análisis estadístico unibanda

Este tipo de análisis estadístico es básico y aplicado a una banda por separado, permitiendo obtener una descripción de la tendencia central y dispersión de los niveles digitales de la imagen, tales como valores mínimo y máximo, rango, media aritmética, moda, mediana, varianza,

desviación estándar, histogramas y el comportamiento espectral de la cobertura terrestre en las bandas en particular. Estas medidas nos permiten valorar información radiométrica de una imagen, así como la comparación con respecto a las otras bandas y tener una idea sobre el nivel de su calidad, heterogeneidad y separabilidad.

El histograma describe la distribución de los ND de los píxeles o la distribución de frecuencias (número de repeticiones de un ND) a través de una representación gráfica o en forma de tabla. El rango del histograma depende de la resolución radiométrica, para el caso de imágenes de 1 byte o 8 bits, su rango posible es de 0 a 255. En otras palabras, el histograma indica el número de píxeles presentes por cada valor del rango o contiene las frecuencias de los ND en la imagen (Kerle et al., 2004).

El histograma nos permite valorar la naturaleza de los datos, su forma de distribución, el número de posibles clases temáticas, la separabilidad espectral, así como la calidad y contraste de una imagen. Por ejemplo, una imagen con un pobre contraste visual presenta un histograma muy estrecho y una imagen contrastada un histograma ancho.

Los diversos picos y valles en un histograma multimodal pueden suministrar alguna información de los diferentes tipos de cobertura dominantes en la imagen. El desplazamiento del origen del histograma nos indica presencia del efecto de dispersión atmosférica (Chuvieco, 2002; Posada, 2008).

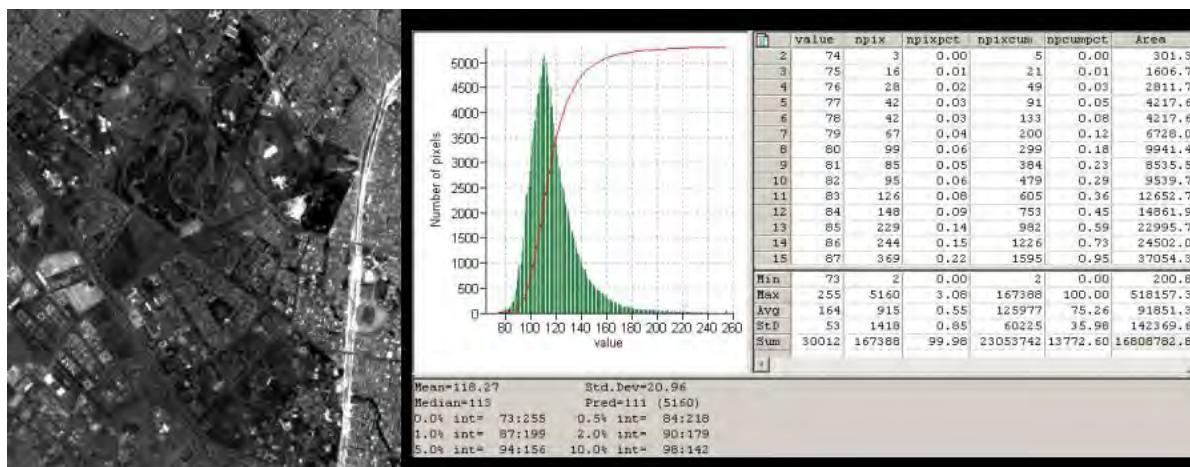


Figura 2 : Histograma imagen de satélite.

Medidas de tendencia central

Estos tipos de medidas permiten identificar y ubicar el ND al cual tiende agruparse los Niveles Digitales (valor central). Cuando se aplica a poblaciones, se les denominan parámetros o valores estadísticos de la población. Las principales medidas utilizadas para ubicar el ND central son la media aritmética, la mediana y la moda.

• Media aritmética

Es la medida de tendencia central más utilizada y sencilla de calcular, debido al manejo algebraico. La media aritmética representa el valor medio, alrededor del cual se agrupa resto de los valores radiométricos de una banda. La media se analiza en el conjunto con los valores mínimos y máximos y la desviación estándar, lo que permite conocer el comportamiento radiométrico de la imagen, su grado de homogeneidad y de dispersión.

La principal desventaja de la media aritmética, está en la sensibilidad a cambios de los valores o valores extremos. Adicionalmente a la media aritmética, existen otras medidas como la media geométrica, la media ponderada, la media cuadrática, entre otras.

• Mediana

Corresponde al valor del ND intermedio cuando todos los elementos se ordenan en una lista de menor a mayor o de mayor a menor. Se tiene que el 50% de las observaciones se encuentran por arriba de la mediana del ND y 50% por debajo de ella.

Para el cálculo de la mediana, debe considerarse que las imágenes que cuenten con un número total de píxeles impar, la mediana dará como resultado la posición intermedia de la serie ordenada, mientras que para un número total de píxeles par, se debe promediar los dos valores de las posiciones centrales.

- **Moda**

ND que presenta mayor frecuencia en una imagen. Algunas veces es posible que se presente dos valores con mayor frecuencia, por lo que se denomina *bimodal*, otras veces con más de dos valores, lo que se conoce como *multimodal*.

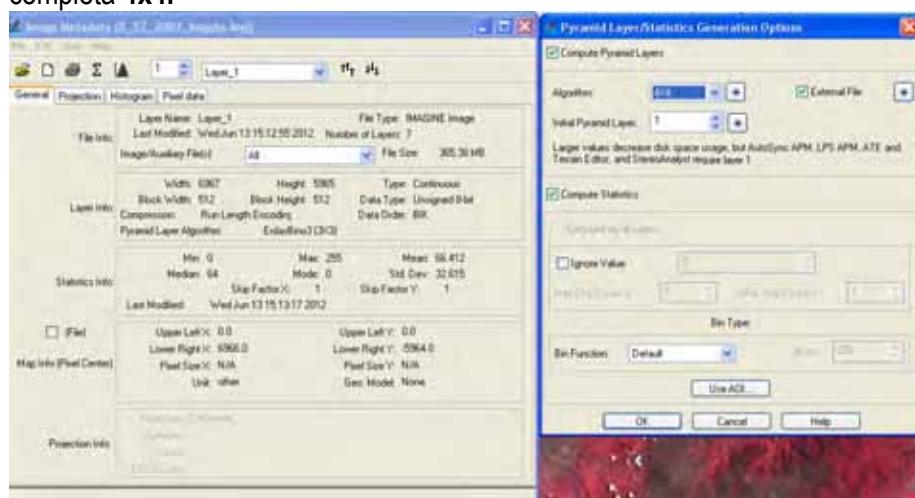
Medidas de dispersión

Estas medidas permiten identificar cuantos se dispersan los ND alrededor del ND central, en otras palabras, permiten conocer como los valores de los datos se reparten a través del rango radiométrico de la imagen, tomando como referencia el ND central.

- **Desviación estándar o típica**

La desviación estándar permite determinar el promedio aritmético o fluctuaciones de los datos respecto a su punto central o media. Si los valores tienden a concentrarse alrededor de la media - la desviación estándar es pequeña, si los valores tienden a distribuirse lejos de la media - la desviación estándar es grande.

1. Despliegue la ventana de la imagen LANDSAT TM en una combinación a color; la cual van a procesar y producir el mapa de cobertura y uso de la tierra.
2. Familiarizase con la estructura interna de la imagen. Para esto, desde la pestaña home seleccionar **Metadata** y analice con detención la información contenida en la ventana desplegada de **Image Metadata**. Observe si **Pirámide_layer = Present** (función que optimiza el despliegue de la imagen). Si está ausente se debe calcularla mediante siguiente procedimiento: **EDIT > Compute Pirámide Layers > Activar la opción Compute pirámide layers > Algorithm 2X2** para ventanas recortadas y para la escena completa **4x4**.

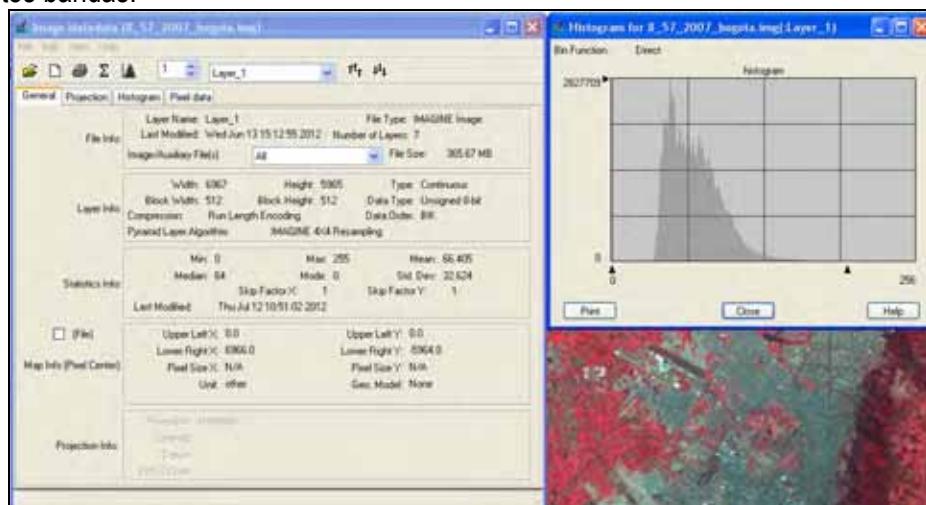


3. Observe las estadísticas e histogramas de esta imagen y interprete su significado. Abra la aplicación de **EXCEL** y trasciba la información estadística para todas las 7 bandas. Concluya respecto a la posibilidad de reconocer los diferentes tipos de coberturas en

cada banda individual. Responda, según análisis de histogramas, que banda o bandas son mejores para diferenciar mayor número de coberturas terrestres y porque.

Bandas	Media	D. Estándar	Min	Max
B1				
B2				
B3				
B4				
B5				
B6				
B7				

4. Desde la misma ventana active **View / Histogram** o el botón ; se desplegará el histograma de la primera banda; El ancho del histograma, la forma y el desplazamiento del origen, indican sobre los contrastes de la imagen, la facilidad de separar múltiples coberturas, y problemas de dispersión atmosférica. Modifique el número de la banda con la opción ubicada a la derecha del ícono y analice los histogramas de las restantes bandas.



EJERCICIO 2: CÁLCULO DEL FACTOR DEL ÍNDICE ÓPTIMO

Es un valor estadístico que puede ser usado para seleccionar la combinación a color óptima de tres bandas de una imagen satelital. El cálculo de OIF se realiza sobre todas las posibles combinaciones de la imagen, y se basa en la selección de las bandas que conserven la mayor información espectral (mayores covarianzas entre bandas) y la menor duplicidad de información (menores correlaciones entre bandas), matemáticamente se expresa por la siguiente ecuación (Kerle et al, 2004):

$$\text{OIF} = \frac{\text{Suma de desviación estándar de 3 bandas individuales}}{\text{Suma de coeficiente de correlación para 3 bandas}}$$

Suma de coeficiente de correlación para 3 bandas

El mayor valor de OIF corresponde a la combinación de bandas con menor correlación entre ellas y con mayor desviación estándar para cada banda indicando la mayor posibilidad de discriminación de coberturas estudiadas.

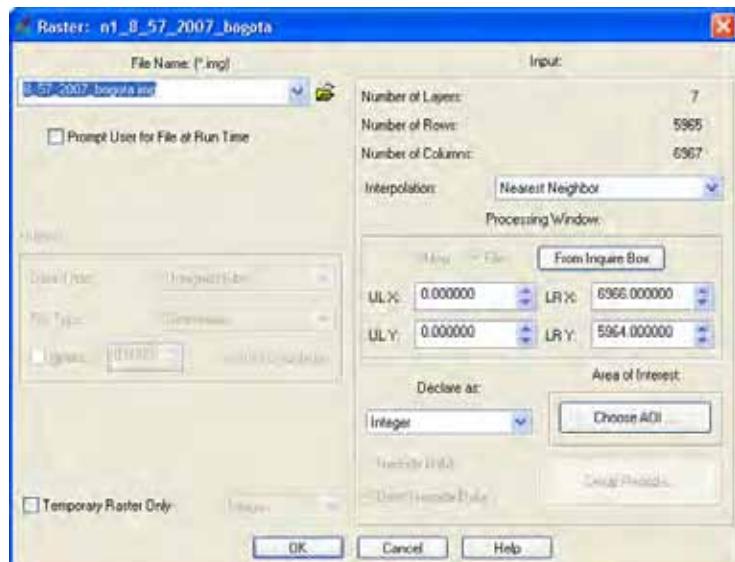
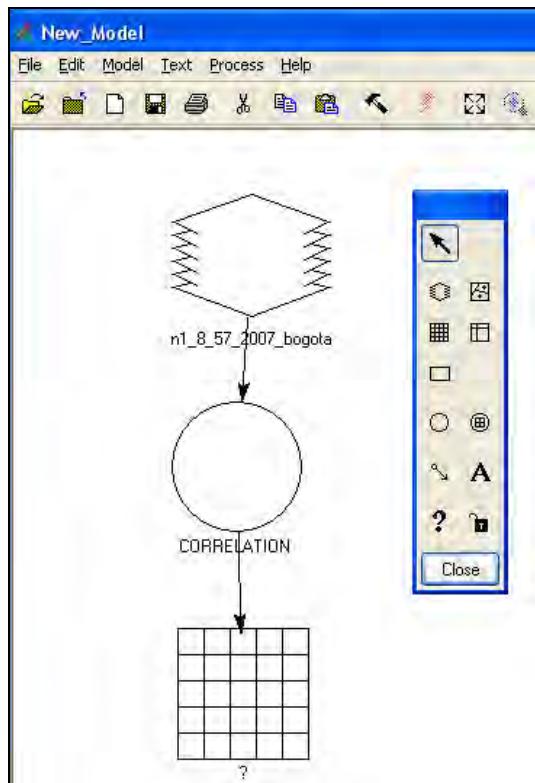
Para calcular coeficiente de correlación se utilizará el modulo Model Maker  desde la pestaña Toolbox, se selecciona el modulo Model Maker. A continuación se presenta la descripción de herramientas de diseño de modelos.

Description of the Model Maker Tools	
	Use this tool to select items on the Model Maker page. Once selected, these graphics (or text) can be moved or deleted. Click and drag a selection box to select multiple elements. Multiple selected elements can be dragged to a new location as a unit. You can also use the arrow to double click on any of the graphics below to further define their contents.
	Creates a raster object , which is a single or layer-set of raster data typically used to contain or manipulate data from image files.
	Places a vector object , which is usually an Arc/Info coverage or an Annotation layer.
	Creates a matrix object , which is a set of numbers arranged in a fixed number of rows and columns in a two-dimensional array. Matrices may be used to store numbers such as convolution kernels or neighborhood definitions.
	Creates a table object , which is a series of numeric values or character strings. A table has one column and a fixed number of rows. Tables are typically used to store columns from an attribute table, or a list of values which pertain to individual layers of a raster layer-set.
	Creates a scalar object , which is simply a single numeric value.
	Creates a function definition , which are written and used in the Model Maker to operate on the objects. The function definition is an expression (like "a + b + c") that defines your input. You can use a variety of mathematical, statistical, Boolean, neighborhood, and other functions, plus the input objects that you set up, to write function definitions.
	Use this tool to connect objects and functions together . Click and drag from one graphic to another to connect them in the order they are to be processed in the model. To delete a connection, simply click and drag in the opposite direction (from the output to the input).
	Creates descriptive text to make your models readable. The Text String dialog is opened when you click on this tool.

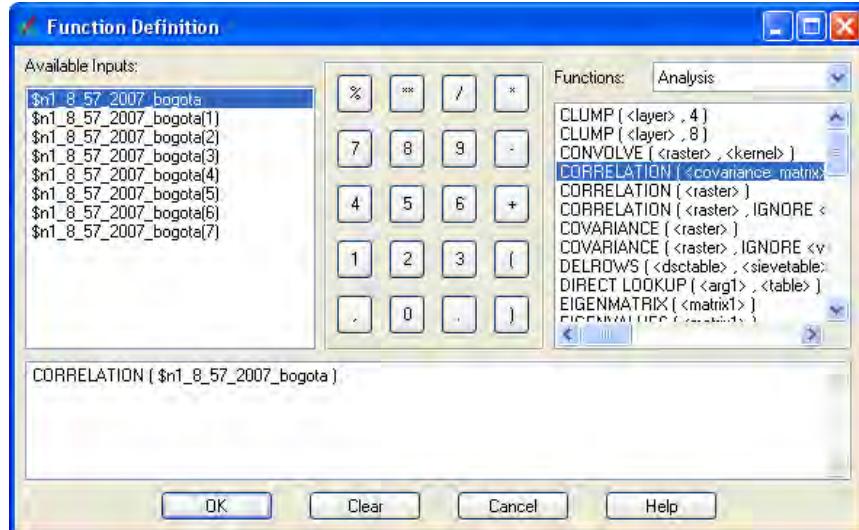
Fuente: Manual de ERDAS

Ahora, para calcular coeficiente de correlación procede con los siguientes pasos:

1. Active el modulo MODEL MAKER , se abrirá la ventana **New Model**, dentro la cual construirá el modelo que se presenta en la figura a continuación, usando la barra de herramientas que se abrió simultáneamente.
2. Haga doble clic dentro  y en la ventana desplegada baja la opción **File Name** seleccione la imagen para la cual se van a calcular la matriz de correlación y oprime OK.



3. Ahora haga doble clic sobre la figura circular , con ayuda de este botón , se hace clic sostenido sobre el y se relacionan las dos imágenes con esta flecha esto con el fin de transferir los datos de la imagen, en la ventana desplegada seleccione frente la opción **Function** la función de **Correlation (covariance_matrix)** y en la parte inferior de la ventana con ayuda del cursor entre la imagen para la cual se va a calcular la función desde **Available Inputs:** y oprime **OK**. Debe tener escrita siguiente expresión: **CORRELATION** (nombre del archivo).



4. Por último, haga doble clic bajo la figura , se vuelve a relacionar con , se dejan todos los parámetros por default y se le asigna nombre para archivo de salida bajo la opción **Output**. Luego desde la ventana **New_model** active la opción **Process > Run**. Al terminar el proceso, abre el archivo en **EXCEL** para analizar la matriz de correlación entre las bandas de la imagen. A continuación observa una matriz de correlación:

Bandas	1	2	3	4	5	6	7
1	1,00	0,93	0,61	0,71			
2	0,93	1,00	0,55	0,85			
3	0,61	0,55	1,00	0,53			
4	0,71	0,85	0,53	1,00			
5							
6							
7							

5. Calcule la sumatoria de coeficiente de correlación para las posibles combinaciones de la imagen LANDSAT y resuma en la tabla presentada a continuación. Por ejemplo, la sumatoria de coeficiente de correlación entre las bandas 1, 2, y 3 es igual a $0.93 + 0.61 + 0.55 = 2.09$.
6. Luego, suma las desviaciones estándar correspondientes a la combinación de bandas estudiadas, por ejemplo: RGB 123, resumiendo su resultado en la misma tabla. Los valores de desviación estándar para cada banda ya están extraídos en el ejercicio anterior o accede a estos desde **Menu Home>metadata** .
7. Finalmente haga la división entre valor de suma desviaciones estándar y la suma de coeficientes de correlación para obtener el valor del OIF.

Nº	RGB	suma desviaciones estándar	suma coef. correlación	OIF
1	123	97.24	2.09	46.56
2				

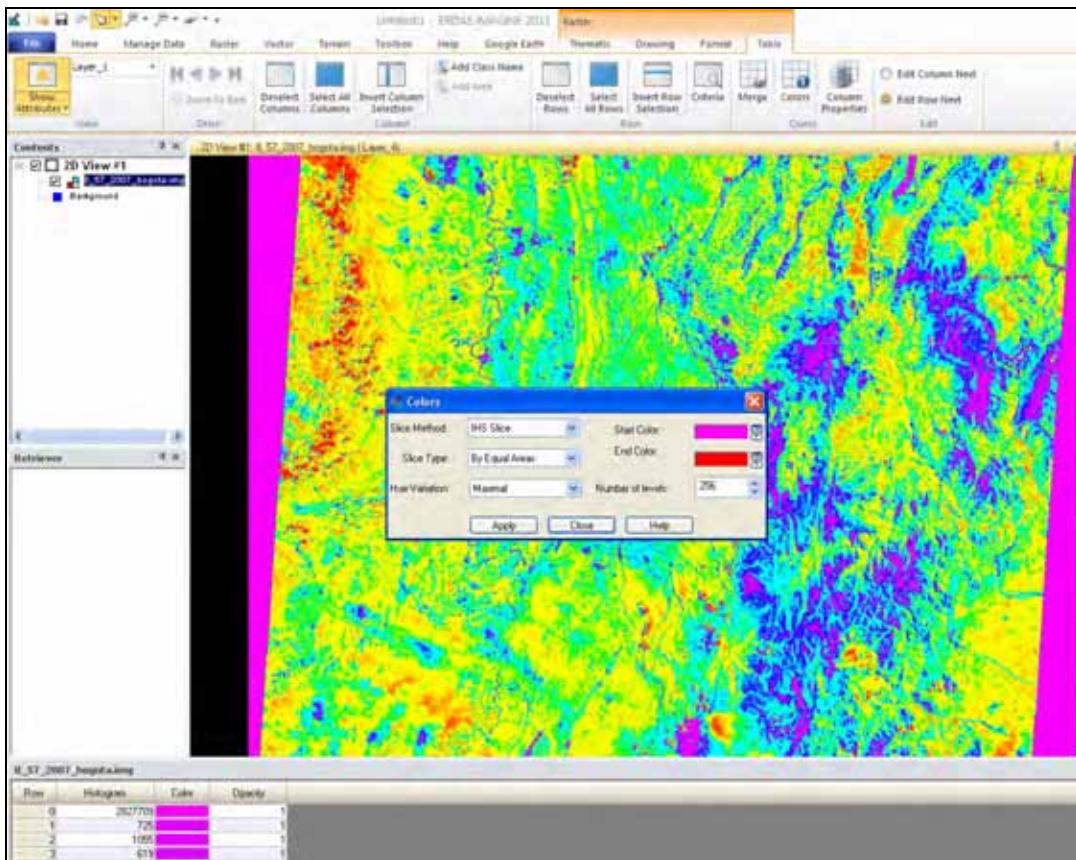
3				
4				
5				
6				
7				

8. Responde, cual es la mejor combinación de bandas resultó a partir del calculo de OIF; la cual debe tener el mayor valor de OIF. Desplegué esta combinación, analízala y responde si esta coincide con la combinación seleccionada por ustedes como mejor en el ejercicio anterior, mediante análisis visual.

EJERCICIO 3: DENSITY SLICING

Density slicing es una forma de clasificación uní banda, basada en agrupación de los rangos de Niveles Digitales (ND) a las clases temáticas que estas representan.

1. Abra la ventana del área de trabajo en modo **Pseudo_color**. Para tal fin, ingrese a file, open, raster layer, en **Raster option-Select Layer to Add** seleccione el modo de **Pseudo_color** y deje por default otros parámetros de la ventana y oprima **OK**. Visualice el resto de las bandas espectrales en modo Pseudo_color.
2. Al terminar la observación de todas las bandas, deje desplegada la banda 4 y seleccione **Table, View, Show Attributes**. En la parte inferior se abre la tabla de atributos de la imagen, en ese momento se activan todas las opciones de la pestaña Table, para hacer cambios de color, ingresar a **table, query, colors**, allí se despliega la ventana de Colors, allí en **Slice Type-By**, seleccionar **Equal Areas** y **Apply**. Observe el cambio producido en la imagen y en la tabla de atributos.
3. Para volver al modo pseudo_color en tonalidades de grises seleccione la opción de **RGB slice** bajo la opción de **Slice Method**, en la ventana Colors. Ahora, asigne los colores a los grupos de Niveles Digitales que caracterizan a 3 coberturas terrestres (vegetación, urbano-suelo, Agua), bajo la columna de **COLOR** de la ventana **Tabla de Atributos (parte inferior de la pantalla)**. Para agrupar los ND en clases debes apoyarse con inspección visual de la banda. Al terminar asignación, cierre la tabla de atributos, sin salvar los cambios y salve el resultado desde **File> Save>Top Layer**.



Cobertura	Rango de Niveles digitales
Vegetación	
Urbano-suelo	
Agua	

EJERCICIO 4: REALCES Y MEJORAMIENTOS

Los mejoramientos se aplican con el fin de realizar los contrastes y algunas características particulares de las imágenes, para optimizar el proceso de la interpretación visual. ERDAS soporta 4 tipos de mejoramientos: **radiométricos, espaciales, geométricos y espectrales**. Su utilización está en directa relación con el tipo de imágenes a procesar, los objetivos del estudio, de las características particulares del paisaje y la experiencia profesional. Siempre debe estar presente la siguiente aclaración: al “mejorar” la imagen para un objetivo específico, estamos alterando sus valores originales. Los mejoramientos pueden ser aplicados de modo temporal, sobre la imagen desplegada en el Viewer; y de modo permanente, sobre la imagen del archivo.

MEJORAMIENTO VISUAL DE IMÁGENES

Con el objeto de facilitar una interpretación visual donde se mejore el aspecto de los elementos en la imagen, es necesario aplicar un conjunto de operaciones que permiten realizar, resaltar o suprimir ciertas características, tales como la expansión de los niveles de gris o el filtrado espacial para la detección de bordes. Estas operaciones pueden o no modificar los valores originales de la imagen, en el primer grupo encontramos las técnicas de reducción y ampliación

de la imagen, ajuste de contraste y composiciones a color, el segundo grupo están orientadas a transformar los datos originales y obtener productos derivados, como los filtros espaciales, índices de vegetación y análisis de componentes principales (Posada, 2008).

Reducción y ampliación de la imagen

Con la ventaja de disponer de un sistema de procesamiento digital, es posible desplegar los datos en diferentes factores de escala, a través de una reducción o ampliación de detalles en la imagen, logrado por muestreo o repetición de los píxeles que la forman.

A través de la reducción es posible visualizar una mayor área de la imagen en pantalla, visualmente puede expresarse como perdida de detalle o de información, aunque debe ser claro que los ND originales de la imagen no se modifican. El proceso inverso consiste en la ampliación de la imagen, que consiste en disminuir el área de la imagen para una mayor ganancia de detalle visual, muy útil para la selección o localización de puntos de control, áreas de entrenamiento u otros procesos de identificación de objetos espaciales, a medida que se va aumentando el detalle en la imagen es posible observar la perdida de nitidez espacial y el efecto de “pixelado” en la imagen.

Para comprender mejor el concepto de reducción y ampliación de la imagen podemos introducir la concepto de capas piramidales, en inglés “pyramid layer”. Una pirámide es creada por la combinación de un grupo de píxeles de vecinos más cercanos para formar una nueva grilla con menor número de píxeles, dependiendo del factor de reducción es posible crear varios capas piramidales en la imagen, lo que permite un despliegue más eficiente en el sistema (Richards y Jia, 2006). En varias ocasiones se requiere analizar una imagen en un sistema de procesamiento que solo puede desplegar 512 x 512 píxeles simultáneamente. Para reducir una imagen se utiliza la siguiente expresión: $1/x^2$, donde x es el factor reductor y los datos originales, en cada x-ésima fila y x-ésima columna de la imagen es sistemáticamente seleccionada y desplegada.

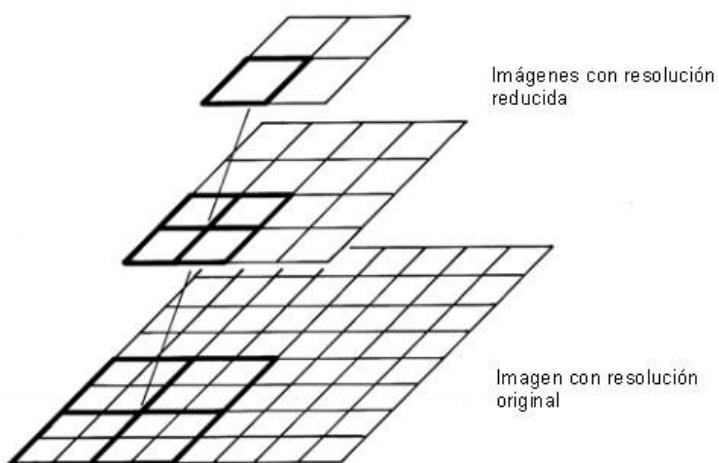


Figura 3: Construcción de una capa piramidal por el agrupamiento de 2x2 píxeles. [Tomado de Richards and Jia, 2006]

La reducción se expresa como una expresión de $1/x^2$, donde x representa el factor reductor. Para el ejemplo de una imagen de 6940 x 5940 píxeles, si x=2, la nueva imagen será de $1/2^2 = 1/4 = 1/22 = 1/4$, es decir, 25% menor que la imagen original. Las dimensiones finales para esta imagen reducida serán de $6940/2 = 3470$ columnas y $5940/2 = 2970$ filas.

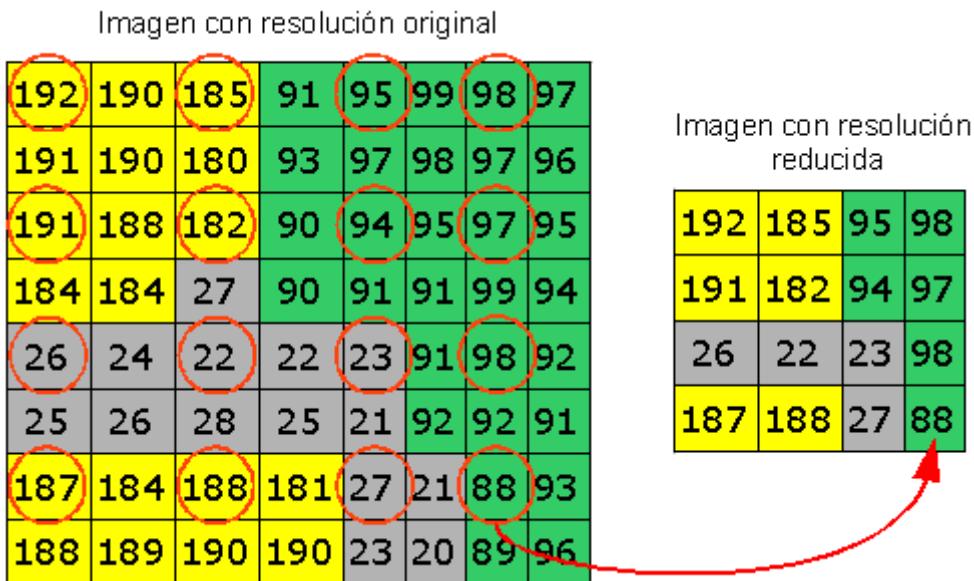


Figura 4: Cambio de escala de una imagen de 8x8 píxeles con un factor de reducción de $x = 2$

Como puede observarse en la Figura 4, la reducción de acuerdo a un factor de reducción se realiza seleccionando la x -ésima columna y la x -ésima fila, para el ejemplo anterior, el factor de reducción es de $x=2$. La imagen reducida es un 25% más pequeña que la imagen original.

La ampliación de imágenes digitales, es realizada para aumentar la escala de despliegue con propósitos de interpretación visual. Amplificar una imagen digital implica hacer una réplica de valores de píxel. Para ampliar una imagen digital por un factor m^2 , cada píxel de la imagen original es usualmente reemplazado por un bloque de $m \times m$ píxeles, todos con el mismo valor radiométrico como píxel de entrada original (Figura 5).

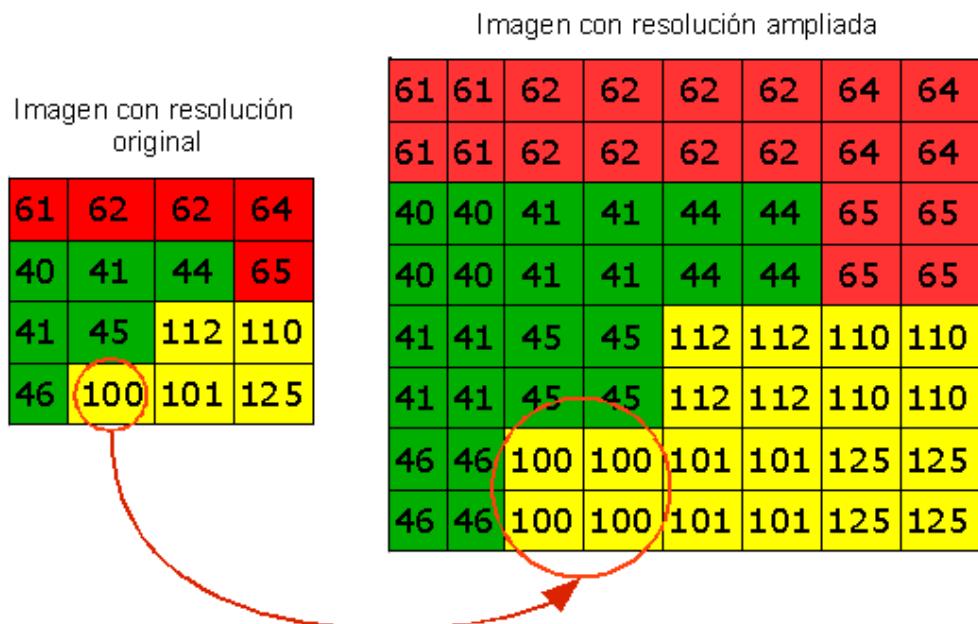


Figura 5: Cambio de escala de una imagen de 4x4 píxeles con un factor de ampliación de $x = 2$

4.1 MEJORAMIENTO RADIOMÉTRICO

Las distorsiones radiométricas son las que afectan los ND de la imagen. Algunos de los problemas más frecuentes y el procedimiento para minimizarlos son:

Falta de una línea: El mal funcionamiento de un detector puede ocasionar que una línea de barrido aparezca con valores muy bajos o nulos, es decir que el sensor no capte información apareciendo en la imagen visual como una línea negra. La corrección a este error se logra sustituyendo la línea problema por el valor promedio de los píxeles correspondientes a la línea anterior y posterior.

Efectos atmosféricos: Los efectos atmosféricos en las imágenes de sensores remotos son debidos especialmente a la atenuación que sufre la radiación en la atmósfera y la dispersión en dicha radiación. La dispersión es un fenómeno físico, que se presenta al penetrar la radiación a la atmósfera, que se dispersa en varias direcciones, de tal manera que una parte de esta es desviada nuevamente al espacio y captada por el sensor, añadiendo el ruido al señal proveniente de los cuerpos terrestres. La dispersión guarda una relación con la longitud de onda, entre más pequeña la longitud de onda mayor será la dispersión. Por esta razón, las imágenes multiespectrales presentan menos contraste en las bandas correspondientes al azul y al verde mientras aumenta en las bandas del infrarrojo. Corregir los efectos atmosféricos es muy difícil, debido a su heterogeneidad en espacio y en el tiempo, y se requiere de múltiples medidas de parámetros atmosféricos simultaneas a la toma de la imagen. Pero al menos una estimación aproximada es conveniente en las siguientes situaciones: combinación lineal entre las bandas; modelamiento de parámetros físicos a partir de una imagen; y estudios multitemporales. El método más sencillo fue ideado por Chavez (Histogram Minimum Metod, Campbell, 1987). Consiste en comparar los valores de ND para todas las bandas para los cuerpos de agua o sombras, donde teóricamente la respuesta espectral es muy próxima al cero. Si valores son superiores, se precede a restar a todos los ND de cada banda el ND mínimo de esa misma banda, situando el origen del histograma en cero. Los métodos más sofisticados se basan en estadísticas y en modelos de absorción y dispersión tomando parámetros como la temperatura, humedad relativa, visibilidad , entre otros.

Ruidos: Se entiende por el ruido cualquier señal no deseada dentro de una imagen, originados por un mal funcionamiento del sensor, de la antena receptora y/ o provocados por la atmósfera. El ruido puede ser periódico y al azar. El ruido al azar se caracteriza por variaciones de los valores de los ND píxel por píxel. La forma más aconsejable de eliminarlo es aplicar un filtro de paso bajo. En el caso del ruido periódico, la imagen puede presentar algunas líneas de tonos negros o blancos o bandeadimiento. Este especialmente perceptibles en las zonas con baja reflectividad y en las bandas del espectro del rango visible. Las correcciones se dirigen a mejorar la representación visual de las imágenes defectuosas, ya que la información original perdida no se podrá restaurarse. Las líneas perdidas se reestablecen a partir de auto-correlación espacial. La forma mas sencilla se basa en sustitución de los ND de línea con anomalía por el de los de sus vecinos inmediatos. Normalmente los software especializados en procesamiento digital cuentan con los algoritmos para corrección de estos fenómenos. La tarea se reduce en la identificación de estas líneas defectuosas, ver figura 6.

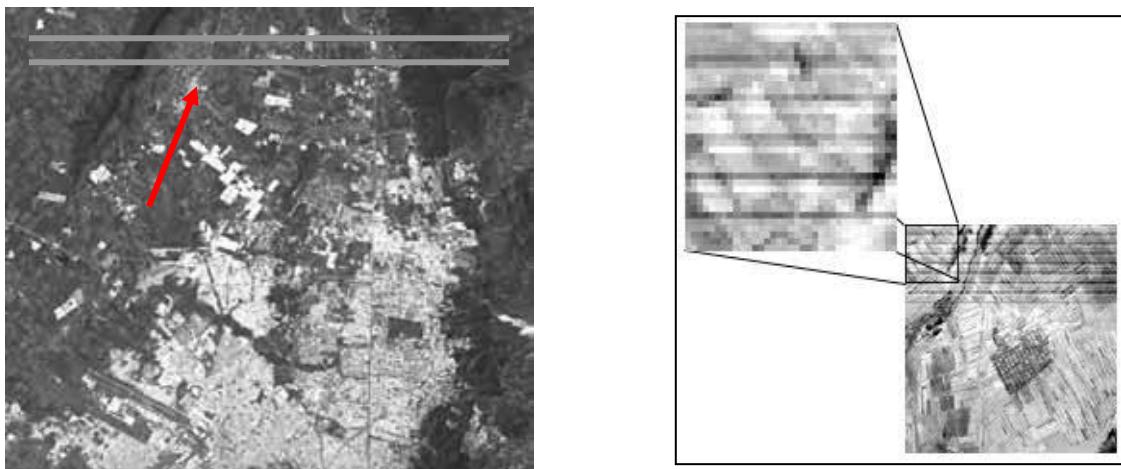
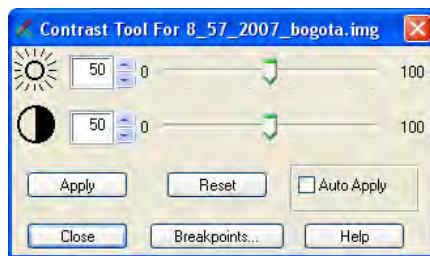


Figura 6. Ejemplo de bandeamiento. Fuente: CCRS, 1999

Los mejoramientos o realces radiométricos mejoran la imagen con base en valores de píxeles individuales. Al desplegar una imagen, por default se aplica la función de expansión lineal de histograma (lineal stretch). Para iniciar este ejercicio despliegue la imagen RGB 453 y el resto de los parámetros déjelos por default. Ahora, en el mismo Viewer despliegue la misma composición, pero active la opción de NO STRECH y desactive CLEAR DISPLAY. Con UTILITY / SWIPE analice las imágenes desplegadas y posteriormente cierre o bórrelas.

4.1.1 AJUSTE DE CONTRASTES

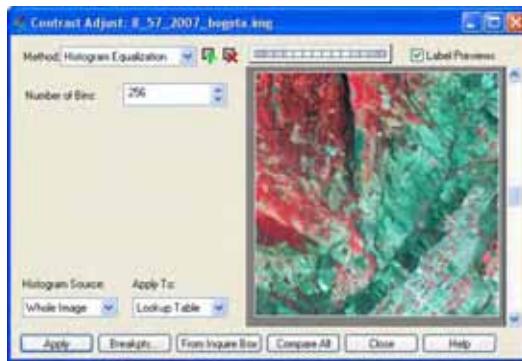
1. Abra de nuevo la composición a color RGB 342 por default. Desde la pestaña Multispectral, vaya a General Contrast, allí despliegue las opciones posibles, elija Brightness/contrast. Se abre la ventana de CONTRAST TOOL:



2. Modifique los valores de brillo y de contraste, haga clic en APPLY. La imagen se desplegará con los nuevos valores. Clic en RESET y nuevamente en APPLY, Se reestablecerán los valores originales. Cierre la aplicación.

4.1.2 CONTRASTES GENERALES

1. Proceda con la ruta **MULTISPECTRAL/ GENERAL CONTRAST/** se abre la ventana Contrast Adjust, allí en method seleccione la opción de **Histogram Equalization** y oprima **APPLY**. Analice el resultado.
2. Practique otras opciones de contrastes disponibles en esta sección. Para regresar a los datos originales de la imagen, vaya a la pestaña Home, sección edit, busque la flecha azul Undo.



