

1. ¿Qué es teledetección?

La teledetección es el proceso por el cual se adquiere información sobre un objeto sin estar en contacto directo con él, a través de un flujo energético entre el sensor (por ejemplo: los ojos humanos, satélite, etc.) y la superficie.

Ese flujo energético es la radiación electromagnética que representa una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes que se propagan a través del espacio, transportando energía de un lugar a otro. A diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la radiación electromagnética se puede propagar en el vacío (Wikipedia, 2008).

La principal fuente de emisión de energía es el Sol, el cual emite su flujo energético que es reflejado por los distintos cuerpos que

se localizan en la superficie terrestre, este proceso se conoce como Teledetección Pasiva. También existen sensores que emiten su propio haz energético y el reflejo es captado por el sensor, este otro proceso se denomina como Teledetección Activa.

Ambos tipos de sensores intervienen en distintas regiones del espectro electromagnético que se refiere al conjunto de longitudes de onda que puede adoptar, (Fig. 1)

En Teledetección, las bandas del espectro electromagnético de mayor importancia las constituyen el visible, el infrarrojo cercano, medio y lejano, así como la zona de microondas.

Se denomina espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir por sí mismo y se extiende de 0.4 a 0.7 micrómetros (μm).

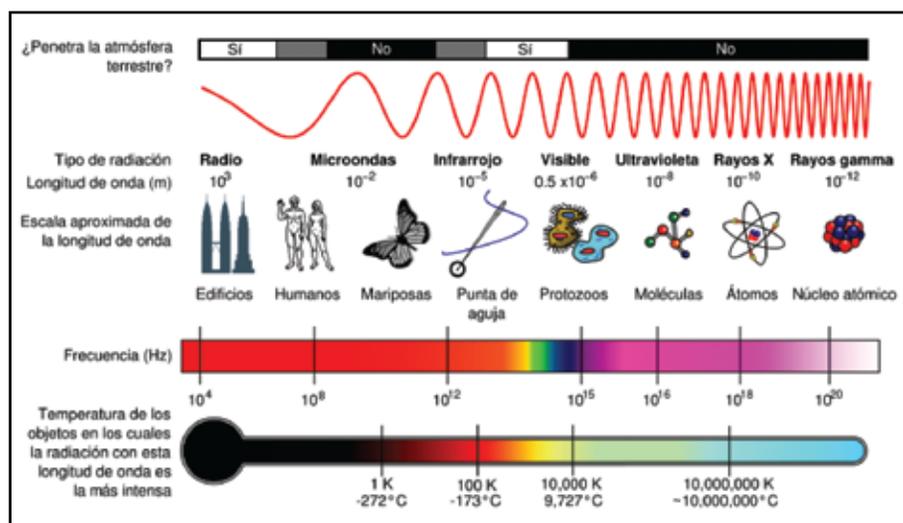


Ilustración 1: Espectro Electromagnético
Fuente: (ATD, 2007)

5. Bibliografía

- ATD. (2007). Recuperado el 2009 de Febrero de 2008, de <http://red.lapiluka.org/photos/441>
- Chuvienco, E., Salas, J., & Martín, P. (2008). *Prácticas de Tratamiento Digital de Imágenes*. España: Universidad de Alcalá.
- CIOMTA. (2003). Centro de Información, Observación y Monitoreo Territorial Ambiental. Recuperado el 25 de Enero de 2009, de <http://www.ciomta.com.ar/>
- Department of Geography - Hong Kong Baptist Univ. (2006). Regions of Interest: ROI's. Recuperado el 25 de Enero de 2009, de http://geog.hkbu.edu.hk/virtuallabs/rs/env_roi.htm
- Facultad de Ingeniería - Universidad de Montevideo. (s.f). *Fundamentos de la Observación de Fotos Aéreas*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2008 http://www.fing.edu.uy/ia/deptgeom/libro/capitulo4/capitulo4.html#Volver_al_inicio
- INNOVA CAD VISION. (2001). Recuperado el 23 de Marzo de 2009, de <http://www.innovanet.com.ar/gis/TELEDETE/TELEDETE/maneenvi.htm>
- Leica-Geosystems. (s.f). *Clasificación. ERDAS Field Guide*.
- Rial, P., & González, I. (s.f). *Teledetección*. Obtenido de <http://www.inta.gov.ar/santacruz/info/documentos/teledet/GuiaSC/CD%20de%20cartograf%EDA%20de%20Santa%20Cruz/02teledeteccion.htm>
- TELEDET. (s.f). *ANÁLISIS POR COMPONENTES PRINCIPALES*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2009, de <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/análisis-componentes-principales.htm>
- Universidad de Murcia. (15 de Diciembre de 2003). *Clasificación*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2008, de <http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema09.pdf>
- Wikipedia. (14 de Diciembre de 2008.). *Índice diferencial de vegetación normalizado*. Recuperado el 8 de Enero de 2009, de http://es.wikipedia.org/wiki/Índice_diferencial_de_vegetación_normalizado
- Wikipedia. (17 de Febrero de 2008). *Radiación electromagnética*. Recuperado el 2009 de Febrero de 18, de http://es.wikipedia.org/wiki/Radiación_electromagnética TELEDET, s.f)

4. Conclusiones

- El trabajo con fotografías aéreas e imágenes en general constituyen un apoyo indispensable en las tareas relacionadas con temáticas asociadas a levantamientos de información sobre recursos naturales.
- Este documento se constituye en la base fundamental sobre el cual se diseñan y construyen los mapas, que son documentos de consulta obligatoria en múltiples ámbitos institucionales y privados. Si bien la foto aérea posee inigualables ventajas tanto en costo como en aplicaciones específicas, también tiene algunas desventajas, las cuales hasta cierto punto establecen ciertas limitaciones cuando de trabajos especializados se trata. Por ejemplo, si bien la interpretación de fotos aéreas aporta gran cantidad de información, estos reconocimientos llevan en sí mismos inconvenientes geométricos y deformaciones imposibles de corregir si no se acude a procesos fotogramétricos.
- A través del uso de fotografías aéreas, se obtiene información biofísica del territorio, como suelos, mapas de uso de la tierra, de concentración social de poblados, morfología urbana, entre otros.
- Este manual es una breve reseña de algunos aspectos de tratamiento digital que se pueden realizar con el software ENVI en labores cotidianas en el uso de imágenes del territorio.

El infrarrojo se usa para discriminar masas vegetales, concentraciones de humedad, estado vegetativo, observaciones nocturnas por medio de la temperatura de los objetos, para diferenciar bloques de hielo y nieve y otros procesos.

Los sensores que trabajan en la zona de microondas son activos y se caracterizan por emitir su propio has de energía que luego será reflejada. La importancia de esta región del espectro electromagnético es que no hay interferencia atmosférica y la cubierta de nubes es casi transparente.

Tabla 1: Regiones del espectro para Teledetección

Región del espectro	Características
Visible	(0,4 a 0,7um). Se denomina así por tratarse de la única radiación electromagnética que pueden percibir nuestros ojos, coincidiendo con las longitudes de onda donde es máxima la radiación solar. Se distinguen tres bandas que corresponden a los tres colores primarios asociados a estas longitudes de onda: azul (0,4 - 0,5 um); verde (0,5 - 0,6 um), y rojo (0,6 - 0,7 um).
Infrarrojo próximo	Se extiende desde 0,7 hasta 1,3 um A veces se lo denomina también infrarrojo reflejado o fotográfico. Sólo puede detectarse con filmes dotados de emulsiones especiales. En teledetección resulta de gran importancia por su capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad, permitiendo conocer el estado de la vegetación.
Infrarrojo medio	En él se evidencia en dos ventanas: una entre 1,5 y 1,8 um y la otra entre 2 y 2,5 um. En estas longitudes se entremezclan los procesos de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre. Se usa para diferenciar entre hielo y nieve, para detectar focos de alta temperatura y estudiar el contenido de humedad de los suelos.
Infrarrojo lejano	Está entre 10 y 12,5 um. Se observa aquí la energía que emiten los objetos y no la que reflejan de la luz solar, se usa en observaciones nocturnas.
Microondas	Son longitudes mayores a 1 mm. Son energías no afectadas por masas nubosas, de ahí su importancia en áreas con nubosidad permanente, ya que la cubierta de nubes es prácticamente transparente. Son independientes de la luz solar.

Fuente: (Rial & González, s.f)

2. Obtener Índice de Vegetación

El diagnostico biofísico a partir del levantamiento de cobertura o uso de la tierra es un elemento básico en la planificación y gestión estratégica del territorio. Por lo tanto, el uso de fotografías aéreas e imágenes de satélite constituyen una herramienta de gran valor en la determinación de la distribución espacial y temporal de los usos de la tierra, elaborándose complejos estudios de

caracterización de usos, de su morfología y de aumento o disminución con respecto al estudio en el tiempo.

En este ámbito, los valores de índices de vegetación muestran el comportamiento de la vegetación con base a su respuesta espectral en referencia a la radiación roja e infrarroja del espectro electromagnético.

El índice de vegetación comúnmente conocido como NDVI (siglas en inglés) es un indicador que se usa para calcular o estimar la calidad y vigor de la vegetación.

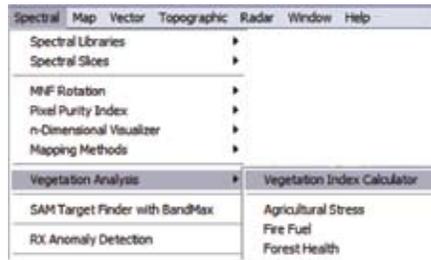
El índice diferencial de vegetación normalizado, NDVI, se calcula a partir de estas medidas individuales de la siguiente manera:

$$NDVI = \frac{(IRCercano - ROJO)}{(IRCercano + ROJO)}$$

En donde las variables ROJO e IRCercano están definidas por las medidas de reflexión espectral adquiridas en las regiones del rojo e infrarrojo cercano, respectivamente. Estas reflexiones espectrales son en sí cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral individual; por tanto, éstos toman valores entre un rango de 0,0 a 1,0. El índice diferencial de vegetación normalizado, NDVI, varía como consecuencia entre -1,0 y +1,0. (Wikipedia, 2008).

2.1. Proceso de obtención de NDVI

Dentro del menú principal, ingrese a "Spectral", luego vaya a "Vegetation Analysis" y seleccione "Vegetation Index Calculator", busque la imagen que desea calcular el índice y ejecute el proceso:



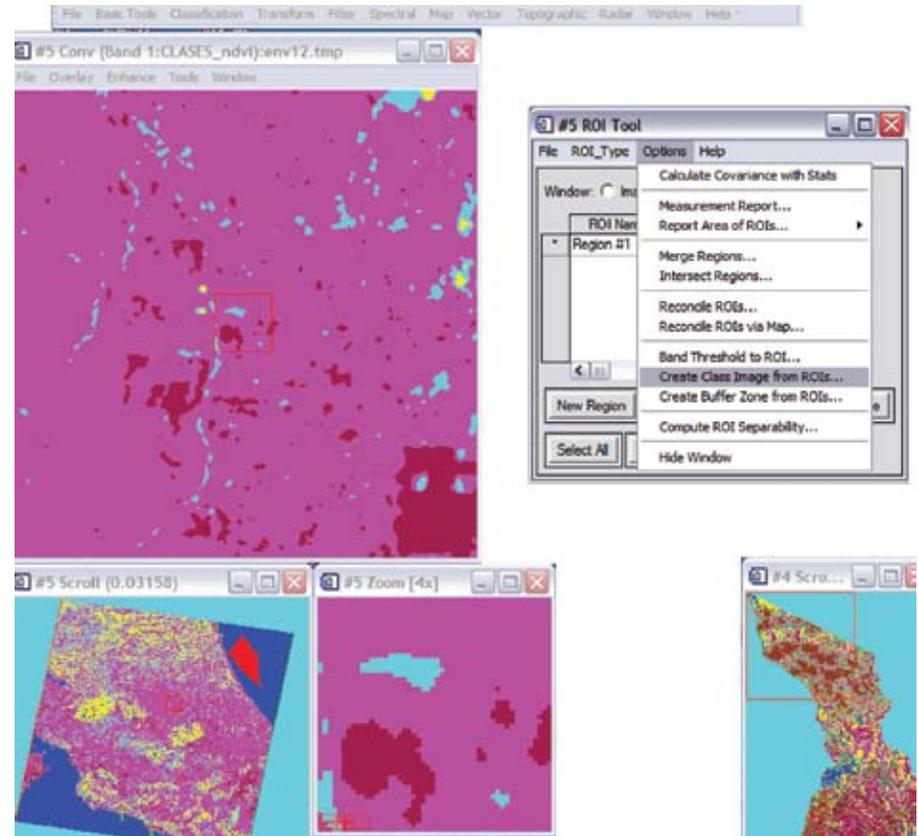
En este caso, los valores que se acercan más a 1 implican mayor presencia o vigor del proceso fotosintético:



2.2. Análisis de componentes principales

El fin del Análisis de Componentes Principales es resumir la cantidad de variables en unas pocas que contenga la mayor cantidad de información, ya que un problema fundamental en las imágenes es la correlación entre ellas, por lo que se produce mucha información redundante que puede ser aplicada antes del

Por último, se tiene el resultado producto de la aplicación del filtro:



3.4 Proceso de Generalización – Filtros

Entre las transformaciones espaciales se encuentra el filtrado de imágenes que consiste en aplicar un operador de vecindad a cada píxel de la imagen, modificándolo en función del valor de sus píxeles vecinos y del suyo propio. Su objetivo es el de eliminar o destacar algún componente o característica de la imagen. Esta técnica se utiliza para realzar distintas características espaciales. (Chuvieco, Salas, & Martín, 2008).

Algunos filtros espaciales son:

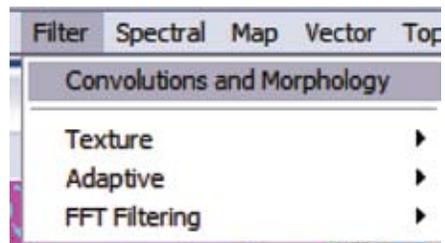
1. Paso bajo (low pass filtering)
2. Paso alto (high pass filtering)
3. Mediana y otros

El filtro de paso bajo busca aislar los componentes de baja homogeneidad en la imagen y suavizar los relieves, además resalta áreas de la imagen donde la frecuencia de cambio es baja.

El filtro de paso alto, al contrario del anterior, enfatiza en los componentes de gran frecuencia, donde la variabilidad espacial es alta, por lo tanto, identifica zonas de contraste espacial intenso.