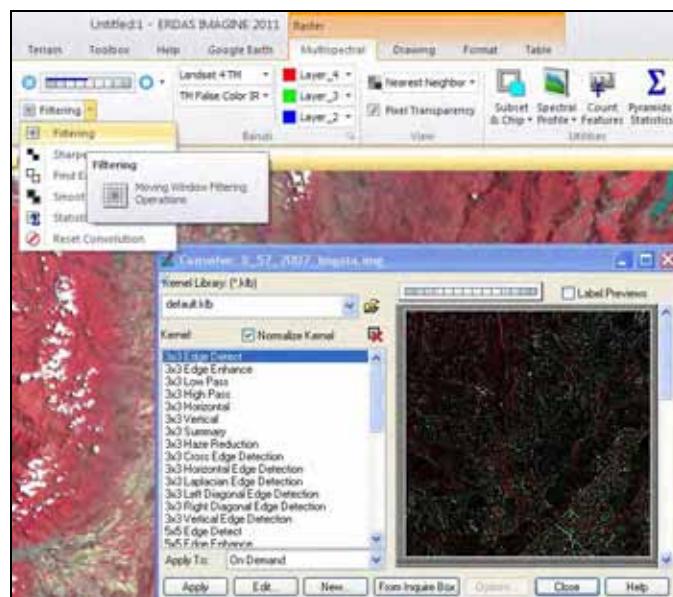
4.2 MEJORAMIENTO ESPACIAL

El mejoramiento espacial involucra la transformación de los valores de píxeles individuales con base en sus vecinos, modificando de esta manera la distribución de la frecuencia espacial de la imagen. Jensen (1986) define la frecuencia espacial como “el número de cambios de valores de brillo por unidad de distancia de una porción de la imagen”. Cuando los píxeles vecinos de una imagen poseen valores muy contrastantes, se habla de alta frecuencia; y cuando los valores de los píxeles vecinos son similares, se considera como baja frecuencia. Las áreas urbanas normalmente presentan altas frecuencias.

ERDAS incluye los filtros para disminuir la frecuencia – filtros de Paso Bajo; y para aumentar la frecuencia o resaltar los bordes- filtros de Paso Alto. También existe la opción de filtros direccionales, que resaltan las características lineales de las imágenes.

Para practicar la aplicación de filtros espaciales, proceda con los siguientes pasos:

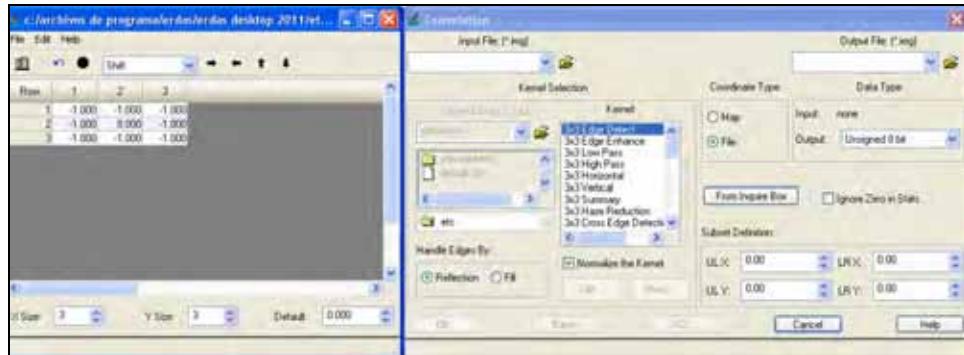
Despliegue la imagen y seleccione desde la pestaña **Multispectral**, la sección **Sharpness**, desplegar la opción **Filtering**, allí seleccionar **filtering**.



En la ventana **CONVOLVE** existen diferentes filtros con los tamaños de kernel de 3x3, 5x5 y 7x7.

Experimente la aplicación de varios de estos filtros modificando el tamaño de kernel y analice los resultados.

Para generar el archivo permanente de la imagen con un filtro, ingrese a la pestaña **Raster Tab**, la sección **Resolution**, desplegar la opción **Spatial**, allí seleccionar **Convolution filtering**.



Seleccione la imagen de entrada y escriba el nombre de salida a la nueva imagen con el filtro y guárdela en su carpeta de trabajo. Seleccione el filtro y el tamaño de kernel, con base en el análisis realizado en el ejercicio anterior. Clic en **OK** y desplegará la ventana indicando el progreso de operación. Al terminar de nuevo clic en **OK**.
Abra la imagen generada y la original, compárelas.

4.3 MEJORAMIENTOS ESPECTRALES

Mediante las técnicas de mejoramiento espectral se derivan nuevas imágenes, a partir de varias bandas de una imagen original, aportando la información adicional para la interpretación visual y la clasificación digital. ERDAS incluye variedad de algoritmos prediseñados para este fin. Dentro del contexto del curso consideraremos el cálculo de los componentes principales, el Índice de Vegetación y Tasseled Cap.

4.3.1 ÍNDICE DE VEGETACIÓN

Para realizar las áreas con mayor vigor vegetal y para reducir el efecto de las sombras originado por el relieve se recomienda el uso de los índices de vegetación. Existen variadas derivaciones del Índice de vegetación, algunas de las ecuaciones se pueden observar cuando se despliega la ventana del cálculo del Índice. Pero todos se basan en el uso de las bandas correspondientes al rango del espectro electro-magnético del rojo y el infrarrojo cercano.

Índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI)

Este índice de vegetación conocido como **NVDI** por sus siglas en inglés (*Normalized Difference Vegetation Index*) es más utilizado para la discriminación de cubiertas vegetales y la actividad fotosintética de las plantas. Su cálculo se basa en la comparación de la cantidad de luz reflejada en el visible rojo y el infrarrojo cercano para una zona en particular de estudio.

En la Figura 7 se realiza un despliegue en falso color de una imagen del sensor SPOT-5, las cubiertas se visualizan en tonos de color rojo, desde un rojo más intenso a tonos rojos más oscuros, si respectivamente, si se trata de cubiertas de un mayor vigor a menor vigor vegetal. Las otras cubiertas de ambientes urbanos tales como materiales de concreto, asfalto, principalmente, se representan en tonos de grises.



RGB 321



Visible verde

Infrarrojo cercano

Figura 7 : Despliegue de una imagen SPOT-5 en falso color y bandas del visible rojo e infrarrojo cercano para el cálculo del índice de vegetación

Como se observa en la Figura 7, las cubiertas vegetales que se visualizan en tonos rojos, tienen una baja reflectividad de luz en el visible rojo y una alta reflectividad de luz en el infrarrojo cercano. Una forma de calcular este índice de vegetación **NDVI**, es sustraer la cantidad de luz visible observada en el infrarrojo cercano del visible rojo, y luego dividir por la cantidad total de luz reflejada en ambas longitudes de onda, matemáticamente esto se expresa por:

$$NDVI = \frac{B_{IRC} - B_R}{B_R + B_{IRC}}$$

Donde:

B_{IRC} = Banda del Infrarrojo cercano

B_R = Banda del Visible Rojo

Los valores del **NDVI** son valores numéricos reales, que van desde -1 a +1, donde la vegetación está presente en el rango de 0.1 (menor vigor vegetal) hasta 1.0 (mayor vigor vegetal), los valores menores de este rango representan ausencia de vegetación.

El resultado del **NDVI** es una nueva banda, generalmente, su visualización se realiza con una escala de colores, que pueden ir desde el rango de azules, café, hasta el rango de verdes, como puede verse en la Figura 8.

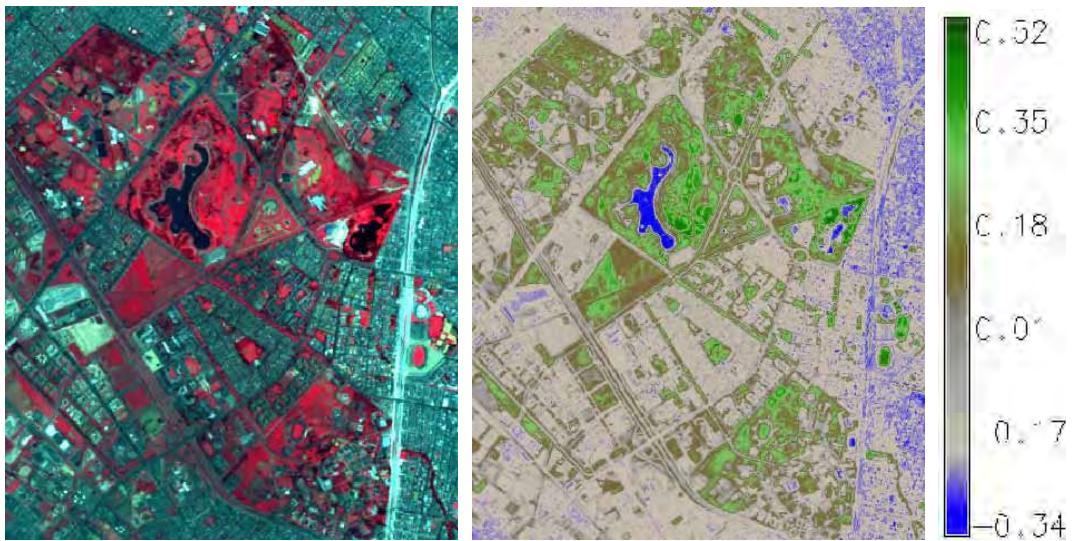


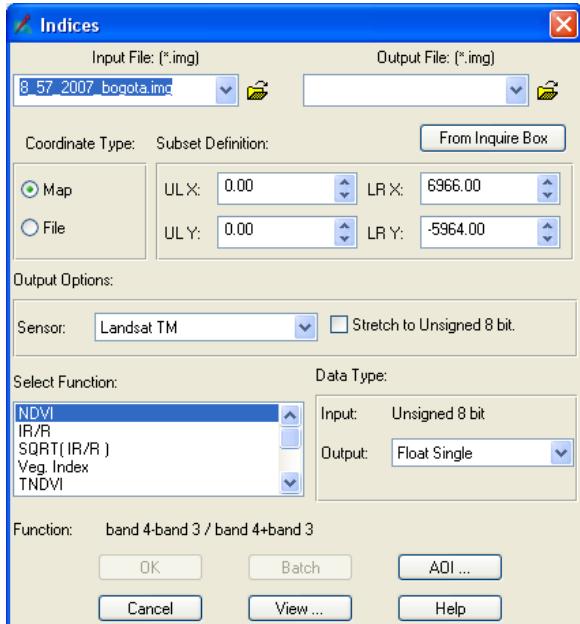
Figura 8: Cálculo del NDVI en una imagen SPOT-5 de una zona de la ciudad de Bogotá D.C.

En la Figura 8 se observa que los valores comprendidos de índices de vegetación van desde el rango de 0.1 a 0.52, esto quiere decir que los menores valores de este rango presentan menor contenido de clorofila (representados en colores marrones) que los registrados en una mayor escala (representados en colores verdes oscuros). Para valores menores de este rango es posible discriminar otras cubiertas tales como cuerpos de agua (representado en color azul oscuro) hasta las cubiertas urbanas, en este caso representados en colores grises claros.

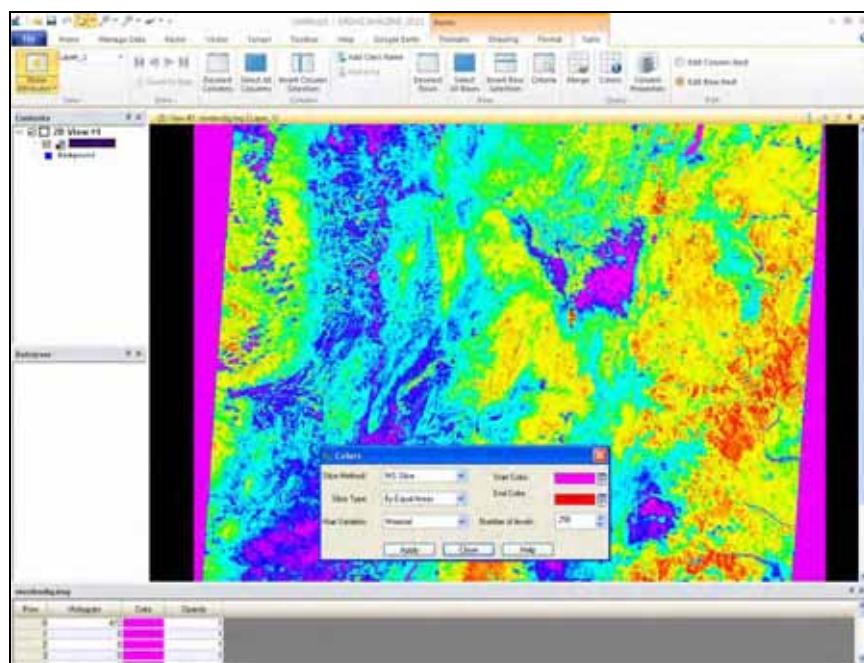
El **NDVI** puede revelar las condiciones fisiológicas de la planta dependiendo de su contenido de agua, muy importante en monitoreo de cultivos en la agricultura, debido a factores como temperatura, suministro de agua, entre otros, lo que posibilita detectar cambios multitemporales con imágenes de diferentes fechas.

Objetivo: Calcular y comparar el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) y el Índice de Vegetación Normalizado Trasformado (TNDVI)

1. Seleccione la pestaña **Raster**, la sección **Classification**, Despliegue **Unsupervised** y selecciones **Índices**, se abre la ventana de **Índices**.



2. Ubique la imagen de entrada y escriba el nombre de salida de la nueva imagen. Bajo la opción **SENSOR** seleccione **LANDSAT TM** y bajo **OUTPUT OPTION**, active la casilla **Stretch to Unsigned 8 bit**. Seleccione la función **NDVI** y observe la formula que le corresponde a este algoritmo. Haga clic en **OK** y se desplegará la ventana indicando el progreso de operación. Al terminar de nuevo clic en **OK**.
3. Despliegue la imagen generada con la opción de **PSEUDO COLOR** desde **RASTER OPTIONS**. Vaya a **Table, View, Show Attributes**, allí se despliega la tabla de atributos, se activan las opciones de la pestaña **View**, ahora vaya a **Table, Query, Colors**, se despliega la tabla de **Colors**.



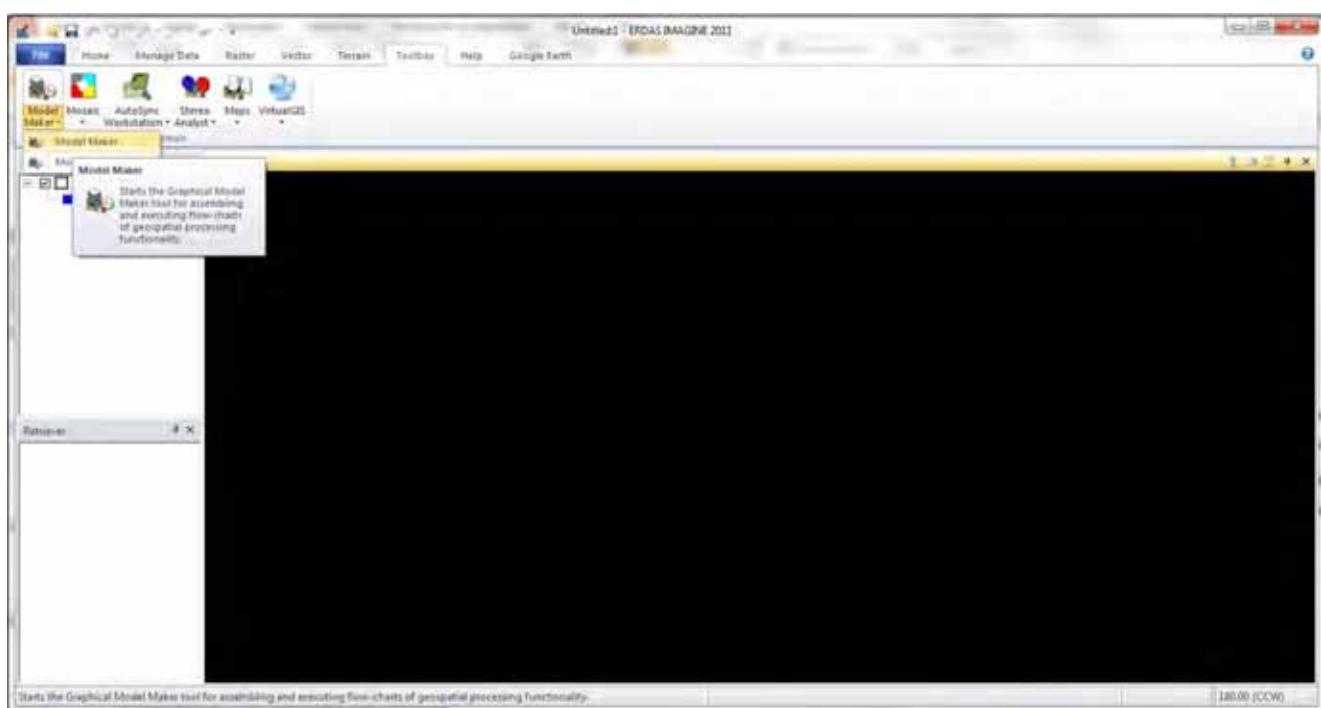
4. Seleccione **SLICE TYPE** : By Equal Areas y oprima **OK**. Guarde la tabla del color en **File – Save**. Analice la imagen resultante y su utilidad para diferenciar las diferentes coberturas terrestres.
5. Calcule el índice de Vegetación Normalizado Trasformado (TNDVI) disponible en el menú. Compare los dos índices en cuanto al aporte de la nueva información que estos dan para la clasificación supervisada.

4.3.2 COMPONENTES PRINCIPALES

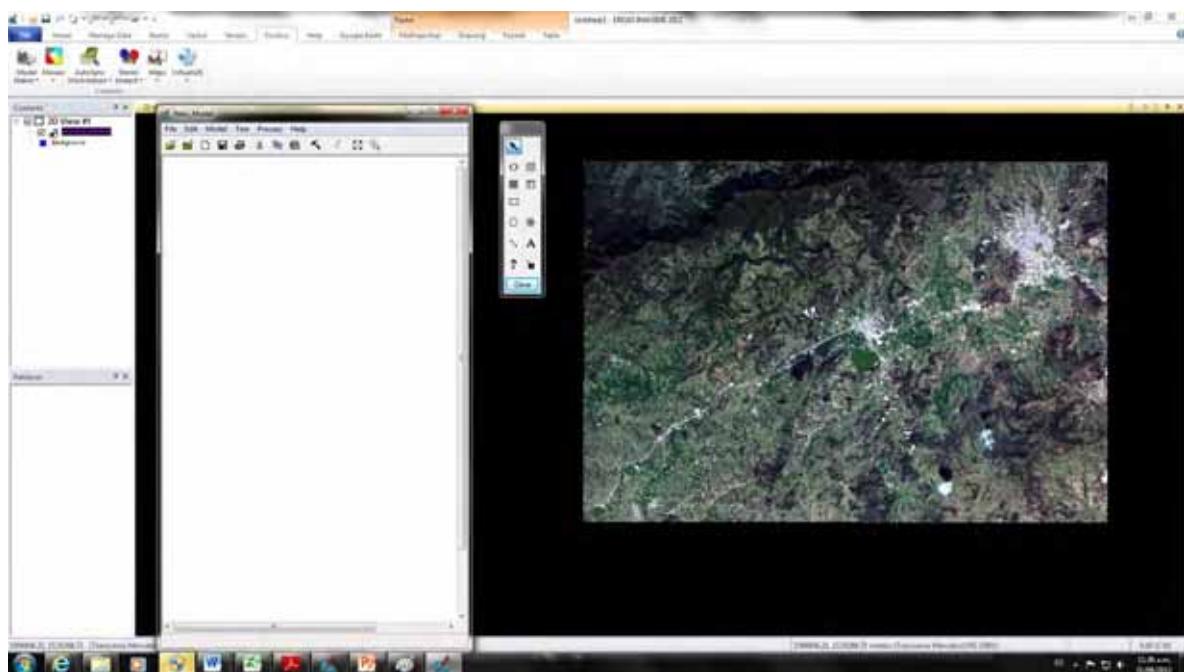
El cálculo de Componentes Principales deriva las imágenes sin redundancia espectral a partir de las bandas originales. Las bandas de Componentes Principales, son independientes y no correlacionadas y a menudo son más interpretables que la imagen fuente. (Jensen 1996; Faust 1989).

Estimación tradicional del índice de vegetación NDVI para una imagen RapidEye.

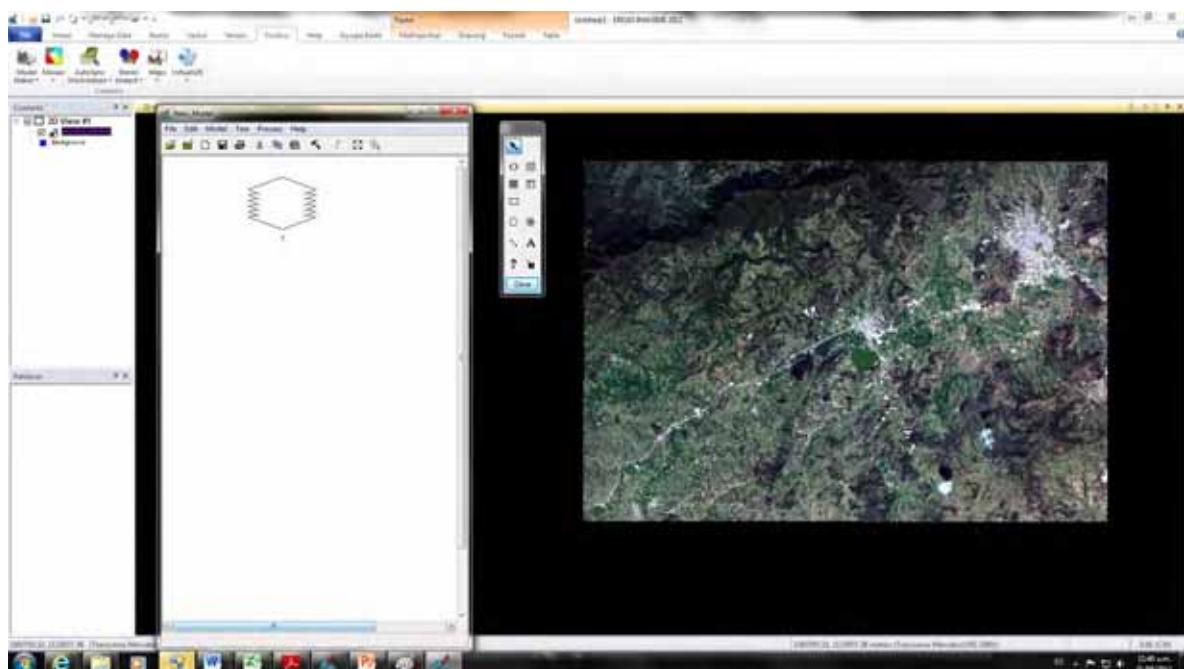
1. Antes de empezar la estimación de cualquier índice de vegetación con el ERDAS, es necesario asegurarse que la imagen este en reflectancia, si no está en reflancia es necesario convertir la imagen. Este proceso es explicado en la guía de Augusto Campo.
2. Abra ERDAS 2011 y vaya al módulo llamado Model Maker ubicado en el Toolbox; posteriormente el modulo mencionado.



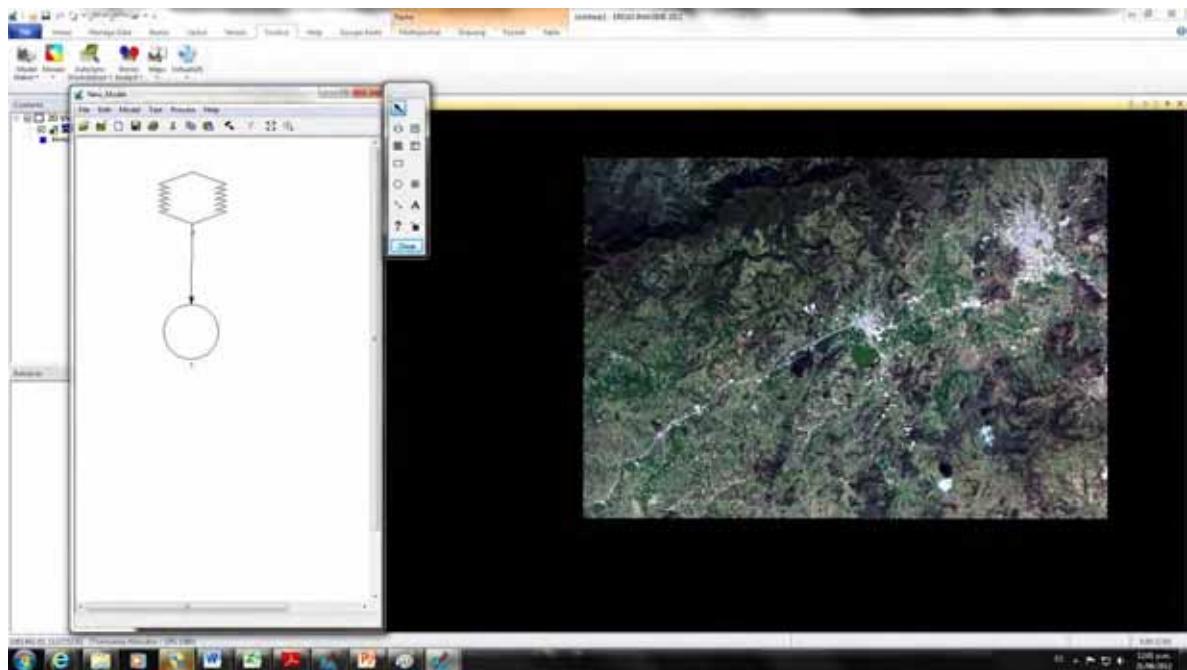
3. Se abrirá el model maker (es la caja que aparece en la parte izquierda de la interface y que se llama New Model), posteriormente debes cargar la imagen, en este caso se cargará una imagen RapidEye (la cual está en valores de reflectancia) correspondiente a la región de Paipa, Boyacá (archivo cuyo nombre es plancha_refr.img). Dicha imagen puede ser desplegada en cualquier combinación de bandas. En este ejercicio es mostrada en combinación real (RGB-321).



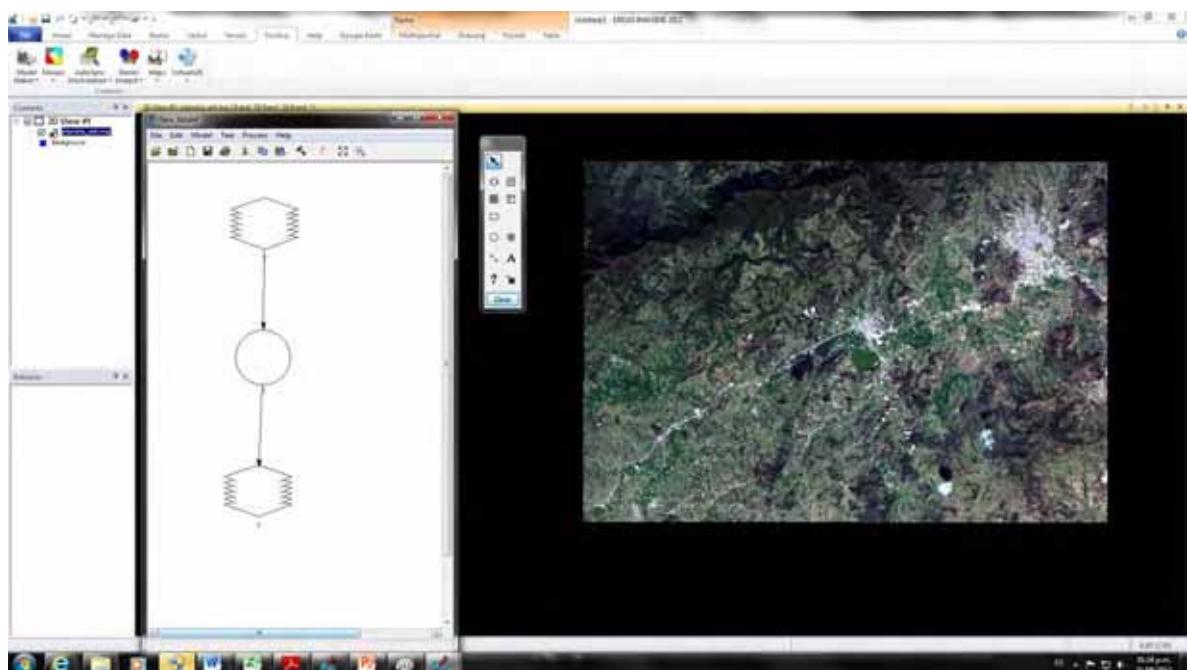
4. En la caja de herramientas del Model Maker presiona la herramienta “place raster object in the model” y arrástrala hasta la caja new model.



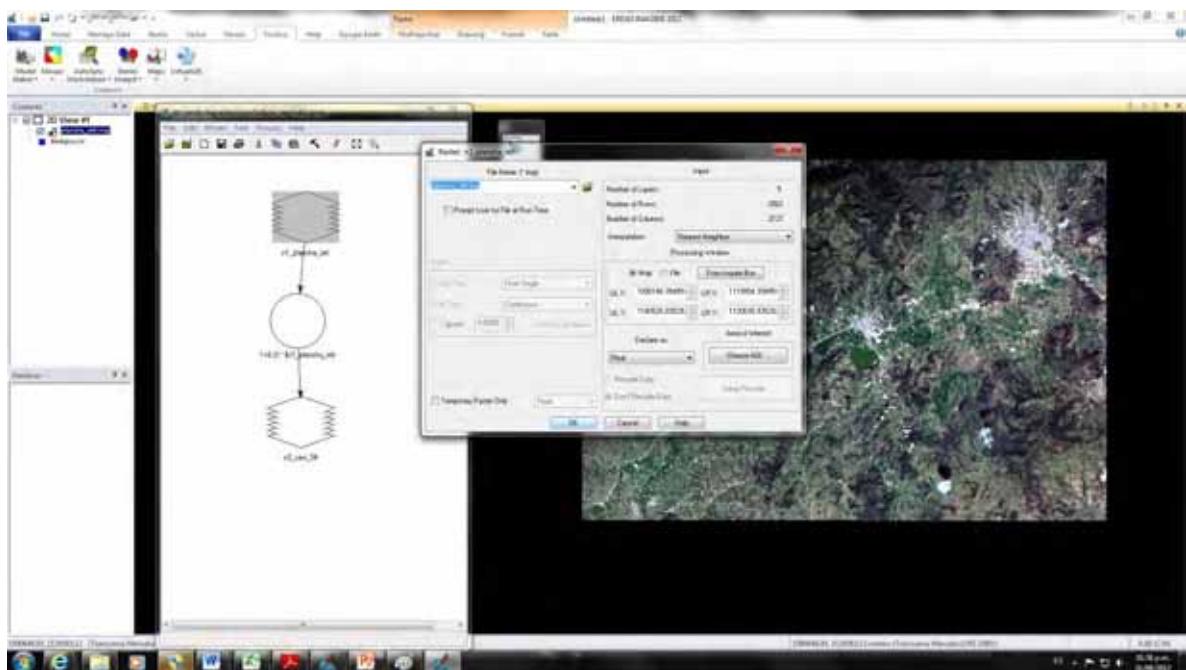
5. En la caja de herramientas del Model Maker presiona la herramienta “Place a function in the model” y arrástrala hasta la caja new model. Posteriormente presiona la herramientas “connect inputs to functions or functions to output” y conecta el *place raster object* con la *function*.



6. Adiciona otro “*place raster object in the model*” y conéctalo con “*connect inputs to functions or functions to output*”.

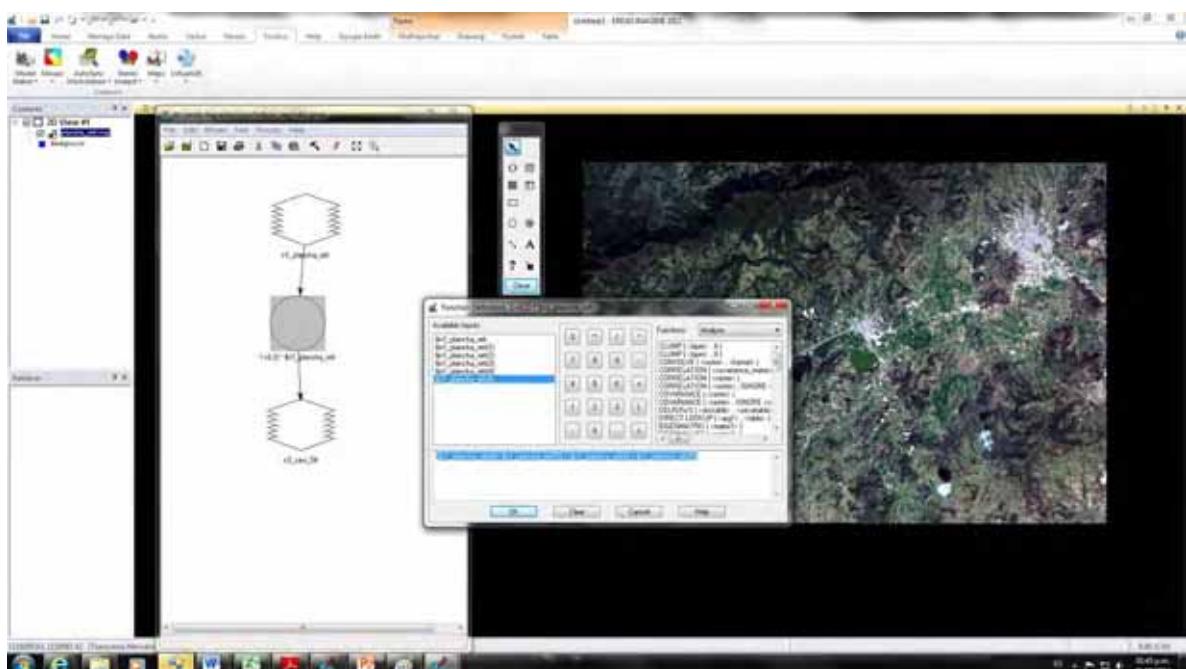


7. Carga el archive de la imagen en el primer raster haciendo doble click (plancha_refr.img)

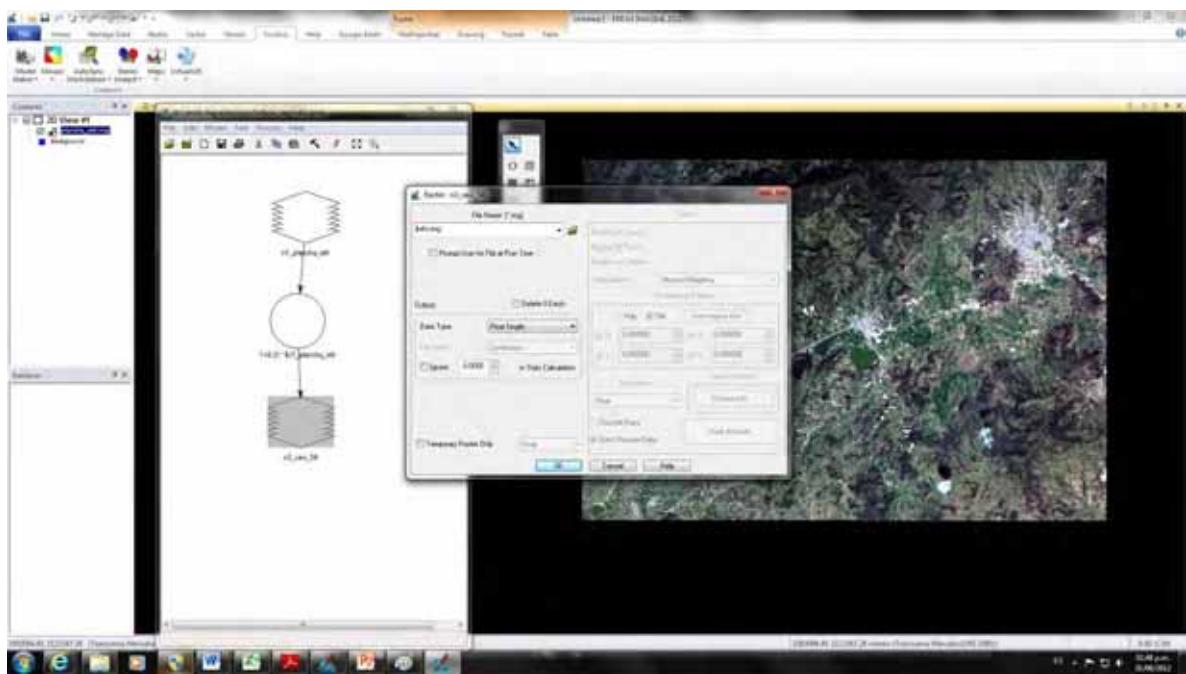


8. Posteriormente has doble click en el place a function in the model (circulo), se despliega una caja llamada Function definition en la cual se despliegan los 5 raster correspondientes a las bandas de RapidEye (azul, verde, rojo, borde infrarrojo e infrarrojo cercano). Escribe la ecuación que permite el cálculo tradicional de NDVI

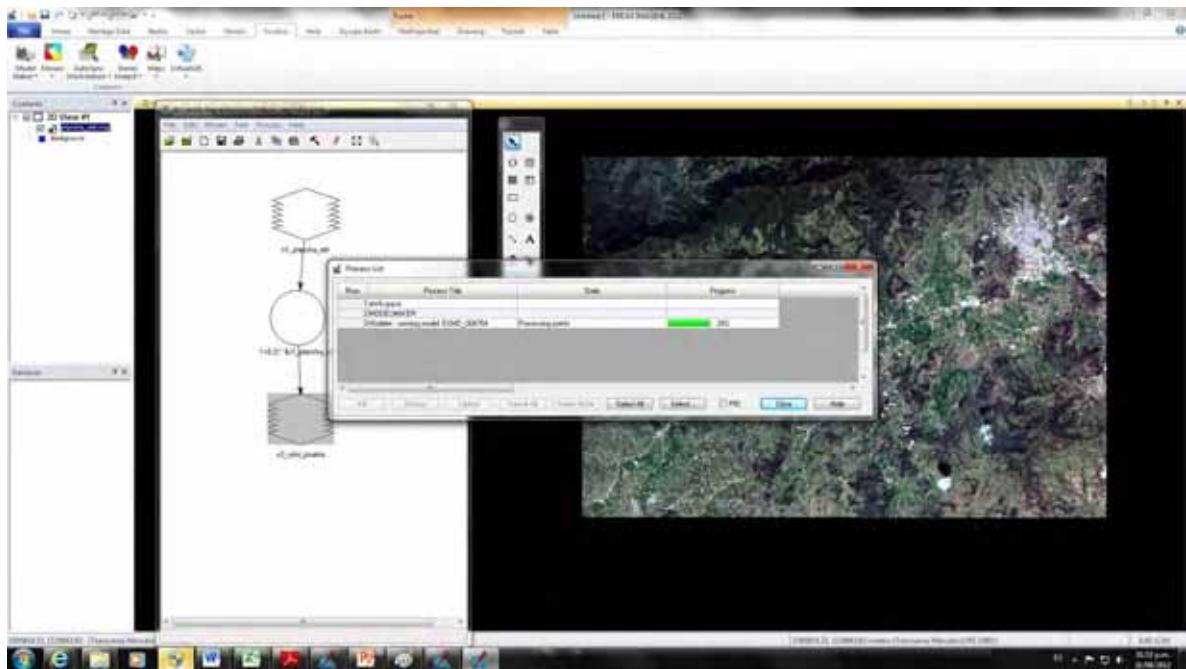
$$((\$n1_plancha_refr(3) - \$n1_plancha_refr(5)) / (\$n1_plancha_refr(3) + \$n1_plancha_refr(5)))$$



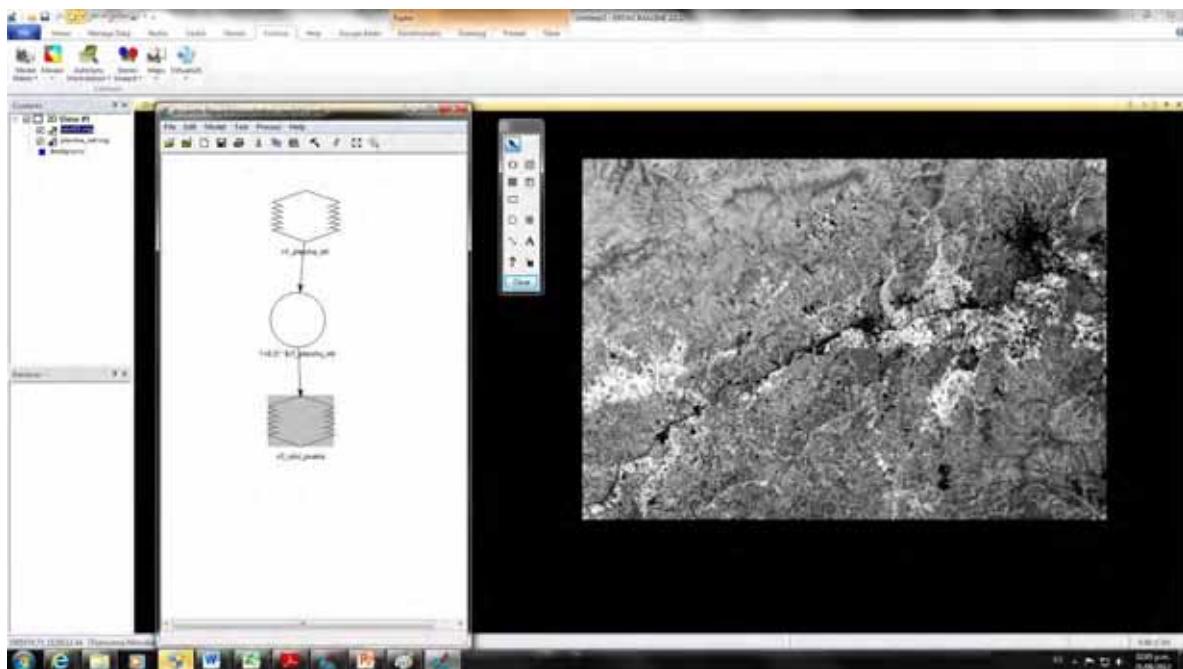
9. Dale un nombre de salida al archivo, puede ser NDVI y selecciona single float para que los datos finales resulten en escala de 1 a -1.