3.5 Utilización de filtros

Desde el menú principal, se accesa al menú de “Convolutions and Morphology Tool” en “Filter”:

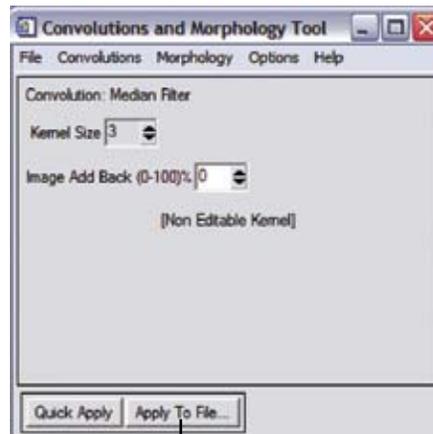


Dentro de las opciones, una de la más común es la mediana:



Es la suma de los productos del valor de cada píxel por su correspondiente coeficiente del filtro.

En la siguiente pantalla debe seleccionar el tamaño de la cantidad de celdas que quiere generalizar:



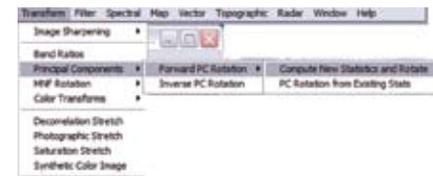
Se escoge la imagen y OK

análisis visual o de procesos más complejos como una clasificación espectral.

Una ventaja es que permite observar la variabilidad de la imagen y facilita la interpretación, reduce la cantidad de N bandas a un grupo de ellas donde se concentra la información y también permite el análisis temporal de imágenes donde se analiza los últimos componentes, ya que los primeros recogen los datos comunes.

2.3 Proceso de obtención de Componentes Principales

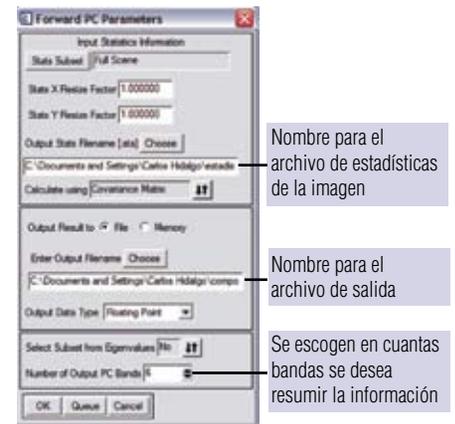
Del menú “Transform”, se ingresa a “Principal Components” y en “Forward Pc Rotation” se indica que genere las estadísticas:



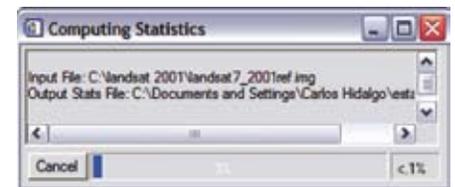
Se selecciona la imagen:



Posteriormente, se debe dar un nombre de salida a las estadísticas, así como a la imagen resultante como se muestra en la figura siguiente:



Dar OK y comienza el proceso:



2.4 Uso de ROI'S

Los ROI son áreas de interés que el usuario define para procesos de extracción de estadísticas de la imagen o para operaciones como clasificación y crear máscaras que pueden ser usadas para recortar zonas dentro de una imagen.

Por ejemplo, en una clasificación supervisada, donde el investigador selecciona las áreas relevantes para ejecutar una selección de usos de la tierra tomando como referencia su reflectancia espectral, puede crear un ROI o varios para cada categoría de uso de la tierra, sea bosque, pasto, café etc., tomando en consideración el aspecto topográfico y la propia distribución espacial con el fin de agrupar aquellos grupos de usos que tienen semejanzas entre ellos desde el punto de vista espectral, aunque es conocido que hay varios factores

que influyen en la reflectancia final detectada, tales como la topografía, la asociación con otras coberturas, el ángulo solar, etc.

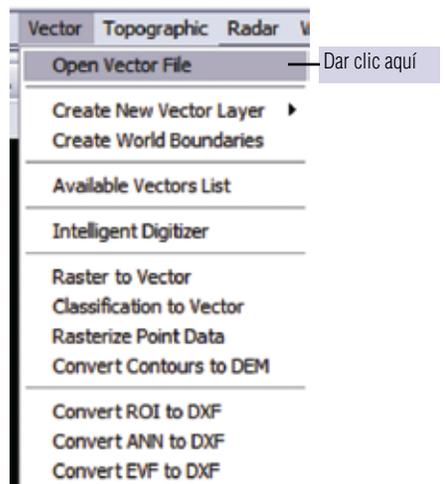
Si se tiene además archivos de otros programas como el formato shape (ARCVIEW, ARCGIS), estos pueden ser importados a ENVI como un ROI y utilizar esa zona de interés (p.ej. una cuenca) para abstraer de la imagen solo las zonas que se circunscriben al ámbito geográfico definido por la definición territorial del ROI.

2.5 Convertir un shape (.shp) a ROI

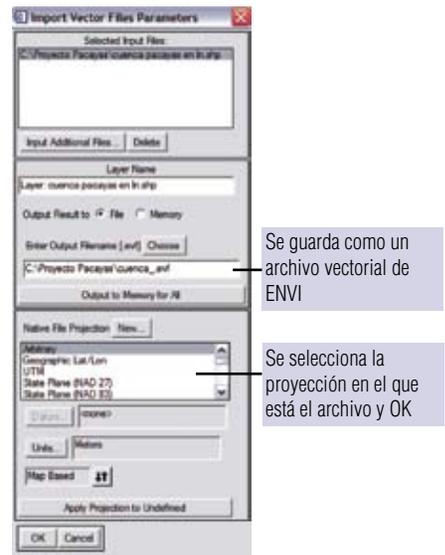
El archivo shape es un archivo vectorial, o sea que está representado por uno o más puntos ordenados a los que se les asocia una coordenada de referencia, sea en dos dimensiones (X, Y) o de forma tridimensional (X, Y, Z).

En el ejemplo que se muestra a continuación, se importa un archivo vectorial en la identidad espacial de polígono a una región de interés (ROI).

Para ejecutar el proceso se debe ingresar al menú "Vector" para abrir el archivo shapefile:



Posteriormente, se abre la siguiente pantalla donde se escoge el archivo vectorial. Para este caso, se agregó un tema que corresponde a la Microcuenca Plantón – Pacayas en la provincia de Cartago, Costa Rica:

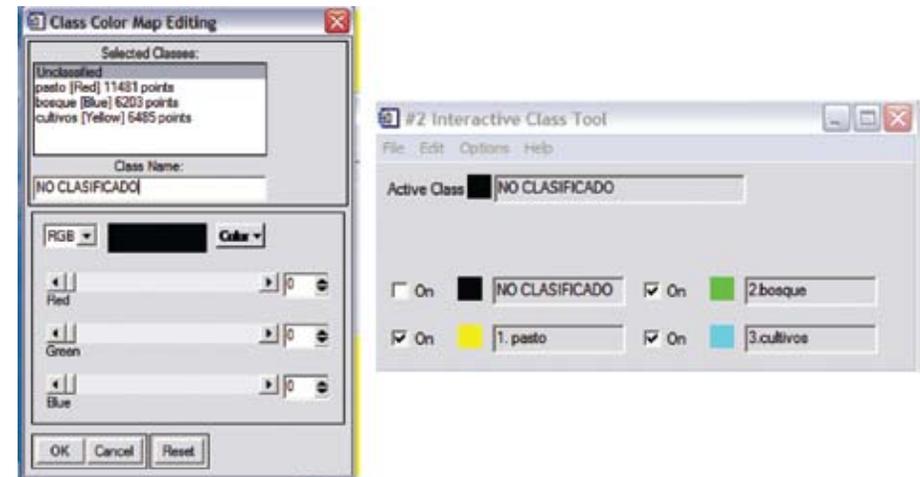
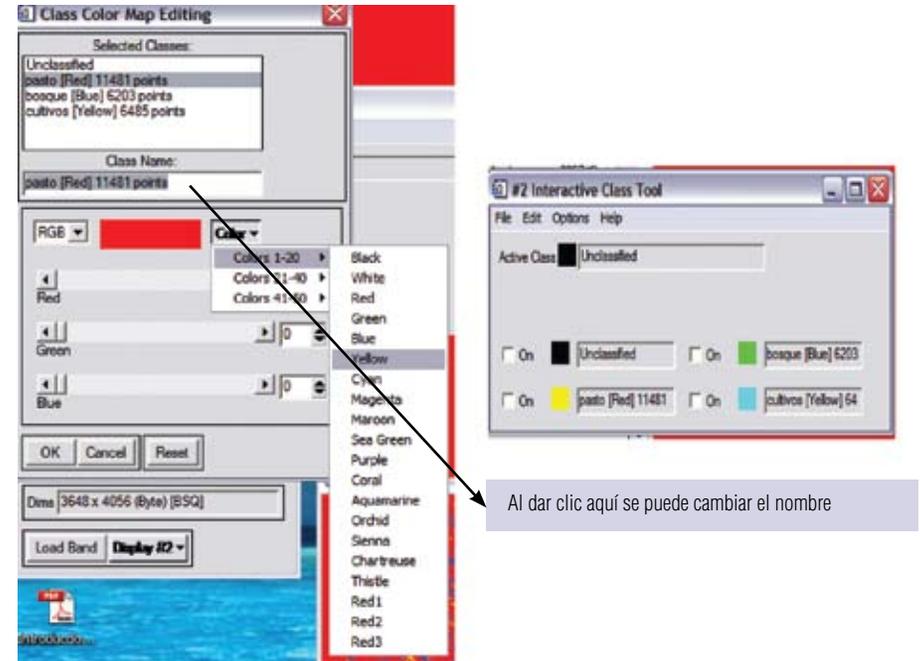


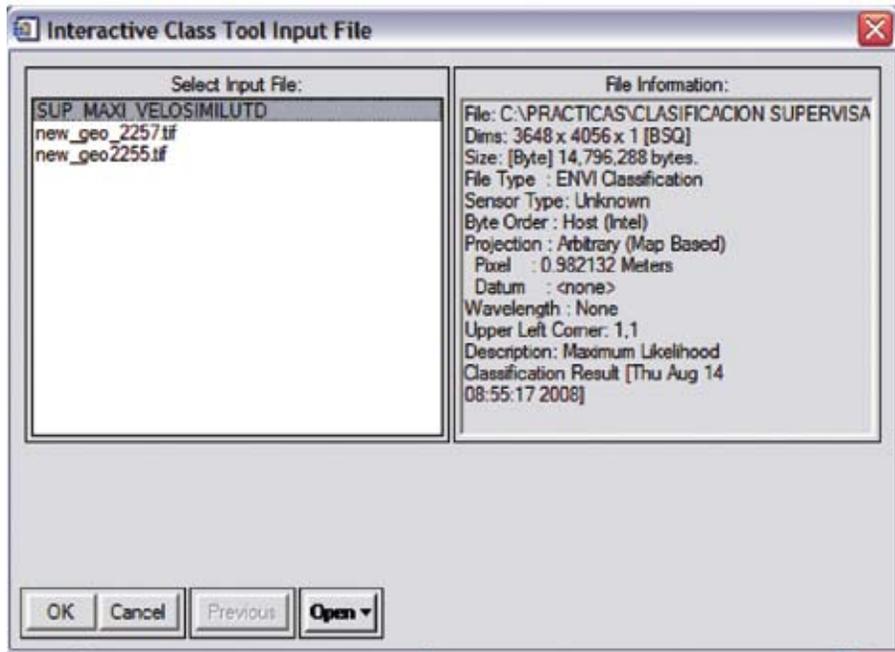
Además, el archivo puede ser abierto para observar si el proceso se ejecutó de manera idónea.

El vector se puede abrir en una nueva ventana:

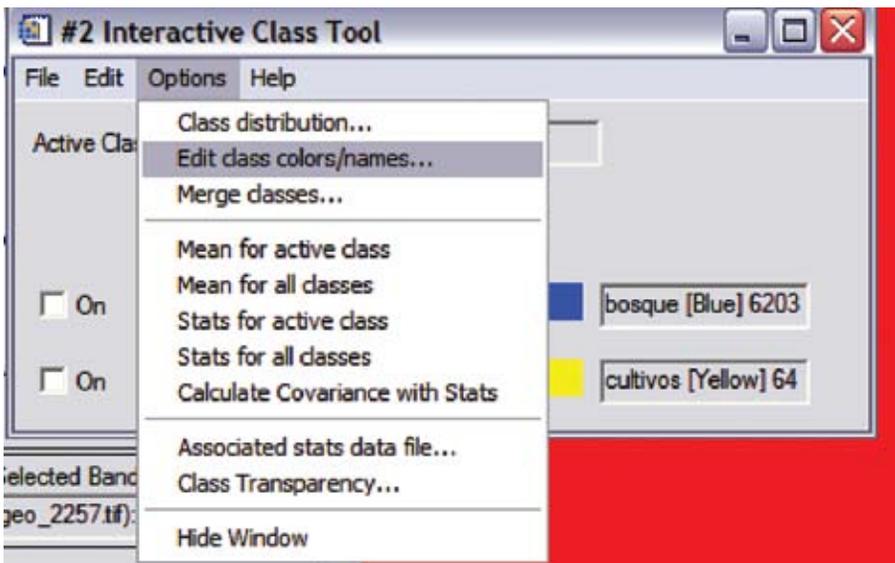


Siendo posible modificar tanto el nombre como el color de cada muestra:

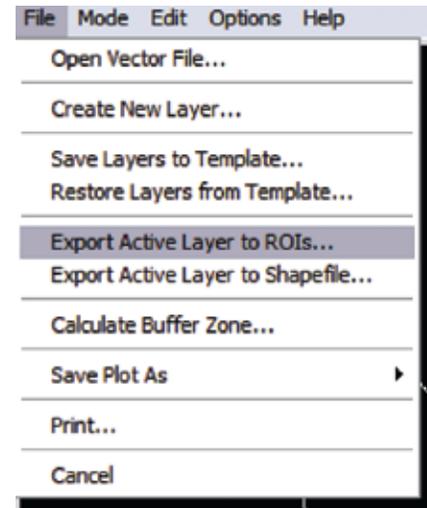




Como se observa, se ingresa a opciones y allí se selecciona la opción que permite editar y modificar:



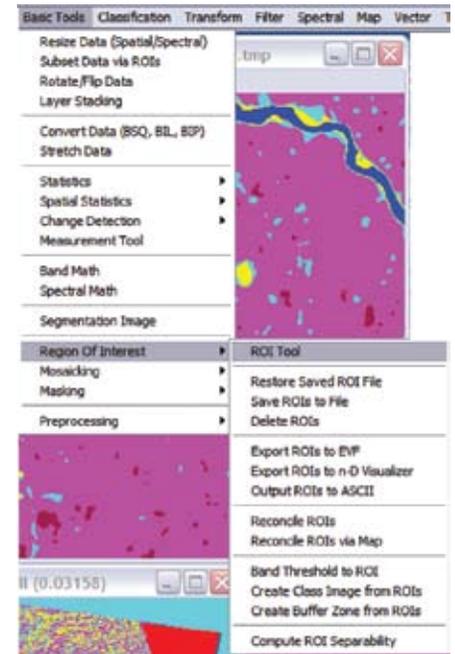
Para exportarlo a una región de interés o ROI, hay que escoger del menú "File Export Active Layer to ROIs":



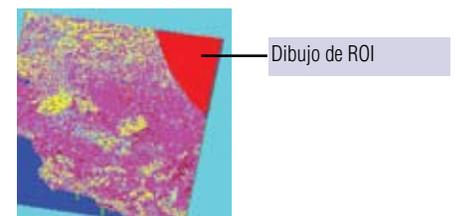
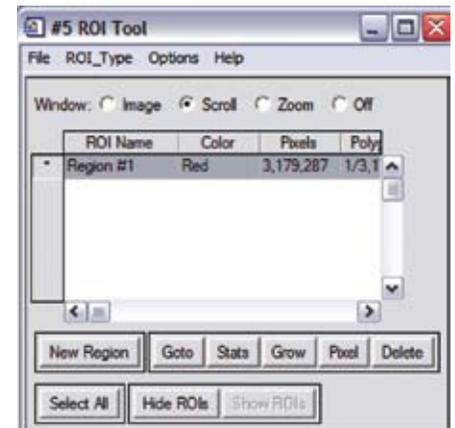
Se da un nombre de salida y se tendrá el archivo shape convertido a ROI que podrá ser usado posteriormente en otros procesos de extracción de información.

2.6 Abstractar características de la imagen a partir de un ROI

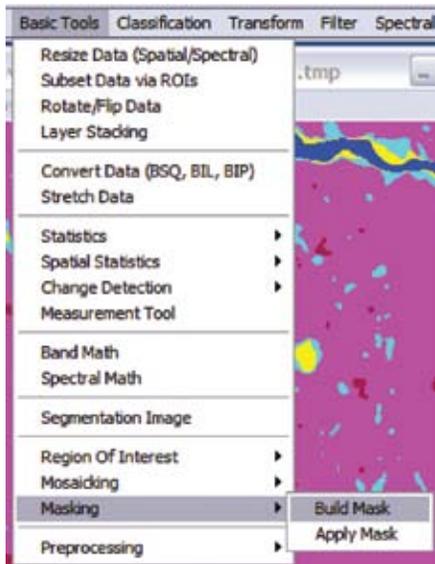
Como se mencionó anteriormente, a partir de una región de interés se puede abstraer información espacial definida en los límites del perímetro que contiene el ROI o fuera de él. Primero, se realiza el ROI en la zona de interés y desde el menú "Basic Tools" se ingresa a "Regions of Interest", luego a "ROI Tool":



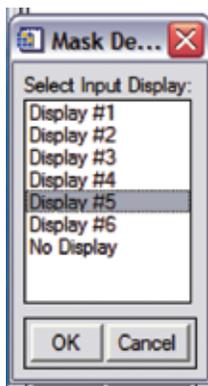
Luego, se dibuja el área de interés en la imagen:



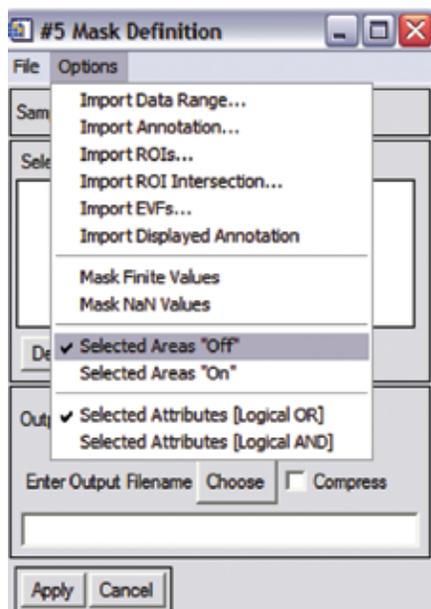
Después, se construye la máscara (área de recorte) usando "Build Mask":



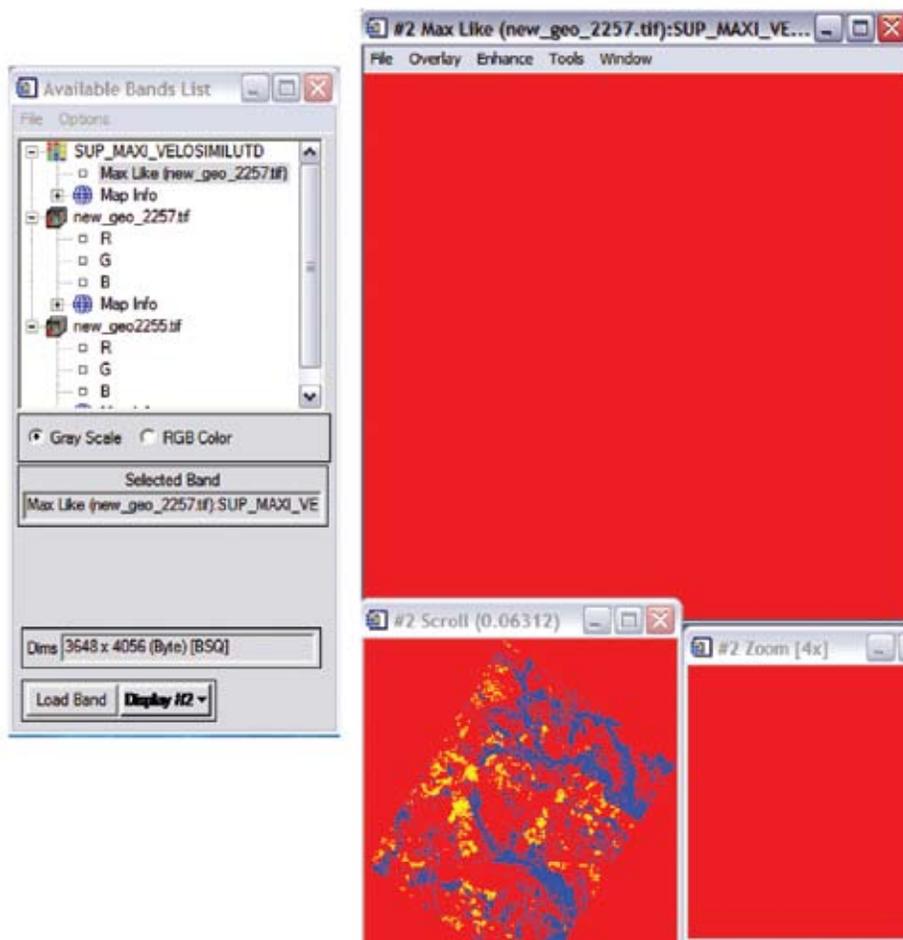
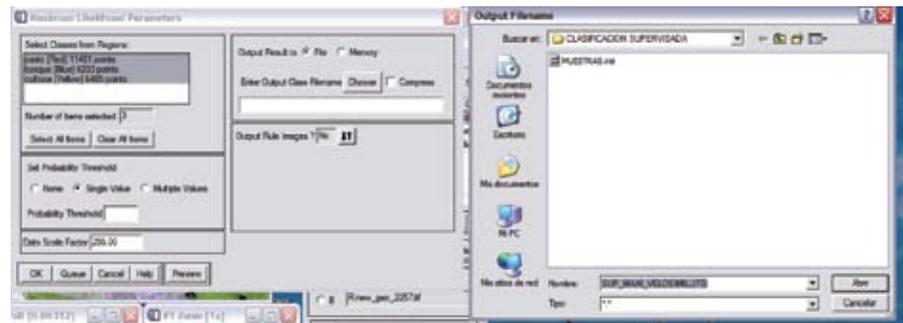
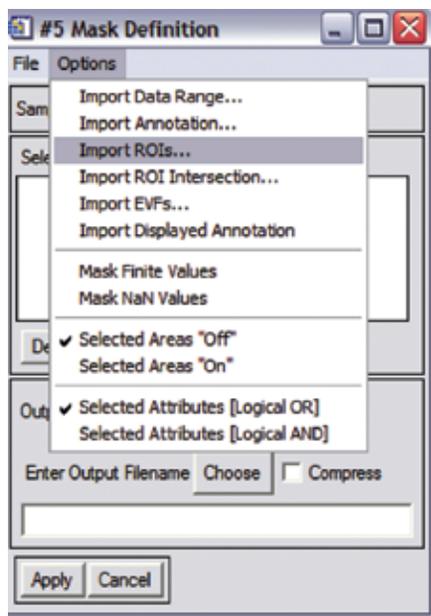
Después de ingresar a ese menú, se selecciona la imagen que se desea cortar:



En las opciones si se escoge "OFF", elimina el área del ROI y deja la zona restante; lo contrario sucede si selecciona "ON":



Posteriormente, se importa el ROI:



Por otra parte, las clases se pueden renombrar para que coincidan con la categoría de uso que le corresponde. Esto se realiza con la función "Interactive Class Tool":

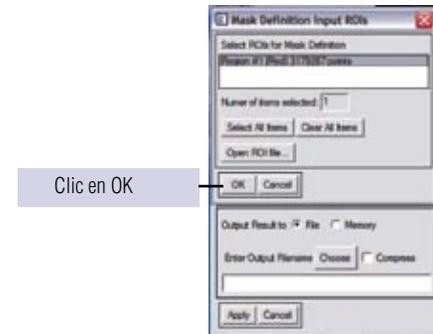
Paralelepípedo	En la regla de decisión del paralelepípedo, los niveles digitales del píxel candidato se comparan con los límites superior e inferior. Hay límites altos y bajos para cada firma en cada banda. Cuando el nivel digital de un píxel está entre los límites de cada banda en una firma, entonces el píxel es asignado a la clase de esa firma.
Mínima Distancia	La regla de decisión de la mínima distancia (también llamada distancia espectral) calcula la distancia espectral entre el vector de medidas del píxel candidato y el vector media de cada firma. Cuando se calcula la distancia espectral para todos los posibles valores de C (todas las posibles clases), la clase del píxel candidato se asigna a la clase para la que la SD^2 es menor.
Distancia Mahalanobis	La distancia Mahalanobis es similar a la mínima distancia, excepto que la ecuación que se usa es la matriz de covarianza. La varianza y covarianza se calculan para que los conglomerados que varían bastante conduzcan a clases que varían de manera similar y viceversa. Por ejemplo, cuando se clasifican áreas urbanas -clase típica cuyos píxeles varían bastante- los píxeles correctamente clasificados pueden estar más lejos de la media que aquellos de una clase para agua, que usualmente no es una clase que varíe mucho
Máxima Probabilidad	La regla de decisión de la máxima probabilidad está basada en la probabilidad que un píxel pertenezca a una clase particular. La ecuación básica asume que estas probabilidades son iguales para todas las clases y que las bandas de entrada tienen distribuciones normales.

Fuente: (Leica-Geosystems, s.f)

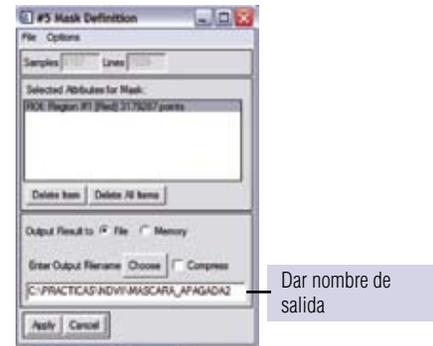
Luego de seleccionar el método apropiado, se escogen las “regiones de interés” y se ubica la carpeta del archivo de salida:

Distancia espectral del píxel x,y a la media de la clase “C”

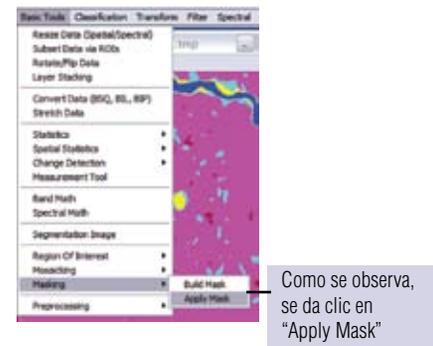
En el menú siguiente se da OK



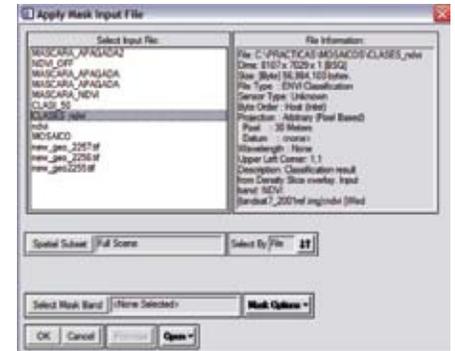
Y luego se da un nombre de salida:



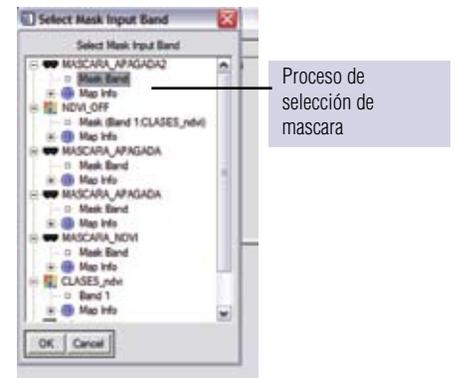
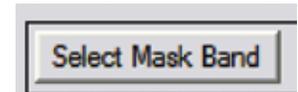
Una vez hecho estos pasos, solo debe aplicar la máscara:



Posteriormente, se selecciona la imagen que se desea cortar:



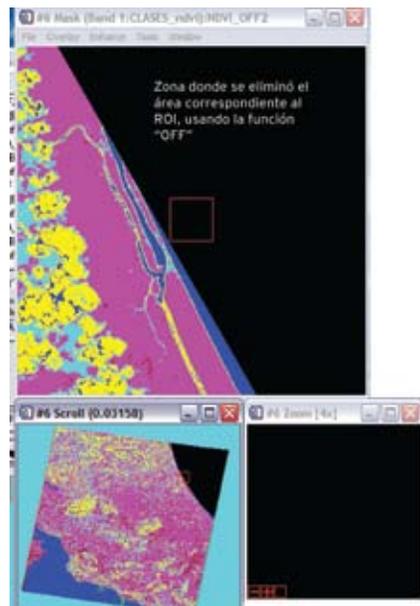
También se escoge la máscara con la opción “Select Mask Band”:



Y se da un nombre de salida:



Este es el resultado final:



3. Mosaicos de Fotografías Aéreas

En cada toma de fotografías aéreas una porción de la superficie terrestre es capturada, correspondiendo a la realidad del territorio en un momento dado bajo determinadas circunstancias.

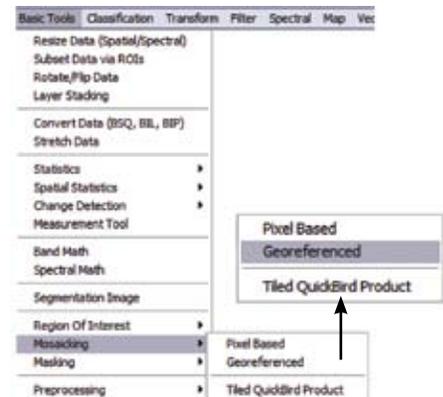
Las imágenes fotográficas proporcionan un registro permanente de la situación al momento de la toma fotográfica, siendo representaciones objetivas de los terrenos ubicados en la cámara (Facultad de Ingeniería - Universidad de Montevideo, s.f).

En esa representación del espacio, por lo general, las fotos aéreas solo cubren una parte de la superficie terrestre dependiendo de la escala de captura o de barrido. Un territorio determinado puede necesitar varias fotografías aéreas, de allí la necesidad de realizar fotomosaicos de zonas de interés para manejar más fácilmente la interpretación y análisis de las mismas.

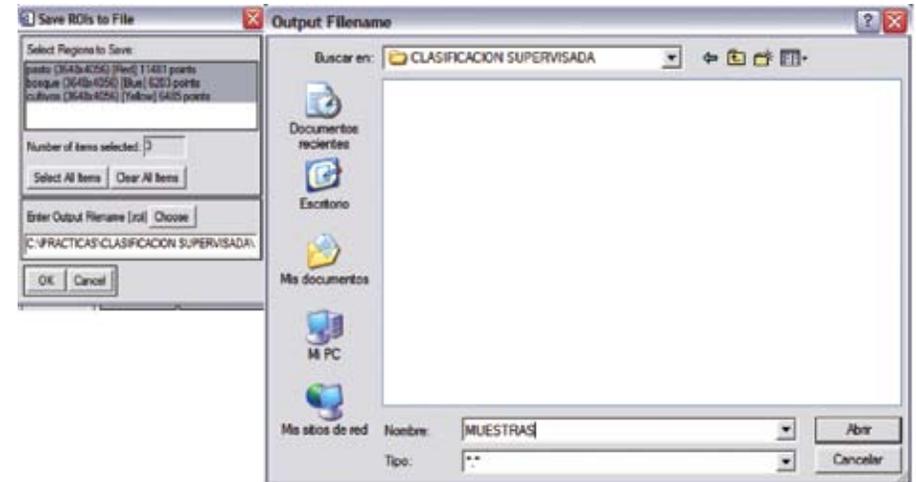
Las condiciones de permanencia y fidelidad inherentes a una imagen fotográfica permiten al intérprete llevar a cabo un estudio muy cuidadoso y cercano del área.

3.1 Ejecución de un mosaico de fotos aéreas

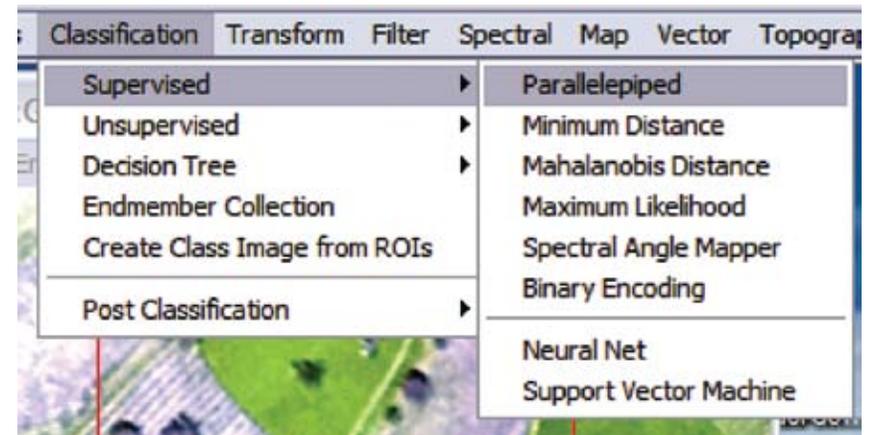
Para hacer un mosaico, se ingresa al menú "Basic Tools", se da clic en "Georeferenced":



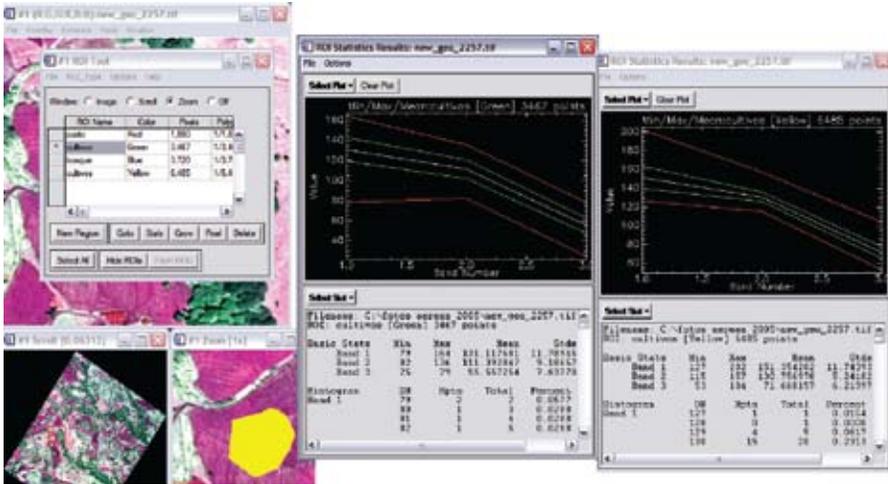
Una vez digitalizadas las muestras o recuperadas cuando se ha ejecutado el proceso, las mismas se deben salvar en un archivo para usarlo en una etapa posterior:



Para desarrollar la función de clasificación supervisada, se ingresa en el menú "Classification" y se selecciona alguno de los métodos como "Paralelepípedo, Mínima Distancia, Máxima Probabilidad, etc.