10. Ve a process y corre (Run) el proceso.



11. Analiza el resultado de NDVI, observa que los valores quedan en decimales y en escala de grises. Puedes cambiar la escala de grises a otra representación a color.



ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El concepto parte del tema del análisis estadístico multibanda de imágenes, concretamente la correlación entre bandas. Este análisis estadístico entrega una medida de la relación existente entre los niveles digitales. Es muy frecuente por ejemplo, que diferentes bandas del espectro del visible se encuentren altamente correlacionadas, o que presenten una información espectral similar, debido a que la reflectancia de las diferentes cubiertas tiene respuestas similares. Un gráfico estadístico muy útil para observar este grado de correlación entre bandas son los gráficos de dispersión, tal como se muestran en la Figura 9, este gráfico representa cada **ND** de los píxeles de un par de bandas, si los datos están correlacionados los píxeles tienden a formar una línea (banda TM1 y TM2), caso inverso se puede deducir que los datos no están correlacionados (banda TM3 y TM4). De esta manera, las técnicas de transformación de imágenes, basados en el procesamiento complejo de características estadísticas de datos multibanda pueden ser usadas para reducir la redundancia de estos datos y correlación entre bandas.

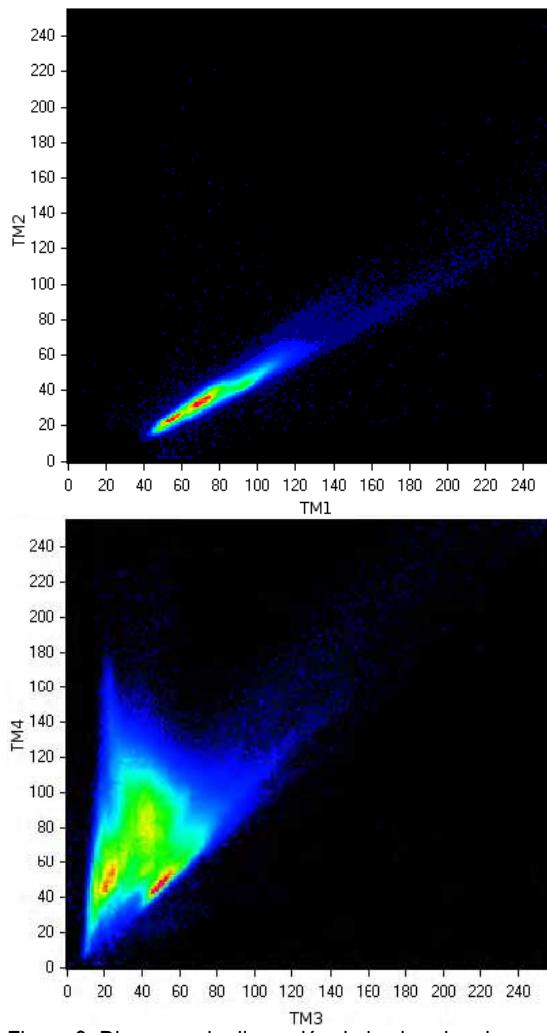


Figura 9: Diagrama de dispersión de las bandas de una imagen LANDSAT TM

Una de estas transformaciones es la denominada como Análisis de Componentes Principales o también referido en inglés como **PCA** por sus siglas en inglés *Principal Component Analysis*. El objetivo es reducir la dimensionalidad o número de bandas de una imagen, y comprimir la información espectral original en un número reducido de componentes. Este proceso logra maximizar, desde el punto de vista estadístico, la cantidad de información o varianza de los datos originales, por ejemplo, la aplicación del **PCA** sobre una imagen **LANDSAT TM** de seis bandas pueden ser transformada en sólo los tres primeros componentes o bandas que contengan más del 90% de la información de toda la imagen (CCRS, 2003). Lo realmente importante de este proceso o transformación, así como cualquiera de los procesos realizados en el tratamiento digital de imágenes, es la interpretación de estos componentes obtenidos, ya que es muy útil su implementación como técnica de mejoramiento en la interpretación visual, o también pueden ser objeto de la clasificación digital de imágenes, ya que reduce la cantidad de datos de entrada de un algoritmo, lo que a su vez reduce el tiempo computacional del proceso realizado.

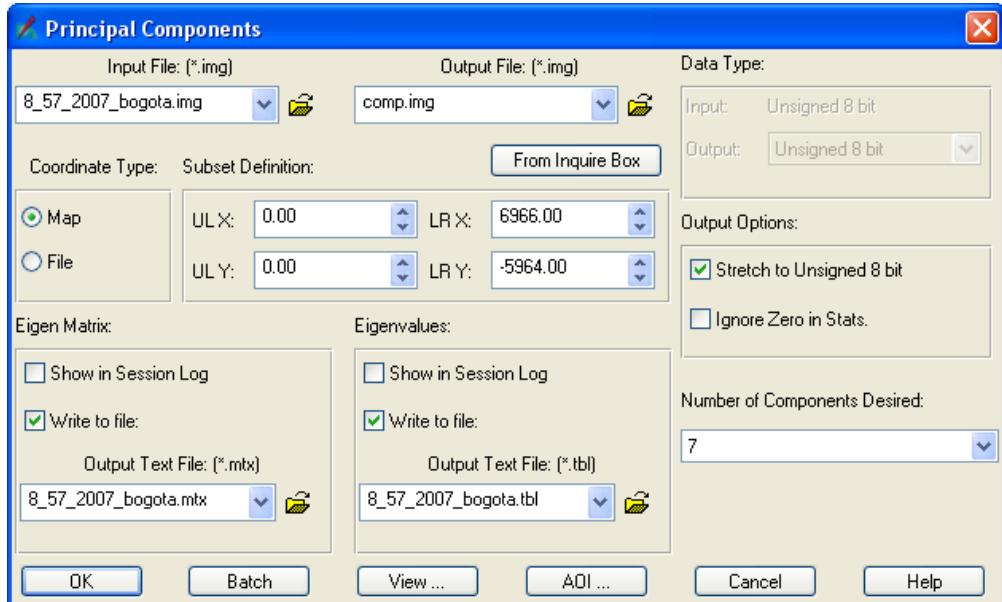
Análisis de Componentes Principales

La transformación de imágenes por **PCA** tiene muchas aplicaciones prácticas en sensores remotos, dado que permite reducir la dimensión de las variables o bandas de análisis, comprimiendo la mayor cantidad de información espectral posible. Algunas de ellas son:

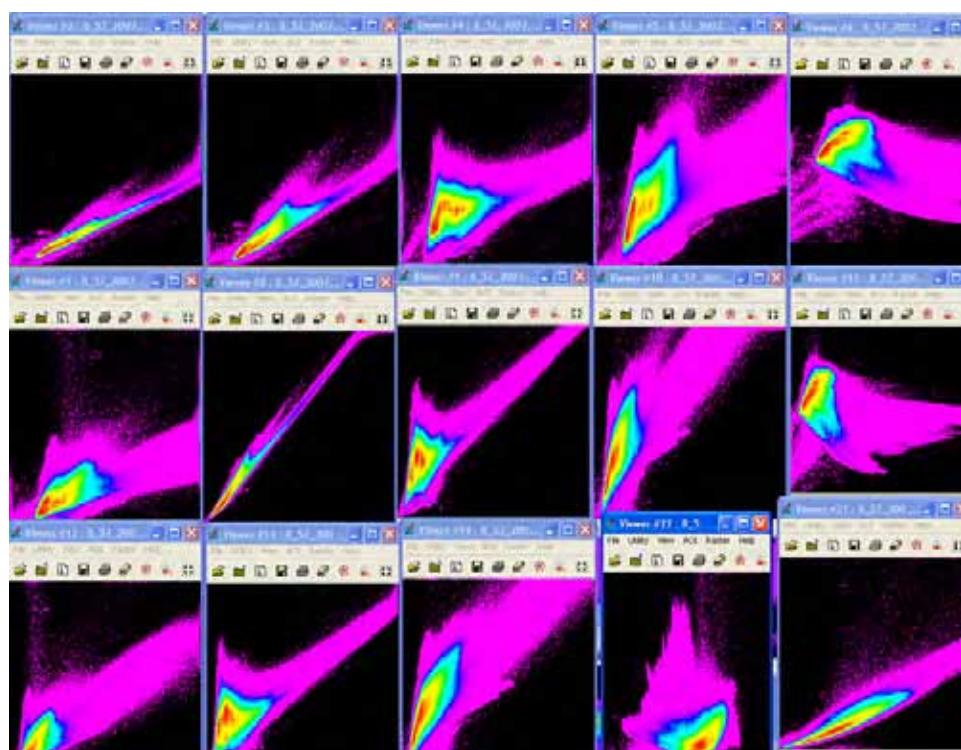
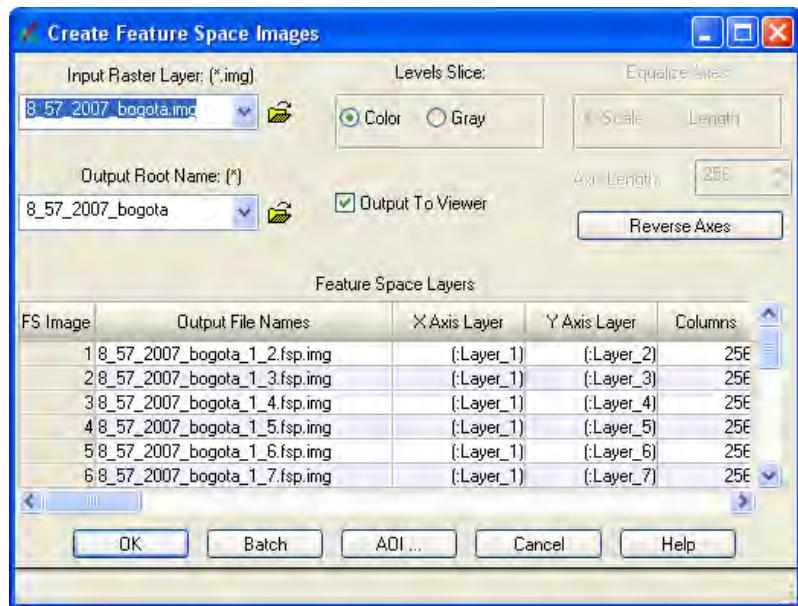
- **Mejoramiento y realce visual de imágenes.** Como se ha comentado en temas anteriores, el despliegue de imágenes puede llevarse a cabo de tres formas, despliegue en escala de grises, pseudo-color o composición a color a partir de la combinación de tres bandas. Un análisis de componentes principales, es implementado para mejorar visualmente el despliegue de imágenes, representando la mayor cantidad de información espectral posible (varianza) de todas las bandas. Para llevar a cabo una interpretación visual, es conveniente probar el despliegue de los componentes principales, resaltando la importancia del despliegue en color para el reconocimiento de coberturas y objetos terrestres (Richards y Jia, 2006).
- **Interpretación de imágenes multitemporales.** El análisis de componentes principales se implementa para detectar cambios en el tiempo, usando imágenes multiespectrales y multitemporales. El análisis multitemporal que se lleva a cabo con la transformación **PCA**, se realiza a partir de las altas correlaciones que existe en las coberturas que no sufren cambios significativos en imágenes de diferentes fechas, y de forma inversa, para aquellas coberturas que presentan cambios significativos en el tiempo, presentan una baja correlación. De esta manera el análisis de componentes principales, puede ser de utilidad para condensar la información o variabilidad espectral de un conjunto de imágenes en diferentes fechas para llevar a cabo el análisis de cambios y anomalías de coberturas (Richards y Jia, 2006; Chuvieco, 2002).
- **Reducir el ruido de imágenes.** Algunas veces puede implementarse el análisis de componentes principales, para reducir o remover el efecto de bandeoamiento o efectos atmosféricos de las imágenes, el objetivo parte de aplicar la transformación **PCA**, seleccionar los componentes con la mayor variabilidad y desechar los últimos componentes que representan el ruido de la imagen, y posteriormente realizar la transformada inversa para obtener las bandas originales corregidas (Eastman, 2001).
- **Análisis de imágenes hiperespectrales.** El análisis de componentes principales como técnica de reducción de variables o dimensionalidad de datos, es muy útil en el análisis de datos hiperespectrales, ya que recordemos, que estos sensores como MODIS, capturan hasta 36 bandas y AVIRIS captura más de 200 bandas.
- **Compresión de imágenes.** A pesar de el análisis de componentes principales son utilizados para compresión de datos en telecomunicaciones, ya que parte del principio de seleccionar los componentes que retienen la mayor cantidad de información, y luego aplicar la transformada inversa para obtener los datos originales, en sensores remotos se implementa de igual modo para comprimir información de datos hiperespectrales, y de este modo reducir el volumen, almacenamiento y transmisión de datos (Richards y Jia, 2006).
- **Fusión de imágenes.** El objeto es mejorar la resolución espacial a partir de dos imágenes con diferente tamaño de píxel, el principio parte de reemplazar el primer componente principal por la imagen pancromática con mayor resolución espacial, luego se realiza la transformada inversa para obtener la imagen fusionada (Meenakshisundaram, 2005).
- **Clasificación digital de imágenes.** Reducción de las variables de entrada para diferentes algoritmos de clasificación digital, de utilidad para reducir el tiempo de procesamiento de las imágenes. También puede ser útil para definir las áreas de entrenamiento en las clasificaciones supervisadas (Duda y Canty, 2002).

Objetivo: Calcular y analizar cuatro Componentes Principales de la ventana de trabajo de la imagen LANDSAT TM.

1. Para derivar en Componentes Principales, seleccione del menú principal **RASTER/ RESOLUTION / SPECTRAL / PRINCIPAL COMPONENT**.



2. Seleccione la imagen de entrada y escriba el nombre de salida de la nueva imagen. En la opción **EIGEN MATRIZ** y **EIGEN VALUES** escriba los nombres de los archivos de salida de las estadísticas que se generan en el proceso.
3. Asigne en **Número de componentes**: 7 (siete) y a continuación **OUTPUT OPTION**, seleccione **STRECH TO UNSIGNED 8 bit**. Y haga Clic en **OK**, entonces se desplegará la ventana indicando el progreso de la operación. ER
4. Despliegue cada uno de los componentes generados en escala de grises. Utilizando EXCEL abra los archivos de las estadísticas generadas de matriz de correlación (Eigen Matriz) y Autovalores (Eigenvalue). Analice el significado espectral y temático de cada banda con ayuda de las estadísticas y realice sus conclusiones.
5. Producza y compare los histogramas bidimensionales de la imagen original y de las imágenes de Componentes Principales. Para tal fin selecciones desde el modulo **Raster, Classification, Supervised** la opción **Feature Space Image...** En la ventana **Create Feature Space Images** seleccione el archivo de la imagen LANDSAT TM a partir de la cual han calculado las componentes principales (**Input Raster Layer**). Active la opción **Output to Viewer** y oprime **OK**. Analice los histogramas desplegados y responde cuál de estas presenta mayor correlación espectral y cual la menor y porque.
6. Genere ahora los histogramas para las bandas de Componentes Principales, con los mismos procedimientos del paso anterior y compáralas con las de las imágenes originales. Responde en que consiste la diferencia entre estas.



- Finalmente, despliegue las diferentes combinaciones de las bandas a partir de los componentes principales y discuta sobre: que nos aportan estas imágenes para la identificación de las diferentes coberturas de la tierra en comparación con las composiciones a partir de la imagen original.

EJERCICIO 5. GEOREFERENCIACIÓN

La georeferenciación es el proceso de ajuste de una imagen de acuerdo a un sistema de proyección cartográfica determinada, la asignación de coordenadas geográficas y escala y eliminación de distorsiones geométricas.

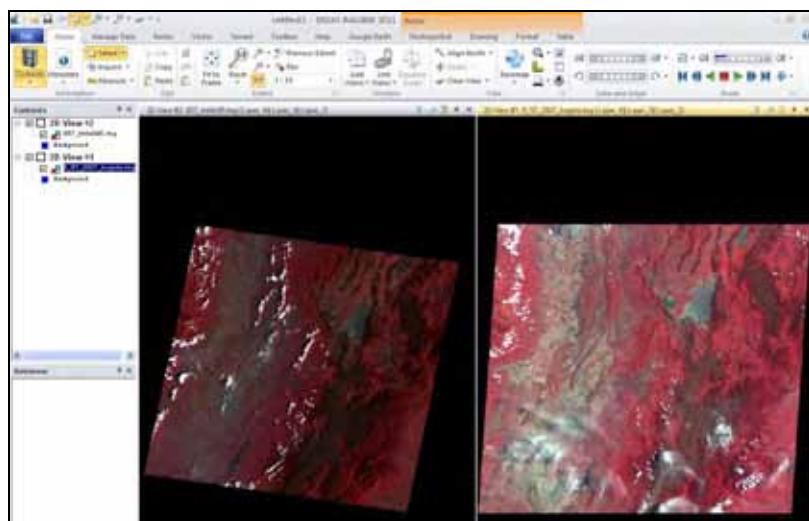
Para tal fin se requiere ubicar sobre la imagen no georeferenciada los puntos geográficos con buena correspondencia con un mapa de referencia u otra imagen ya georeferenciada. Estos puntos se denominan como puntos de control (*Ground Control Points – GCPs*). Los puntos deben cumplir como mínimo las siguientes condiciones: estar uniformemente ubicados sobre la imagen para minimizar las deformaciones en todas las direcciones; estar localizadas en diferentes niveles de altura topográfica; ser evidentes en la imagen y tener coordenadas conocidas precisamente; y tener al menos doble cantidad de requerimiento mínimo de interpolación (3 – lineal; 6 – bilineal y 10 – cúbica).

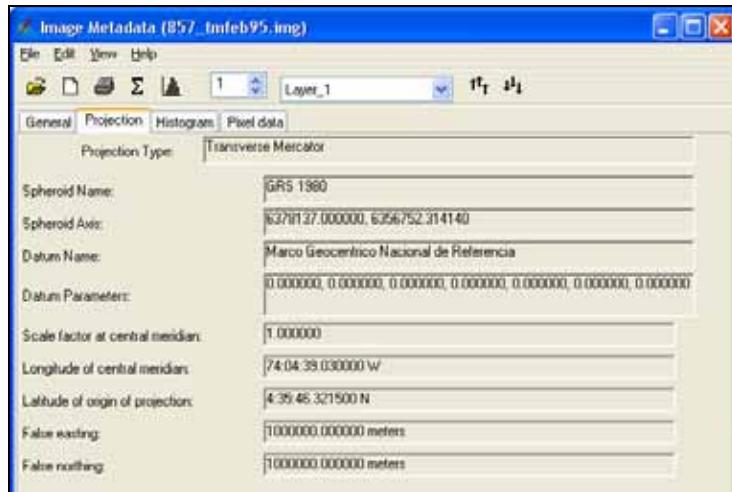
Para la georeferenciacion se debe realizar los siguientes pasos: Desplegar la imagen; Iniciar el modulo de GEOMETRIC CORRECTION; luego, ubicar sobre la imagen los puntos de control (GCPs); Posteriormente, se debe calcular la matriz de transformación; luego remuestrear la imagen y finalmente verificar los resultados.

OBJETIVO: Aprender a georeferenciar y reproyectar las imágenes utilizando una imagen de referencia.

PROCEDIMIENTOS:

1. Abra los dos VIEWERS. Para esto va a file, open, raster layer y despliega la imagen georreferenciada, para ver la segunda oprima al tiempo **Ctrl + N** allí se despliega el otro viewer, allí visualice la imagen no georreferenciada. Observe sus diferencias, cabe resaltar que para saber obtener información de si está o no georreferenciada vaya donde está la imagen activa en el recuadro de la izquierda, de click derecho y seleccione metadata, allí en la pestaña general en la parte inferior aparece información de projeccion al igual hay una pestaña dentro de esta misma ventana de Projection, para obtener estos datos.



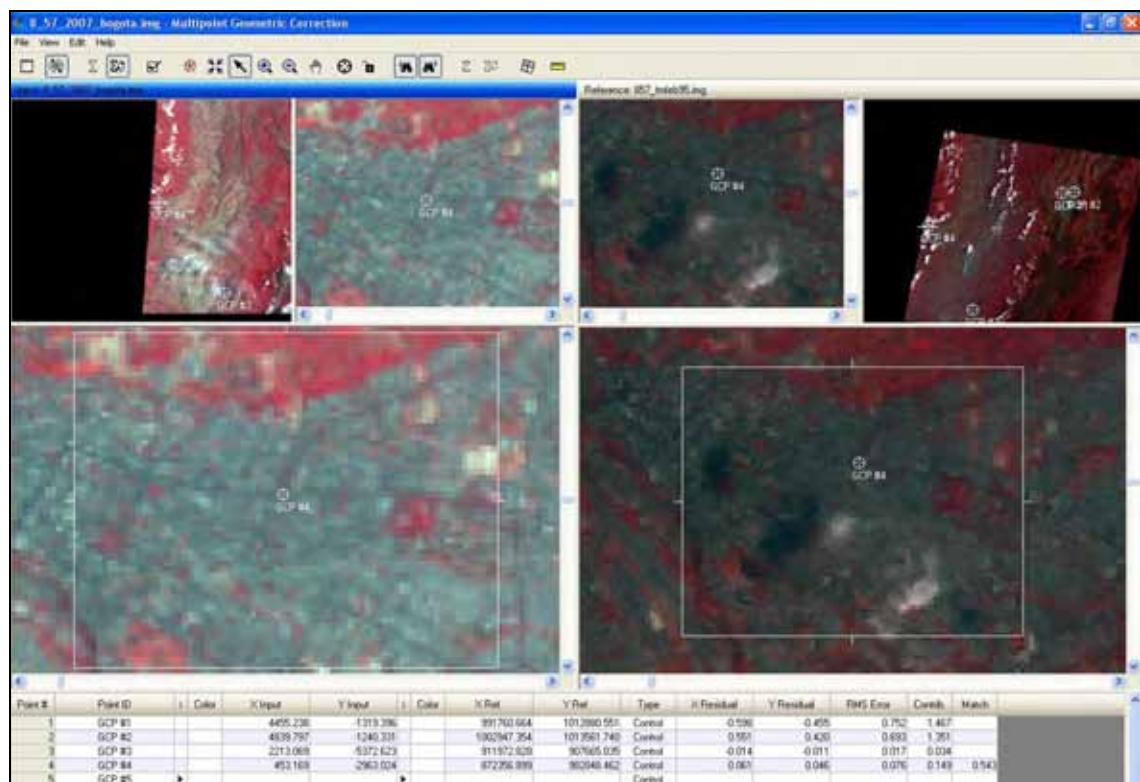


2. Cierre la imagen del viewer 1 y deje solo la del viewer 2 (Imagen no georreferenciada), vaya a la pestaña **Multispectral, transform & orthocorrect** y seleccione la opción **Control Points**.

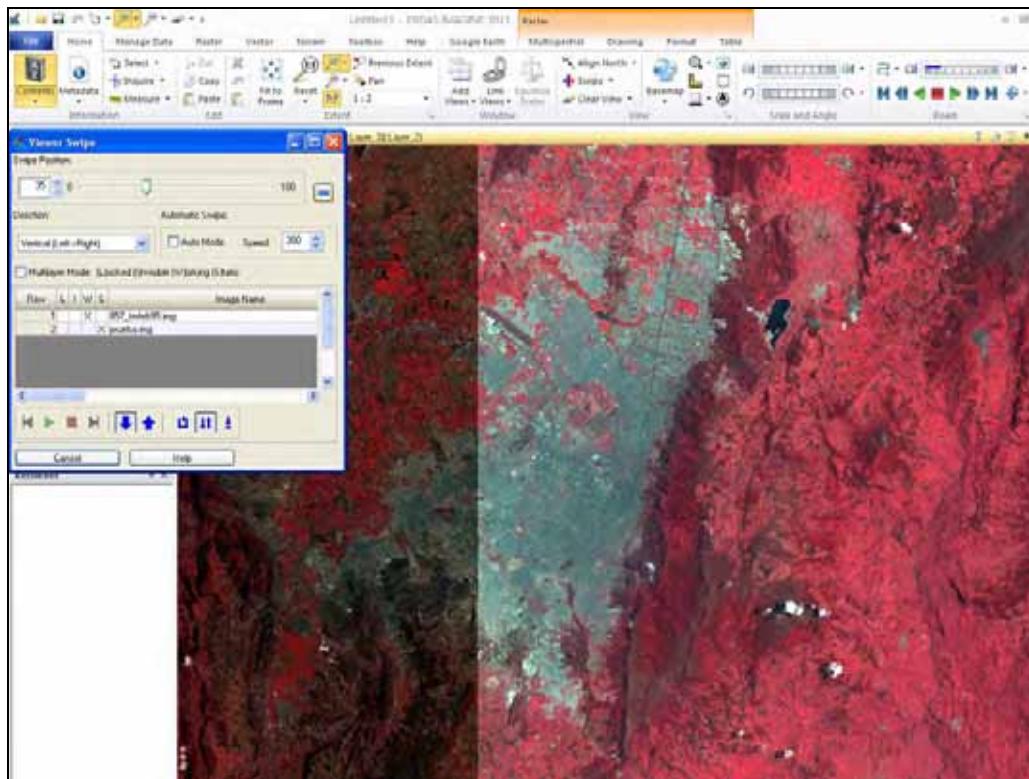
Allí se despliega la ventana set geometric model, allí se deja activo model list y se coloca polinomial, ok, se da ok a la próxima ventana, se despliega una ventana final para allí cargar la imagen de referencia, se carga y se da ok, seguido sale el modelo polinomial, se da aplicar, finalmente se abre una gran ventana con dos subventanas donde aparecen las imágenes y una tabla final en la parte inferior donde se calcula la precisión de estos puntos.

4. Inicie con la creación de los puntos de control, ubicando estos en el Viewer 3 con la

ayuda del icono  . En el Viewer 4, ubique el mismo punto. Asigne 4 puntos en las dos imágenes. Cuando termine, salve los puntos de entrada y de referencia: **FILE / SAVE INPUT AS...** (asigne un nombre) y **FILE / SAFE REFERENCE AS...**

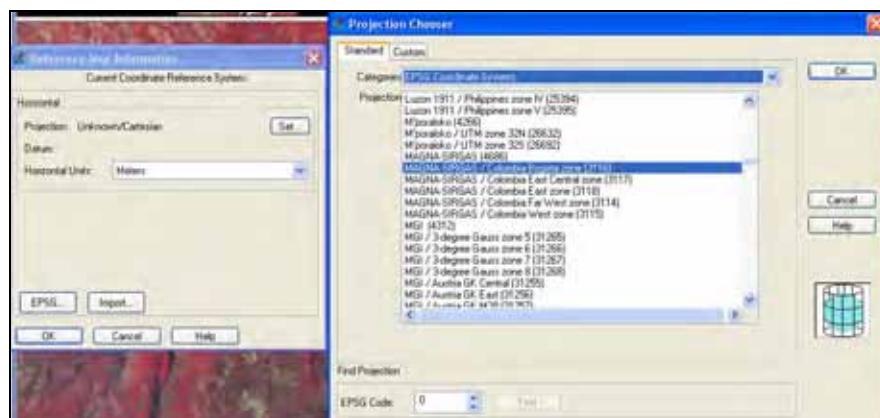


5. Active el icono el registro automático de los puntos y registre otros 10 puntos. Cuando termine, salve los puntos de entrada y de referencia.
6. Oprima el icono de cálculo automático de transformación. , para calcular la matriz de transformación y el Error Medio Cuadrático (RMS). Comience a eliminar los puntos con mayor contribución de error hasta lograr el RMS deseado. Cuando el error sea aceptable, salve de nuevo los puntos de INPUT y de REFERENCE.
7. Para hacer el remuestreo, en la ventana principal de MULTIPOINT GEOMETRIC CORRECTION oprima el icono . Seleccione **RESAMPLE METHOD: Nearest Neighbor**, escriba el nombre de la imagen de salida, Haga clic en **OK**, y se iniciará el proceso de remuestreo, al terminar oprima **OK**. Oprima **Exit** para salir de la aplicación, aparecerá ventana del dialogo preguntando si salva el modelo, sálvelo. Despliegue la imagen georeferenciada y compare con la original.
8. Abra ambas imágenes y compárelas.

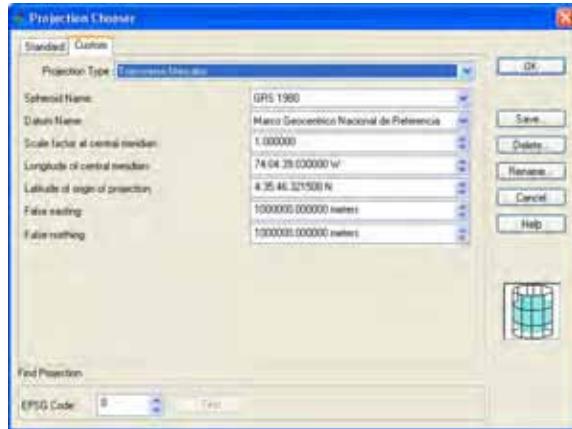


OPCIONAL: GEOREFERENCIACION CON MAPA EN FORMATO ANALOGO

1. Despliegué la imagen a georeferenciar. Vaya a la pestaña **Multispectral, transform & orthocorrect** y seleccione la opción **Control Points**. Allí se despliega la ventana **set geometric model**, allí se deja activo model list y se coloca polinomial, se da **ok**.
2. Se abre la ventana de GCP Tool Reference Setup, se deja activa la ultima opción **Keyboard Only**, allí se despliega la ventana **Reference Map Information**, en Horizontal Units se selecciona Meters, se da click en el recuadro Set de esta ventana, Se abre la ventana de **PROJECTION CHOSER**.



3. En **Estándar**, seleccione en **Categories**: EPSG Coordinate Systems y en **Projection**: MAGNA-SIRGAS / Colombia Bogota zone (3116), en la cajita de **CUSTOM** se deja todo por defecto debe tener los siguientes parámetros:



4. Oprima **OK**. La ventana se cerrará, de nuevo ok y se cierra la ventana de Reference Map Information, en ese momento se despliega la ventana **POLYNOMIAL MODEL PROPERTIES** salve el modelo definido con la opción **SAVE AS...** y **CLOSE**.
5. Se abrirá el VIEWER 1 con la imagen a georeferenciar, con la cajita de conexión con el VIEWER 2, cuya función es ver la imagen en detalle. Moviendo la cajita en el VIEWER 1, se relaciona la posición de de la misma porción de la imagen del VIEWER 2 . Adicional a los viewers, se una tabla en la parte inferior mediante la cual se realiza la recolección de puntos de control.

6. Desactive el icono y active . Lleve el cursor a la imagen y ubique un punto de fácil identificación en la imagen y en el mapa de referencia, y a continuación oprima el cursor. Las coordenadas de este punto en la imagen (X, Y) se adicionan automáticamente en la tabla de **GCP EDITOR**. Calcule las coordenadas para este punto en el mapa y registre en las columnas correspondientes de **Xref** y **Yref**. Repita este

procedimiento y complete 4 puntos. Active el icono y registre otros 10 puntos. Salve los puntos de entrada y de referencia: **FILE / SAVE INPUT AS...** (asigne un nombre) y proceda con **REFERENCE AS...**

7. Oprima el icono de cálculo automático de transformación. para calcular la matriz de transformación y el Error Medio Cuadrático (RMS) Analice las columnas de **Xres** y **Yres**, **RMS ERROR** y **CONTRIB** para cada punto. Comience a eliminar los puntos con mayor contribución de error hasta lograr el RMS deseado. Cuando el error sea aceptable (menor a uno), salve de nuevo los puntos de **INPUT** y de **REFERENCE**.

8. Para hacer el remuestreo, en la ventana principal de GEO CORRECTION TOOLS oprima el icono . Aparecerá la ventana **RESAMPLE**. Seleccione **RESAMPLE METHOD**, escriba el nombre de la imagen de salida, Haga clic en **OK**, y se iniciará el proceso de remuestreo, al terminar oprima **OK**. Oprime **Exit** para salir de la aplicación, aparecerá ventana del dialogo preguntando si salvas el modelo, sálvalo. Despliegue la imagen georeferenciada.

REPROYECCIÓN DE UNA IMAGEN

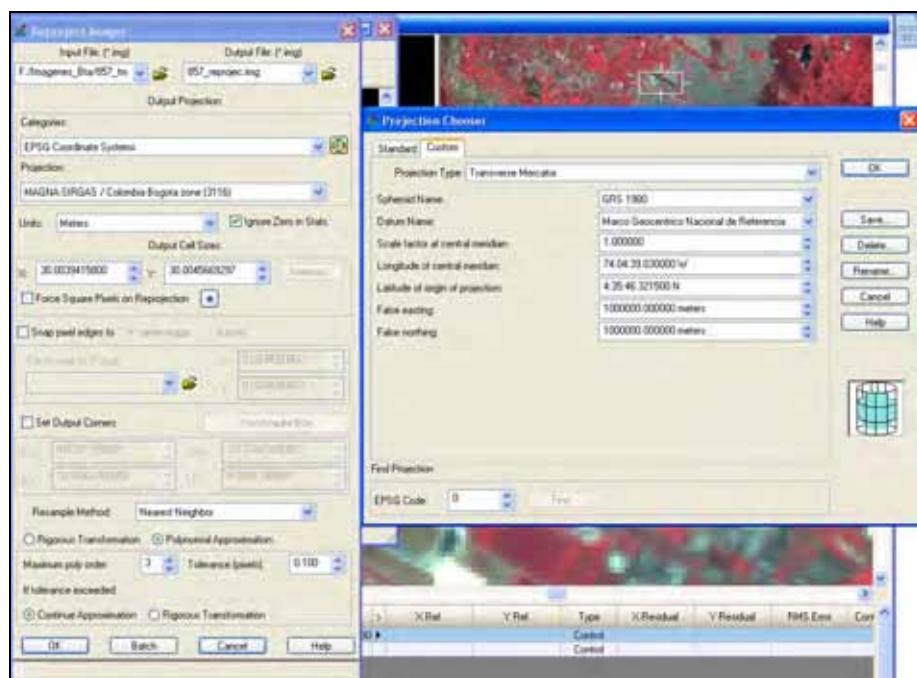
Las imágenes que se están adquiriendo actualmente están georeferenciados en el Sistema de Proyección de UTM (Universal Trasversal Mercator). Para utilizar con la cartografía local deben

ser reproyectados al sistema local de proyección, que en nuestro caso será TM (Transversal Mercator). Para realizar la reproyección siga los siguientes pasos:

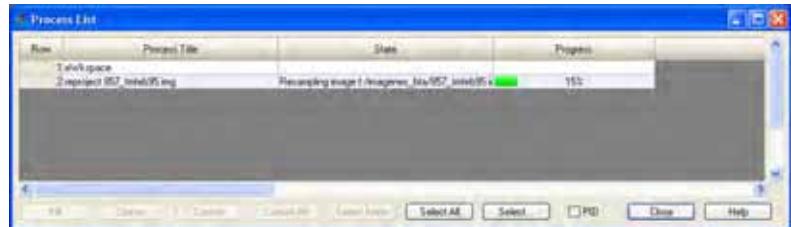
1. Abre la imagen a reproyectar. Luego seleccione del menú RASTER, grupo Geometry, la opción **Reproject**.



2. Se abre la ventana Reproject images, allí en input file, coloca la imagen que desea reproyectar, en output file, nombre de la imagen reproyectada, a continuación aparecen las categorías, las cuales pueden diligenciarse directamente seleccionando o también se puede ingresar al cuadro Projection chooser dando click en el siguiente icono . Se debe elegir en categories EPSG Coordinate Systems y el Projection: MAGNA-SIRGAS/Colombia Bogota zone (3116), units: meters, activar ignore Zero in Stats, el resto se deja por defecto Resample Method: Nearest Neigboor se da ok.



3. Aparece el recuadro de proceso.

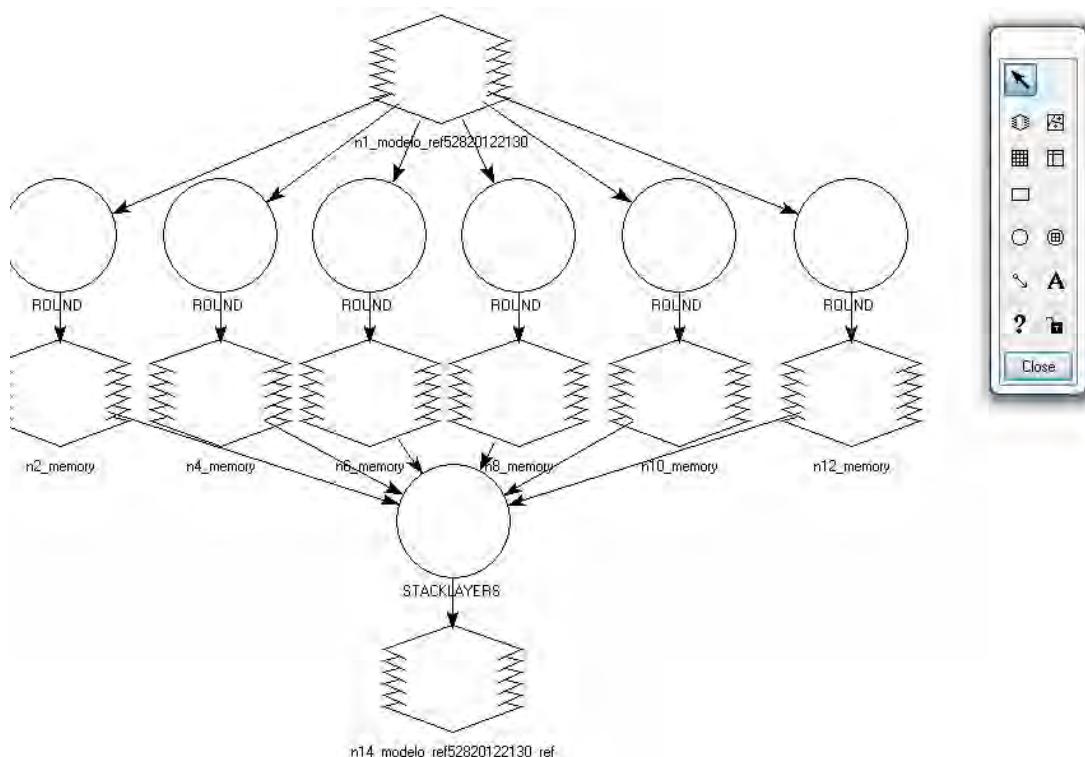


- Despliegue la imagen georeferenciada y sobre ella una capa de vectores del archivo para examinar la utilidad de reproyección y la exactitud del ajuste con la cartografía local.

EJERCICIO 6: CONVERSION DE ND'S A REFLECTANCIA

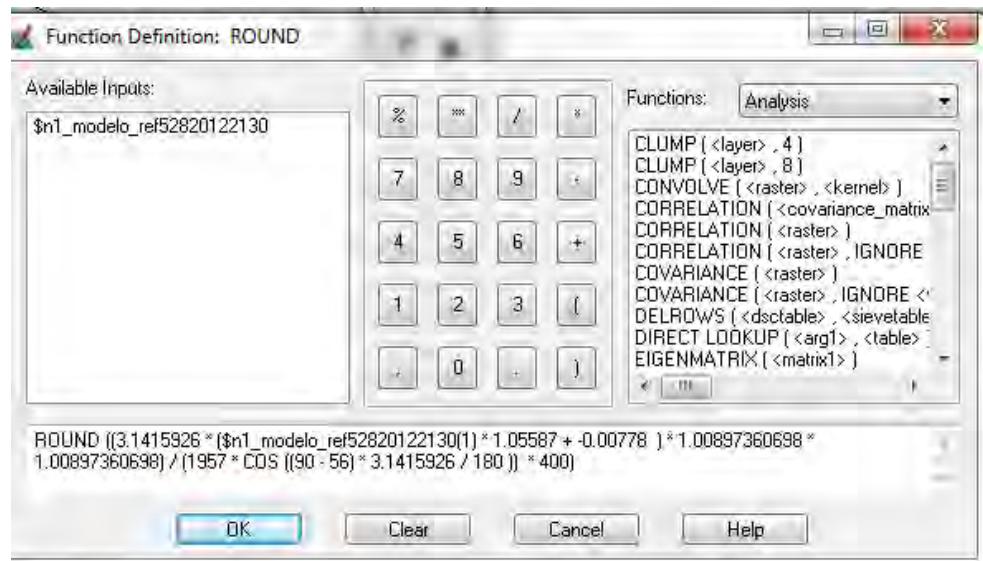
Realizaremos la corrección radiométrica de una imagen Landsat 5:

- Primero realizaremos el esquema en Model Maker como se muestra a continuación:



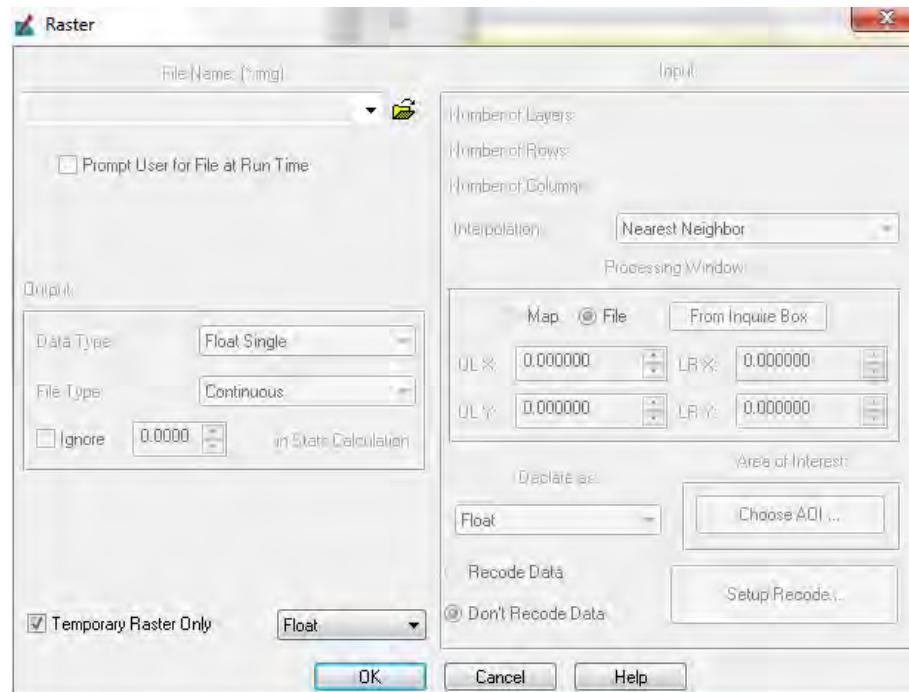
- En el raster superior cargamos la imagen con las 6 bandas.
- Luego cargamos las funciones con la fórmula de reflectancia. Se debería ver así (Banda 1):

$$\text{ROUND} ((3.1415926 * (\$n1_modelo_ref52820122130(1) * 1.05587 + -0.00778) * 1.00897360698 * 1.00897360698) / (1957 * \cos((90 - 56) * 3.1415926 / 180)) * 400)$$



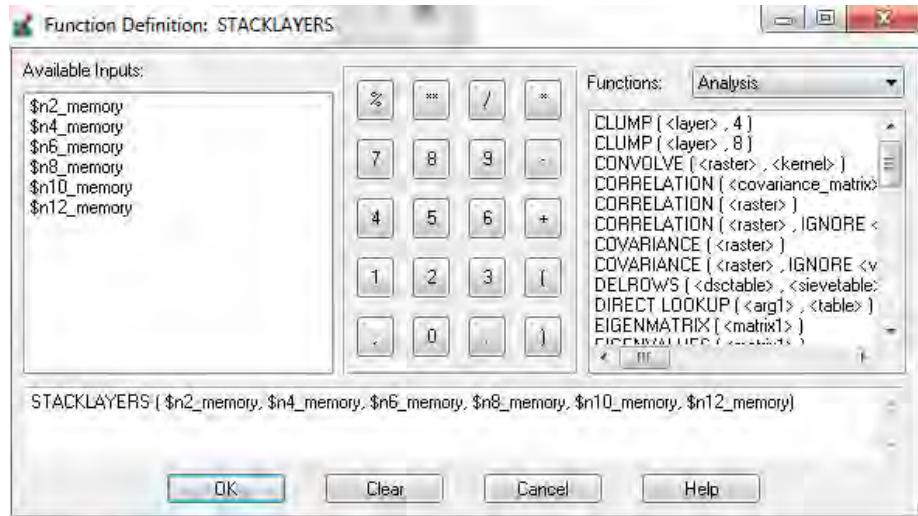
Realizar esta formula para las 6 bandas (1-5,7) cambiando los valores respectivamente.

A los resultados raster (Aquellos que se encuentran en el medio) los colocamos como raster temporales haciendo uso de la selección “Temporary raster”.



Creamos otra funcion que contenga la ecuacion de layer stack para volver a unir las bandas de las imágenes:

STACKLAYERS (\$n2_memory, \$n4_memory, \$n6_memory, \$n8_memory, \$n10_memory, \$n12_memory)



Seleccionamos la ruta a guardar el raster (Raster inferior).

TABLAS Y FORMULAS:

ETM+ Solar Spectral Irradiances	
Band	watts/(meter squared * μm)
1	1957.000
2	1829.000
3	1557.000
4	1047.000
5	219.300
7	74.52

Radiancia:

$$L_{\lambda} = gain * DN + bias$$

Donde:

L es la radiancia

Gain es la ganancia de una banda específica

Bias es el bias de una banda específica

DN es el valor digital del pixel

Reflectancia:

$$\rho_{\lambda} = \pi * L_{\lambda} * d^2 / ESUN_{\lambda} * \cos \theta_s$$

Donde:

P= Reflectancia

L = radiancia

d= distancia tierra-sol en unidades astronómicas

ESUN= irradiancia solar

Θ = ángulo solar zenith

Earth-Sun distance (d) in astronomical units for Day of the Year (DOY)											
DOY	d	DOY	d	DOY	d	DOY	d	DOY	d	DOY	d
1	0,98331	61	0,99108	121	1,00756	181	1,01665	241	1,00992	301	0,99359
2	0,98330	62	0,99133	122	1,00781	182	1,01667	242	1,00969	302	0,99332
3	0,98330	63	0,99158	123	1,00806	183	1,01668	243	1,00946	303	0,99306
4	0,98330	64	0,99183	124	1,00831	184	1,01670	244	1,00922	304	0,99279
5	0,98330	65	0,99208	125	1,00856	185	1,01670	245	1,00898	305	0,99253
6	0,98332	66	0,99234	126	1,00880	186	1,01670	246	1,00874	306	0,99228
7	0,98333	67	0,99260	127	1,00904	187	1,01670	247	1,00850	307	0,99202
8	0,98335	68	0,99286	128	1,00928	188	1,01669	248	1,00825	308	0,99177
9	0,98338	69	0,99312	129	1,00952	189	1,01668	249	1,00800	309	0,99152
10	0,98341	70	0,99339	130	1,00975	190	1,01666	250	1,00775	310	0,99127
11	0,98345	71	0,99365	131	1,00998	191	1,01664	251	1,00750	311	0,99102
12	0,98349	72	0,99392	132	1,01020	192	1,01661	252	1,00724	312	0,99078
13	0,98354	73	0,99419	133	1,01043	193	1,01658	253	1,00698	313	0,99054
14	0,98359	74	0,99446	134	1,01065	194	1,01655	254	1,00672	314	0,99030
15	0,98365	75	0,99474	135	1,01087	195	1,01650	255	1,00646	315	0,99007
16	0,98371	76	0,99501	136	1,01108	196	1,01646	256	1,00620	316	0,98983
17	0,98378	77	0,99529	137	1,01129	197	1,01641	257	1,00593	317	0,98961
18	0,98385	78	0,99556	138	1,01150	198	1,01635	258	1,00566	318	0,98938
19	0,98393	79	0,99584	139	1,01170	199	1,01629	259	1,00539	319	0,98916
20	0,98401	80	0,99612	140	1,01191	200	1,01623	260	1,00512	320	0,98894
21	0,98410	81	0,99640	141	1,01210	201	1,01616	261	1,00485	321	0,98872
22	0,98419	82	0,99669	142	1,01230	202	1,01609	262	1,00457	322	0,98851
23	0,98428	83	0,99697	143	1,01249	203	1,01601	263	1,00430	323	0,98830
24	0,98439	84	0,99725	144	1,01267	204	1,01592	264	1,00402	324	0,98809
25	0,98449	85	0,99754	145	1,01286	205	1,01584	265	1,00374	325	0,98789
26	0,98460	86	0,99782	146	1,01304	206	1,01575	266	1,00346	326	0,98769
27	0,98472	87	0,99811	147	1,01321	207	1,01565	267	1,00318	327	0,98750
28	0,98484	88	0,99840	148	1,01338	208	1,01555	268	1,00290	328	0,98731
29	0,98496	89	0,99868	149	1,01355	209	1,01544	269	1,00262	329	0,98712
30	0,98509	90	0,99897	150	1,01371	210	1,01533	270	1,00234	330	0,98694
31	0,98523	91	0,99926	151	1,01387	211	1,01522	271	1,00205	331	0,98676
32	0,98536	92	0,99954	152	1,01403	212	1,01510	272	1,00177	332	0,98658
33	0,98551	93	0,99983	153	1,01418	213	1,01497	273	1,00148	333	0,98641
34	0,98565	94	1,00012	154	1,01433	214	1,01485	274	1,00119	334	0,98624
35	0,98580	95	1,00041	155	1,01447	215	1,01471	275	1,00091	335	0,98608
36	0,98596	96	1,00069	156	1,01461	216	1,01458	276	1,00062	336	0,98592
37	0,98612	97	1,00098	157	1,01475	217	1,01444	277	1,00033	337	0,98577
38	0,98628	98	1,00127	158	1,01488	218	1,01429	278	1,00005	338	0,98562
39	0,98645	99	1,00155	159	1,01500	219	1,01414	279	0,99976	339	0,98547
40	0,98662	100	1,00184	160	1,01513	220	1,01399	280	0,99947	340	0,98533
41	0,98680	101	1,00212	161	1,01524	221	1,01383	281	0,99918	341	0,98519
42	0,98698	102	1,00240	162	1,01536	222	1,01367	282	0,99890	342	0,98506
43	0,98717	103	1,00269	163	1,01547	223	1,01351	283	0,99861	343	0,98493
44	0,98735	104	1,00297	164	1,01557	224	1,01334	284	0,99832	344	0,98481
45	0,98755	105	1,00325	165	1,01567	225	1,01317	285	0,99804	345	0,98469
46	0,98774	106	1,00353	166	1,01577	226	1,01299	286	0,99775	346	0,98457
47	0,98794	107	1,00381	167	1,01586	227	1,01281	287	0,99747	347	0,98446
48	0,98814	108	1,00409	168	1,01595	228	1,01263	288	0,99718	348	0,98436
49	0,98835	109	1,00437	169	1,01603	229	1,01244	289	0,99690	349	0,98426
50	0,98856	110	1,00464	170	1,01610	230	1,01225	290	0,99662	350	0,98416
51	0,98877	111	1,00492	171	1,01618	231	1,01205	291	0,99634	351	0,98407
52	0,98899	112	1,00519	172	1,01625	232	1,01186	292	0,99605	352	0,98399
53	0,98921	113	1,00546	173	1,01631	233	1,01165	293	0,99577	353	0,98391
54	0,98944	114	1,00573	174	1,01637	234	1,01145	294	0,99550	354	0,98383
55	0,98966	115	1,00600	175	1,01642	235	1,01124	295	0,99522	355	0,98376
56	0,98989	116	1,00626	176	1,01647	236	1,01103	296	0,99494	356	0,98370
57	0,99012	117	1,00653	177	1,01652	237	1,01081	297	0,99467	357	0,98363
58	0,99036	118	1,00679	178	1,01656	238	1,01060	298	0,99440	358	0,98358
59	0,99060	119	1,00705	179	1,01659	239	1,01037	299	0,99412	359	0,98353
60	0,99084	120	1,00731	180	1,01662	240	1,01015	300	0,99385	360	0,98348
										361	0,98344
										362	0,98340
										363	0,98337
										364	0,98335
										365	0,98333
										366	0,98331

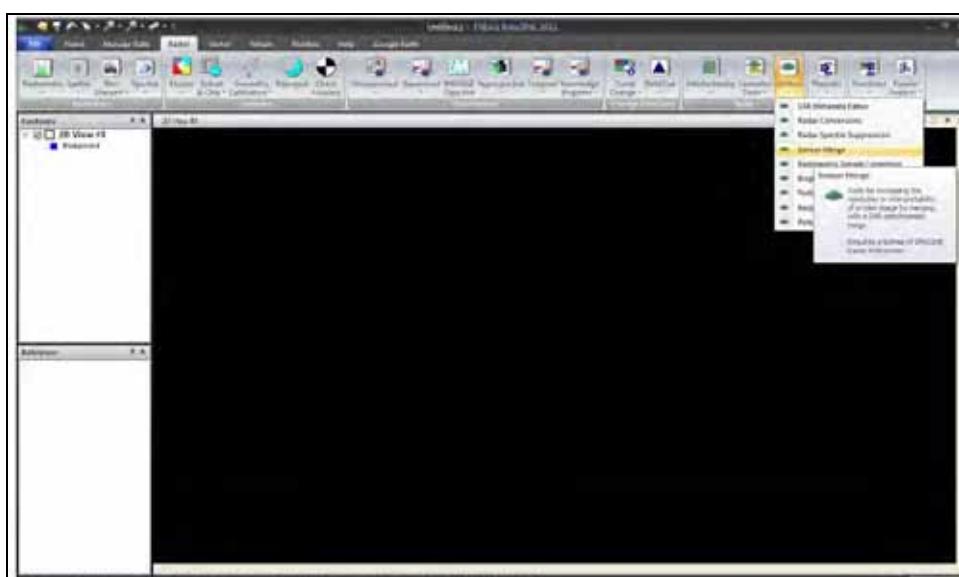
HEADER:

PRODUCT =99182224-01 WRS =008/05700 ACQUISITION DATE =19970830 SATELLITE =L5
INSTRUMENT =TM10 PRODUCT TYPE =ORBIT ORIENTED PRODUCT SIZE =FULL SCENE
TYPE OF GEODETIC PROCESSING =SYSTEMATIC RESAMPLING =CC RAD GAINS/BIASES
= 1.05587/-0.00778 2.60528/-0.01562 1.63518/-0.01131 2.94281/-0.02359 0.68562/-0.00549
1.52431/0.12378 0.42566/-0.00308 TAPE SPANNING FLAG=1/1 START LINE #= 1 LINES
PER VOL= 5965 ORIENTATION = -8.19 PROJECTION =UTM USGS PROJECTION # = 9
USGS MAP ZONE = 18 USGS PROJECTION PARAMETERS = 0.637813700000000D+07
0.635675231414000D+07 0.999600000000000D+00 0.000000000000000D+00 -
0.750000000000000D+06 0.000000000000000D+00 0.500000000000000D+06
0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00
0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00
0.000000000000000D+00 0.000000000000000D+00 EARTH ELLIPSOID =GRS_1980
SEMI-MAJOR AXIS =6378137.000 SEMI-MINOR AXIS =6356752.314 PIXEL SIZE =28.50
PIXELS PER LINE= 6967 LINES PER IMAGE= 5965 UL 0751405.2316W 051258.6064N
473981.540 576576.437 UR 0732744.3403W 045731.7025N 670489.777 548308.595 LR
0734059.1904W 032615.4551N 646288.024 380066.401 LL 0752708.0824W 034138.9799N
449779.787 408334.243 BANDS PRESENT =1234567 BLOCKING FACTOR = 1 RECORD
LENGTH = 6967 SUN ELEVATION =56 SUN AZIMUTH =081 CENTER 0742729.9215W
041938.2229N 560106.572 478325.477 3483 2983 OFFSET= 164 REVB

EJERCICIO 7: SINERGISMO (MERGE)

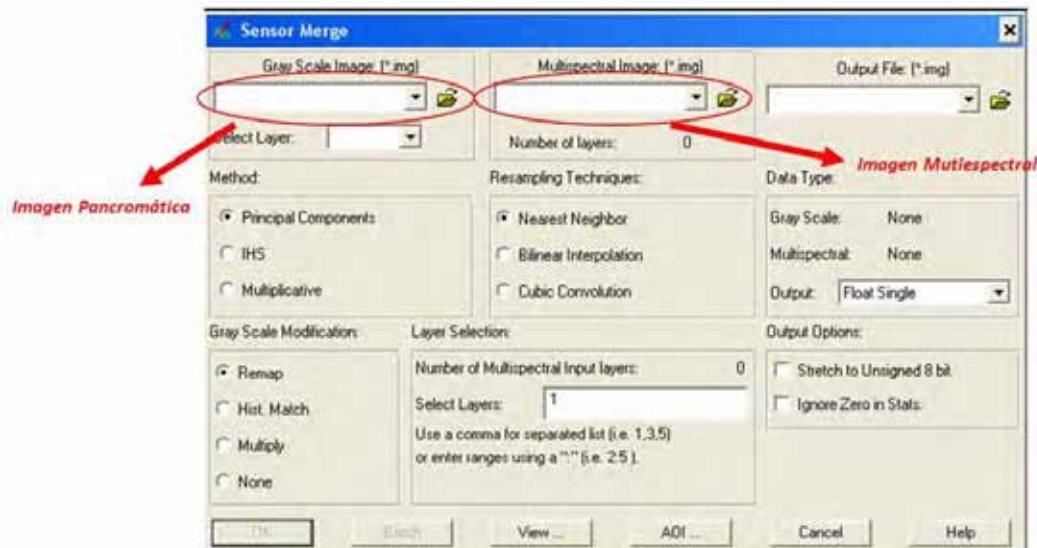
En este ejercicio vamos a crear un nuevo archivo raster con mejor resolución espacial y con mejores características espetrales a partir de dos imágenes que estén georeferenciadas y ortorectificadas. Los archivos de entrada deben ser una imagen con mejor resolución espacial y el otro archivo debe contener las bandas de interés.

En Erdas 2011 ingresamos a la pestaña **Raster**, en el grupo **Radar** damos clic en la opción **Utilities** y se despliega el menú en donde aparece la opción **Sensor Merge**.



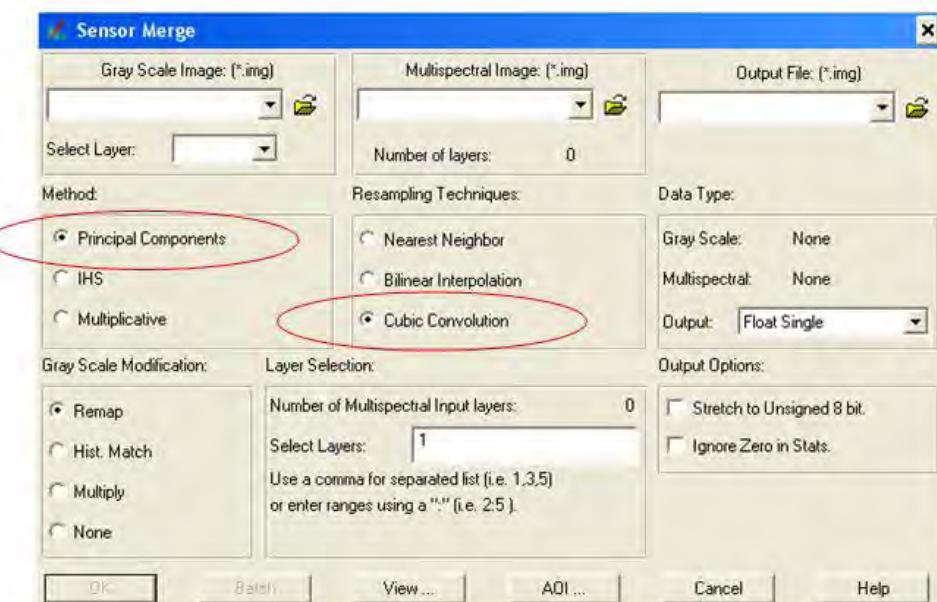
En la ventana que se despliega se ingresan los archivos de entrada como los son la Imagen Pancromática de mejor resolución espacial y la imagen Multiespectral.

Se escribe el nombre con el cual se quiere guardar el archivo de salida y se selecciona la extensión de salida.

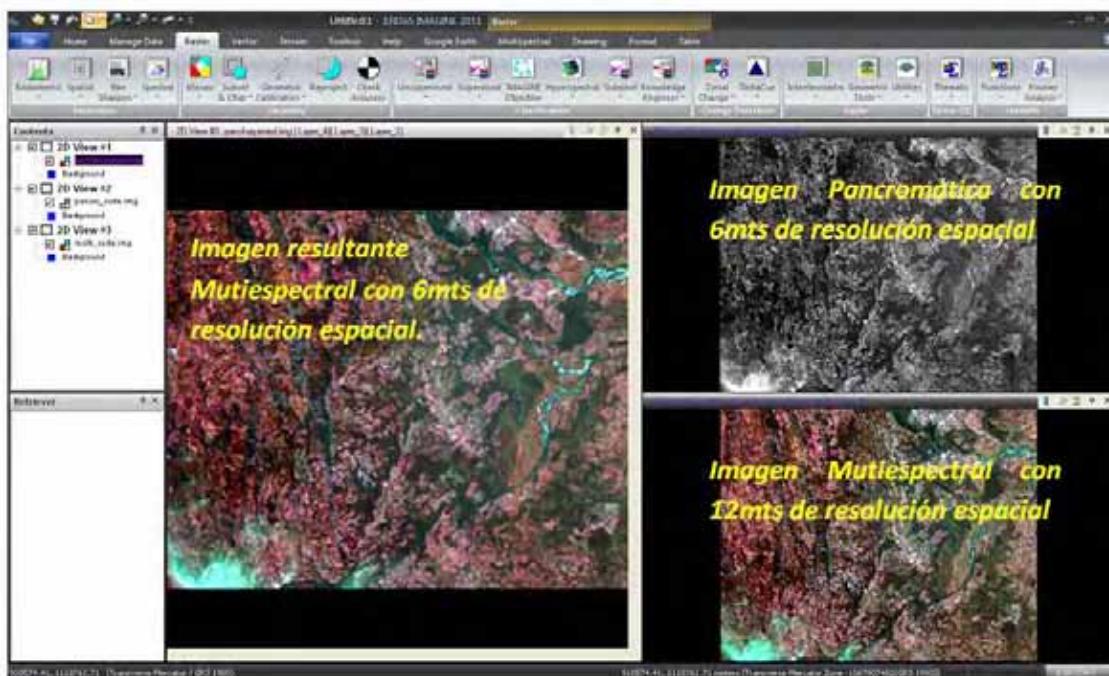


En el Grupo llamado **Method** seleccionamos **Principal Components**, este método permite guardar o respetar mejor la radiometría de la imagen original.

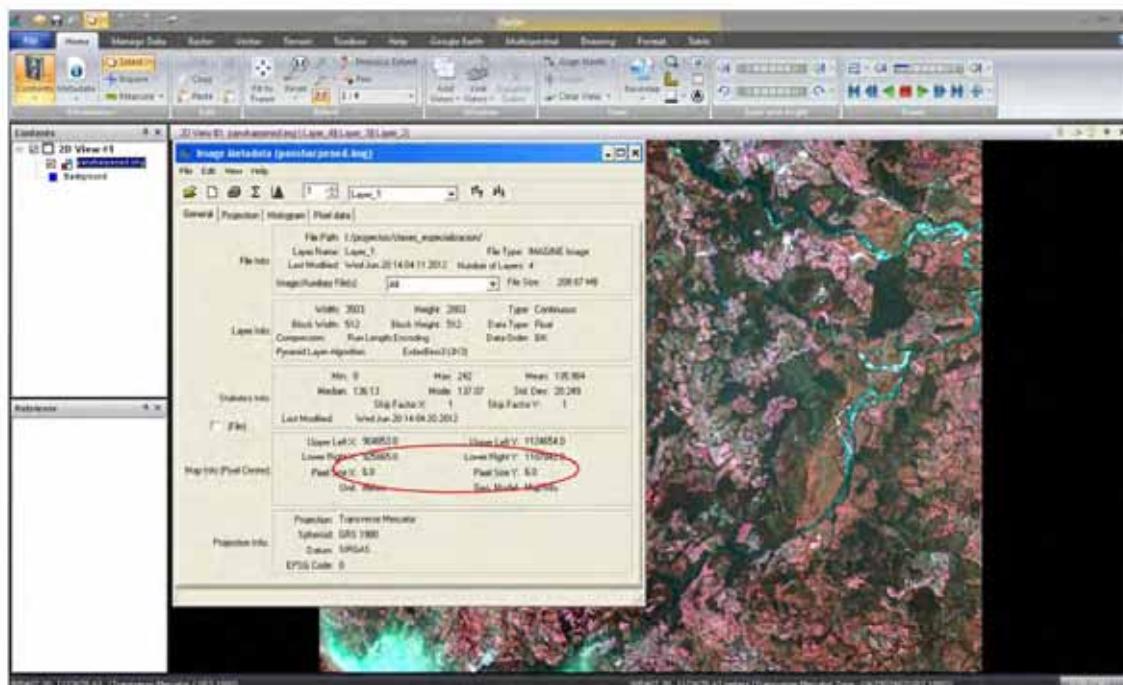
En **Resampling Techniques** seleccionamos **Cubic Convolution**, esta técnica se puede aplicar si el tamaño de imagen es mediano o pequeño, de lo contrario se escoge **Bilinear o Nearest**.



Las otras opciones se dejan por defecto, con esta configuración ya está listo para ejecutar el comando, entonces se da clic en **OK**.



Resultado del Merge.



Una recomendación importante de algunos autores es sobre la proporción máxima que se debe guardar entre la imagen Pancromática y Mutispectral en cuanto a la resolución espacial, lo que significa que debe ser de 1 a 4, por ejemplo: Una imagen pancromática del sensor SPOT5 con resolución espacial de 2.5mts no se podría fusionar con una imagen Mutispectral del sensor

Landsat ya que esta es de 30mts. La resolución espacial máxima permitida para poder realizar el Merge con la imagen SPOT5 es una imagen de 20mts de resolución.

EJERCICIO 8: EJERCICIO DE ANÁGLIFO (ANAGLYPH)



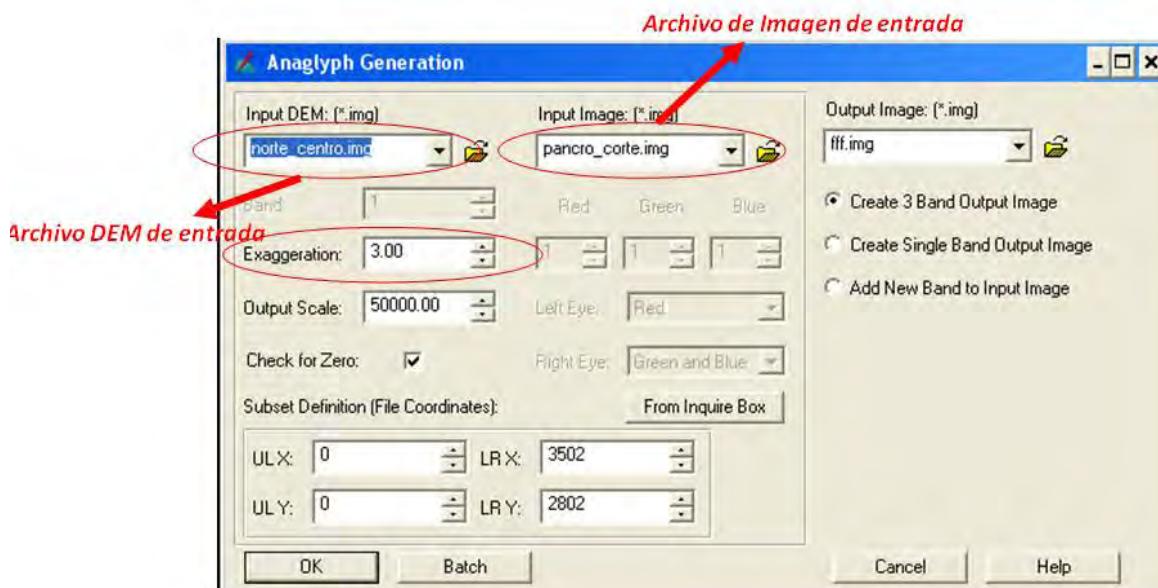
El anáglifo es una imagen de dos dimensiones capaz de provocar un efecto tridimensional, cuando se ve con lentes especiales (lentes de color diferente para cada ojo).

Para la generación de un anáglifo se requiere como dato de entrada un DEM, el cual permite obtener la profundidad del terreno y el archivo de imagen de interés. Estos archivos deben coincidir espacialmente, para que no haya errores en la generación del anáglifo.

Este tipo de imágenes tienen aplicaciones en interpretación geológica, forestal, ambientales, etc. Ya que las alturas proporcionan información valiosa en algunos casos específicos.

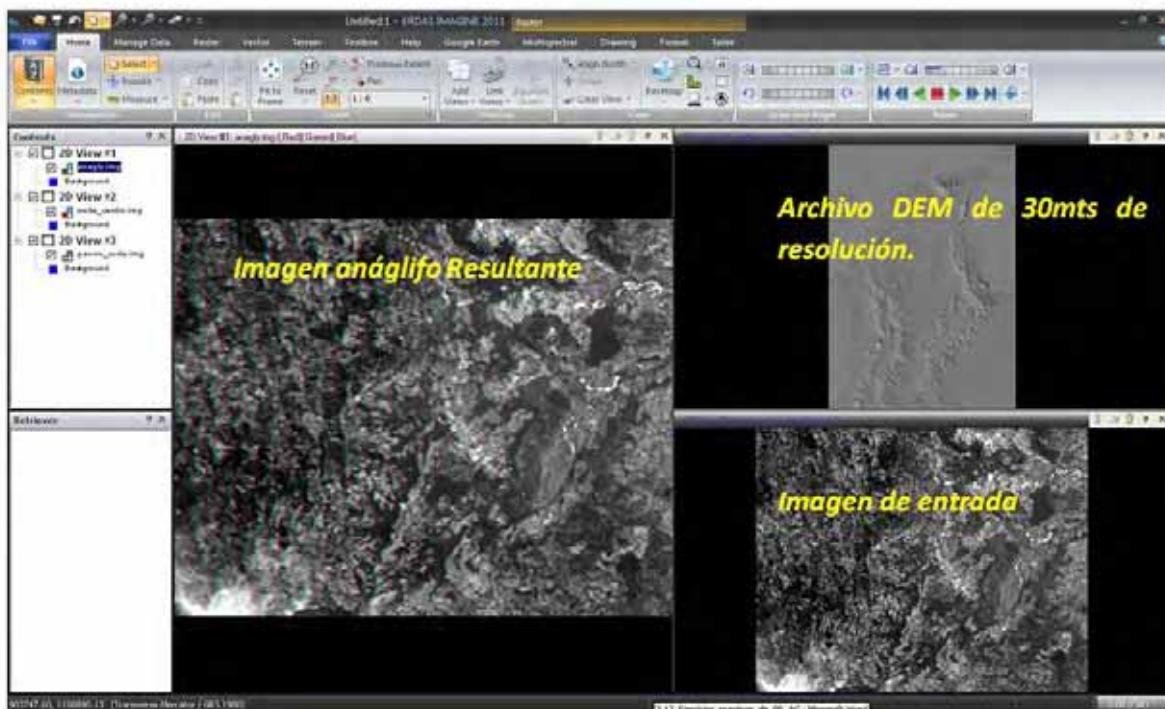
En ERDAS 2011, en la pestaña **Terrain**, en el grupo **Manage** está el botón de **Anaglyph**, para configurar la generación de él.

En esta ventana ingresamos el DEM y la imagen que queremos visualizar en 3D.



En exageración se establece las veces que se quiere aumentar el relieve, esto permite visualizar mejor la profundidad, pero geométricamente se genera más distorsión. En este campo ingresamos como valor 3.

El resto de parámetros se deja por defecto y finalmente dar clic en OK.



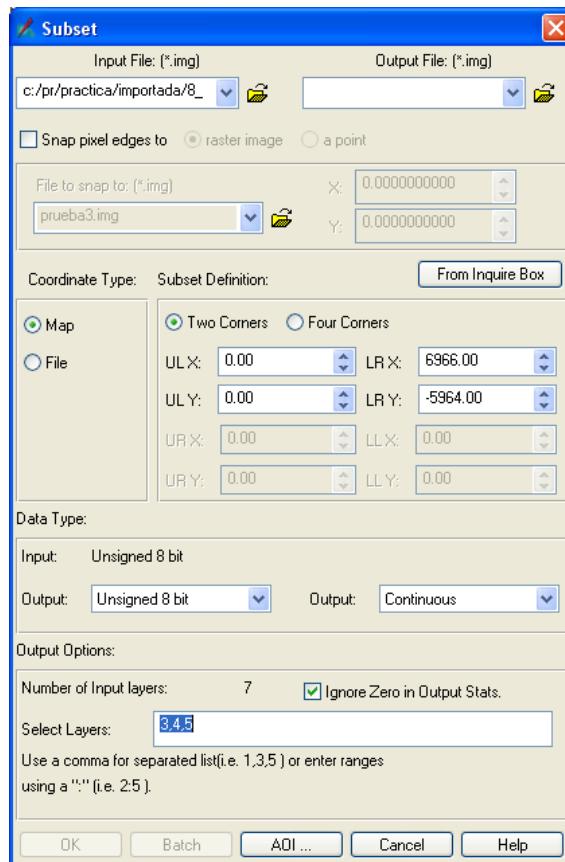
EJERCICIO 9: ELABORACIÓN DE MOSAICO

OBJETIVO: Aprender a realizar un mosaico a partir de 2 ventanas de LANDSAT

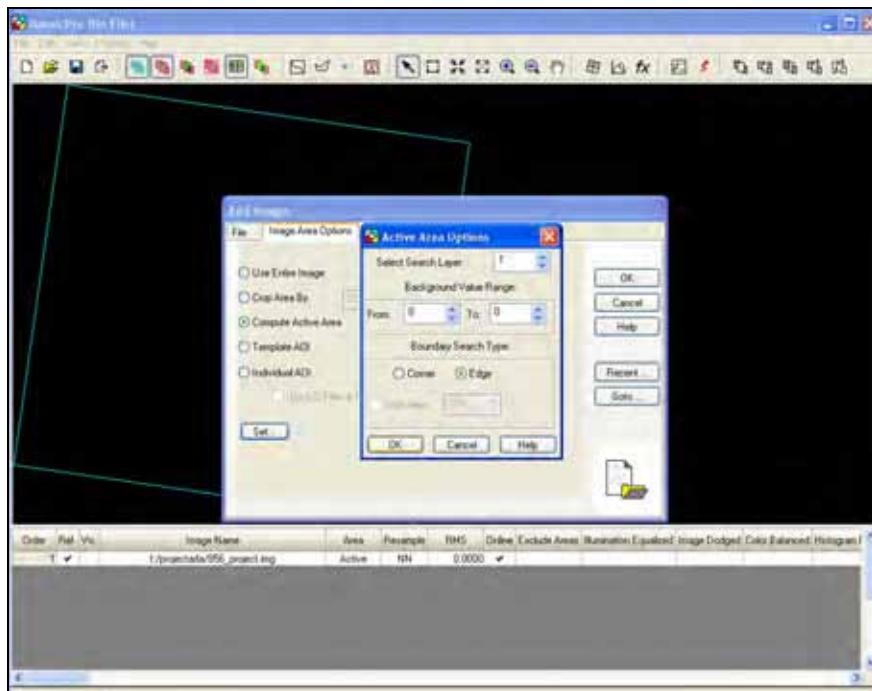
MATERIALES: Dos archivos de las ventanas de dos imagen Landsat TM : **bogota_1995feb14_b345.img** (**path 8, row 57**) con sistemas de proyección diferentes y también con diferencia en cantidad de bandas, una por ejemplo puede tener 3 bandas: 3,4,y 5; y otra **geoneusa_93marzo** (**parh 8 row 56**) con 7 bandas.

PROCEDIMIENTOS:

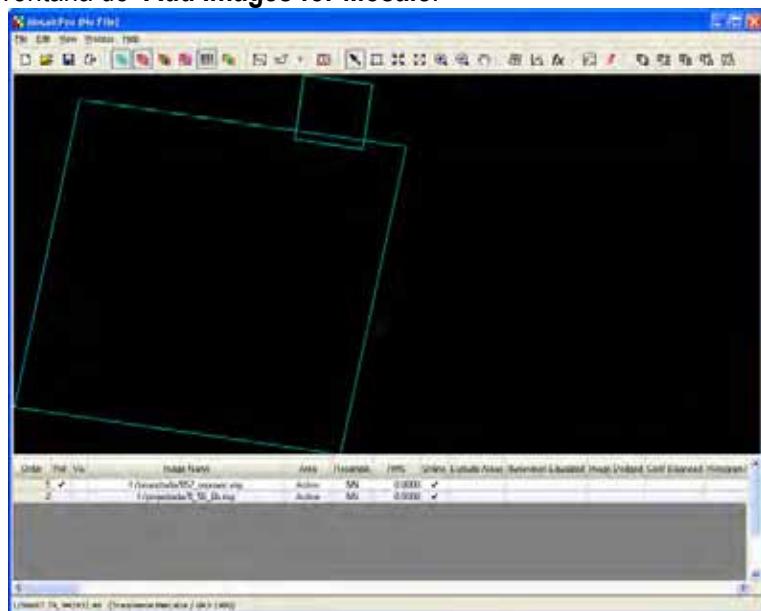
1. Abra las dos imágenes que va a unir en el mosaico en dos Viewers diferentes. Observe desde LAYER INFO que estas cuenten con diferentes sistemas de proyección y contengan diferente número de bandas. Cierra ambas imágenes.
2. Ambas imágenes deben tener un sistema de proyección común, por tal razón primero se reproyectan las imágenes de Bogotá a Magna. Según lo realizado en el ejercicio anterior.
3. Segundo, las imágenes deben tener el mismo número de bandas para hacer el mosaico. La imagen de Bogotá tiene bandas 3, 4, y 5 y de Neusa todas las 7 bandas. Elimine las bandas de la imagen de Neusa, dejando solo bandas 3, 4 y 5. Para esto, vaya a la pestaña **Raster**, grupo **Geometry**, despliegue el menún **subset & chip** y de clic a **Create subset image**, instantáneamente se abre la ventana **Subset**, en input file se selecciona la imagen con las 7 bandas y en la parte inferior se activa ignore zero in output stats, en select layers, se colocan las tres bandas que van a conformar la nueva imagen, tal como se observa a continuación:



4. Ahora, abra en el mismo Viewer las dos imágenes, desactivando la opción de **CLEAR DISPLAY**, además active las opciones de **Fit to Frame** y **Background Trasparent**.
5. Por otro lado, para abrir el modulo de Mosaicos, vaya a la pestaña **Raster, Geometry, Mosaic** allí seleccione **Mosaic Pro**. En la ventana de **Mosaic Pro**, seleccione la opción **Edit >Add Images** o el botón . En la ventana **Add Images**, ubique la primera imagen para realizar el mosaico, de Neusa con 3 bandas y bajo la opción **Add Images** active la opción **Compute Active Area** y luego **OK**.
6. Desde la ventana **Add Images**, seleccione ahora la imagen de Bogotá y bajo la opción **Add Images** seleccione **Compute Active Area** y **Set...** En **Active Area Options**, seleccione bajo la opción **Boundary Search Type = Edge** y oprime **OK** y luego **Ok**.



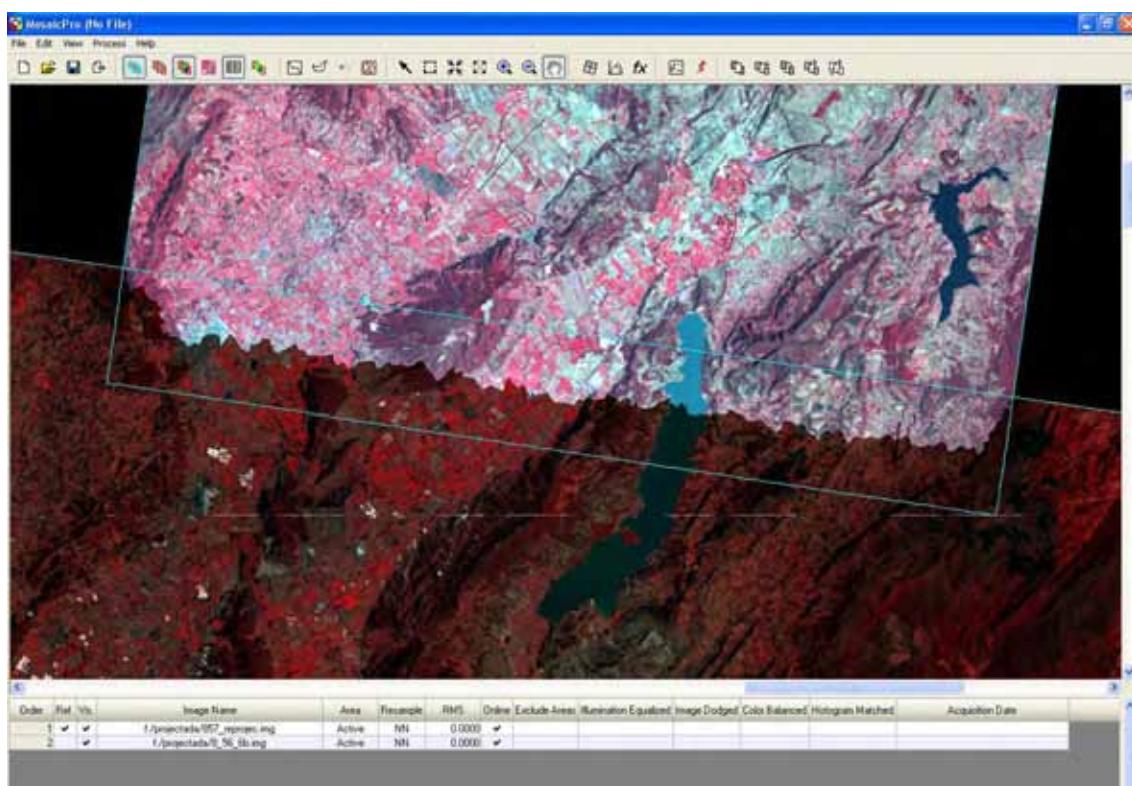
7. Cierre la ventana de **Add Images for Mosaic**.



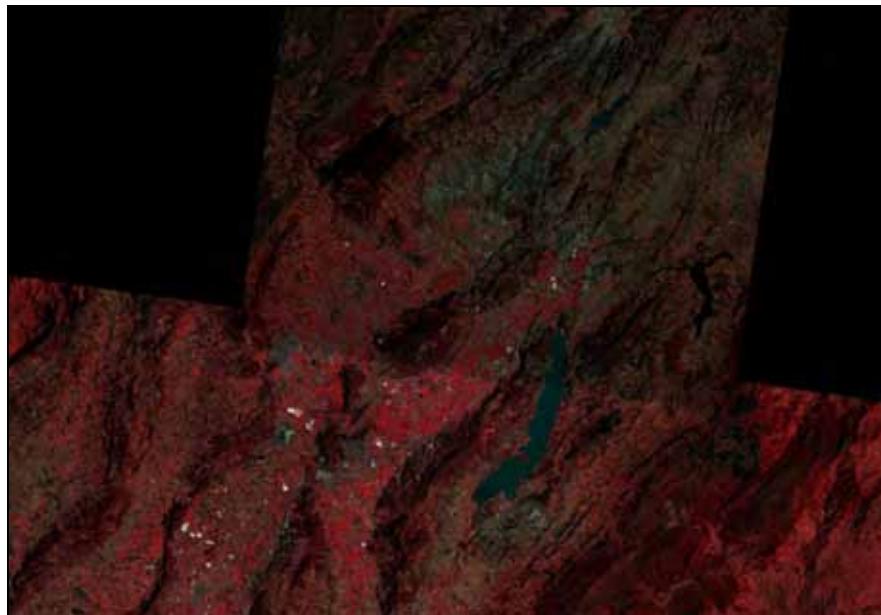
8. Los layers o capas del mosaico pueden ser reorganizado con los siguientes botones . Por ejemplo, si usted sabe que una de las imágenes tiene mejor calidad que la otra, usted puede colocar esta en la parte superior, de esta manera sus valores van a dominar sobre los valores de la otra imagen o pueden ser varias imágenes. Al terminar la selección, haga un clic con el mouse fuera del área de imágenes, para deseleccionarlas.
9. En la tabla inferior, se encuentra una columna de nombre Vis, de da click en los recuadros (Activar) que aparecen debajo señalando que se quiere visualizar cada imagen, a continuación, seleccione el botón (Display Raster Images), allí aparecen las imágenes satelitales, ahora la unión entre las imágenes puede hacerse de manera

automática, se da click en el botón  (Automatically Generate seamlines for Intersections), allí se despliega una ventana de Custo Seamline Generation Options, en la cual se activa la opción Weighted Seamline, allí se genera automáticamente la línea de unión entre las dos imágenes.

Para editar esta línea pulse el botón  Trate de trazar la línea por las carreteras, ríos o cercas o otros accidentes naturales lineales.



10. Si desea cargar un AOI, puede hacerlos con  method, used defined AOI, allí se carga el AOI, esta es otra forma de hacer la unión de la imagen.
11. Haga clic sobre el botón  escoja feather Apply y Close.
12. Ahora haga clic en  y en la ventana que aparecerá asegurase que bajo la opción de **Define Output Map Area(S)** esta seleccionada el parámetro de **Union of All Inputs** y oprime OK.
13. Seleccione Process > Run Mosaic. Asigne un nombre para el archivo de salida y bajo la opción **Stats Ignore Value** asigne = 0 y oprime OK. Al terminar el proceso de mosaico, cierre la ventana de Mosaic en el VIEWER abra y observe el resultado.



EJERCICIO 10. ELABORACIÓN DEL MAPA DE COBERTURA Y USO DE LA TIERRA MEDIANTE CLASIFICACION DIGITAL

La clasificación digital comprende el proceso de conversión de una imagen continua a otra categorizada temáticamente, a partir de agrupación de los niveles digitales espectralmente similares. Existen dos métodos de clasificación: supervisado y no supervisado.

7.1. CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA

La clasificación no supervisada contempla los procedimientos de agrupación de los píxeles de una imagen según su similitud espectral, sin conocimiento previo del contexto temático.

Clasificación Digital No Supervisada

En este método no se requiere conocimiento de los tipos de cobertura *a priori*. El proceso se basa en la elección de las bandas espectrales de la imagen a clasificar, definición de numero de clases espectrales, selección de los criterios de similitud y algoritmos de agrupación de los ND (Posada, 2008).

En este método es el propio algoritmo quien define las clases de acuerdo a los datos. Para llevar esto a cabo es necesario suministrar algunos valores tales como el número de clases que se desea crear los tamaños mínimos y máximos de cada una, o ciertas tolerancias para la distinción entre clases. Estos parámetros (guían) al algoritmo en la definición de clases, que se produce en estos métodos de forma simultánea a la asignación de los elementos a una u otra de dichas clases. En general, se trata de procedimientos iterativos en los que una clasificación inicial va convergiendo hacia una final en la cual se cumplen las características buscadas de homogeneidad, número de clases, etc (Olaya, 2007).

Los métodos de clasificación no supervisado entrega una capa raster con los píxeles clasificados, sin embargo no se tiene conocimiento acerca de las clases de cobertura suministrados por el algoritmo, y será necesario estudiarlas después para saber que representa cada una de ella. Si en un método de clasificación supervisada definimos zonas de entrenamiento con distintas clases de suelo, el resultado será una capa con clases de suelo. Si diferenciamos según otro criterio, será ese criterio el que quede reflejado en la capa resultante.

En el caso de la clasificación no supervisada no existe tal criterio, ya que simplemente se aplican operaciones estadísticas con los datos, pero no se trabaja con el significado de los datos. Al utilizar una zona de entrenamiento sí estamos empleando este significado, ya que le estamos diciendo al algoritmo que los valores de dicha zona representan una clase dada, esto es, que "significan" dicha clase (Olaya, 2007).

La elección de las bandas originales o sus derivadas depende del análisis estadístico de estas, por separado y en conjunto, en cuanto a su comportamiento espectral y separabilidad radiométrica. Por ejemplo, una imagen de LANDSAT_TM 5 cuenta con 7 bandas espectrales, de ellas estaría descartada la banda 6, por ser la banda de emisión de energía y no de reflexión. Las restantes bandas requieren de un análisis fundamentado, ya que al utilizar todas a la vez podría generarse la redundancia en información espectral, lo que afectaría los resultados finales. Con base en las experiencias prácticas se puede concluir que la utilización de 3 a 5 bandas, espectralmente contrastantes, es más que suficiente para una clasificación (Posada, 2008).

El número de clases depende del análisis visual de la imagen, de los histogramas de las bandas y es un proceso de pruebas. Es bueno correr la clasificación con el mayor número y paulatinamente ir reduciendo su cantidad, volviendo repetir la clasificación hasta llegar a un resultado razonable.

Junto a la capa de clases resultantes, los métodos de clasificación no supervisada proporcionan una definición de dichas clases a través de los valores estadísticos de las mismas. Estos valores se emplearán para asignar una interpretación a cada clase una vez éstas hayan sido definidas. Junto a ellas, es habitual añadir la varianza de cada clase, como indicador de la homogeneidad lograda en la clasificación (Olaya, 2007).

Aunque los métodos de clasificación no supervisada son válidos de por sí para establecer una separación categórica dentro de un área de estudio, es habitual que se empleen como soporte a métodos de clasificación supervisada. Mediante estos métodos se obtiene una primera división, que puede utilizarse posteriormente bien sea para la definición de zonas de entrenamiento o bien para operaciones más complejas como la segmentación de imágenes (Olaya, 2007).

El resultado de la clasificación no-supervisada es categorización de la imagen en clases espectrales y usuario debe asignar el significado temático a estas, donde resida su mayor limitación. Así que, en general, este método no es recomendable para producción de los mapas temáticos sino como paso previo a la clasificación supervisada, la cual involucra conocimiento previo del área de estudio (Posada, 2008).

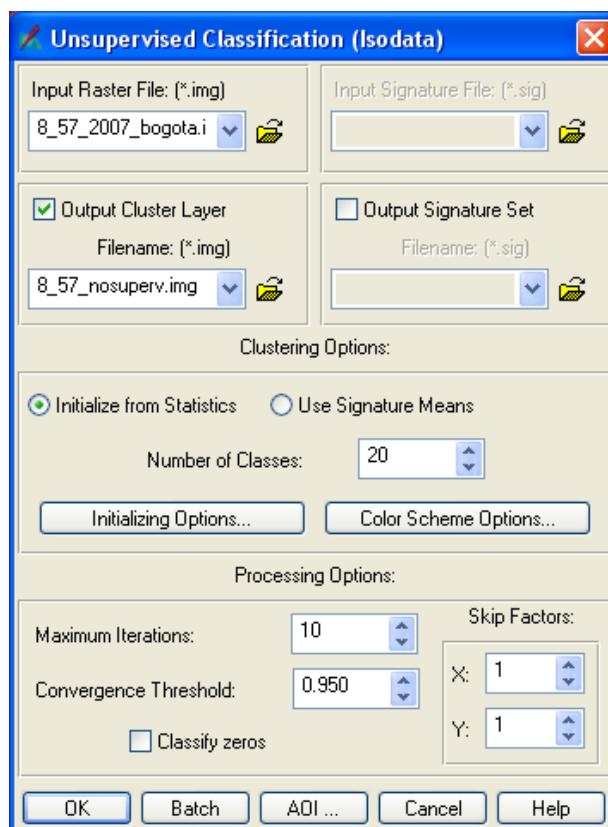
El método no supervisado pretende a identificar las clases espectrales presentes en la imagen, proporcionando resultados a veces difíciles de interpretar y poco conectados con las necesidades del usuario final y no es claro como este puede identificar las agrupaciones naturales (Posada, 2008).

OBJETIVO: Realizar una clasificación no supervisada de la imagen LANDSAT TM.

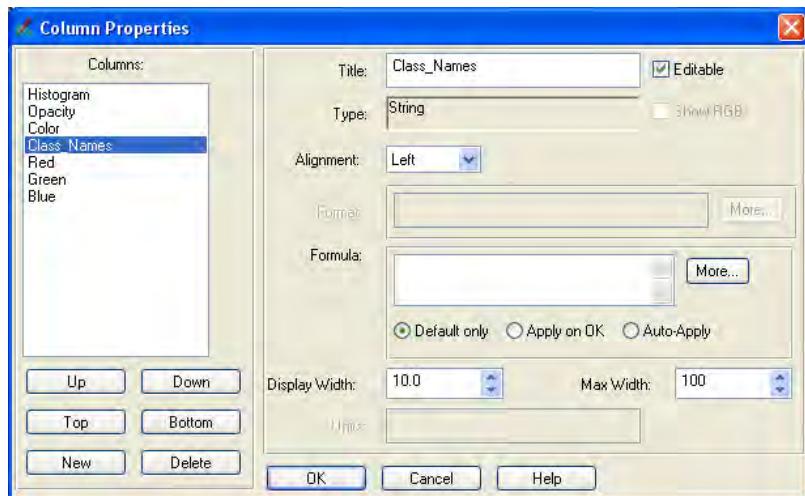
PROCEDIMIENTO:

1. Desde la pestaña **Raster**, ir al grupo **Classification**, desplegar la opción **Unsupervised** y seleccionar **Unsupervised classification**. Se abrirá la ventana de **Unsupervised Classification (ISODATA)**; bajo **INPUT** seleccione la imagen que va a clasificar y bajo **OUTPUT CLUSTER LAYER**, entre el nombre de la imagen de salida.
2. Desactive la opción de **OUTPUT SIGNATURE SET** y confirme **INITIALIZE FROM STADISTICS** bajo **CLUSTERING OPTIONS**. Esto permitirá generar los clusters al azar. Entre el dato de 20 en el **NUMBER OF CLASSES**.

- Entre 10 como **MAXIMUM ITERATIONS** bajo **PROCESSING OPTIONS**. Este es el número máximo que ISODATA utilizará para reagrupar los píxeles de la imagen. Confirme 0.95 como **CONVERGENCE THRESHOLD**. Esto significa que al llegar al 95% de la agrupación de los datos sin presentar cambios durante las interacciones, el proceso finalizará.
- Oprima **OK** y espere a que se termine el proceso de clasificación.



- La segunda parte corresponde al proceso de evaluación de la clasificación, durante el cual se identifican y se asignan los nombres de clases y los colores. Compare la imagen original con la imagen clasificada.
- Abra las dos imágenes (original y clasificada) en el mismo VIEWER, utilice la opción Swipe (Home, View, Swipe). Acceda a la pestaña **Table, View, Show Attributes**, allí se despliega la tabla de atributos en la parte inferior de la pantalla y se activan las opciones de la pestaña table, ahora vaya en esa misma pestaña a la opción **Query** y escoja **Column Properties**.

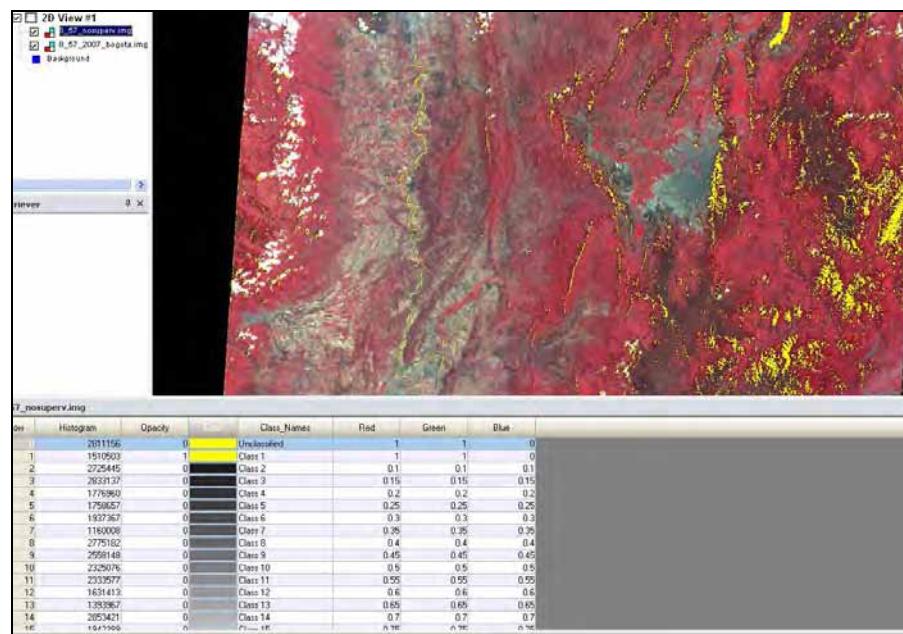


7. Desde **COLUMN PROPERTIES**, bajo **COLUMN**, seleccione **OPACITY** y oprima **UP** para mover **OPACITY** debajo de **HISTOGRAM**. Seleccione **CLASS_NAME** y con **UP** mueva por debajo de **COLOR**. Asigne el número 10 en **DISPLAY WIDTH**. Oprima **OK**.
8. Antes de iniciar el análisis de clases individualmente, se debe asignar el valor = 0 para todas las clases. En la **Tabla de Atributos** (ubicada en la zona inferior de la pantalla) oprima la palabra **OPACITY** de la columna **OPACITY**, para seleccionar todas las clases y oprima el botón izquierdo del mouse, seleccionando **FORMULA....**

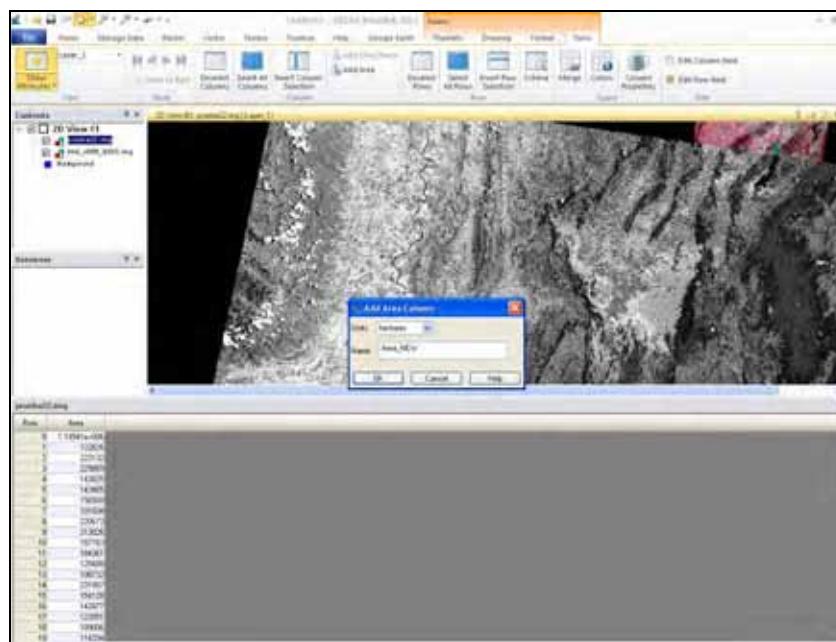
Row	Histogram	Color	Class_Names	Red	Green	Blue
0	2811156	Unclassified		0	0	0
1	1539603	Class 1		0.05	0.05	0.05
2	2725445	Class 2		0.1	0.1	0.1
3	2837137	Class 3		0.15	0.15	0.15
4	1789362	Class 4		0.2	0.2	0.2
5	1296507	Class 5		0.25	0.25	0.25
6	1937367	Class 6		0.3	0.3	0.3
7	1140000	Class 7		0.35	0.35	0.35
8	2779162	Class 8		0.4	0.4	0.4
9	2559146	Class 9		0.45	0.45	0.45
10	2226761	Class 10		0.5	0.5	0.5
11	2232877	Class 11		0.55	0.55	0.55
12	1613412	Class 12		0.6	0.6	0.6
13	1233967	Class 13		0.65	0.65	0.65
14	2054241	Class 14		0.7	0.7	0.7
15	1421708	Class 15		0.85	0.85	0.85

9. En la ventana de **FORMULA**, oprima **0** de la sección de números y **APPLY** para cambiar todos los valores en **OPACITY** a **0** y cierre la ventana con **CLOSE**.
10. En la misma tabla, bajo columna **COLOR** oprima el botón derecho del mouse para cambiar el color de la CLASE 1, por el color amarillo, después en la columna Opacity se le cambia el valor de 0 por 1. En el Viewer se desplegarán todas las áreas correspondientes a clase 1 con el color amarillo. Desde la pestaña **Home**, ir al grupo **View**, allí desplegar la opción **Swipe**, seleccionar **Flicker**, en esa ventana oprima **AUTO MODE**. Sobre la imagen, la clase seleccionada comienza a aparecer y desaparecer. Analice a que clase temática corresponde esta área y asigne el nombre debajo de la

columna **CLASS_NAME** en La Tabla de Atributos y cambie el color según el contenido temático de esta clase.



- Cierre el **FLICKER** y asigne **0** en la columna de **OPACITY** para esta clase. Repita el mismo procedimiento para el resto de las clases. Al finalizar seleccione **FILE / SAVE** para salvar los cambios realizados.
- Para calcular el área correspondiente a cada clase, seleccione **Table, Column, Add Class Name**, (para esto es necesario que el raster este georreferenciado caso contrario la opción Add column aparecerá desactiva), se despliega la ventana **ADD AREA COLUMN** dentro la cual seleccione **HECTÁREAS** como unidades de medida y asigne el nombre de columna y oprima **OK**. En **La tabla de Atributos** se desplegará la columna correspondiente al área por cada clase. Analice el resultado y cierre la aplicación.



10.2. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

La clasificación supervisada requiere de cierto conocimiento previo del terreno y de los tipos de coberturas, a través de una combinación de trabajo de campo, análisis de fotografías aéreas, mapas e informes técnicos y referencias profesionales y locales. Con base de este conocimiento se definen y se delimitan sobre la imagen las áreas de entrenamiento o pilotos. Las características espectrales de estas áreas son utilizadas para "entrenar" un algoritmo de clasificación, el cual calcula los parámetros estadísticos de cada banda para cada sitio piloto, para luego evaluar cada ND de la imagen, compararlo y asignarlo a una respectiva clase (ver Figura 10). La clasificación supervisada pretende definir las clases temáticas que no tengan claro significado espectral, considerada por esto como un método artificial (Posada, 2008).

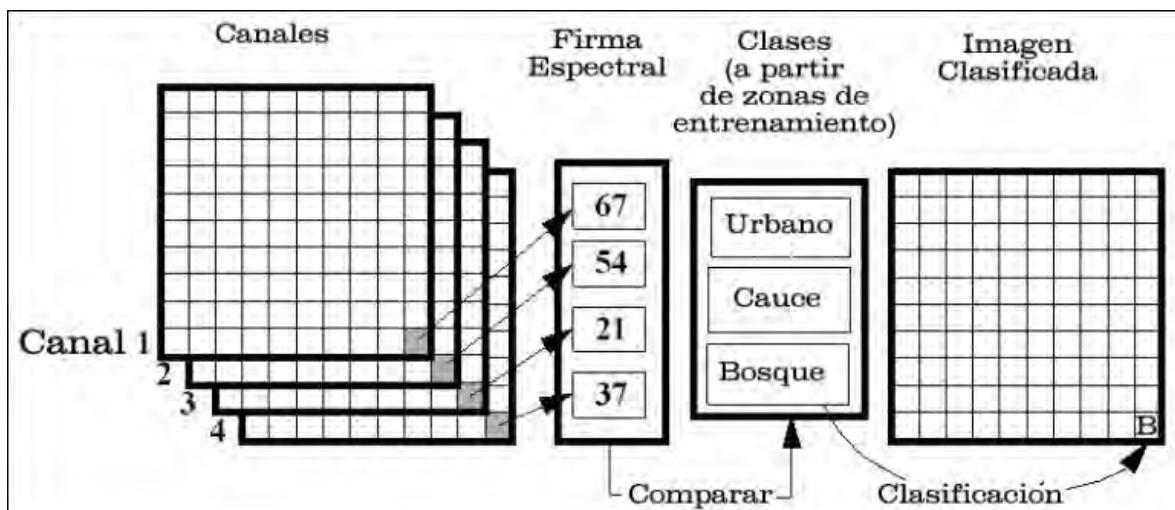


Figura 10: Esquema de Clasificación digital supervisada [Fuente: Olaya, 2007]

El proceso de clasificación supervisada, se puede resumir en las siguientes etapas: análisis visual y estadístico de la imagen y de sus bandas, elaboración de la leyenda del mapa, selección y delimitación de áreas pilotos, generación y evaluación de sus estadísticas y reajustes, elección y aplicación del algoritmo de clasificación, reajustes y clasificación de nuevo, y finalmente, la evaluación de los resultados y su presentación (Posada, 2008).

Análisis estadístico y visual de las bandas

La etapa inicial consiste en valoración cualitativa y cuantitativa de la calidad de la imagen de modo multibanda, de sus contrastes, del comportamiento espectral de distintas cubiertas dentro las bandas espectrales y se evalúa la separabilidad espectral de las bandas en relación con estas. Al final se obtiene la primera apreciación sobre el número de posibles clases temáticas a discriminar, sobre las bandas a utilizar, y los posibles procesos adicionales para derivar las nuevas imágenes, que podrían ser útiles en la fase de clasificación (Posada, 2008).

Algunas de las medidas o gráficas útiles para el análisis de las bandas son las estadísticas multibanda, correlación, varianza y covarianza, los gráficos de dispersión entre bandas, etc.

Igualmente se seleccionan y se recortan las ventanas de trabajo, ya que es mas operacional a realizar el procesamiento preliminar sobre las ventanas experimentales representativas y al final los procesos óptimos extrapolar sobre la totalidad de la escena (Posada, 2008).

En general, el análisis se orienta a definir las cuales bandas de una imagen multiespectral se utilizaran en el proceso de clasificación. La idea se basa de elegir las bandas donde se presente mayor contraste espectral entre las coberturas – objeto del estudio. Intuitivamente pareciera que cuando se utiliza un mayor número de bandas en una clasificación, el resultado de la misma es mejor (Posada, 2008).

Elaboración de la leyenda.

Tomando en cuenta los objetivos del proyecto, el nivel de detalle requerido, la escala de trabajo y tipo de imagen a utilizar se revisan distintas sistemas de clasificación y se establece una leyenda específica (Posada, 2008).

Selección y delimitación de las áreas de entrenamiento

Es la fase más importante del proyecto. Requiere previo conocimiento de las características del área, así como de las categorías que pretende discriminar. Con base de experiencias locales y profesionales, trabajo de campo, uso de fotografías aéreas y otra información secundaria se definen y se delimitan las áreas de entrenamiento o pilotos representativas de cada una de las categorías de interés (Posada, 2008).

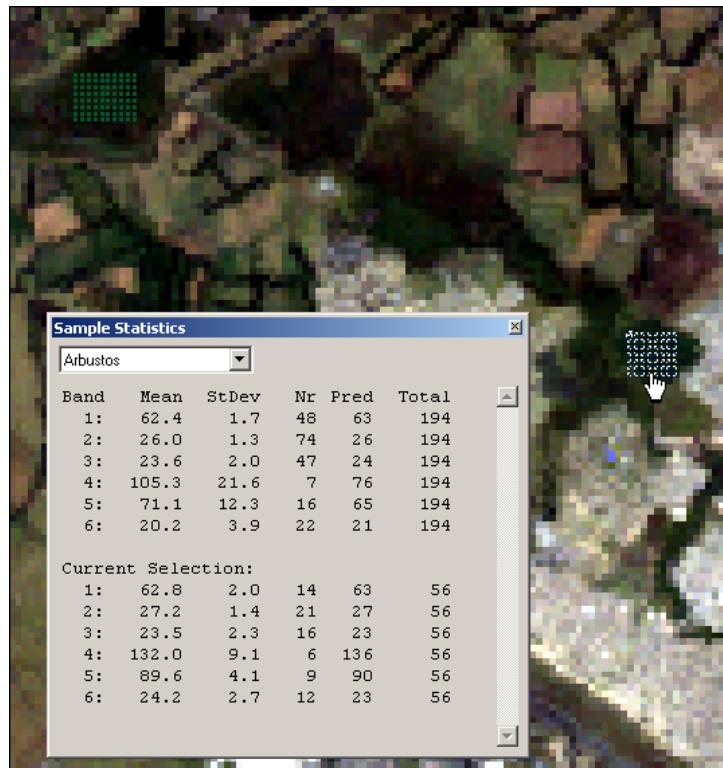


Figura 11. Selección y estadísticas de las áreas de entrenamiento

Se basa en los criterios pictórico-morfológicos de la imagen, como: tono o color, textura, tamaño, forma, sitio, etc (ver Figura 11). La errónea selección de muestras conducirá a resultados erróneos. A partir de estas muestras el algoritmo clasificador calcula los ND que definen cada una de las clases y asigna el resto de los píxeles de la imagen a una de esas categorías. La delimitación se realiza mediante un ratón sobre la pantalla del computador. Se recomienda seleccionar varias muestras por categoría, para reflejar adecuadamente la variabilidad de la zona de estudio. Es importante contar con los datos de campo próximos a la fecha de adquisición de la imagen, con el fin de garantizar la consistencia entre la realidad y la imagen. Se recomienda evitar la delimitación de muestras en los sitios de transición entre las dos clases, ya que estas presentaran confusión espectral. Las areas no deben ser muy homogéneas, obviando la variación real de las coberturas temáticas. El tamaño de la muestra, en teoría, puede ser de 9 píxeles. El número de píxeles recomendable es de 200 píxeles como mínimo, distribuidos sobre toda la imagen en varios campos pequeños y no en una muestra grande, para no subestimar la variabilidad de esa categoría. Debe tener en cuenta las propias características de la imagen intentando abarcar las variaciones que se presentan para cada clase, su orientación, pendiente, densidad, vigor, contenido de humedad y tipo del suelo (Posada, 2008).

Evaluación estadística de las áreas de entrenamiento

Las estadísticas evalúan el grado de representatividad de las ares pilotos y dan idea sobre la separabilidad espectral de las clases temáticas, lo que al final garantiza una buena clasificación. Existen

métodos gráficos y numéricos para evaluar las estadísticas, un ejemplo de estadísticas básicas se presenta en la Figura 11.

Las más utilizadas son los diagramas de signaturas espectrales y los diagramas de dispersión espectral. Se basan en el análisis de las medias aritméticas y desviaciones estándar, la primera indica el comportamiento espectral medio de los ND, y la segunda el grado de heterogeneidad de la muestra. En un diagrama espectral se plasman las bandas que intervienen en clasificación en la eje X y las medias de ND de cada clase, con este gráfico se evalúan las tendencias espectrales de cada clase, resaltándose el comportamiento de las bandas espirales en relación con sus vecinas. Las líneas paralelas y cercanas indican de posible confusión espectral y las intersecciones entre las líneas, la buena separabilidad entre estos (Posada, 2008).

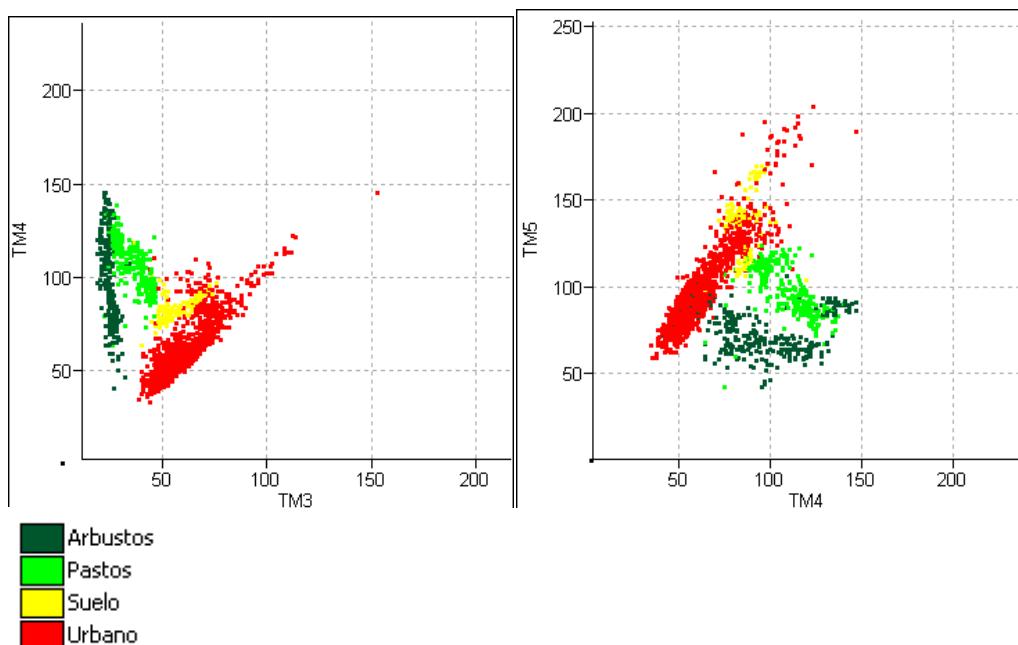


Figura 12: Gráficas de dispersión de áreas de entrenamiento en las bandas TM3, TM4 y TM5

Elección y aplicación del algoritmo de clasificación

Con base de las áreas de entrenamiento delimitadas se puede iniciar el proceso de clasificación el cual es automático. El proceso consiste en agrupación de todos los píxeles de cada banda espectral a uno de las clases predeterminadas en la etapa anterior. El resultado será una nueva imagen donde los ND están categorizados en clases temáticas, y la cual se considera como un mapa digital formato raster. Pero antes de correr la clasificación se requiere elegir el criterio o algoritmo de asignación. Los más comunes son de Mínima Distancia, de Paralelepipedos, y de la Máxima Probabilidad o Verosimilitud (Posada, 2008).

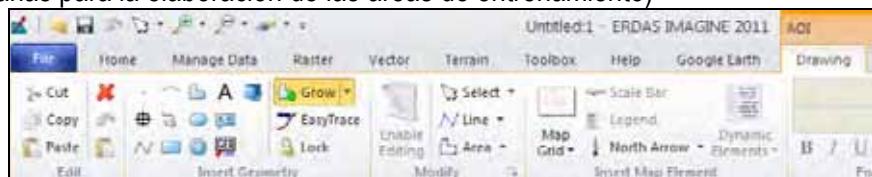
OBJETIVO: Realizar clasificación supervisada de la ventana de la imagen LANDSAT TM .

PROCEDIMIENTO:

RECOLECCIÓN DE ÁREAS DE ENTRENAMIENTO Y GENERACIÓN DE SIGNATURAS

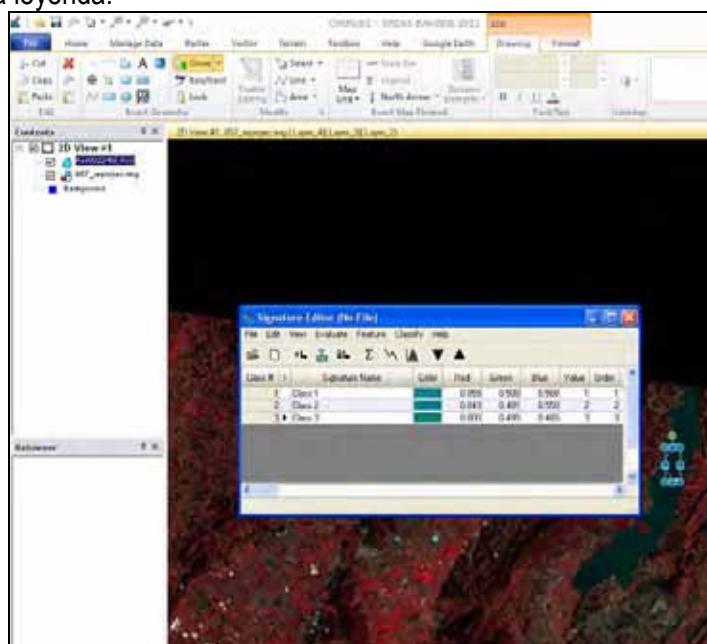
1. Despliegue la imagen que se va a clasificar en una composición a color apropiada y aplique los mejoramientos necesarios para disponer de una vista óptima para la identificación y delimitación de los patrones o áreas de entrenamiento.
2. Analice el paisaje presente en la escena, identifique los principales tipos de coberturas presentes en la escena y elabore una leyenda que contenga las clases temáticas deseadas.

- Desde el menú principal de ERDAS vaya a la pestaña **Raster / Classification / Supervised / Signature Editor**
- Para iniciar, diríjase a **Drawing, insert geometry** (allí se encuentran las herramientas necesarias para la elaboración de las áreas de entrenamiento)



Analice la escena de la imagen y utilizando la opción de ZOOM del VIEWER haga un acercamiento a la parte de la imagen donde va a colectar la primera área de entrenamiento, p.e, agua. Active el icono de POLYGON y delimite el área de interés. Con el doble clic finalice la delimitación del polígono, el cual debe ser bordeado por una caja, indicando que este está seleccionado.

- En la ventana de **SIGNATURE EDITOR** oprima el icono de adición de signaturas. Bajo la columna **SIGNATURE NAME** aparecerá consignado esta primera firma con el nombre de CLASS 1. Oprima el botón izquierdo del mouse y cambie el nombre por uno que represente la clase de cobertura seleccionada. Bajo la columna de COLOR, oprima el botón izquierdo y asigne el color apropiado para esta clase temática. Proceda con la generación de áreas de entrenamiento y sus firmas espirituales para otras clases de la leyenda.

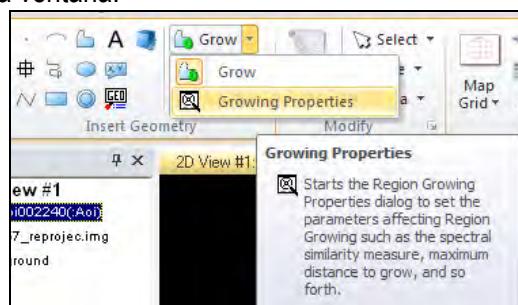


Recuerde, que áreas de entrenamiento deben representar la variabilidad espectral de la cobertura estudiada: sin ser muy homogéneos, ni muy heterogéneos; el tamaño de muestra debe ser como mínimo 10 veces más grande que el número de las bandas; si la cobertura presenta variación espectral, se generan varias áreas de entrenamiento y para cada una se calcula la firma espectral posteriormente los unen en una sola clase, p.e agua1, agua2, agua3 se unirán en clase de agua.

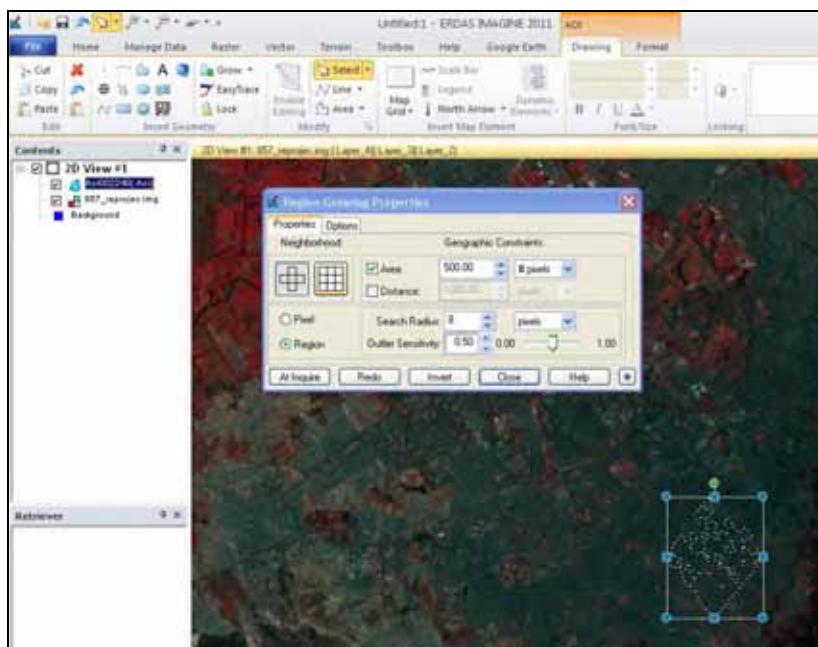
- Para el área urbana, muy heterogénea como un conjunto, determine el área mediante uso de la herramienta **SEED GROWING**. Para esto, vaya a la pestaña Drawing, Insert geometry, despliegue Grow y seleccione Growing Properties. Se abrirá la ventana de



REGION GROWING PROPERTIES. Oprima el icono y bajo **GEOGRAPHIC CONSTRAINTS** active la opción AREA y entre el valor 500 píxeles, máximo número de píxeles para incluir en el AOI. Bajo **SPECTRAL EUCLIDEAN DISTANCE** entre el valor 10.00. Bajo **OPTIONS...** asegúrese que esta activada la opción de **INCLUDE ISLAND POLYGONS**. Cierre la ventana.



- Haga clic sobre la imagen, bajo el área de interés y genere el polígono. En la ventana de **REGION GROWING PROPERTIES** cambie los valores de área y distancia (p.e. 1000 y 20) y oprima la opción **REDO**. Observe el resultado. Explore la opción **Option** y consulte **Help** para ver el significado de los parámetros de estas opciones. Después de la creación de AOI, adicionelo en la ventana de **SIGNATURE EDITOR** y asigne un color apropiado.



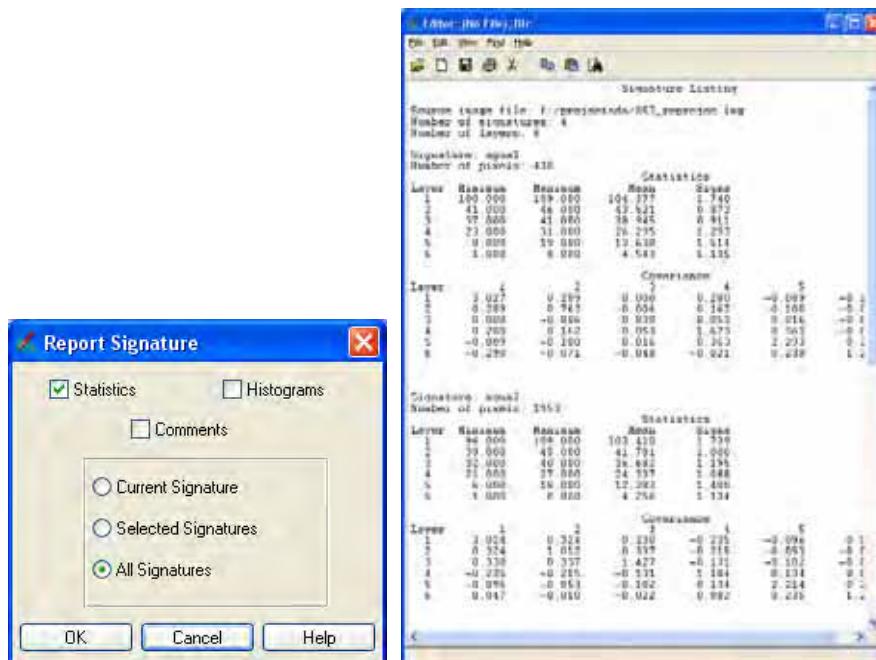
- Según sus criterios, utilice uno u otro método de recolección de áreas de entrenamiento para todas las clases temáticas.

No olvides salvar las áreas de entrenamiento desde el Viewer con opción de **File> Save>AOI layer as...**; y las signaturas desde la ventana **Signature Editor**.

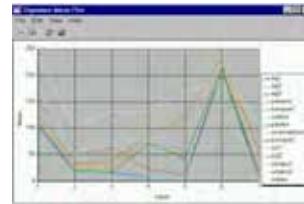
EVALUACIÓN DE LAS SIGNATURAS CREADAS

Una vez creadas las signaturas, se pueden borrar, renombrarlas o fusionarlas; pero antes se debe realizar su evaluación mediante análisis Matriz de contingencia, separabilidad de signaturas, Estadísticas e histogramas y curvas espectrales.

Para iniciar la evaluación estadística, dentro **Signature Editor** seleccione la opción **File-Report**, (Calcula estadísticas básicas: mínimos, máximos, media y desviación estándar de las áreas de entrenamiento para cada banda). Señale **Statistics y All Signatures**. Analice si algunas signaturas se superponen estadísticamente, observe los valores de las desviaciones estándar y rango mínimo y máximo para cada clase.



- 1. Análisis de histogramas:** Dentro de la ventana **Signature Editor** utilice la opción  , para calcular y analizar los histogramas para cada área de entrenamiento en cada bandapectral. Los histogramas deben tener forma próxima a campana , ser unimodal y tener los rangos de mínimo y máximo razonables para no traslaparse con las signaturas de otras clases.
- 2. Curvas espectrales:** Seleccione la opción **View - Mean Plots- Multiple Signature** oprima el botón  . Se abrirá la ventana de **Signature Mean Plot**, en la cual se observan las curvas espectrales de las áreas de entrenamiento. Analice en que bandas y que clases presentan traslapes y confusión espectral y deben ser cambiadas o reajustadas o unidas en una sola clase.



3. **Separabilidad espectral:** Seleccione la opción **Evaluate – Separability**. Aparecerá la ventana de **Signature Separability**. Seleccione las opciones de **Distance Measure - Trasformed Divergence** y **Complete report**. Practique diferentes opciones frente a **Layers Per Combination**, para ver con que combinación de bandas se presenta mayor separabilidad entre signaturas espectrales. Mediante este procedimiento concluya con que combinación de bandas se presenta mayor separabilidad espectral y que clases presentan baja separabilidad. (El valor mayor a 1950 – corresponde a excelente separabilidad, separabilidad media- entre 1950 y 1900; y baja separabilidad corresponde a valores menores a 1900.)

Bands	Ave	Min	Class Pairs
1 2	1.9	1.4	1 4
2 3	2.4	2.2	2 3
3 5	3.8	3.7	3 5
4 8	5.6	5.7	4 8
2 7	2000	2000	2000 2000
6 7	1956	1976	1956 1976
	2000	1988	2000 2000
	1995	1938	2000 1974

Bands	Ave	Min	Class Pairs
1 2	1.9	1.4	1 4
2 3	2.4	2.2	2 3
3 5	3.6	3.7	3 5
4 8	5.6	5.7	4 8
1 5	2000	2000	2000 2000
5 6	1952	2000	1952 2000
6 7	2000	2000	2000 2000
	1999	1950	2000 1996

Bands	Ave	Min	Class Pairs
1 2	1.9	1.3	1 4
2 3	2.4	2.2	2 3
3 5	3.6	3.7	3 5
4 8	5.6	5.7	5 8
1 3	2000	2000	2000 2000
6 7	1996	2000	1996 2000
	2000	1991	2000 2000
	1996	2000	1996 2000

4. **Uso de la matriz de contingencia:** Calcule la matriz de porcentaje de píxeles que se incluyen dentro el área de entrenamiento. Para este fin, seleccione desde la barra del menú de **SIGNATURE EDITOR** la opción **EVALUATE / CONTINGENCY...**, se abrirá la ventana de **CONTINGENCY MATRIX**. Defina los parámetros de las reglas de las decisiones según la ventana de dialogo presentada abajo. Oprima **OK** y espere que termine el proceso y analice los resultados.

The screenshot shows two windows side-by-side. On the left is the 'Contingency Matrix' dialog box, which includes settings for Decision Rules (Nonparametric Rule: Feature Space, Overlap Rule: Parametric Rule, Unclassified Rule: Parametric Rule, Parametric Rule: Maximum Likelihood), checkboxes for 'Pixel Counts' and 'Pixel Percentages', and buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help'. On the right is a table titled 'ERROR MATRIX' with the following data:

Classified Data	Reference Data		
	urbano	mangle	mangle2
urbano	300	0	0
mangle	0	300	0
mangle2	0	0	300
suelo	0	0	0
pastos	0	0	0
bosque	0	0	0
banano	0	0	0
rastrojo	0	0	0
bosque2	0	0	0
agua	0	0	0
Class 1	0	0	0
Class 2	0	0	0
Column Total	300	300	300

AJUSTES

Corresponden a acciones de borrar completamente una signatura, unir con otra signatura o recalcular la signatura a partir de redefinición de área de entrenamiento.

Para borrar: seleccione la signatura en columna **Class**, esta se iluminara con el color azul y con el botón derecho oprimido oprime la opción **Delete Selection**.

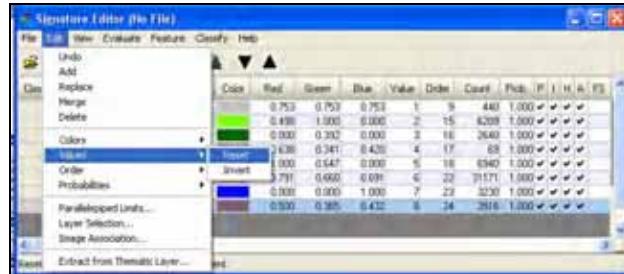
Para unir: con el uso de mouse y oprimiendo **Shift** de teclado, seleccione dos signaturas que se piensa a unir, p.e agua 1 y agua2; y luego, oprime el botón (Merge selected signature). Al final de filas aparecerá nueva signatura, resultado de la unión (Class1). Las dos seleccionados siguen realizadas; con el botón izquierdo del mouse borra estas signaturas y a la asignatura de unión asigne el color de nuevo y un nombre, p.e.: agua.

The screenshot shows the 'Signature Editor (No File)' window. The menu bar includes File, Edit, View, Evaluate, Feature, Classify, Help. The toolbar includes icons for New, Open, Save, Undo, Redo, Merge, Sort, Filter, and others. The main area is a table with the following columns: Class #, Signature Name, Color, Red, Green, Blue, Value, and Order. The data rows are:

Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order
1	urbano	Light Blue	0.753	0.753	0.753	9	9
2	herbazal	Green	0.498	1.000	0.000	15	15
3	pastos limpios	Dark Green	0.000	0.392	0.000	16	16
4	plantaciones	Maroon	0.638	0.341	0.420	17	17
5	Mosaico de pastos y espacios na	Yellow	1.000	0.647	0.000	18	18
6	cultivototal	Grey	0.791	0.660	0.691	22	22
7	Aguatotal	Dark Blue	0.000	0.000	1.000	19	23
8	bosquetotal	Dark Maroon	0.500	0.365	0.432	1	24

Para reemplazar una signatura o modificar: primero, en el Viewer ubica y seleccione su área delimitada, oprima el botón Reshape, ubicado la pestaña Drawing, Modify, despliegue line, , en ventana de **Signature Editor** seleccione la signatura iluminando con el color azul y oprime el botón (Replace Current Signature).

Al terminar ajustes, organice la signaturas en la tabla, ya que al unir las diferentes signaturas se altero su orden; observa las columnas VALUE y ORDER. Para esto utilice la opción **Edit>Values>Reset** y luego **Edit>Order>Reset**.



Finalmente, salve las áreas de entrenamiento desde el **File** y signaturas desde **Signature Editor**, con nuevos nombres, para no dañar los primeros archivos. Evaluar de nuevo estas signaturas y si está satisfecho, proceda con el siguiente paso: agrupación.

AGRUPACIÓN ESPECTRAL

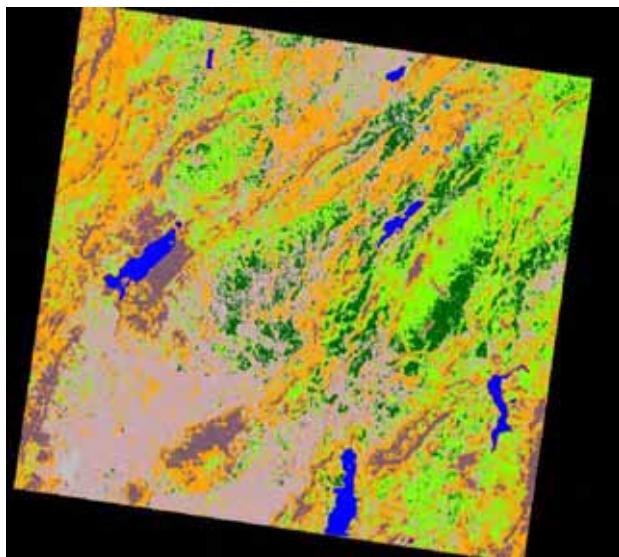
La etapa final de la clasificación corresponde a la agrupación de los ND de toda la imagen alrededor de las clases temáticas definidas en el proceso de patronamiento, mediante unos algoritmos específicos de agrupación, que pueden ser: Mínima Distancia, Mahalonobis Distancia y Máxima Verosimilitud. El mejor resultado de la agrupación ha demostrado ser el algoritmo de Máxima Verosimilitud.

1. Para realizar la clasificación, desde la ventana **Signature Editor** seleccione **Edit – Layer Selection**. Elija las bandas que presentaron mayor separabilidad, durante el proceso de evaluación de signaturas espectrales. Cierre la ventana de dialogo de **Layer Selection**.
2. En la ventana **Signature Editor** oprima **Classify – Supervised**. Aparecerá la ventana de **Supervised Classification**; Asigne los parámetros de clasificación según se indica en la figura de abajo; escriba el nombre de salida del archivo para la imagen clasificada y clic en **OK**.



3. Abra la imagen original con una combinación de bandas apropiada y sobre esta superponga la imagen clasificada. Utilizando la opción del SWIPE realice el análisis de

correspondencia temática. También se puede proceder con el análisis utilizando los procedimientos realizados durante la clasificación no supervisada.



EJERCICIO 11. ELIMINACIÓN DE BANDEAMIENTO DE IMÁGENES LANDSAT

Las imágenes Landsat han sido una gran fuente de información por casi 40 años, la más reciente generación Landsat 7 en el año 2003 sufrió una grave avería en su sensor y desde entonces toma imágenes con pérdidas de información o gaps, este defecto puede ser corregido de diferentes formas, una de ellas es por medio de la generación de mosaicos compuestos por diferentes imágenes con bandeamiento de la misma zona y por medio de filtros especializados que reduzcan o eliminen el ruido presente en las mismas.

INSUMOS:

Imágenes Landsat con path 6 y row 57 del 19 de Enero de 2011 y del 23 de Febrero de 2012. Las imágenes proporcionadas con el ejercicio vienen con bandas separadas en archivos independientes por tal razón estas deben ser unidas en un solo archivo para poder realizar combinaciones de bandas en el software donde se piensan desplegar.

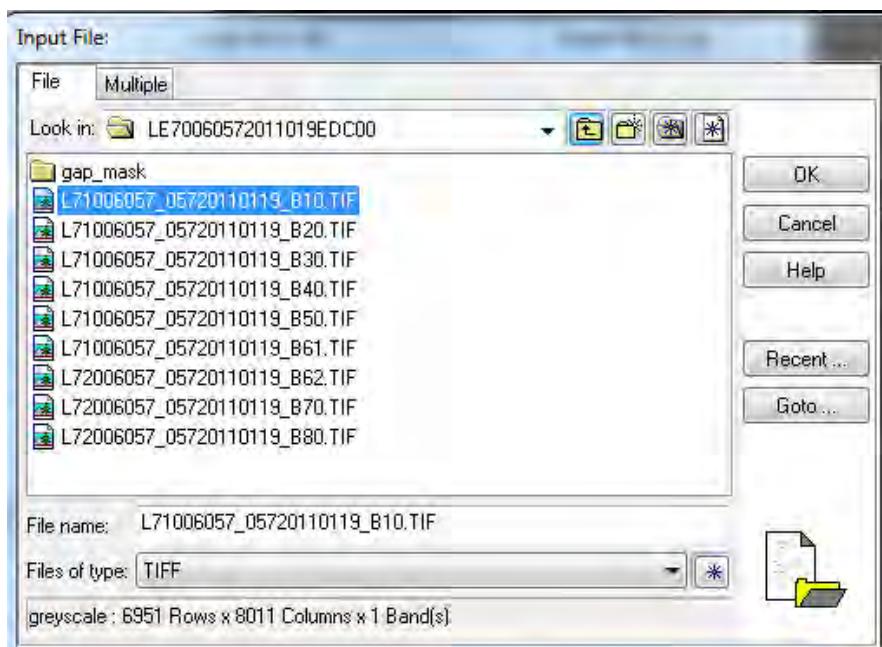
Para realizar la unión de bandas se debe abrir el software Erdas 11 y en la pestaña “Raster” hacer clic en el ícono “Espectral” ir a la opción “Layer Stack”, como se observa a continuación:



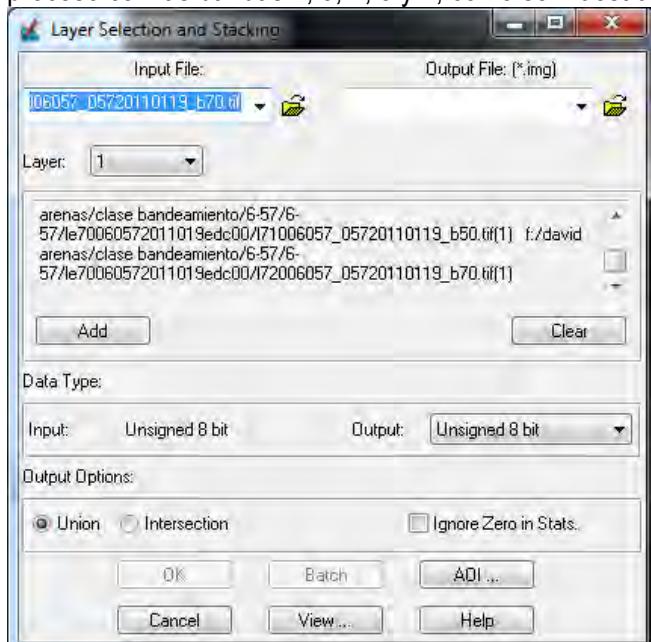
En la
botón
ventana

opción “Input File”, clic en el que contiene una carpeta amarilla, allí se abrirá una en la cual se debe seleccionar el

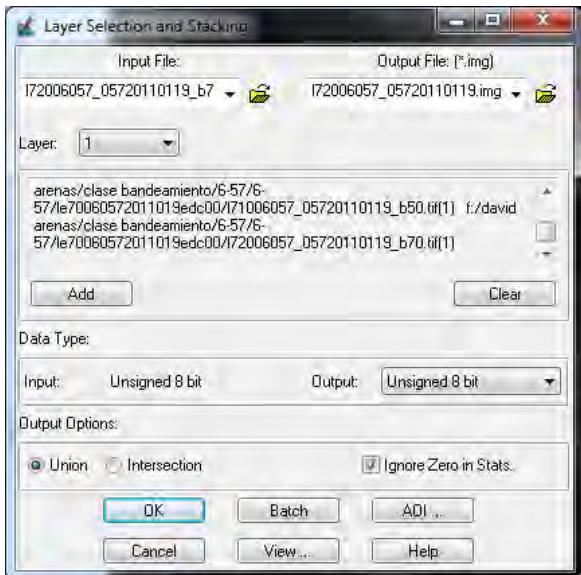
archivo que corresponde a cada banda que conformará cada imagen que se usará para el ejercicio tal como se ilustra a continuación:



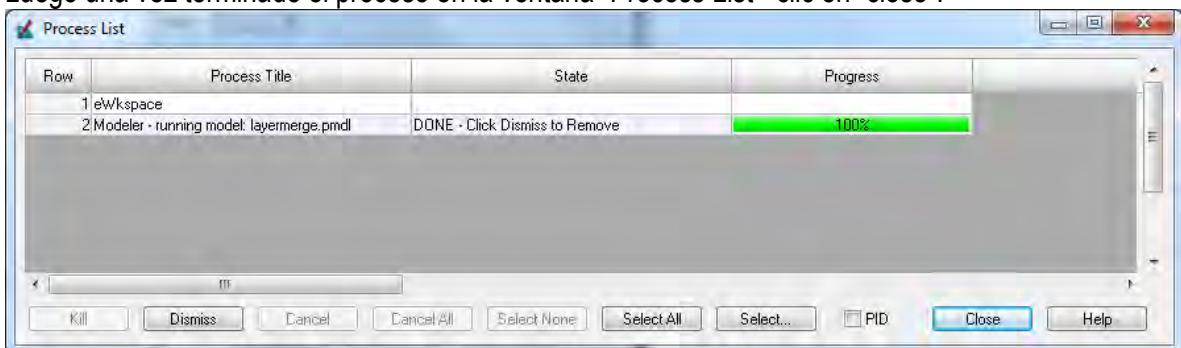
En la ventana anterior se deberá seleccionar el archivo de la banda 1 dar clic en OK, luego de regreso a la ventana “Layer selection and stacking” hacer clic en el botón “Add” repetir el mismo proceso con las bandas 2, 3, 4, 5 y 7, como se muestra a continuación:



Una vez adicionadas todos los archivos que corresponden a todas las bandas en la opción “output file” elegir una carpeta y un nombre para el archivo final de la imagen con todas sus bandas, se sugiere “l72006057_05720110119.img”, clic en la opción “Ignore zero in stats” y luego clic en “Ok”, tal como se indica a continuación:

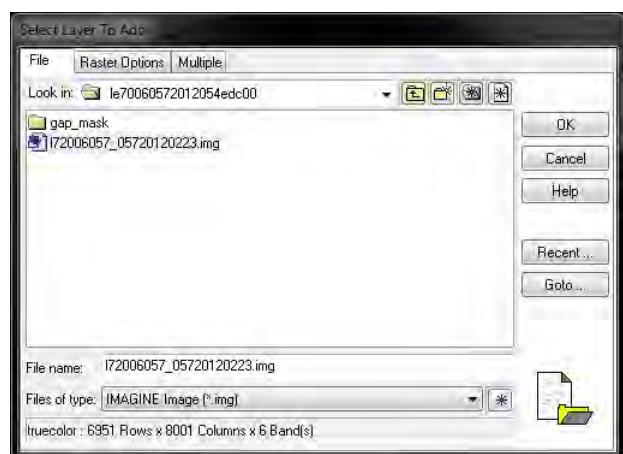


Luego una vez terminado el proceso en la ventana “Process List” clic en “close”:



Este mismo procedimiento debe ser repetido con la imagen L71006057_05720120223 correspondiente al 23 de Febrero de 2012.

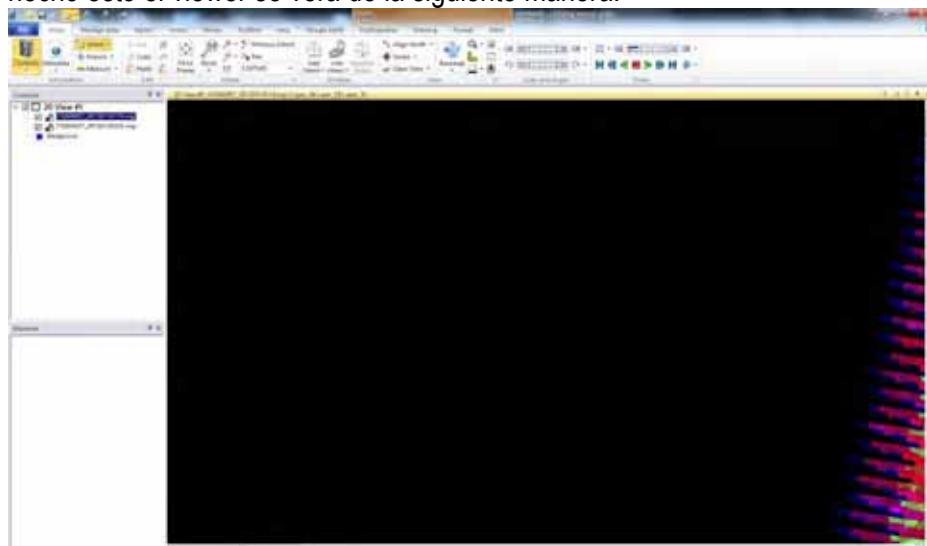
Una vez que a las dos imágenes se les realizó el proceso de layer stack estas deben ser desplegadas en un mismo viewer, para esto en un viewer nuevo, en la ventana “contents”, ubicada al lado izquierdo clic derecho sobre “2D View # 1” y en el menú contextual que aparece clic en “Open Raster Layer...”, a continuación se abre la ventana “Select Layer to Add”, en la pestaña file seleccionar la imagen a desplegar en este caso la L71006057_05720120223.img:



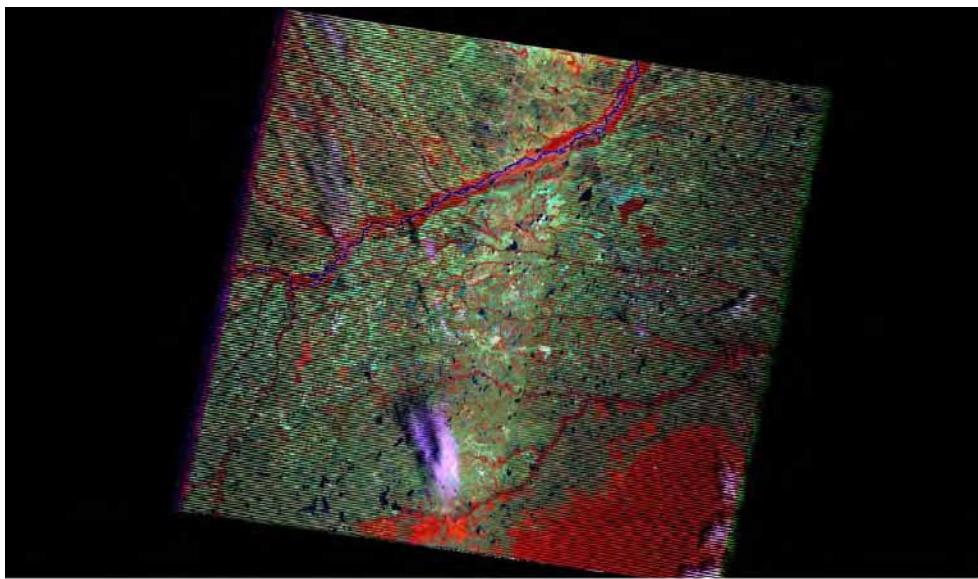
Luego en la pestaña “Raster Options” elegir en “layer to colors” los valores 4 para “Red”, 5 para “Green” y 3 para “Blue” y marcar la opción “Background Transparent”, luego clic en “OK”, como se muestra a continuación:



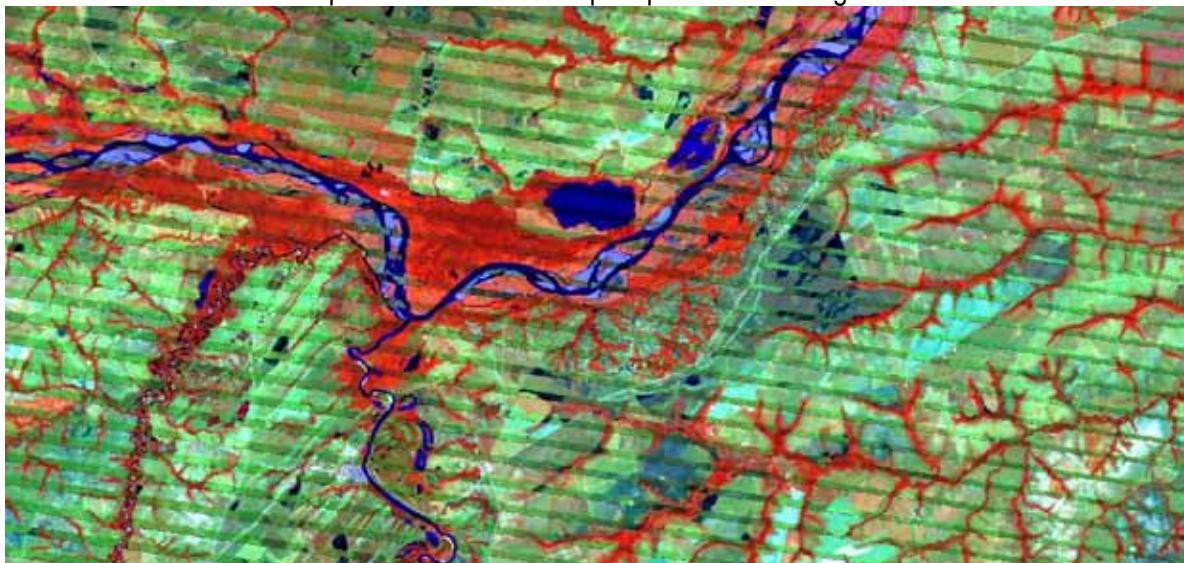
Luego en el mismo viewer repetir el mismo procedimiento para abrir la otra imagen, una vez hecho esto el viewer se verá de la siguiente manera:



Para ver las imágenes completas dentro del viewer en la pestaña “Home” clic en el botón “Fit to frame”, y las imágenes se verán así:



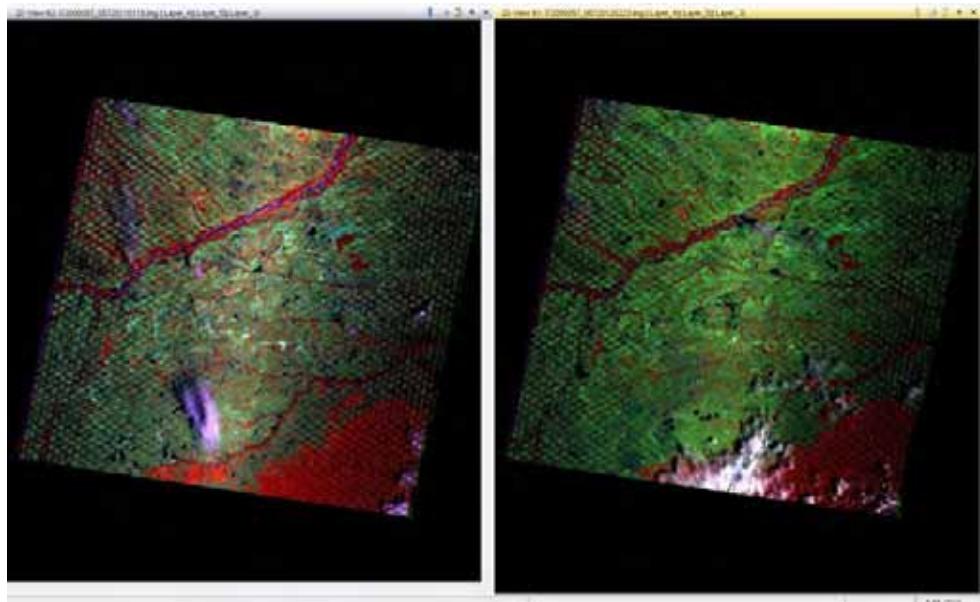
A continuación hacer zoom para acercarse a cualquier parte de las imágenes:



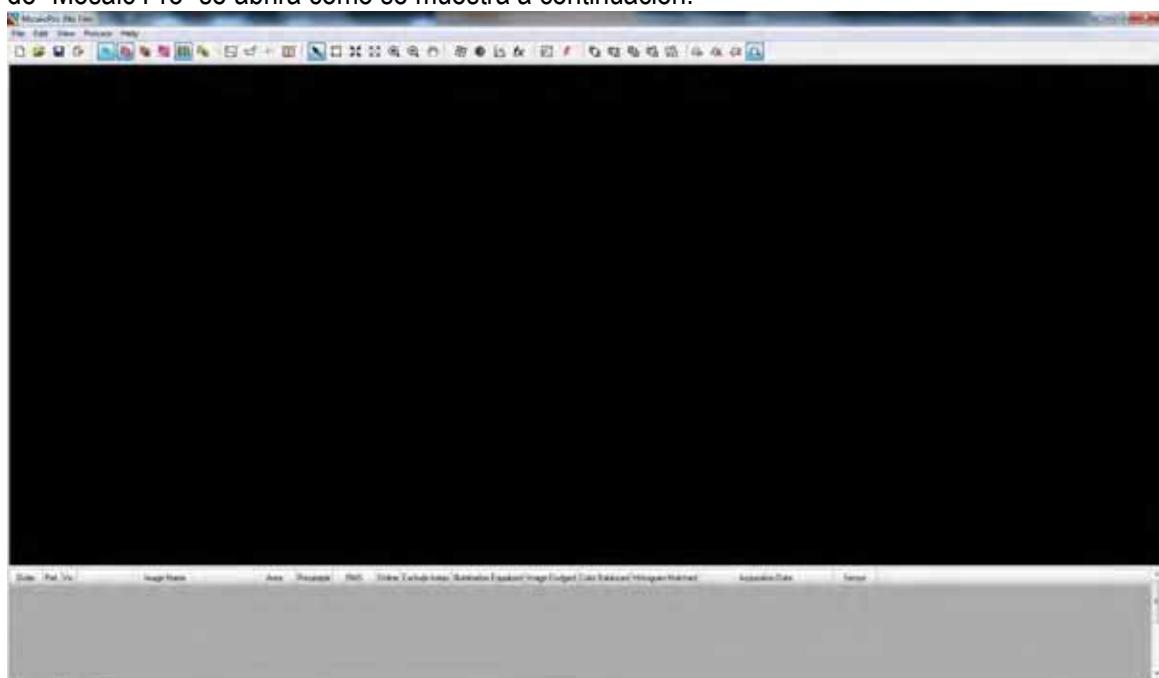
En la ilustración anterior se observa como entre las dos imágenes se cubren los “gaps”, por lo tanto al hacer un recorrido por toda la imagen se podrá verificar que con esas dos imágenes es suficiente para cubrir todos los gaps.

A continuación se debe determinar cual será la imagen principal, es decir la que mejor estado presenta (menor cobertura de nubes, menos bruma, etc), esta imagen es la que quedará como imagen superior en el mosaico, mientras que la otra se usará para cubrir los gaps o vacíos de información.

Para esto se deben abrir las dos imágenes en dos viewers separados para hacer la comparación:



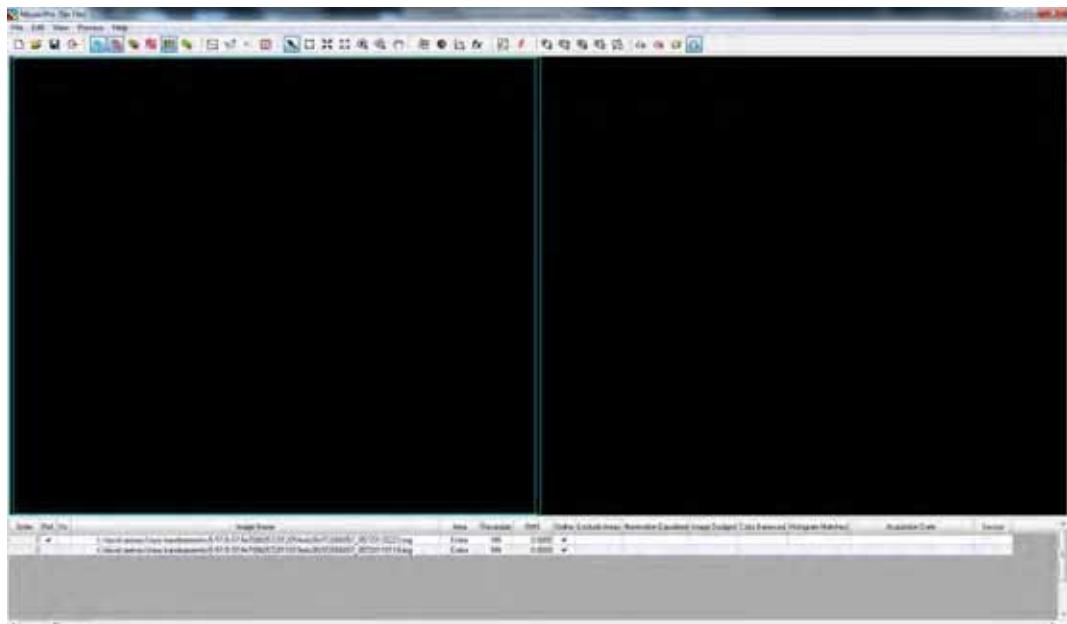
De la ilustración anterior se puede determinar que la imagen en mejor estado es la de la izquierda la del 19 de Enero de 2011, por lo tanto está será la imagen principal del mosaico. A continuación, en la pestaña “Raster” clic en el ícono “Mosaic” y elegir “Mosaic pro”, la ventana de “Mosaic Pro” se abrirá como se muestra a continuación:



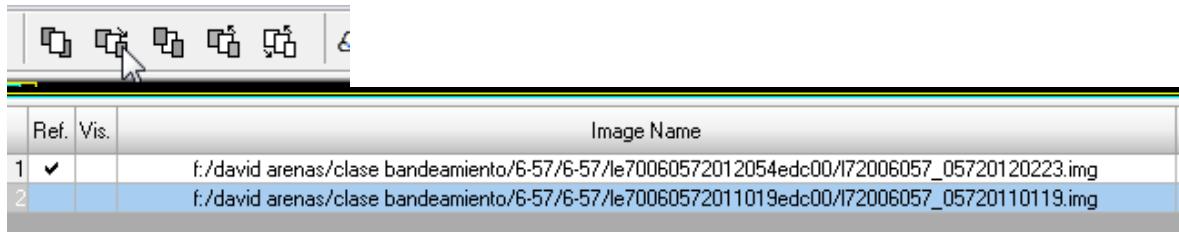
En la barra de herramientas de esta ventana hacer clic en el botón “Display Add Images Dialog”:



Enseguida se abre el cuadro diálogo “Add Images”, en este cuadro adicionar las imágenes que harán parte del mosaico, como se ilustra a continuación:



En la ventana anterior se debe verificar que la imagen principal (la del 19 de Enero de 2011) quede ubicada en el fondo de la tabla, de esta manera el software la considerará como la imagen principal. De no estar en el fondo, esta debe ser seleccionada y luego clic en la herramienta “Send Selected Image(s) Up One” para que quede de esta manera ubicada al fondo de la tabla, tal como se muestra a continuación:



Para la elaboración del mosaico es necesario ajustar las estadísticas de las imágenes de tal manera que valores extremos en sus niveles digitales, no afecten la imagen resultante, estos valores son los cercanos a 255 dados por las nubes y los cercanos a 0 generados por sombras de las nubes o cuerpos de agua. Para esto es necesario emplear la herramienta “Color corrections” la cual se abre haciendo clic en el siguiente ícono de la barra de herramientas:



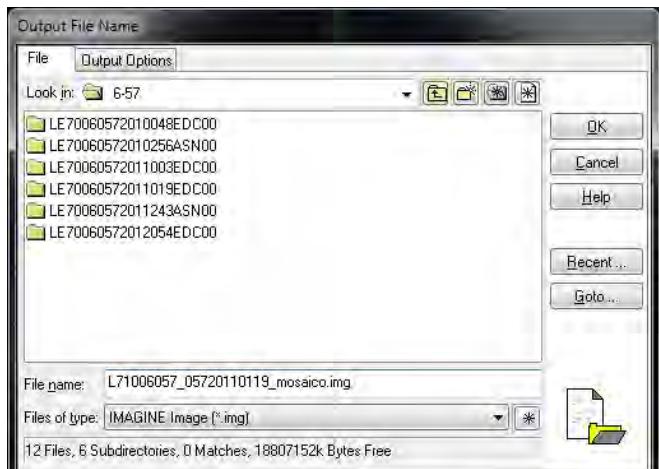
Una vez hecho se abre la ventana “Display Color Corrections Options Dialog”, como se muestra a continuación:



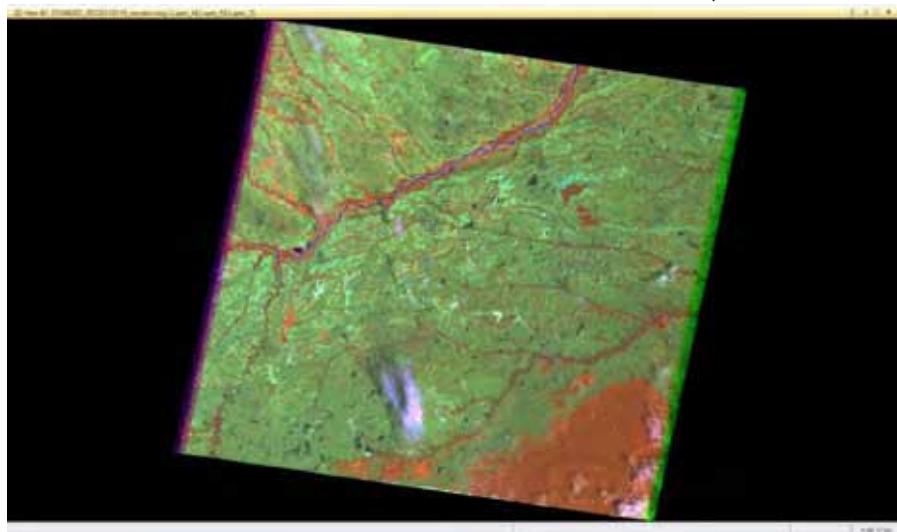
En el cuadro de diálogo anterior seleccionar la opción “Use Histogram Matching”, se deben dejar los valores por defecto y luego clic en el botón “OK”, como se indica a continuación:



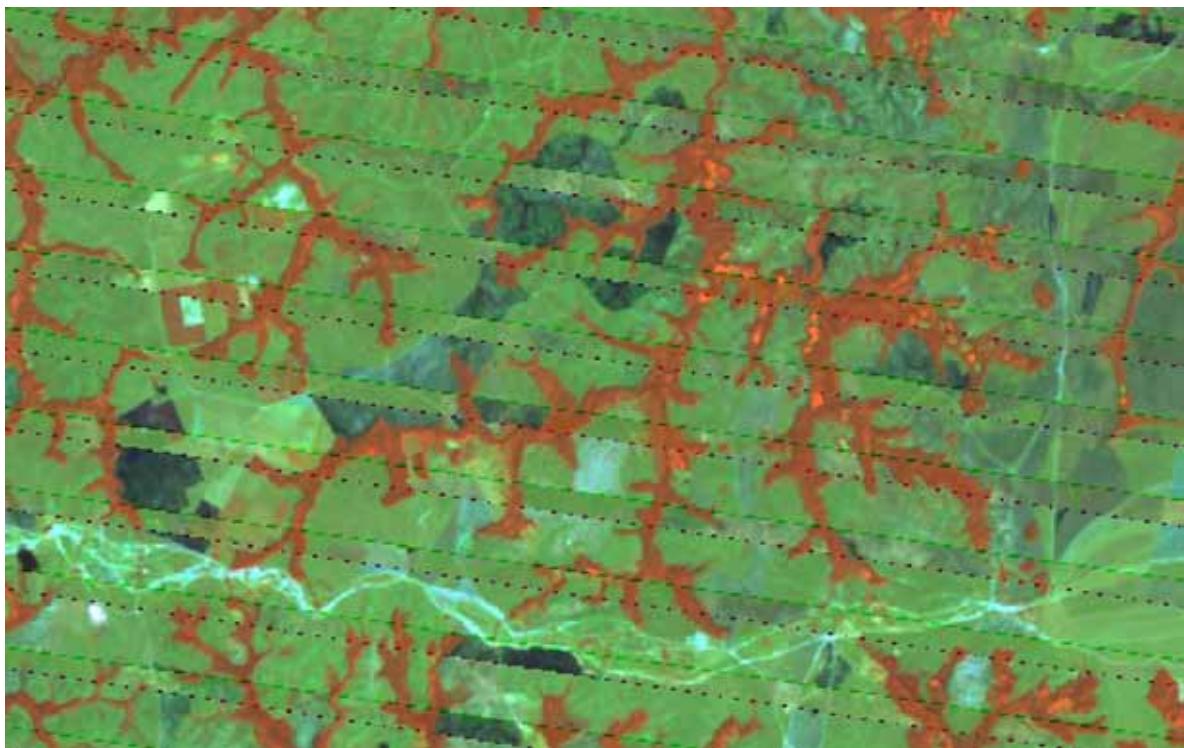
Esta opción se debe emplear como primera alternativa de corrección de color si esta no es suficiente se debe probar con “excluye areas”, una vez elegido “Use Histogram Matching” se va a generar el mosaico con base en los parámetros establecidos, para esto en el menú de la ventana del mosaico ir al menú “Process” luego “Run Mosaic”, en el cuadro de diálogo que se despliega se debe indicar una carpeta de ubicación y un nombre para el archivo de salida, para este caso se pone el nombre de la imagen principal más el sufijo “_mosaico”, de esta manera el nombre quedaría “L71006057_05720110119_mosaico.img”, como se indica a continuación:



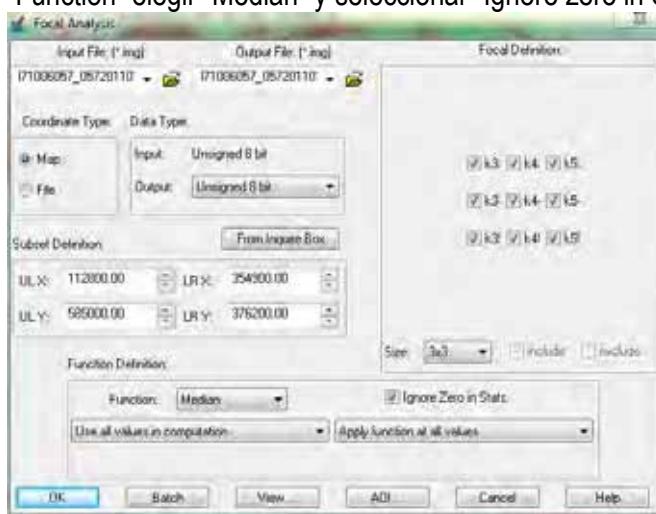
Una vez hecho lo anterior clic en “OK”, de esta manera quedará hecho el mosaico. En un nuevo Viewer abrir el mosaico resultante en combinación RGB-453, como se ilustra a continuación:



Mediante las herramientas de Zoom realizar acercamientos a diversas zonas de la imagen, con el fin de determinar la calidad del mosaico resultante en cuanto a los “gaps” cubiertos y posible ruido que puede quedar en el mismo:



En la imagen anterior se observa cierto ruido de color rojizo y verde, esto se debe a posibles pixeles con valores nulos que difieren de banda a banda y que al hacer las diferentes combinaciones de colores genera esta clase de problema. Para mitigar este inconveniente se debe emplear un filtro contenido en la herramienta “Focal Analysis”. Para aplicar esta herramienta, seleccionar la pestaña “Raster”, en el ícono “Spatial” elegir la opción “Focal Analysis”, una vez se despliegue el cuadro de diálogo en la opción “Output File”, indicar una carpeta y un nombre al archivo de salida como por ejemplo “I71006057_05720110119_mosaico_def.img”, en la opción “Output” elegir “Unsigned 8 bits”, en “Function” elegir “Median” y seleccionar “Ignore zero in Stats”, como se muestra a continuación:



Una vez hecho lo anterior clic en “OK” para generar una nueva imagen filtrada y luego una vez en el 100% clic en close en la ventana “Process List”. En un nuevo viewer, desplegar la imagen filtrada hacer zoom en diversas zonas de la misma para verificar que el ruido ha sido eliminado, de no ser así repetir el filtrado a la imagen resultante del filtrado anterior.

La imagen resultante lucirá de la siguiente manera:



De esta manera queda eliminado el bandeoamiento de las imágenes Landsat, el resultado es bastante bueno para interpretación visual de imágenes, además que se pueden emplear estas imágenes gratuitas que son una gran fuente de información para varias épocas incluso para períodos recientes.

EJERCICIO 12. GENERACIÓN DE RATIOS DE BANDA

De acuerdo a Gandía. S (1991), las diferentes imágenes pueden combinarse entre si por suma, resta, o de forma más común por división. Los ratios se consiguen dividiendo los valores digitales de una banda por los correspondientes en otra bandapectral. En general podría considerarse que los ratios son cocientes de bandas que permiten discriminar objetos, gracias a las diferencias evidentes, entre las huellas espectrales de los elementos que se analizan, en determinados sectores del espectro electromagnético, traducidas en curvas de reflectancia.

Entre las aplicaciones de los ratios de bandas se encuentran las del campo de la geología con énfasis en la exploración de minerales, para lo cual se han empleado imágenes como Landsat 5, 7, ASTER, y actualmente las imágenes hiperespectrales.

Sin embargo la aplicación para la búsqueda de minerales también depende de características de la zona, como la densidad de vegetación, el clima, entre otras, la mayoría de casos se ha aplicado en áreas de escasa vegetación y desérticas. Cuando la vegetación es considerable se recomienda buscar la asociación de comportamientos espectrales de la vegetación que sean atípicos (presencia de anomalías) como consecuencia de la presencia de ciertos minerales, siendo necesario aplicar técnicas complementarias como la geoquímica y la geobotánica.

Entre los ratios de banda más comunes en imágenes Landsat ETM se encuentran: Oxido de hierro: 3/1, Minerales de arcilla: 5/7, Minerales ferrosos: 5/4, por lo general estos ratios relacionan las bandas donde los materiales presentan una menor y mayor reflectancia. A continuación se sugieren algunos links de artículos donde pueden ser consultados más ratios de bandas aplicados a la detección de minerales y diferentes casos de estudio:

TEMA/ ARTICULO	LINK DE DESCARGA Y CONSULTA
ASTER Mineral Index Processing Manual	http://www.ga.gov.au/image_cache/GA18328.pdf
Landsat Thematic Mapper:	http://crcleme.org.au/Pubs/OPEN%20FILE%20REPORTS/OFR%20144/03LandsatTM.pdf
<i>Image Processing and Analysis of Mapping Alteration Zones in environmental research, East of Kurdistan, Iran.</i>	http://idosi.org/wasi/wasi11(3)/5.pdf
<i>Ratio image processing techniques: a prospecting tool for mineral deposits, red sea hills, NE Sudan</i>	http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8_pdf/12_WG-VIII-12/22.pdf
<i>Landsat TM Brightness and ratio codes of minerals, vegetation and snow</i>	http://www.uabcs.mx/geologia/geo_bajamx/pr/tablas_vincent.pdf

Cuadro 1. Links de consulta y descarga de ratios y aplicaciones.

1. Despliegue la imagen de Landsat 5/ 756 (p007r56_4t19920902) con cubrimiento parcial de los departamentos de Boyacá y Casanare.

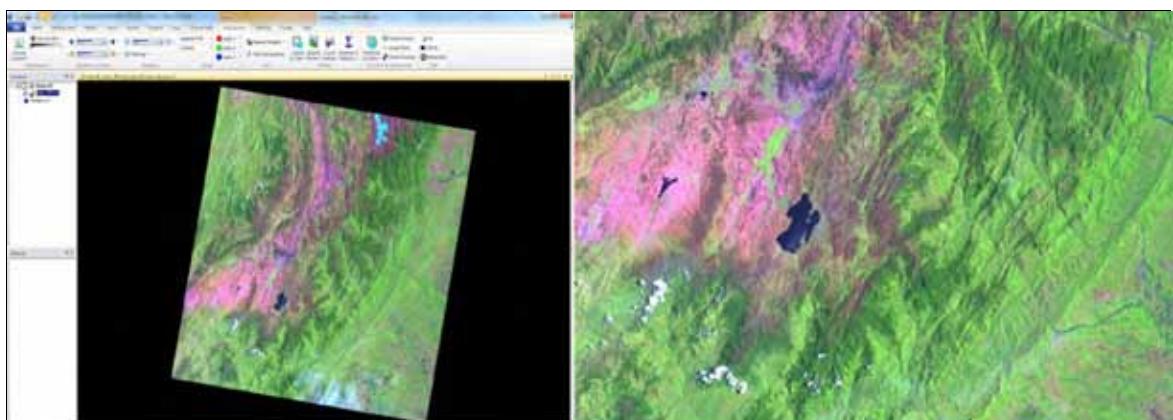
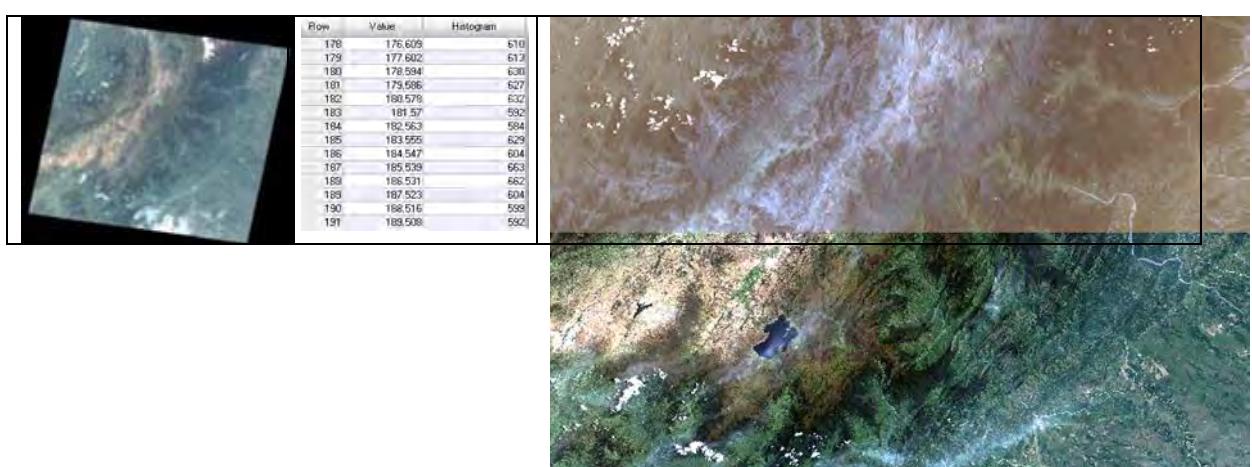


Figura 1. Imagen Landsat 756, lago de tota. Ejercicio.

2. Consulte algunas características de la litología y tipos de minerales presentes en el área, por ejemplo: el área se encuentra sobre rocas de edad terciario de tipo fosfático, para mayor información consultar el siguiente link: <http://www.ingeominas.gov.co/Geologia/Informacion-de-interes.aspx>.

3. La imagen se encuentra en niveles digitales, por lo tanto es necesario realizar la conversión a niveles de reflectancia de acuerdo al procedimiento descrito en ejercicios anteriores (Ejercicio conversión DN-NR/Augusto C), empleando los parámetros que se encuentran en el archivo HDR de la imagen.



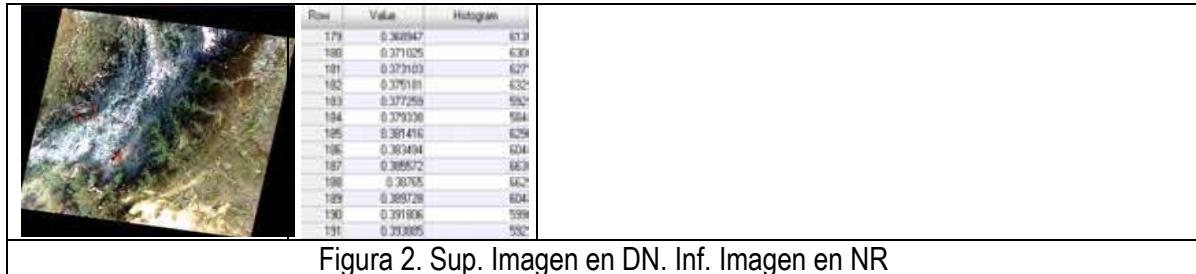


Figura 2. Sup. Imagen en DN. Inf. Imagen en NR

4. Compare perfiles espectrales de diferentes pixeles con igual localización en las dos imágenes.

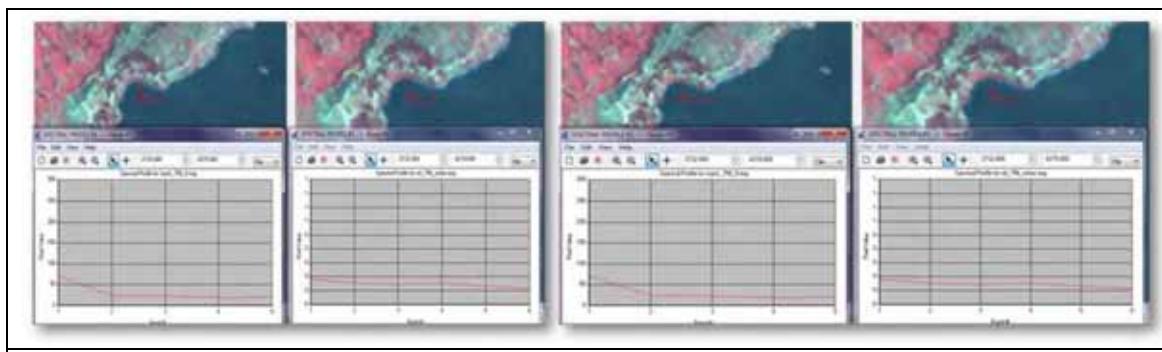


Figura 3. Comparación de perfiles espectrales de la imagen en DN y la imagen en NR.

5. Generar los ratios de banda para Oxido de hierro: 3/1, Minerales de arcilla: 5/7, Minerales ferrosos: 5/4.

Una vez definidos los ratios, debe ingresar en ERDAS en la opción toolbox de la parte superior e ingresar a la opción model maker.



Figura 4. Localización de *model maker* en Erdas.

Model maker permite realizar modelos de acuerdo a las necesidades y objeto de estudio, allí se desplegara un cuadro de dialogo en blanco sobre el cual se diseñara el modelo, el nombre del archivo será *ratio_31*.



Figura 5. Modelo para generación de ratios.

Con la barra de herramientas lateral realice la siguiente estructura del modelo, en el primer proceso (Create a raster object), ingrese la imagen suministrada para el ejercicio (p007r56_4t19920902), como se indica en la figura 4b.

En la opción (Create a function definition), define la operación a realizar entre bandas de la siguiente forma, posteriormente conecte los procesos (connect objects and functions together).

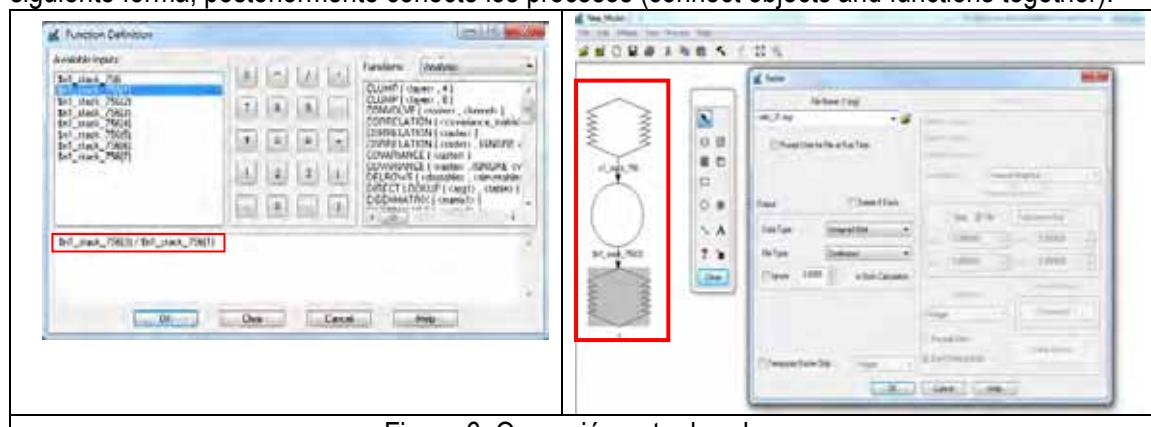
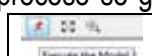


Figura 6. Operación entre bandas.

Posteriormente en el último proceso se genera la imagen de salida *ratio_31*. Para ejecutar el proceso ingrese a la opción



Realizar el mismo procedimiento para los demás ratios y generar sus respectivas imágenes de salida.

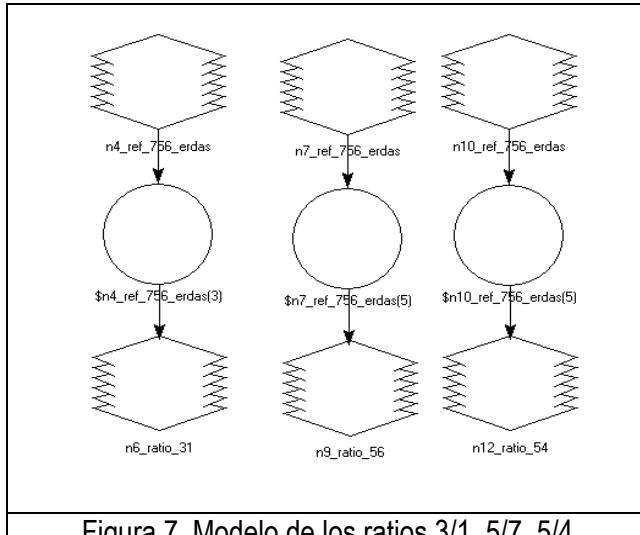


Figura 7. Modelo de los ratios 3/1. 5/7. 5/4

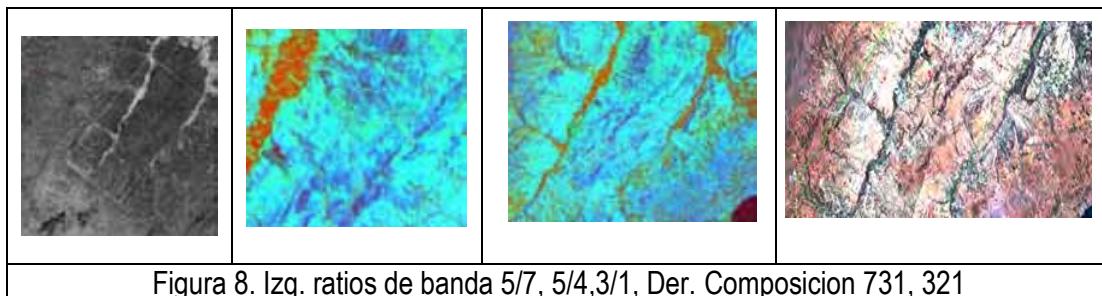


Figura 8. Izq. ratios de banda 5/7, 5/4,3/1, Der. Composicion 731, 321

Despliegue la imagen de salida y compare con la imagen en niveles de reflectancia en composiciones de verdadero color y falso color (731), esta composición es sugerida en diferentes artículos, como apoyo a la identificación de algunas anomalías asociadas a minerales y que suelen verse en colores verdes.

EJERCICIO 13. COMPARACION DE IMÁGENES DE RADAR

OBJETIVO:

Conocer y comparar las imagen óptica LandSat y de radar como Radarsat y Cosmoskymed.

MATERIALES:

Sensor	NOMBRE ARCHIVO
RADARSAT	9_mayo-2009-geo-utm.img
C0SMOSKYMED	7_enero-2012-utm.img
LANDSAT	ls20070207-utm.img
DEM-30 m	sombra-dem30utm.img

Las imágenes que se utilizaran en este ejercicio, cubren la zona de Saldaña y sus alrededores. El objeto del ejercicio, consiste en complementar el conocimiento de las imágenes de radar y la

comparación de algunas de las coberturas de la tierra, según los datos y características polarimétricas de imágenes radar.

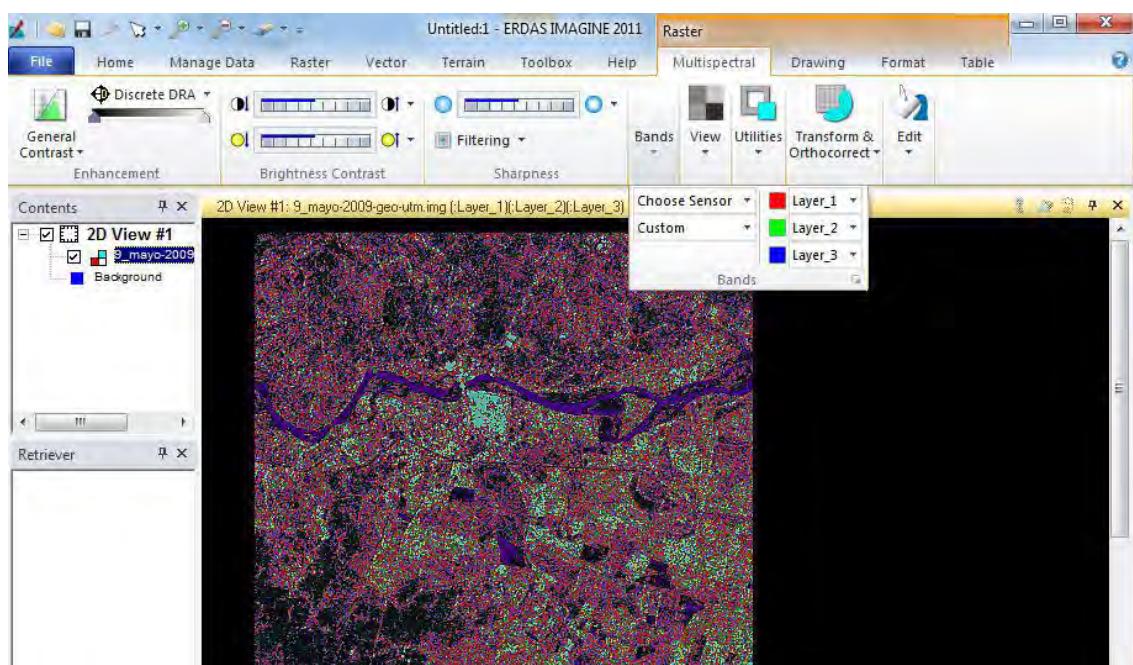
1.1. Comparación de características polarimétricas de Imágenes de radar

Si se tiene la misma escena, bajo diferentes esquemas de polarización, es posible formar una imagen con una composición a color. Los esquemas de polarización permiten observar características diferentes en la escena, es decir aspectos que pudieran no ser visibles en una sola combinación como HH y podrían ser distinguibles en una polarización VV. De esta manera los cuatro (4) esquemas de polarización en una imagen multi-polarimétrica de bandas conducen a incrementar el potencial de separabilidad de un clasificador, por lo tanto se procederá a analizar estas características polarimétricas bajo el siguiente y esquema.

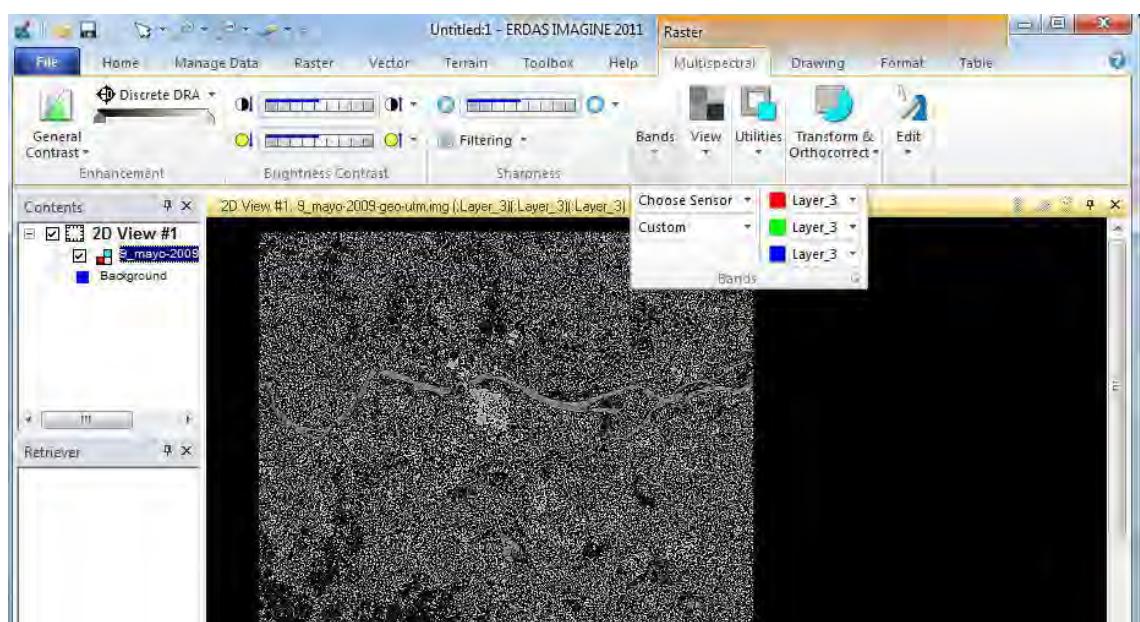
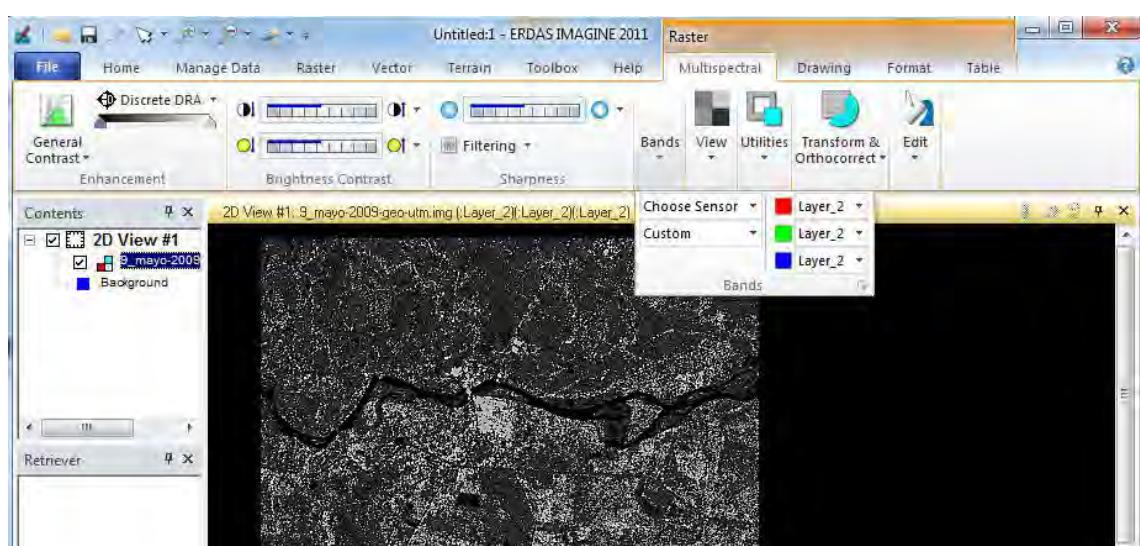
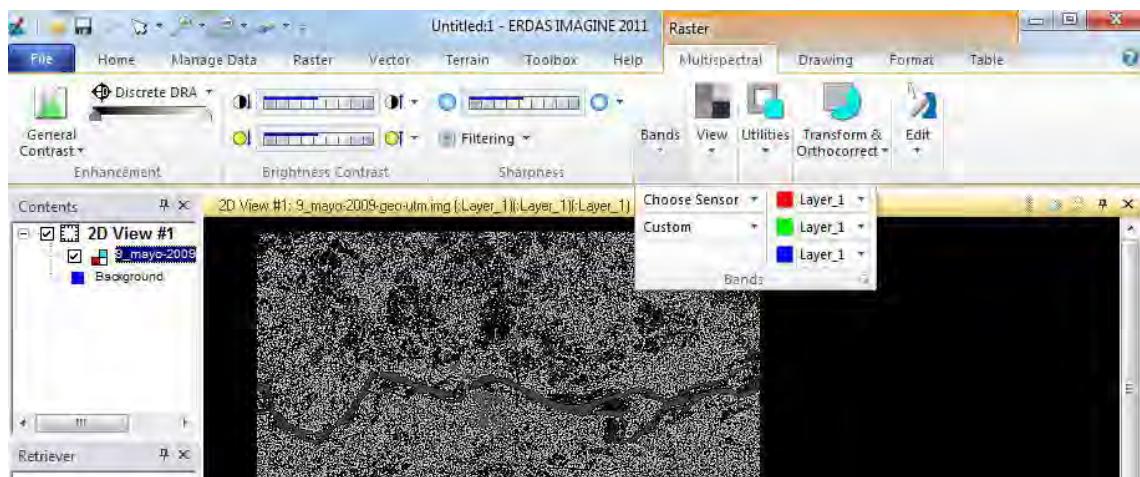
PROCEDIMIENTO

Despliegue la imagen polarimétrica indicada e identifique las polarizaciones correspondientes para cada una.

El despliegue de la imagen 9_mayo-2009-geo-utm.img, se debe realizar en el viewer del programa Erdas y para identificar las polarizaciones se realiza en el modulo multiespectral--> bands como se indica a continuación:



De acuerdo al anterior grafica forme las otras 3 polarizaciones correspondientes a banda HH, HV y VV , siguiendo el esquema:



Complete el cuadro con la descripción de color, textura, patrón según de las diferentes coberturas como drenajes, cultivos, zonas urbanas y vías; para cada polarización vista.

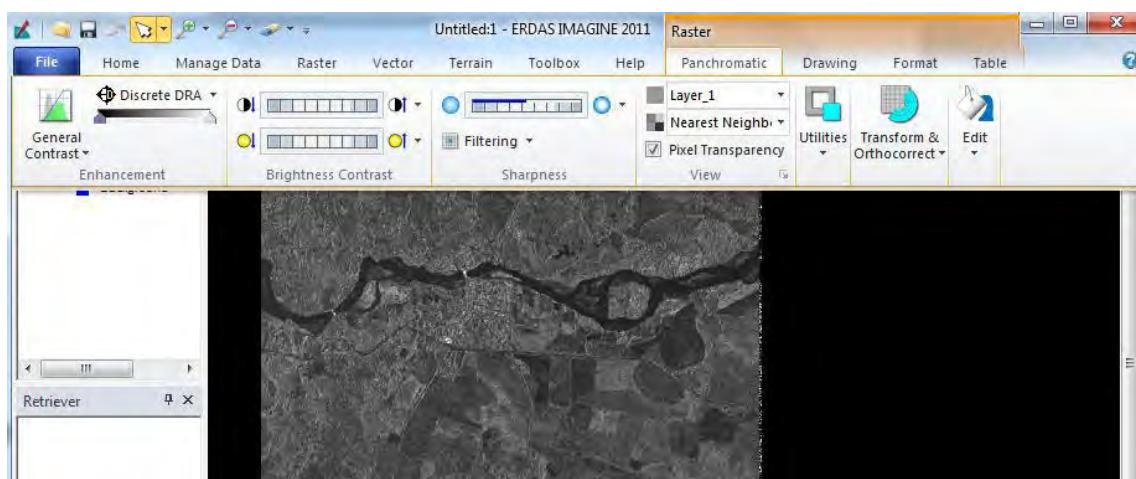
Polarimetría	Cobertura	Tono-Color	Patrón	Textura	Tipo de reflexión	Observaciones
HH-RGB=111	Urbana					
	Bosque					
	Cultivo					
	Suelo					
	Agua					
HV-RGB=222	Urbana					
	Bosque					
	Cultivo					
	Suelo					
	Aqua					
VV-RGB=333	Urbana					
	Bosque					
	Cultivo					
	Suelo					
	Aqua					

1.2. Comparación de tipos cobertura según Modos de toma y datos proporcionados por las imágenes Radar

Compare las dos imágenes de radar respecto a la discriminación de las diversas coberturas terrestres, identificando los distintos tipos de coberturas según sus características pictórico-morfológicas y resuma resultados en una tabla como la que se presenta a continuación.

Despliegue las imágenes RadarSat y Cosmoskymed en el programa ArcGis o Erdas. Estas imágenes corresponden a los archivos 9_mayo-2009-geo-utm.img y 7_enero-201-2utm.img.

Para la imagen RadarSat deje la polarización combinada HV con el RGB=222 y para la imagen Cosmoskymed en modo amplitud con RGB=111, en pancromatic con Layer 1 como se observa a continuación:



Complete el cuadro con la descripción de color, textura, patrón según de las diferentes coberturas como drenajes, cultivos, zonas urbanas y vías; para cada ejemplo de imagen y teniendo en cuenta las anteriores recomendaciones.

Imagen	Cobertura	Tono	Patrón	Textura	Tipo de reflexión	Observaciones
RadarSat	Urbana					
	Bosque					
	Cultivo					
	Suelo					
	Agua					
Cosmosskymed	Urbana					
	Bosque					
	Cultivo					
	Suelo					
	Agua					

Describa las características pictórico-morfológicas, de acuerdo con la tabla que define estos aspectos a continuación.

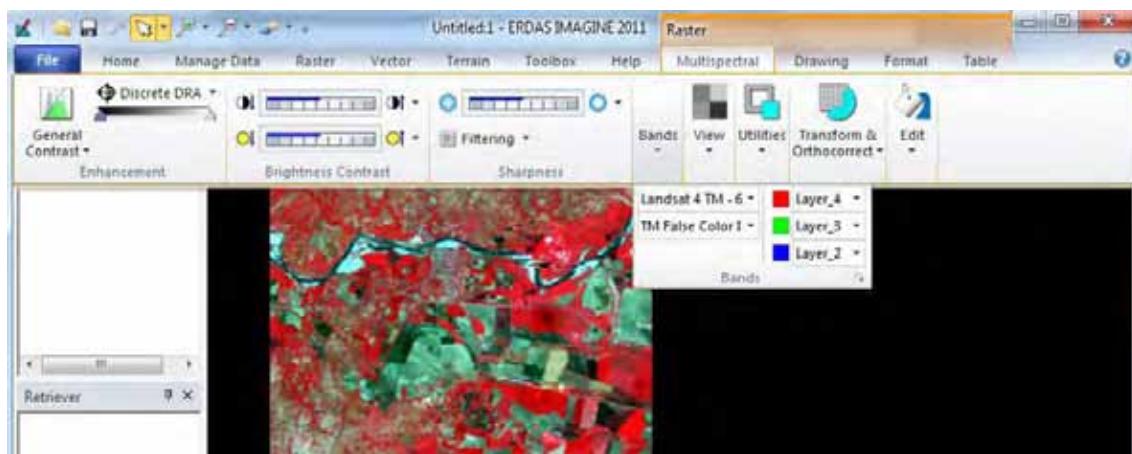
Elementos básicos	Tono: variación distinguible de gris entre el blanco y el negro Color: variación visible sobre la imagen, producida por múltiple combinación de los tres colores primarios: rojo verde y azul
Patrón espacial	Tamaño: Dimensión de objetos. Depende de la resolución espacial
	Forma: se relaciona con la silueta, estructura y contorno de los objetos. Permite reconocer objetos individuales.
	Textura: organización y frecuencia de variaciones tonales. Depende de resolución del sensor, tamaño del objeto, ángulo de toma, longitud de onda. También se puede interpretar como rugosidad. Se designa con las expresiones: gruesa, mediana, fina
	Patrón: arreglo espacial de tono / color de una cobertura.
Elementos complementarios	Sombra: ayuda a reconocer la altura relativa de objetos y es útil para identificación de topografía.

1.3. Comparación Imagen óptica & radar y fusión de imágenes

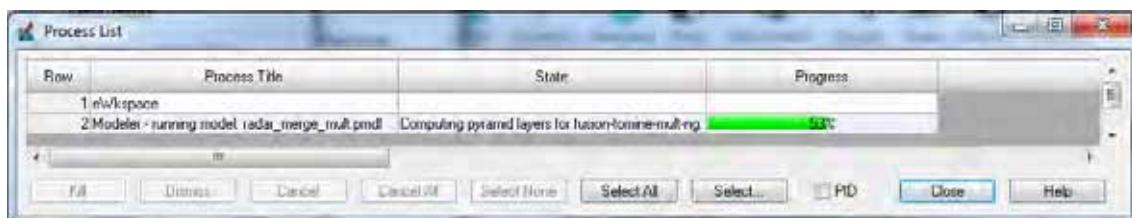
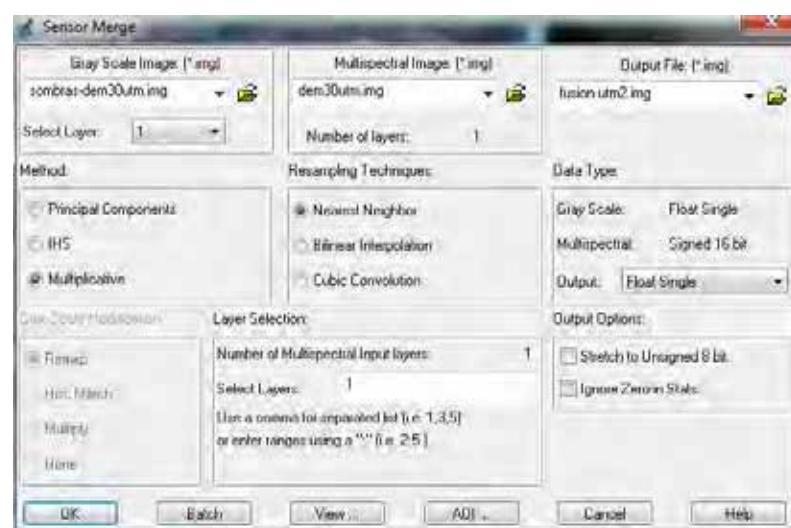
Compare las dos imágenes óptica de LandSat y radar respecto a la discriminación de las diversas coberturas terrestres, identificando los distintos tipos de coberturas según sus características pictórico-morfológicas . Compare las tres imágenes con respecto a la discriminación de las diversas coberturas terrestres, identificando los distintos tipos de coberturas.

PROCEDIMIENTO

Para la fusión de imágenes y sensores despliegue en el programa Erdas las imágenes sombras-dem30utm.img y ls20070207-utm.img



Realice una fusión de imágenes, de la siguiente manera:
En el modulo de Raster □ Radar □ Utilities □ Sensor Merge



Despliegue el resultado de imagen y haga sus observaciones.

EJERCICIO 14. VERIFICACIÓN DE LA EXACTITUD TEMÁTICA

La clasificación digital es un mapa temático donde se registra la ubicación y la distribución de unidades cartográficas. Para que este mapa sea fiable se requiere verificar su exactitud. La pobre exactitud de una clasificación se relaciona con la complejidad del terreno, el nivel de detalle y la adquisición no apropiada de las imágenes. En la estimación de la exactitud se puede aplicar los siguientes métodos de confrontación: datos de campo, mapas existentes, fotografías aéreas, y la comparación de cada **ND** del área piloto contra su signatura espectral. La signatura es la caracterización estadística de una muestra. La última opción está incluida en todos los paquetes de procesamiento digital, la cual permite generar las matrices de contingencia. A partir de esta se puede construir la matriz de confusión, que identifica los conflictos entre clases de referencia y clases clasificadas. La columnas corresponden a clase producidas en clasificación (1), y las filas – las clases de referencia (2). La diagonal de esta matriz expresa el número de puntos de verificación en donde se produce acuerdo entre las dos fuentes (mapa y realidad), mientras los marginales suponen los errores de asignación Figura 13. Los residuales en filas indican tipos de coberturas real que no se incluyeron en el mapa (errores de omisión), mientras residuales en columnas implican cubiertas del mapa que no se ajustan a la realidad (errores de comisión) (Posada, 2008).

Clase	A	B	C	D
A	20135	15	20	0
B	22	18756	133	512
C	19	70	30452	345
D	3	457	272	7018

Figura 13: Ejemplo de una matriz de contingencia o de confusión [Fuente: Olaya, 2007]

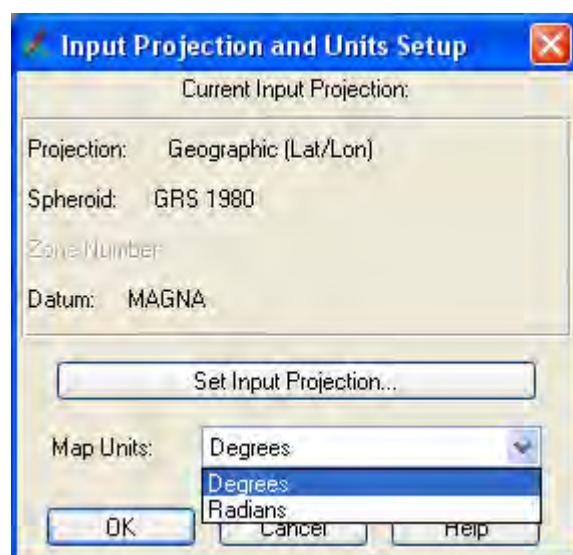
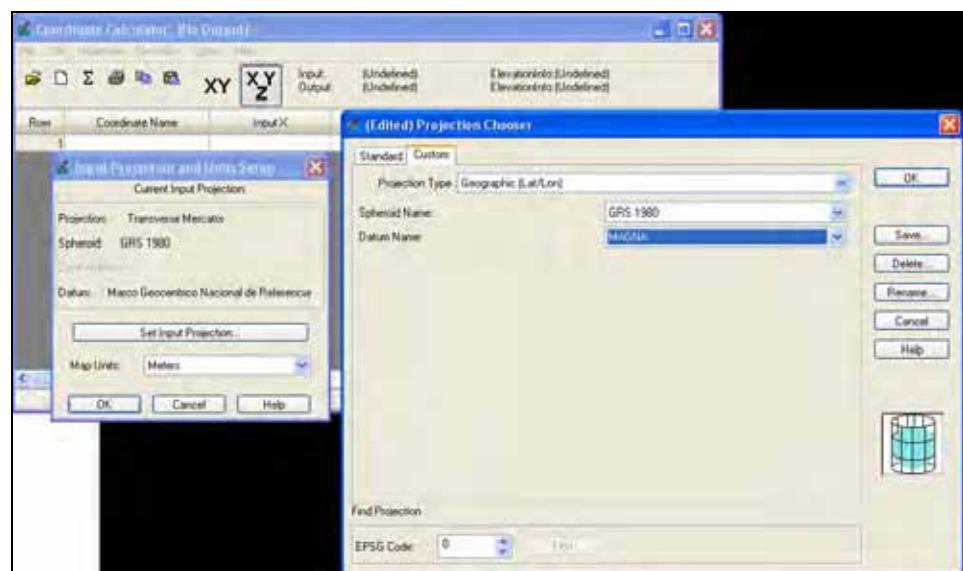
La evaluación de la exactitud temática de una clasificación en Erdas se puede realizar mediante varios métodos: análisis visual con superposición de la imagen clasificada sobre la imagen de referencia; y por el método de asignación de puntos de muestreo: aleatorio, estratificado o proporcional.

En el caso de recolectar los datos de campo con la información posicional X e Y mediante uso de GPS, se puede utilizar estos para la evaluación de la exactitud temática. Para esto, se debe realizar algunos procedimientos, tendientes a recalcular las coordenadas geográficas ((Latitud/Longitud) recolectados con el GPS a coordenadas planas (cartografía local para Colombia) y después incluir estos en el muestreo. Si no se cuenta con esta información, pase de una vez a la parte II de este ejercicio.

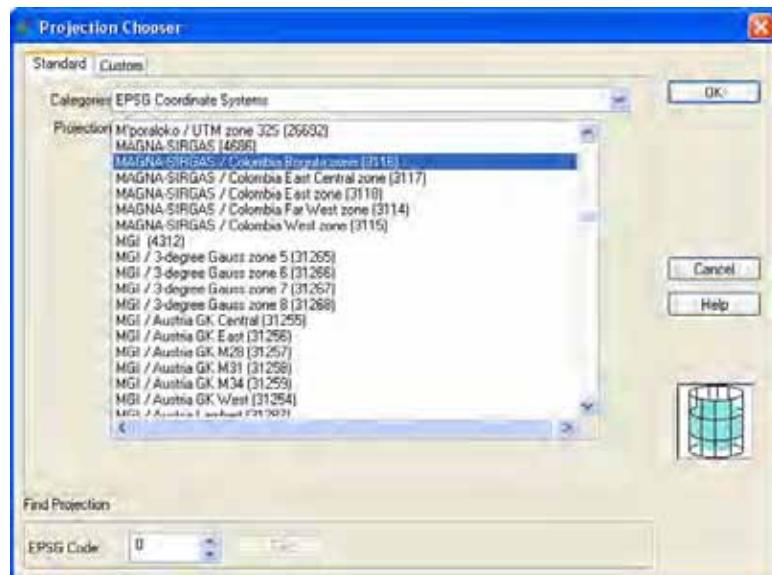
I. TRASFORMACION DE COORDENADAS RECOLECTADAS EN CAMPO CON GPS

1. Desde la barra del menú principal de ERDAS la pestaña **MANAGE DATA > CONVERSION > COORDINATE CALCULATOR>PROJECTION > SET INPUT PROJECTION**. En la ventana **Input Projection and Units Setup** se observa que no hay ningún sistema de proyección activo (Unknown), por lo tanto hay que definirlo haciendo clic en **Set Input Projection** lo cual despliega la ventana **Projection Chooser** y en ésta seleccionar **Custom** que permite definir un nuevo sistema de proyección.

Tenga en cuenta que el sistema de entrada es geográfico (Latitud/Longitud). Inserta los parámetros que se presentan en la tabla a continuación y al terminar haga clic en OK. Observa que se ha cargado el nuevo sistema de proyección, se maneja en grados.



2. Ahora define el sistema de coordenadas de salida (coordenadas planas) para lo cual activa la opción **Projection** y dentro de ella la opción de **Set output Projection and Units**. Ingrese los datos que se observan en la grafica de abajo y oprime OK.

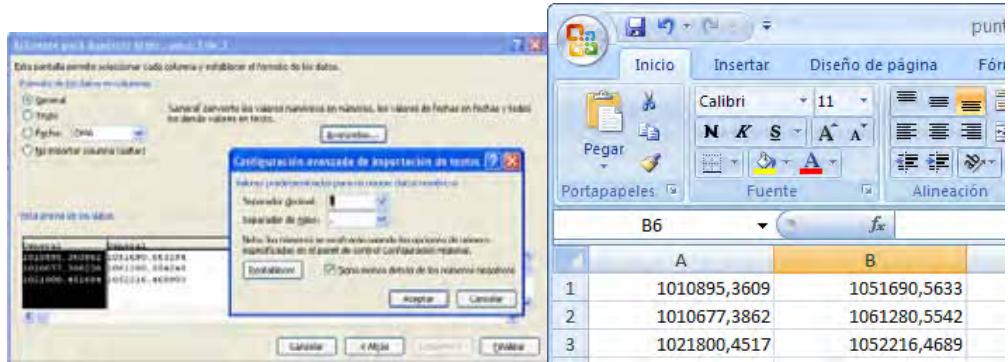


- Luego, ingrese las coordenadas de puntos de control, que se han recolectado en campo utilizando GPS, en la tabla de la ventana **SET INPUT PROJECTION** haciendo corresponder la columna de **X** con Input Longitud y, **Y** con Input Latitud. Observe que automáticamente se calculan las coordenadas planas en las columnas Output X y Output Y. Enumere los puntos en forma secuencial. Salve el nuevo archivo.

Row	Input Longitude	Input Latitude	Input Z	Output X	Output Y	Output Z
1	72.50-45.31 W	5.03-49.09 N		1010995.360002	1051690.563294	0.000000
2	73.50-52.34 W	5.09-01.20 N		1010677.386230	1061200.554248	0.000000
3	73.52-51.27 W	5.04-06.12 N		1021800.451684	1052216.468903	0.000000
4						

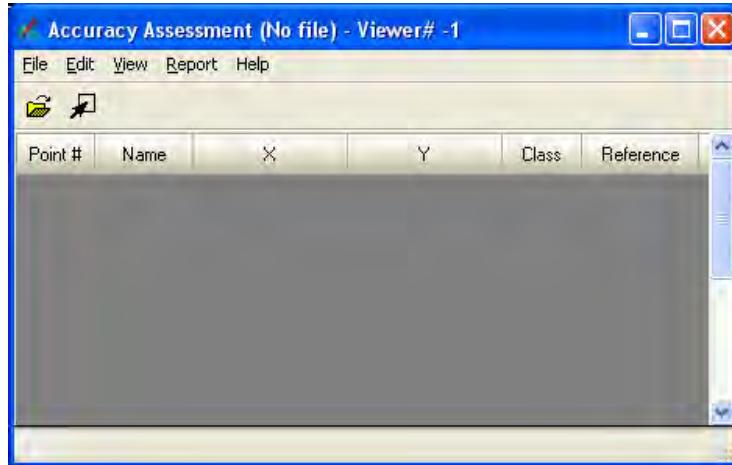
- Seleccione las columnas **Output X** y **Output Y**, y exporte con la extensión .dat

- Abra el archivo desde Excel como caracteres **Delimitados**, active la opción **Espacio** salve el nuevo archivo como tipo de texto (definido por tabulaciones).

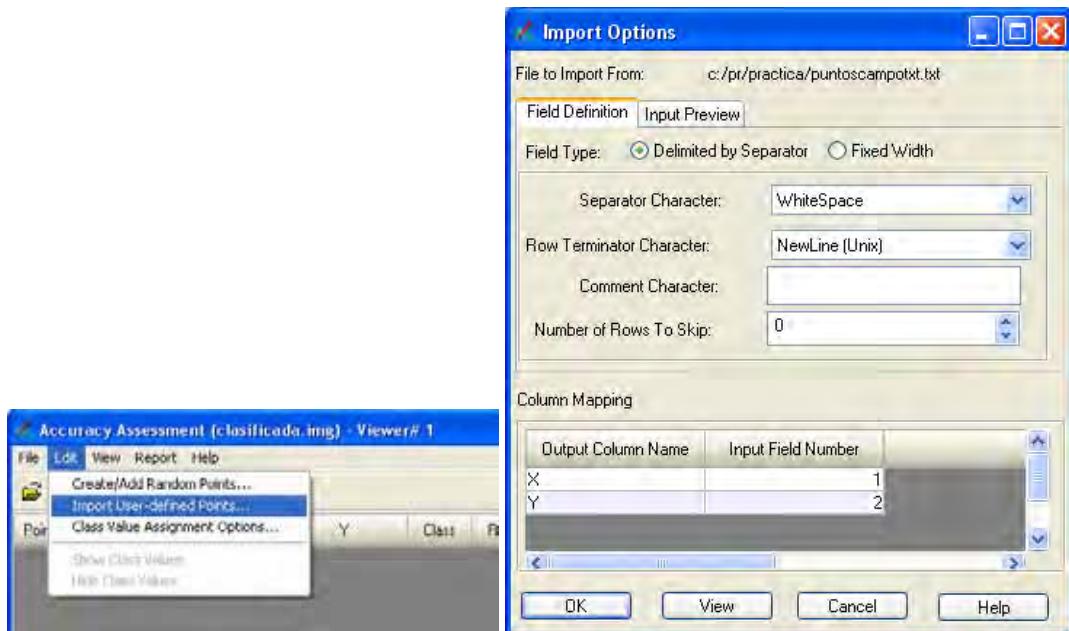


II. MUESTREO AL AZAR

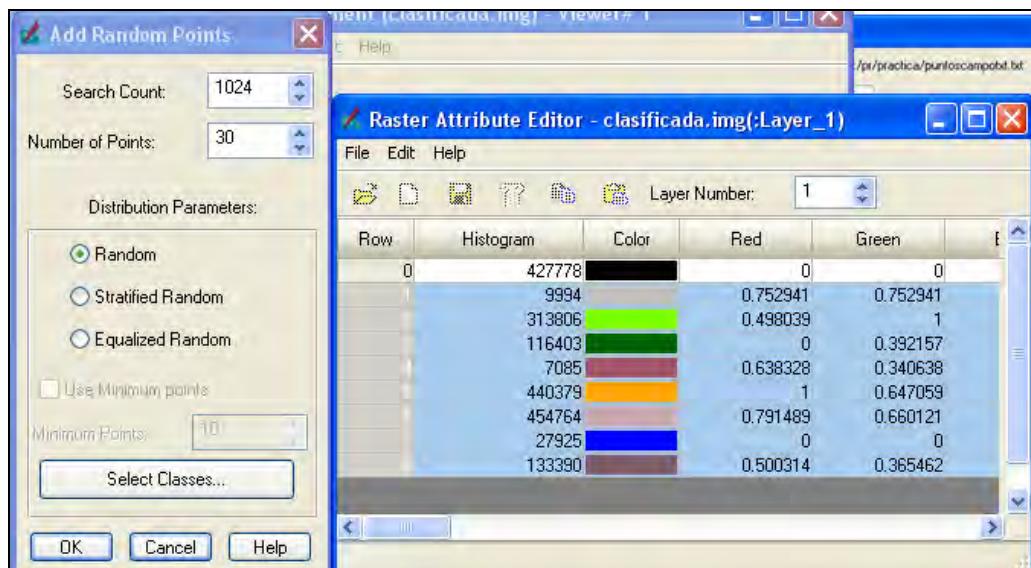
1. Despliegue la imagen clasificada en el Viewer 1 y en el Viewer 2 (para abrir el viewer 2 oprima al mismo tiempo Ctrl + N) con la composición a color de la imagen que utilizaron de base para clasificación; la cual será la fuente de información de campo. Únalas con la opción de **LINK**, seleccione la pestaña Home, Windows, despliegue Link Views y seleccione Link Views, para desactivar siga los mismos pasos.
2. Desde menú principal de ERDAS haga clic en la pestaña **Raster, Classification**, desplegar la opción **Supervised** finalmente seleccionar **Accuracy Assessment** y dentro la ventana de dialogo de este en **File – Open** seleccione la imagen clasificada que va a evaluar.



3. En **View – Select Viewer** o con el botón , seleccione el Viewer para analizar donde está desplegada la clasificación.
4. Para subir los puntos de control levantados en campo desde **Edit>Import User-defined Points>ASCII Point File** seleccione el archivo salvado con Excel en pasos anteriores y oprima OK. En la ventana de **Import Option** que aparecerá - OK. Los puntos se desplegarán en la ventana **Accuracy Assessment**.



5. Con la opción **Edit – Create/Add Random Points** adicione más puntos de muestreo; para esto cambie **Number of Points** por 30, para realizar 30 muestreos sobre toda la imagen. Bajo **Distribution Parameters** seleccione **Random** y oprima la opción **Select Classes** para seleccionar clases a evaluar desde la tabla de atributos; que sean todas, excepto **0 (Unclassifi)**. Deje abierta la tabla de atributos y oprima OK desde la ventana **Add Random Points**.



Accuracy Assessment (clasificada.img) - Viewer# 1

Point #	Name	X	Y	Class	Reference
1	ID #1	1010895.000	1051690.000		
2	ID #2	1010677.000	1061280.000		
3	ID #3	1021800.000	1052216.000		
4	ID #4	1009458.436	1047400.030		
5	ID #5	1040260.292	1076191.184		
6	ID #6	1025009.471	1050672.434		
7	ID #7	1028551.985	1045328.508		
8	ID #8	1017894.422	1066343.949		
9	ID #9	1012820.822	1078022.529		
10	ID #10	1040350.356	1074269.772		

6. En bajo la opción **View** seleccione **Show All**, sobre la imagen aparecerán puntos de muestreo en color blanco. Oprima **Edit>Show class valúes**; en la columna de **Class** se desplegarán los valores de las clases calculadas en el proceso de clasificación.
7. En la columna **Reference** asigne los números de clases temáticos que corresponde a “**Verdad de Campo**”, explorando la imagen en composición a color desplegada y con los apuntes de campo para todos los puntos de muestreo. El número de cada clase se encuentra en la tabla de atributos en la columna **Value**.

Accuracy Assessment (clasificada.img) - Viewer# 2

Point #	Name	X	Y	Class	Reference
1.0#1		1073895.000	1051690.000	6	
2.0#2		1059677.000	1063280.000	5	
3.0#3		1025180.000	1052218.000	5	
4.0#4		1034676.238	1044357.824	5	
5.0#5		1027321.537	1051272.676	6	
6.0#6		1042931.890	1062771.324	2	
7.0#7		1032094.498	1042626.061	6	
8.0#8		1017594.269	1045494.956	6	
9.0#9		1028360.896	1078898.020	6	
10.0#10		1023691.512	1084115.256	6	
11.0#11		1025237.798	1060218.443	6	
12.0#12		1041491.166	1043377.074	6	
13.0#13		1043622.291	1060955.591	3	
14.0#14		1039419.896	1060095.206	5	
15.0#15		1012290.418	1052776.194	6	

clasificada.img

Row	Histogram	Color	Red	Green	Blue	Opacity	Class_Names
0	427778	[Solid Black]	0	0	0	0	Unclassified
1	9994	[Solid Gray]	0.75	0.75	0.75	0	1 urbano
2	313806	[Solid Green]	0.5	1	0	0	1 herbazal
3	116403	[Solid Red]	0	0.39	0	0	1 pastos limpios
4	7085	[Solid Maroon]	0.64	0.34	0.42	0	1 plantaciones
5	440379	[Solid Orange]	1	0.65	0	0	1 Mosaico de pastos y espacios nat
6	454764	[Solid Brown]	0.79	0.66	0.69	0	1 cultivo total
7	27925	[Solid Blue]	0	0	1	0	1 Aguatal
8	133390	[Solid Purple]	0.5	0.36	0.43	0	1 bosque total

8. Para calcular la exactitud temática, seleccione **Report-Option**, y asegurase que están activados los parámetros: **Error Matrix**, **Accuraccy Total** y **Kappa Statistics**. Proceda con la opción **Report – Accuracy**, para elaborar el reporte de la exactitud temática. Analícelo y sálvelo.

ACCURACY TOTALS

Class Name	Reference Totals	Classified Totals	Number Correct	Producers Accuracy	Users Accuracy
Unclassifi	0	0	0	---	---
AGUA	3	3	3	100.00%	100.00%
BO	3	3	3	100.00%	100.00%
VP1	4	3	3	75.00%	100.00%
VP2	2	3	2	100.00%	66.67%
VP3	3	3	3	100.00%	100.00%
CU1	4	3	3	75.00%	100.00%
CU2	2	3	2	100.00%	66.67%
CU3	3	3	3	100.00%	100.00%
PA	3	3	3	100.00%	100.00%
SU	3	3	3	100.00%	100.00%
Totals	30	30	28		

Overall Classification Accuracy = 93.33%

----- End of Accuracy Totals -----

KAPPA (K[^]) STATISTICS

Overall Kappa Statistics = 0.9259
 Conditional Kappa for each Category.

9. Por último, seleccione **Report- Cell Report**, para ver los detalles de asignación automática de las clases temáticas en el remuestreo aleatorio.

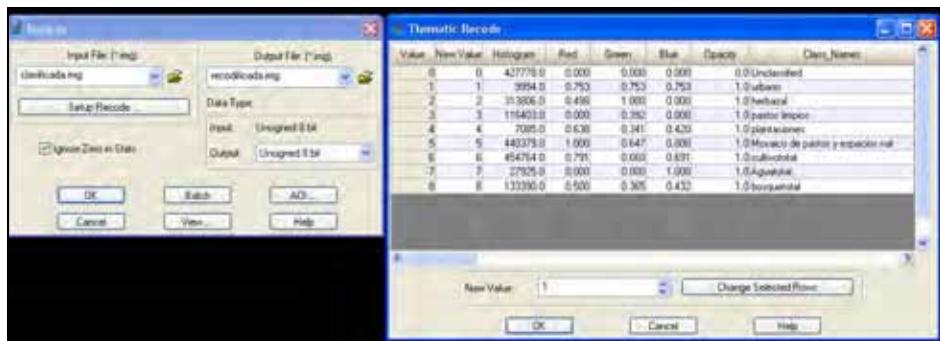
EJERCICIO 15. EDICIÓN FINAL DE LOS RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN

Las principales operaciones consisten en: recodificación global, generalización de la clasificación, recodificación local y el cálculo de las áreas ocupadas por cada clase temática.

RECODIFICACIÓN GLOBAL

En el caso de necesidad de generalizar el mapa final generada a partir de la clasificación digital se utiliza el proceso de re-codificación, en cambio de unión de signaturas espectrales.

1. Entre a la pestaña Raster, Raster Gis, despliegue la opción Thematic y elija Recode (aquí aparece la ventana de Recode). Introduzca en el **Input file** la clasificación que queremos recodificar y en **Output File** el nombre de la salida del proceso.
2. Pique con el botón derecho del mouse la opción **Setup Recode**, se despliega una tabla de contenido con toda la información de la clasificación. La columna de **Value** es el orden que tienen nuestras clases temáticas en **Signature Editor** y en **Raster Atributes**.
3. Para unir o recodificar las clases pique bajo **Value** el número que corresponde a la categoría en cuestión. Si se quiere elegir varias categorías: presione la tecla **Shift** del teclado simultáneamente con el botón derecho del ratón sobre las categorías a seleccionar. Frente la opción **New Value** asigne el número de clase a que va a unirla y oprime la opción **Change/Selected Rows** para hacer efectivos los cambios. Agrupa todas las clases temáticas según sus propias consideraciones; por ejemplo todos los bosques (b1,b2, y b3) en una sola clase (b), igual cultivos, etc. **Importante: en una hoja a parte anote los nuevos valores asignados por Usted a cada clase temática.** Por último, haga clic en **OK**.



4. El **Data Type**, Output sera: Unsigned 8 bit. Active la opción **Ignore Zero in Statistics**. Haga clic en **OK** para correr el proceso.
5. Desplegué la imagen re-codificada. Compara con la clasificación original. Debido a la re-agrupación se modificarán los colores de las clases temáticas y se perderá la columna de nombres. Para editar de nuevo los colores y nombres abra desde la zona izquierda de la pantalla **Contents**, **View**, click derecho **Display Attribute Table** la tabla de atributos de la imagen recodificada. Primero modifique en esta tabla los colores de cada clase y luego adicione la columna de nombres con La pestaña Table **Add Clase Name** y re-escribe los nombres de cada clase. Para esto necesitaran los apuntes hechos durante recodificacion. Salve la tabla de atributos y ciérrela con la imagen.

GENERALIZACIÓN DE LA CLASIFICACION

En la imagen clasificada quedan una serie de píxeles aislados, los cuales en muchos casos no representan un área significativa, por lo que se podrá aplicar un filtro con la finalidad de que las clases predominantes absorban estos píxeles. Algo que se debe tomar en cuenta al momento de hacer este proceso es la escala final del mapa.

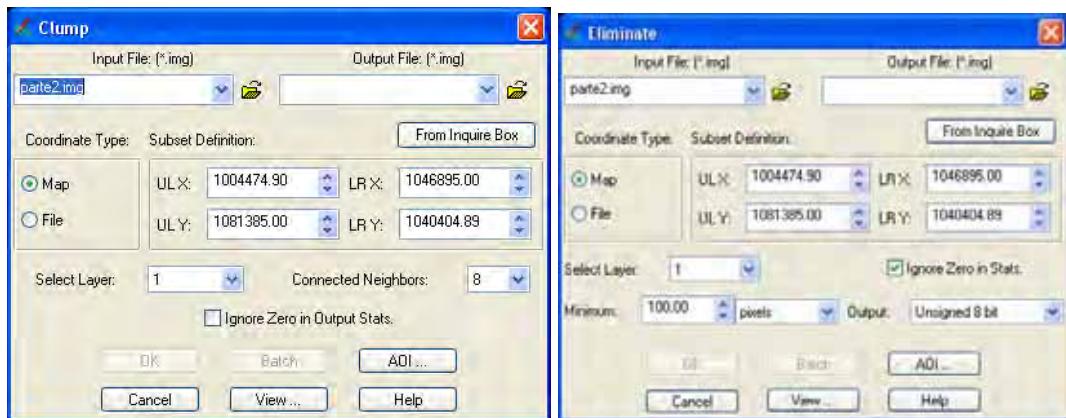
1. Para realizar el proceso seleccione desde la pestaña **Raster**, **Raster GIS**, despliegue **thematic** y elija **Neighborhood** en el **Input file**: la imagen de entrada (resultado de la clasificación), y en el **Output file**: Nombre de salida del resultado. En el **Size** se podrá elegir tres opciones: la más suave de las opciones es 3 x 3, y las más fuertes 7 x 7. En la mayoría de los casos es recomendable pasar dos veces el filtro de 3 x 3, en lugar de aplicar de una en filtro de mayor tamaño. Bajo **Función: Majority**; active la opción **Ignore Zero in Statistics** y todo lo demás se deja por defecto. Oprima **OK**. Despliegue la imagen resultante y analízala. Si todavía quedan muchos píxeles aislados aplique de nuevo el filtro, pero ya sobre la imagen generalizada y no original.

RECODIFICACION LOCAL

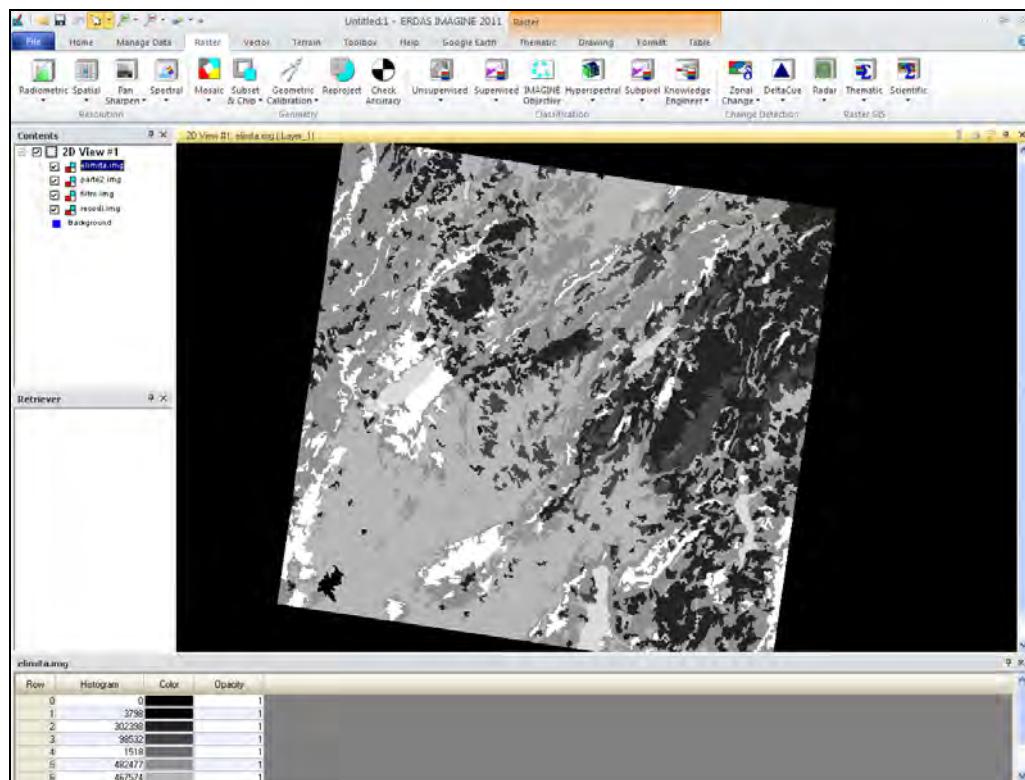
Previo a la realización de este proceso se debe pasar por los filtros CLUMP y ELIMINATE. La función CLUMP agrupa píxeles vecinos con ND iguales, uniéndolos en una entidad. La función ELIMINATE elimina los polígonos pequeños, uniéndolos a los polígonos más grandes.

1. **Raster, Raster GIS, Thematic/ CLUMP**. Entre archivo de entrada (Clasificación con el filtro de Neighborhood) y asigne el nombre para el archivo de salida, active la opción **Ignore cero in Stat**. Y deje resto de parámetros por default, **OK**. Despues de finalizar el proceso abre la imagen resultante y la tabla de atributos y observe los resultados.

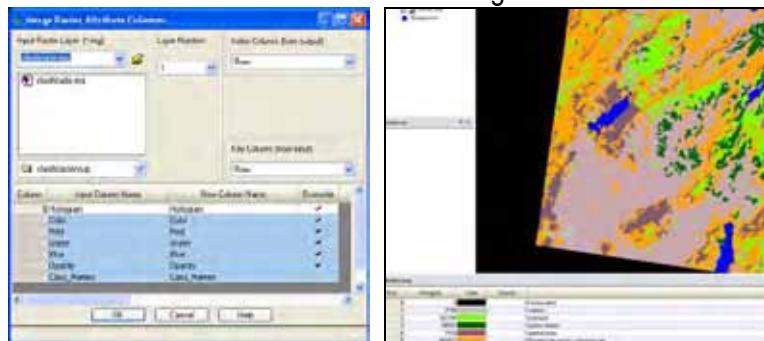
2. **Raster, Raster GIS, Thematic/ ELIMINATE.** Seleccione el archivo de entrada (Imagen con Clump) y asigne el nombre para el archivo de salida, active la opción **Ignore cero in Stat.**, y asigne **Minimum – 100** píxeles, lo que representa en terreno 9 ha. (La escala final recomendada para imágenes Landsat es de 1:100.000, entonces polígonos menores de 3 mm x 3mm no estarán incluidas en el mapa). Deja el resto de parámetros por default, y oprime **OK**.



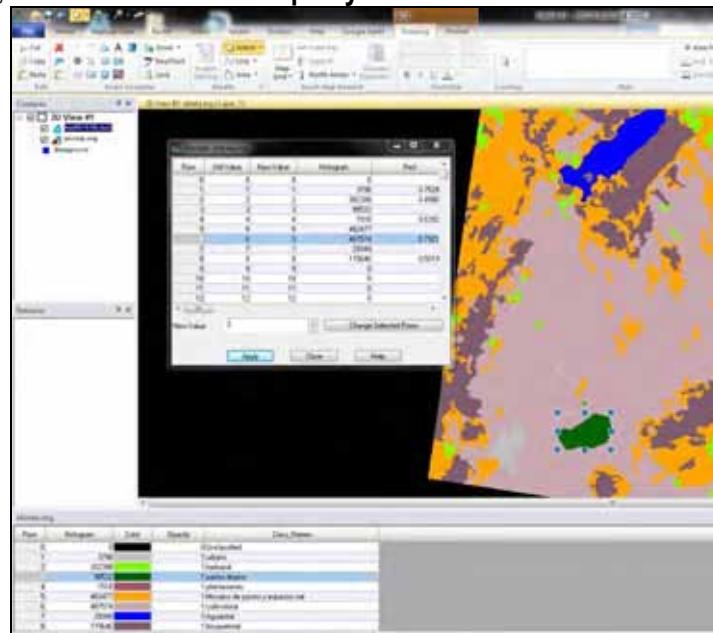
6. Despliegué la imagen generada a partir de algoritmo **ELIMINATE** y abra la tabla de atributos de la imagen. **Observe que no existe la columna de los nombres y colores del mapa son de tonos gris.**



7. Se puede adicionar la columna de nombre con La pestaña Table **Add Clase Name** y manualmente modificar los colores, o copiar de otro archivo que ya los contiene. Para este, en la pestaña **Table, Query**, seleccionar **Merge**; aparecerá la ventana de **Merge Raster Attribute Columns**; en **Input Raster Layer**, seleccione el archivo de la clasificación reproyectada en el ejercicio 11. En la parte inferior de la ultima ventana, seleccione todas las columnas, menos - la columna **Histogram** y oprime **OK**. En la ventana que aparecerá, confirme que va a sobrescribir la información. De esta manera se asignarán los colores de la clasificación a la imagen resultante de **ELIMINATE**.



8. Ahora se puede iniciar el proceso de recodificacion local de la clasificación. Deje la imagen generada con Eliminate y vaya a la herramienta de dibujo en la pestaña **Drawing, Insert Geometry...** desde la pestaña **Thematic, edit** seleccione **Recode**.
9. Observe en la imagen las áreas que no corresponden a la realidad de campo y con la opción seleccionelas; manteniendo AOI seleccionado desde la tabla de RECODE, cambie el valor de una clase incorrecta por el valor de la clase correcta, confirmando con la opción **Change Selection** y **Apply**. Salve la imagen con otro nombre para no dañar la original, desde **FILE- SAVE- Top Layer as....**



10. Proceda con la edición de la clasificación hasta que considere que el resultado es satisfactorio. Antes de editar una nueva área, borre el AOI anterior y no olvide periódicamente salvar las ediciones.

11. Por último, reprojete al sistema local de referencia (procedimientos del ejercicio de reproyección).

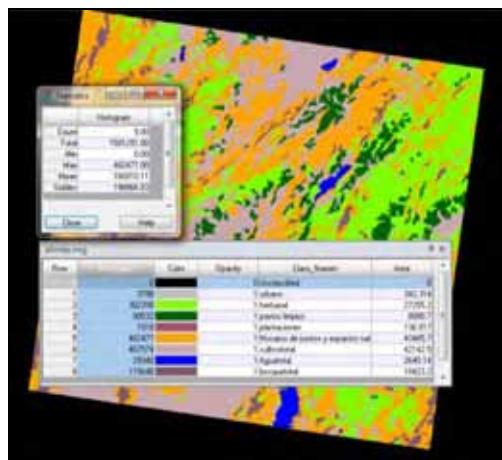
CÁLCULO DE ÁREAS EN UNA CLASIFICACIÓN

Una vez finaliza la edición, se podrá conocer el área y porcentaje que corresponde a cada clase temática. Los pasos a seguir son los siguientes:

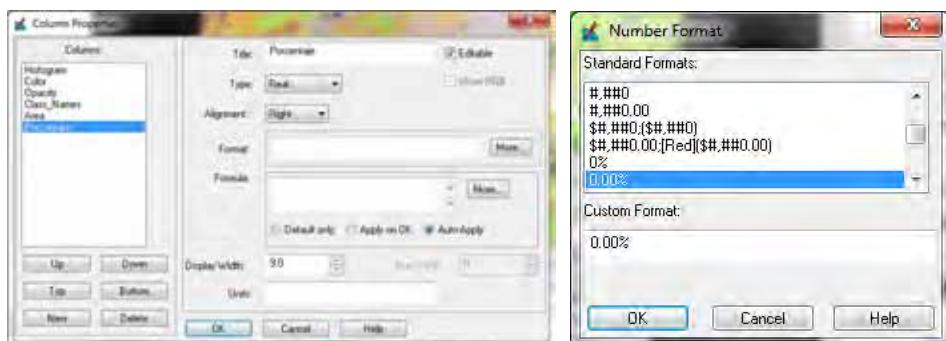
- Abrir un **Viewer** y desplegar la clasificación; Ir a la pestaña Table, Column y elegir la opción **Add Area Column**; aquí se eligen las unidades en las que obtendremos las áreas y **OK** para hacerlas efectivas en la tabla de Attribute Editor.

CÁLCULO DE PORCENTAJE DE ÁREAS EN UNA CLASIFICACIÓN

1. En la tabla de atributos seleccione la columna **Histogram** con el botón izquierdo del mouse y enseguida oprime el botón derecho sobre Histogram allí se despliegan una serie de opciones, elegir **Compute stats**. Aparecerá una ventana con los resultados de la estadística de la clasificación. Anote el valor del **Total** o deja esta ventana abierta.

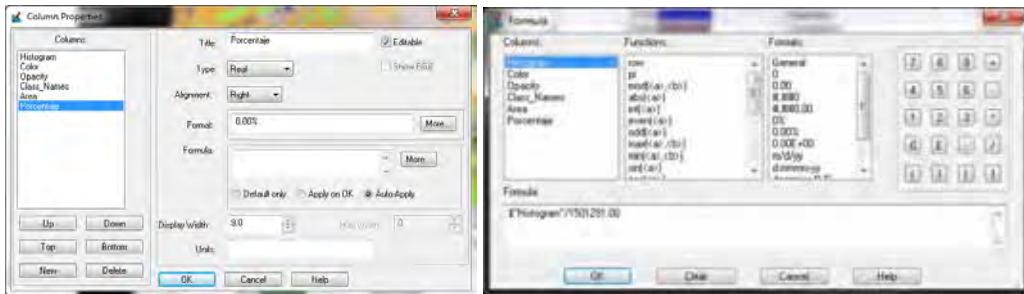


2. Seleccione la pestaña **Table/ Query/ Column Properties** y en la ventana que aparecerá oprime el botón **NEW**. Luego, asigne el nombre a la columna y active la opción **Editable; Type = Real; Format= 0.00%**, seleccionando bajo el botón **More...**



3. Frente el campo **Formula** oprime el botón **More**. En la ventana **Formula** seleccione el nombre de la columna (**Histogram**), oprime el botón del signo de división (/), digite el

valor correspondiente al "**Total**" obtenido de las estadísticas desde la ventana **FORMULA** y OK.



4. Seleccione la opción **APPLY ON OK** en la ventana **Column Properties** y OK. Observa el resultado generado en la ventana de la **tabla de atributos**. Salve resultados.

Row	Histogram	Color	Opacity	Class_Names	Area
0	0			0 Unclassified	0
1	3798			1 urbano	342.314
2	302398			1 herbazal	27255.2
3	98532			1 pastos limpios	8880.7
4	1518			1 plantaciones	136.817
5	482477			1 Mosaico de pastos y espacios nat	43485.7
6	467574			1 cultivototal	42142.5
7	29348			1 Aguatotal	2645.14
8	115646			1 bosquetotal	10423.2

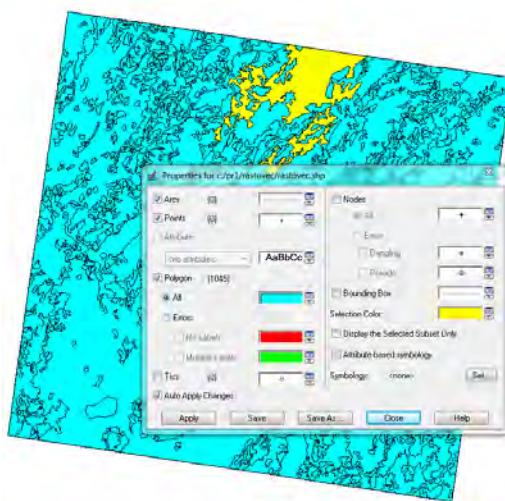
Una vez creada la columna de áreas y de porcentaje y se han organizado las columnas en el **Editor**, se procederá a obtener el reporte final de resultados de la clasificación. Desde **Attribute Editor** entre a **Edit** y busca la opción **Report**; active **Total** para obtener los totales, y **OK** para desplegar la tabla de resultados .

Row	Histogram	Color	Opacity	Class_Names	Area
0	0			0 Unclassified	0
1	3798	-1077952513	1	1 urbano	342.314
2	302398	21029577	1	1 herbazal	27255.2
3	98532	5480319	1	1 pastos limpios	8880.7
4	1518	-1554617346	1	1 plantaciones	136.817
5	482477	-59363521	1	1 Mosaico de pastos y espacios nat	43485.7
6	467574	-911691777	1	1 cultivototal	42142.5
7	29348	655235	1	1 Aguatotal	2645.14
8	115646	2136698367	1	1 bosquetotal	10423.2
Total:	1501791	N/A			135312

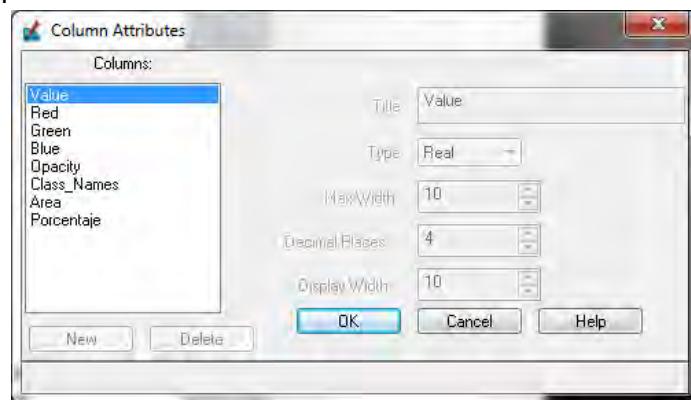
EJERCICIO 16. CONVERSION RASTER A VECTOR (SHAPE)

Para incorporar el mapa elaborado a partir de la clasificación supervisada a un SIG como una capa temática se requiere convertir esta a formato vector. Previo a la realización de este proceso se debe pasar por los filtros CLUMP y ELIMINATE y edición de la clasificación y luego procede con los siguientes pasos:

1. Desde la pestaña **VECTOR** en el grupo **RASTER TO VECTOR**, seleccionar **Raster to Shapefile**. En archivo de entrada la imagen con filtro **ELIMINATE** y asigne el nombre de salida y oprime **OK**. Se genera el archivo vector en formato shapefile.
2. Abra la imagen clasificada y editada con **RECODE** y sobre esta el archivo shape generado. Vaya a la pestaña **Format**, al grupo **Symbology** y seleccione **VIEWING PROPERTIES** active **ARCS** y **POINTS**. Observe la capa de vectores y su información.



3. Para observar los atributos y adicionar nuevo atributo, correspondiente a nombre de clase, abra la tabla. Desde la pestaña **table**, desplegar query y seleccione **Column properties**.



BIBLIOGRAFÍA BASICA

1. Manual ERDAS. Tour Guide y Field Guide.
2. E. Chuvieco Fundamentos de teledetección especial
3. Posada, Elena. Conceptos Básicos de Procesamiento Digital de Imágenes Satelitales. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. Notas de Clase. 2004.
4. Posada, Elena. Prácticas de PDI con ERDAS. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. Notas de Clase. 2006

Bibliografía adicional de las paginas WEB

<http://meteor.upc.es/launik/launik5.html>

<http://www.mundofree.com/igomenor/homesats.html>

De La Ville N., García J. Uso de sensores remotos, GIS y modelos espaciales como apoyo al plan de ordenación territorial

<http://gis.esri.com/library/userconf/latinproc99/ponencias/usos%20de%20sensores%20remotos%20sigis.html>

Aplicación de las tecnologías SIG para la realización de una clasificación de usos de suelo híbrida paramétrica-no paramétrica a partir de imágenes de satélite Landsat TM.

http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=39

Applications of satellite remote sensing to forested ecosystems. R. Iverson

<http://www.fs.fed.us/ne/delaware/4153/global/iverson10.pdf>

Mapping Rural Land Use & Land Cover Change In Carroll County, Arkansas Utilizing Multi-Temporal Landsat Thematic Mapper Satellite Imagery. R. Bottomley

http://www.cast.uark.edu/local/brandan_thesis/index.html

Interpretation of tropical vegetation using Landsat ETM+ Imagery. Rahman M. y otros.

<http://www.isprs.org/istanbul2004/yf/papers/951.pdf>

Soil and vegetation optical properties. Leblon B. <http://www.r-s-c-c.org/rsccl/Volume4/Leblon/leblon.htm>

Introduction to Digital Image Processing of Remotely Sensed Data. Jensen, Eastman, Faust.

<http://www.r-s-c-c.org/rsccl/v3.html>

Quantifying vegetation change in semiarid environments: precision and accuracy of spectral mixture analysis and the normalized difference vegetation index. Elmore A.

<http://andrew.elmore.cc/pubs/Elmore et al 2000 RSE.pdf>

Land Cover Analysis applications: <http://www.csc.noaa.gov/crs/lca/apps.html>

TUTORIALES

The Remote Sensing Core Curriculum: <http://www.r-s-c-c.org/>

Remote Sensing Tutorial (by Nick Short) <http://rst.gsfc.nasa.gov/start.html>

ASPRS RemoteSensing Core Curriculum: <http://research.umbc.edu/~tbenja1/umbc7/>

Tutorial de teledetección del Canadá Centre for Remote Sensing
http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/fundam_e.html

NCGIA Core Curriculum : National Center for Geographic Information Analysis (NCGIA)

Application of Remote Sensing <http://www.r-s-c-c.org/rscc/v4.html>

SOFTWARE PDI

DRAGON, Six University Drive Suite 213, Amherst, MA 01002, USA.

ENVI, Research Systems Inc., 4990 Pearl East Circle, Boulder, CO 80301, USA.
Representante español:

Estudio Atlas, Constitución 70, 28100 Alcobendas - Madrid.

ERDAS, 430 Tenth Street, N.W., Suite N206, Atlanta, GA 30318. Representante español: **Infocarto**, Gobelás, 25 -3º, 28023 Madrid.

ER-Mapper, 87 Colin Street, West Perth, Western Australia 6005. Representantes españoles: (a)

Tragsatec, Avda. Ciudad de Barcelona, 118/124, 28007 Madrid, (b)

Ibersat, Araquil, 11 -28023 Madrid.

ESRI, 380 New York St. Redlands CA92373, USA Representante español: ESRI España, Princesa, 3 - 7ª Planta, 28008 Madrid.

IDRISI, Clark University, Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis, 950 Main Street, Worcester MA 01610-1477, USA.

GRASS

ILWIS, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), P.O. Box 6, NL-7500 AA, Enschede, Holanda

Intergraph, One Madison Industrial Park, Mail Stop IW17 B6, Huntsville, Alabama 35894, USA. Laser Scan, Cambridge Science Park, Milton Road, Cambridge CB 4FY, Reino Unido.

MultiSpec, Universidad de Purdue (dominio público)

[PCI](#), 50 West Wilmot Street, Richmond Hill, Ontario L4B 1M5, Canada. Representante español: Dharma Ingeniería, Monte Esquinza 24 - 3º dcha., 28010 Madrid. Terra-Mar, 1937 Landings Drive, Mountain View, CA 94043, USA. TNT, Micro-Images Inc., 201 North 8th Street, Lincoln, NE 68508-1347, USA.