Una vez definidas las regiones de interés, es de suma importancia verificar la separabilidad entre ellas con el fin de que las reflectancias de los usos de las tierras no tiendan a confusión, ya que las respuestas espectrales pueden mostrar una compleja interrelación entre la cobertura y la influencia de la vegetación circundante que varía además con respecto a la ubicación espacial de cada uno de ellos. De allí que el reconocimiento de la respuesta espectral "in situ" sea útil para diagnosticar y evaluar las respuestas espectrales que se dan. En el ejemplo siguiente se muestra un caso de separabilidad entre varios usos de la tierra:



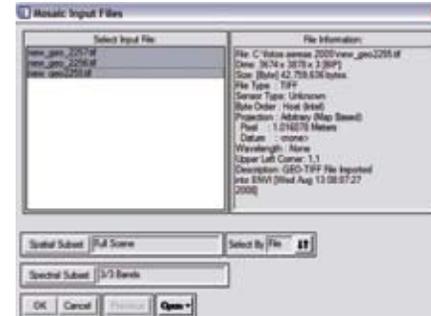
Si las muestras han sido guardadas, las mismas se pueden recuperar en cualquier momento:



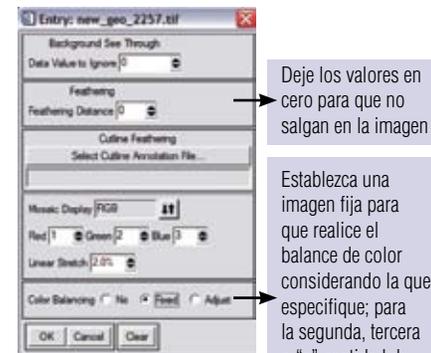
Posteriormente, se importan los archivos que necesita para editar sus características:



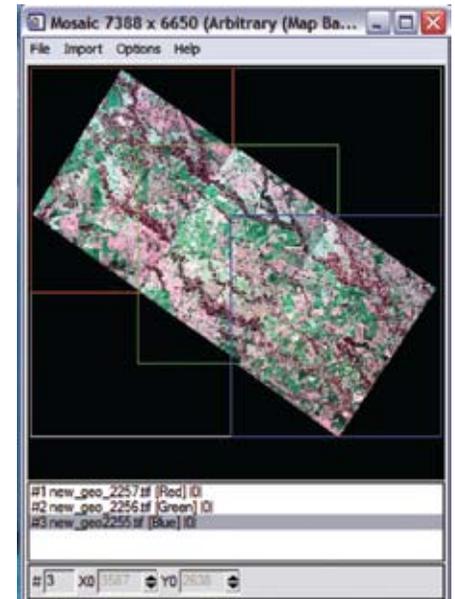
En el siguiente menú, se seleccionan las imágenes:



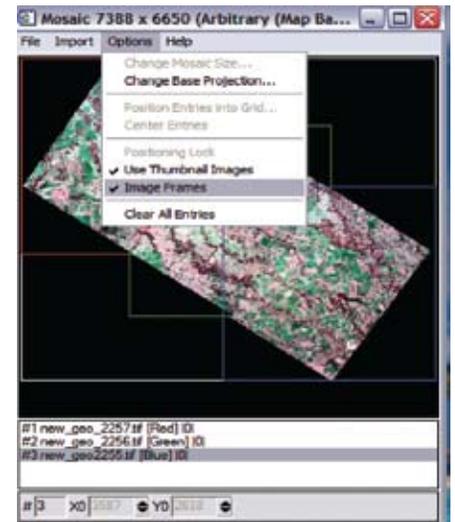
Para el siguiente menú, es importante dejar determinada una foto aérea que sirva de estándar para generar el balance de color:



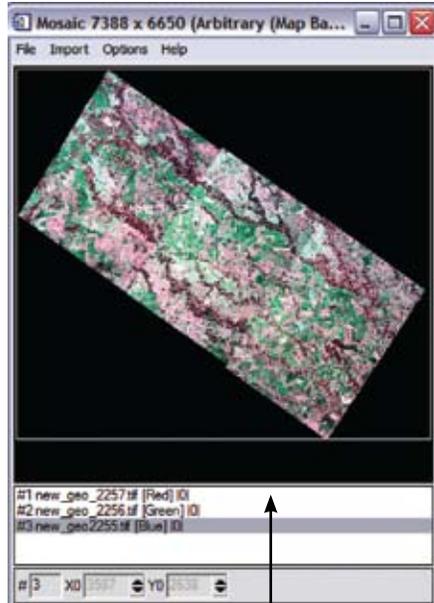
Después aparece la ventana donde se puede observar la secuencia de las imágenes o fotos aéreas:



Como se observa, aparecen unas líneas que indican la extensión de cada foto, si se desea las líneas que representan cada imagen se pueden eliminar usando en opciones "Image Frames":

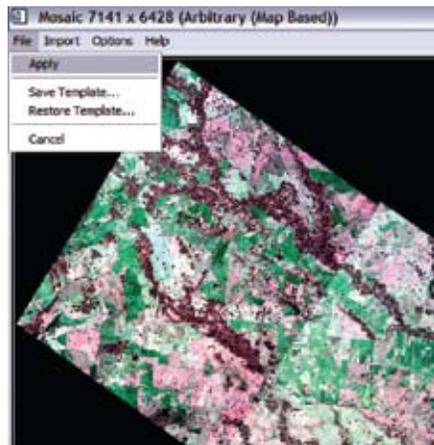


En esta imagen ya no aparecen las líneas que indican el perímetro de cada fotografía aérea:

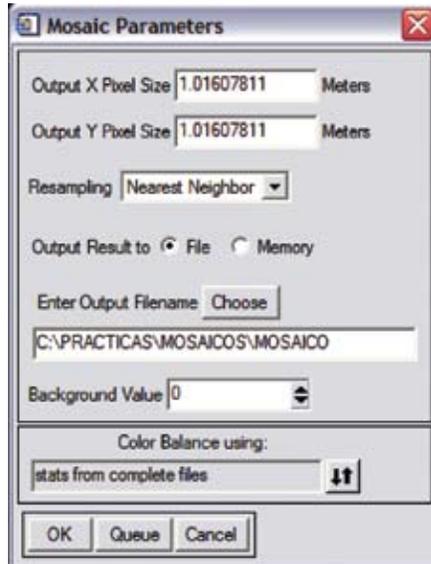


Se eliminan las líneas

De clic en Aplicar:



Establezca los parámetros de salida, tanto de pixel, el método de remuestreo y el nombre de salida:



3.2 Clasificación supervisada

Se parte de un conjunto de clases conocido a priori. Estas clases deben caracterizarse en función del conjunto de variables mediante la medición de las mismas en individuos cuya pertenencia a una de las clases no presente dudas (áreas de entrenamiento) (Universidad de Murcia, 2003).

Para ejecutar una clasificación supervisada el investigador o usuario debe poseer conocimiento previo de la zona de interés o por medio de trabajo de campo que le permita delimitar zonas representativas de los usos o coberturas que quiere abstraer, comúnmente llamado "sitios de entrenamiento".

A partir de esos sitios de entrenamiento (que también son ROIs) en la imagen se está obteniendo los niveles digitales que le corresponde a cada clase.

Para ejecutar una clasificación supervisada, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Selección de áreas de entrenamiento
- Cálculo de parámetros estadísticos
- Análisis de las muestras
- Clasificación

Tabla 2: Pasos en la clasificación supervisada

Selección de áreas de entrenamiento	Se identifica y delimita el o las áreas (polígonos) que se consideran representativas de las distintas clases o tipo de respuesta espectral de interés.
Cálculo de parámetros estadísticos	Se calculan los parámetros que caracterizan la distribución de los datos espectrales de las "áreas muestras" escogidas: la media y el desvío.
Análisis de las muestras	Se analizan los datos de las muestras evaluándose la precisión del "clasificador" generado mediante una clasificación de las "áreas muestras" con los valores en ella calculados. Se obtiene una matriz que proporciona una medida a priori de los aciertos y errores que resultarán del proceso.
Clasificación	Se clasifica o categoriza el área de interés utilizando la combinación de muestras que resultó más favorable según los objetivos buscados.

Fuente: (CIOMTA, 2003).

3.3. Proceso de Clasificación Supervisada

Para ejecutar una clasificación supervisada, el primer paso es tener definidas las muestras de los usos de la tierra o regiones de interés:

