

## ANEXO 5

### CLASIFICACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

#### 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la clasificación de imágenes satelitales es producir mapas consistentes de cobertura y uso de la tierra sobre la base de la leyenda temática propuesta para cada año de referencia. La clasificación se realiza de forma independiente para cada imagen satelital empleando un método supervisado, el cual requiere del conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por la realización de un trabajo de campo, es decir, que el intérprete debe tener una gran familiaridad con el área de interés, para poder interpretar y delimitar sobre la imagen, áreas suficientemente representativas, denominadas áreas o regiones de interés (ROI por sus siglas en inglés), de cada una de las categorías representadas y que forman parte de la leyenda (Chuvieco Salinero, 2010).

El principal objetivo de la fase de entrenamiento, es reunir un grupo de estadísticas que describan el patrón de respuesta espectral para cada clase de cobertura de la tierra presentes dentro de la imagen. Para lograr resultados de clasificación aceptables, es importante que las regiones de interés (ROI) sean representativas y completas.

En base a los ROI se genera la clasificación de toda la imagen mediante el algoritmo de agrupación de máxima probabilidad (Maximum Likelihood), que posteriormente es depurado mediante filtros espaciales que permiten eliminar los píxeles aislados, finalmente se obtiene un archivo de clasificación por cada imagen satelital.

A continuación se describe el proceso de forma detallada.

#### 2. ARCHIVOS GENERADOS

Como resultado de ejecutar este protocolo metodológico se tienen que almacenar los archivos en el servidor en la carpeta:

<Z:\directorioCgpig\productos\deforestacion\procesosMapaño>

En la carpeta CLASIFICACIONES en el correspondiente path y row se crea una carpeta con el nombre de cada imagen empleada, en la cual deben constar los siguientes archivos:

- codigoimagen\_ROI.roi (archivo definitivo de ROI)
- codigoimagen\_SUP
- codigoimagen\_SUP\_MJ\_SIEVE\_CLUMP\_MJ
- CODIGOIMAGEN\_CLASS\_NIVEL2.tif

En cada path\_row se almacena en MOSAICOS\_PATH\_ROW, los siguientes archivos

- MOSAICO2016\_NIVEL2\_Path\_Row.tif
- MOSAICO2016\_IMAGENES\_Path\_Row.tif

### 3. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

Para realizar la clasificación supervisada se emplea el software ENVI.

La clasificación supervisada contempla los procedimientos de agrupación de los píxeles de una imagen conforme a su similitud espectral, el nivel de detalle y la leyenda temática, preestablecidos a priori. Para este fin sobre la imagen original se seleccionan y se delimitan los grupos de píxeles, que representan los patrones de diferentes clases temáticas (muestras). Es importante que la muestra sea homogénea, pero al mismo tiempo incluye la variabilidad espectral de cada clase temática. Se recomienda que el usuario adquiera más de un área de entrenamiento por clase temática, utilizando la información de campo, mapas y estudios existentes, entre otros.

#### 3.1. Importación del área de interés

Se clasificará toda la imagen, pero en el caso que se quiera clasificar solo un área de la imagen se debe realizar un shapefile que represente esta área, luego se abre en el mismo Display la imagen Landsat y el shapefile del área objeto de clasificación para tomar muestras solo dentro del área de interés. Para lo cual desde el menú principal de ENVI, activar la opción file, ir a la opción Open Image File y seleccionar la imagen (Figura 2)

Luego desde el mismo menú, ir a la opción Open Vector File y seleccionar el archivo shapefile, se despliega una ventana con las características del shapefile, en la sección Enter Output Filename (evf), dar click en choose y colocar el nombre del archivo, dar click en OK (Figura 3)

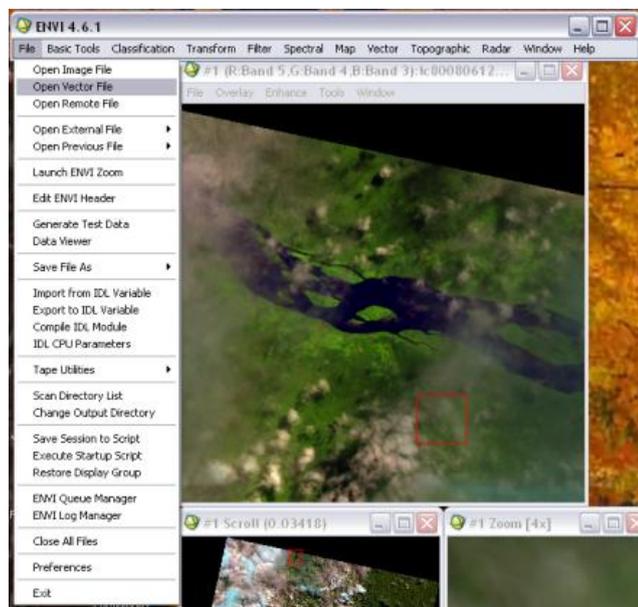


Figura 1. Despliegue de información en ENVI

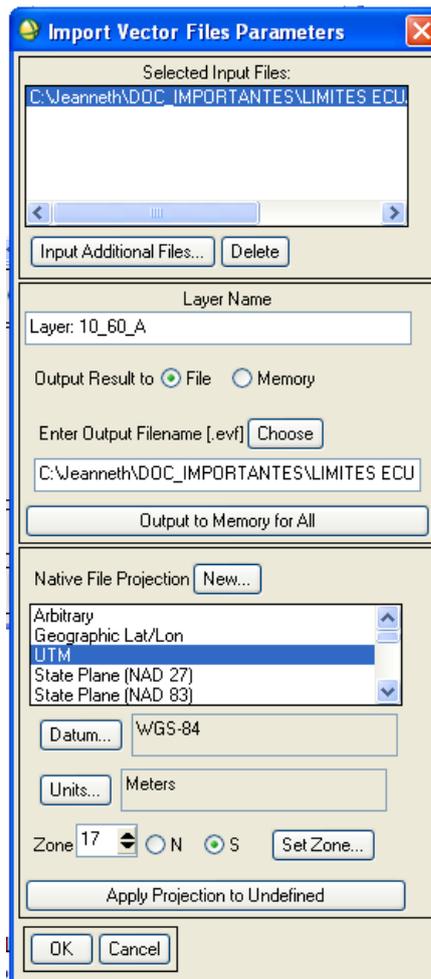


Figura 2. Importar un vector en ENVI

Se despliega la ventana Available Vector List, ir a la opción Load Selected y seleccionar el Display donde se encuentra la imagen (Figura 3). Luego en la ventana vector Parameters, seleccionar la opción off y minimizar la ventana

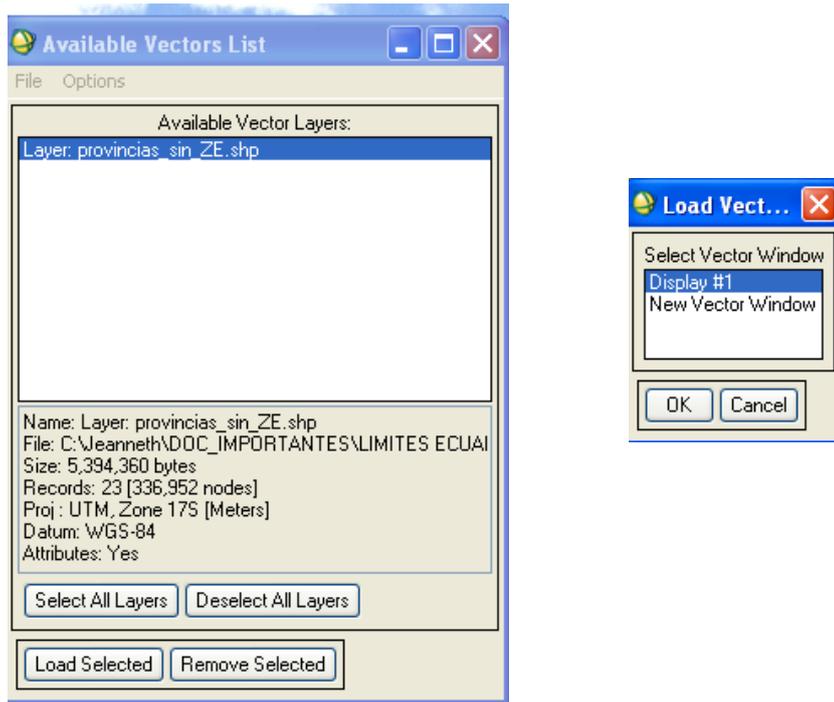


Figura 3. Importar un vector en ENVI

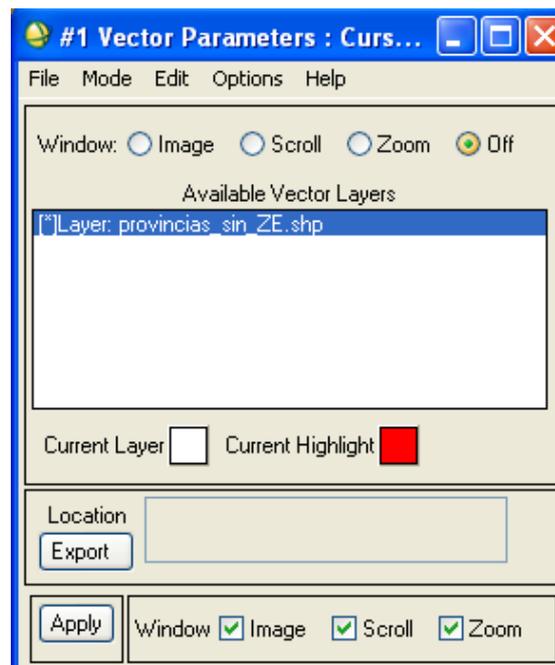


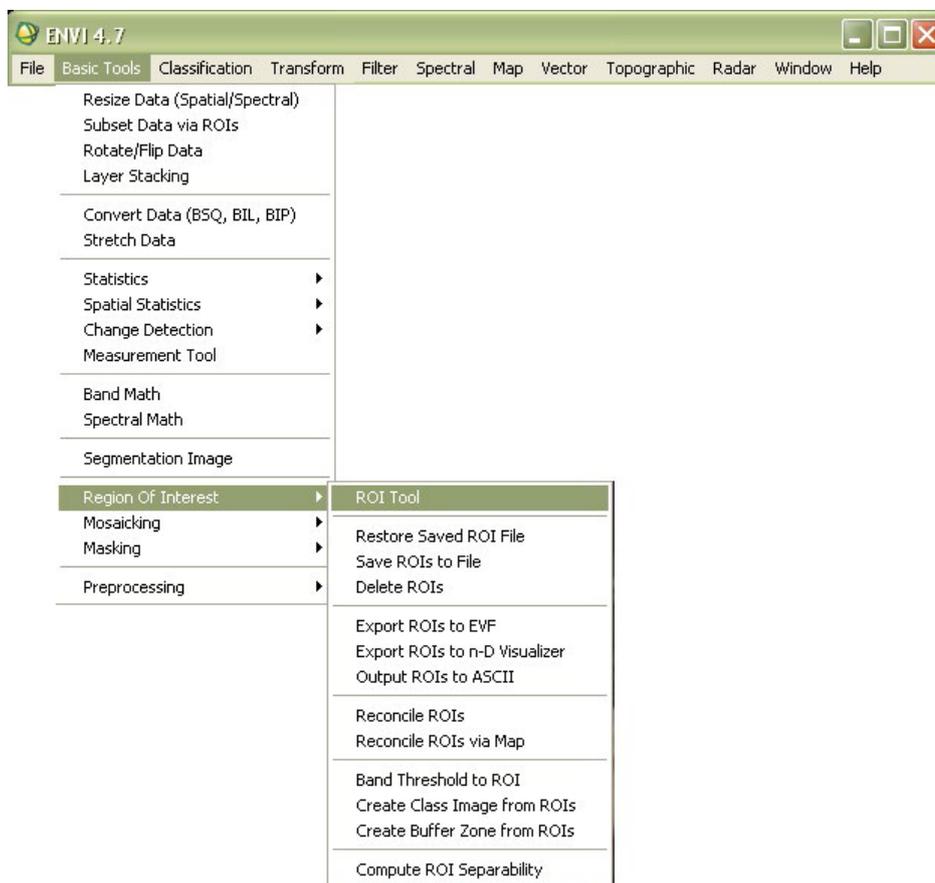
Figura 5. Desplegar un vector en ENVI

### 3.2. Creación de Regiones de Interés (ROIs).

El método supervisado parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajos de campo. Esta mayor familiaridad con el área de interés permite al intérprete delimitar sobre la imagen áreas representativas de cada una de las categorías que componen la leyenda, las cuales se denominarán áreas de

entrenamiento. El término indica que tales áreas servirán para “entrenar” al programa de clasificación en el reconocimiento de las distintas categorías. En otras palabras, a partir de ellas se caracterizan cada una de las clases, para asignar más tarde el resto de los píxeles de la imagen a una de esas categorías en función de la similitud de sus ND con los extraídos como referencia. Para este documento las áreas de entrenamiento serán denominadas como Regiones de Interés (ROIs), debido a ser conocidas con ese nombre en ENVI (software con el que se va a trabajar). Para determinar los ROIs, se debe desplegar la imagen a clasificar aplicándole los realces adecuados que le permitan realizar un reconocimiento total de la imagen e identificar los diferentes espacios geográficos.

Desde el menú principal de ENVI, activar la opción Basic Tools, ir a la opción Region of Interest y seleccionar ROI Tool



Los ROIs pueden adaptar la forma del espacio geográfico o una forma geométrica específica, tratando que su área abarque el número mínimo de píxeles que representa la muestra (para imágenes Rapideye el número mínimo de píxeles que conforman una muestra es de 6). Para una delimitación más precisa de los ROIs, puede ser de gran ayuda los trabajos de campo y otros documentos auxiliares, como la fotografía aérea y la cartografía convencional, teniendo en mente que debe tratarse de ejemplos suficientemente representativos y homogéneos de la clase que pretende definirse. Además es importante que exista un control de campo suficiente, en fecha próxima a la

adquisición de la imagen, para garantizar la consistencia entre lo medido en el terreno y por el sensor.

Para la toma de muestras es recomendable iniciar con los accidentes geográficos que son identificables a primera vista, como lo es el agua, hielo, nubes, suelo desnudo, bosque, para luego continuar con áreas arbustivas y herbáceas, áreas agropecuarias, zonas antrópicas, entre otras.

Para la realización de la clasificaciones para el mapa 2016 se identificarán las clases del nivel 2 excepto para tierra agropecuaria (la única categoría que se identificará será cultivos permanentes) que se mantiene como nivel 1, de acuerdo a la tabla 1, además se incluirá la categoría manglar. Sin embargo, durante el proceso de clasificación supervisada se pueden generar varias categorías por ejemplo. bosque 1, bosque 2, nube 1, nube 2, etc. que en los archivos finales serán agrupadas de acuerdo al nivel 2.

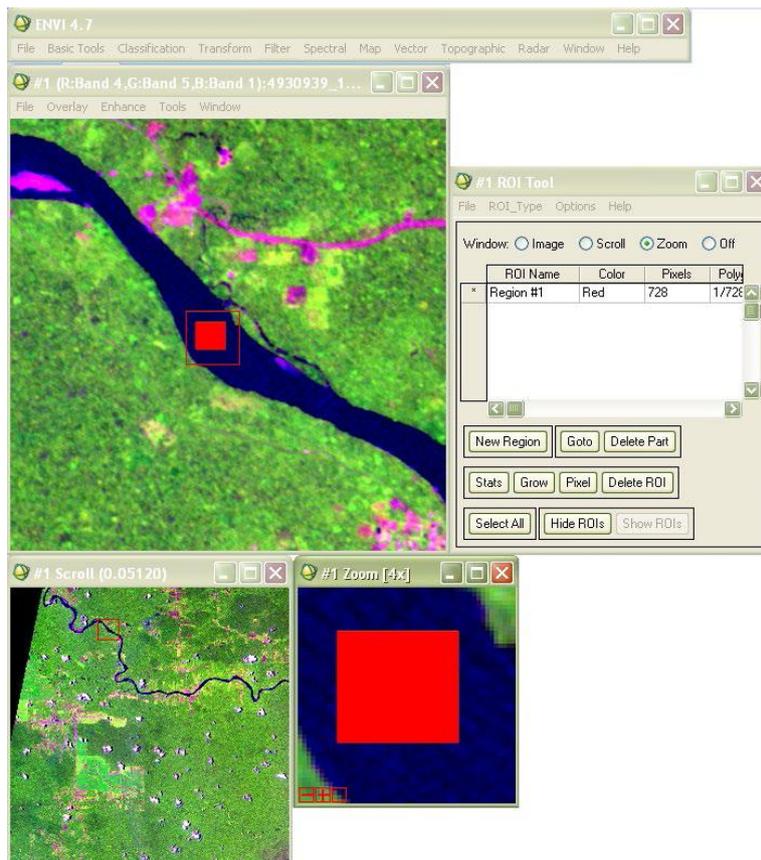
Tabla 1. Clases nivel 2 de la leyenda

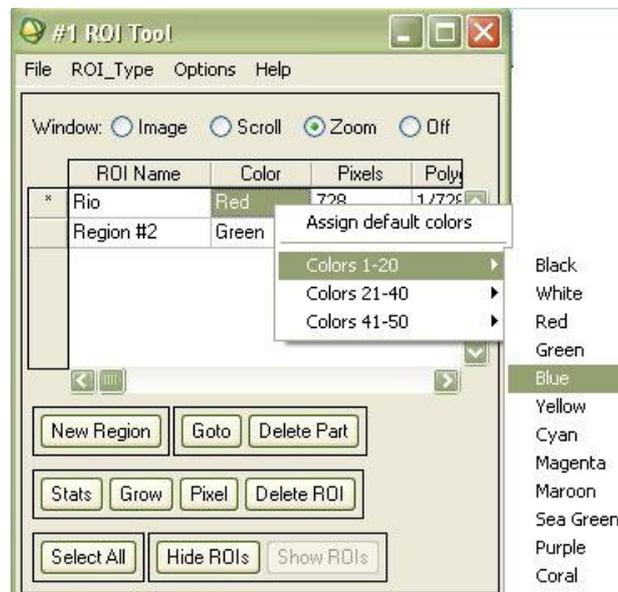
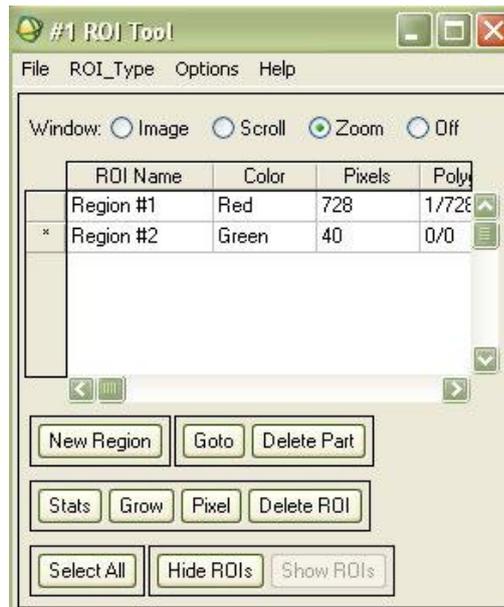
| <b>CÓDIGO</b> | <b>NIVEL_2</b>             |
|---------------|----------------------------|
| NoData        | SIN INFORMACION            |
| 20            | TIERRA AGROPECUARIA        |
| 23            | CULTIVO PERMANENTE         |
| 11            | BOSQUE NATIVO              |
| 12            | PLANTACION FORESTAL        |
| 13            | MANGLAR                    |
| 31            | VEGETACION ARBUSTIVA       |
| 32            | PARAMO                     |
| 33            | VEGETACION HERBACEA        |
| 41            | NATURAL                    |
| 42            | ARTIFICIAL                 |
| 51            | AREA POBLADA               |
| 52            | INFRAESTRUCTURA            |
| 61            | AREA SIN COBERTURA VEGETAL |
| 62            | GLACIAR                    |

ENVI permite delimitar las muestras en cualquiera de las tres ventanas desplegadas de la imagen, esto puede ser seleccionado en la ventana de ROI Tool. Para la toma de muestras se selecciona el tipo de ROI que se va a utilizar (polígono, línea o punto) y se dibuja la muestra en la ventana seleccionada, seguido de doble clic derecho para finalizar la delimitación del ROI, el cual se rellena con el color asignado. Si se desea que dos o más muestras se asignen a una misma categoría, simplemente se toma la nueva muestra y se hace doble clic derecho, automáticamente esa muestra se adjunta a la categoría seleccionada aumentándose el número de píxeles contenidos en ella. En general resulta conveniente seleccionar varias muestras por categoría, a fin de reflejar adecuadamente su variabilidad en la zona de estudio, sin embargo, se recomienda tomar sólo aquellas que sean fundamentalmente las más representativas para la

categoría a la que pertenecen, y evitar en la medida de lo posible que existan muestras idénticas; de ser este el caso, estas deberían adjuntarse directamente a un ROI ya existente; esto ayudará a no tener un número excesivo de muestras ni de ROIs, lo cual es un problema en procesos futuros.

Cada vez que se desee tomar una nueva muestra se debe hacer clic en **New Region**, automáticamente aparecerá la nueva región de interés con el nombre **Region#2**, haga doble clic en el nombre del ROI y cámbielo por uno que represente la clase de cobertura seleccionada. De igual manera, en la columna COLOR hacer clic derecho y asignar el color apropiado para esta clase temática.

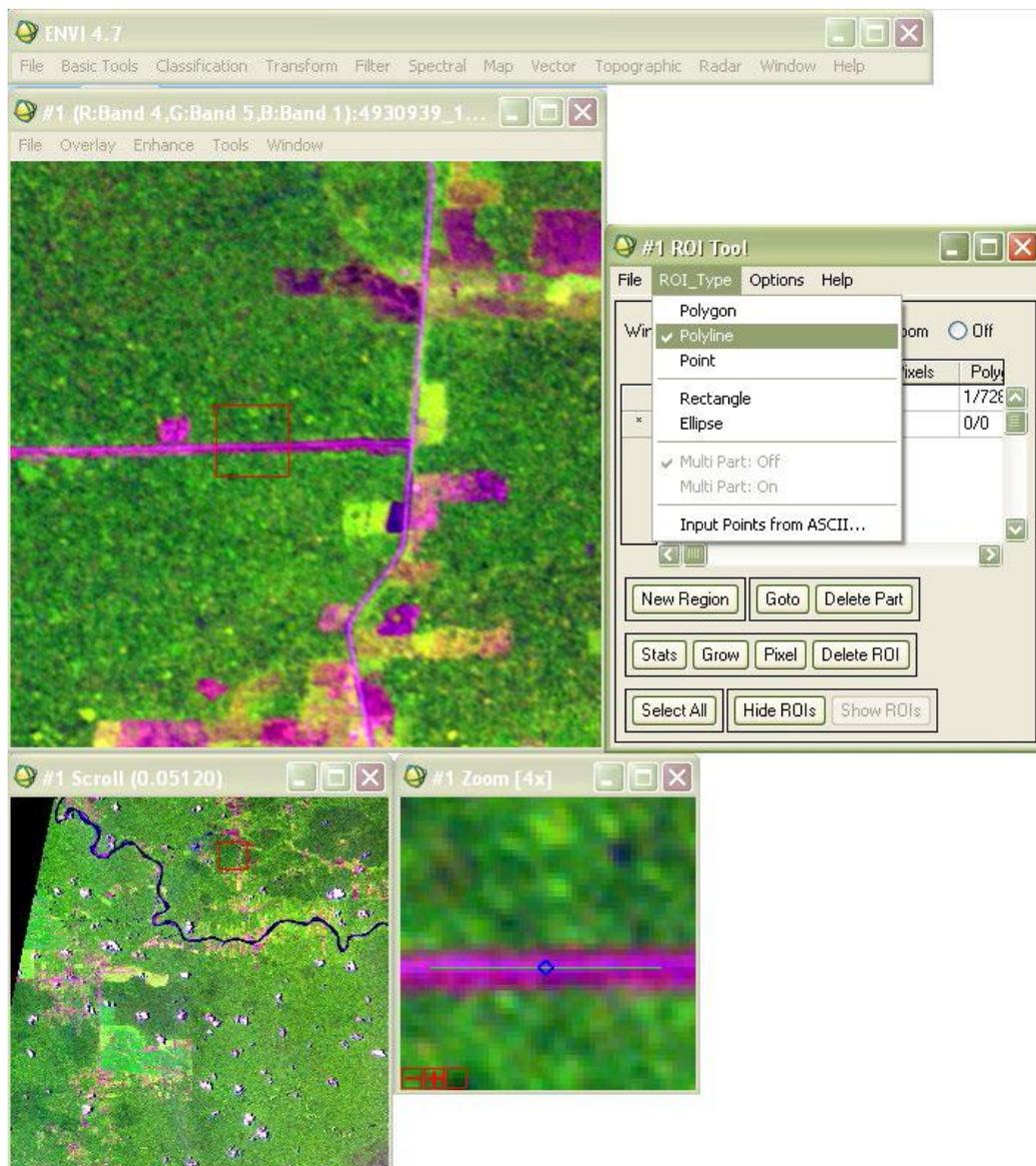




En lugares donde existe presencia agropecuaria, es aconsejable delimitar el área tratando de seguir la forma de los diferentes tipos de cultivos, esto ayuda a homogenizar la muestra y evitar que aparezcan los píxeles aislados dentro de la cobertura. Para la toma de muestra en vías, es aconsejable tomar ROIs lineales para una mejor definición de las mismas, este método es recomendable para carreteras amplias, debido a que si se toman muestras en caminos angostos se corre el riesgo de que entren a esa categoría píxeles vecinos pertenecientes a una categoría distinta.

Según sus criterios, utilice uno u otro método de recolección de regiones de interés para todas las clases temáticas. No olvidar que resulta más conveniente elegir varias áreas de pequeño tamaño que una sola de mayores dimensiones, ya que tenderá a infravalorarse la variabilidad de esa categoría.

Es necesario guardar las regiones de interés, para esto, desde la ventana de ROI Tool, hacer clic en File y seleccionar **Save ROIs**. El archivo se almacenará como: **codigoimagen\_ROIS\_1.roi**

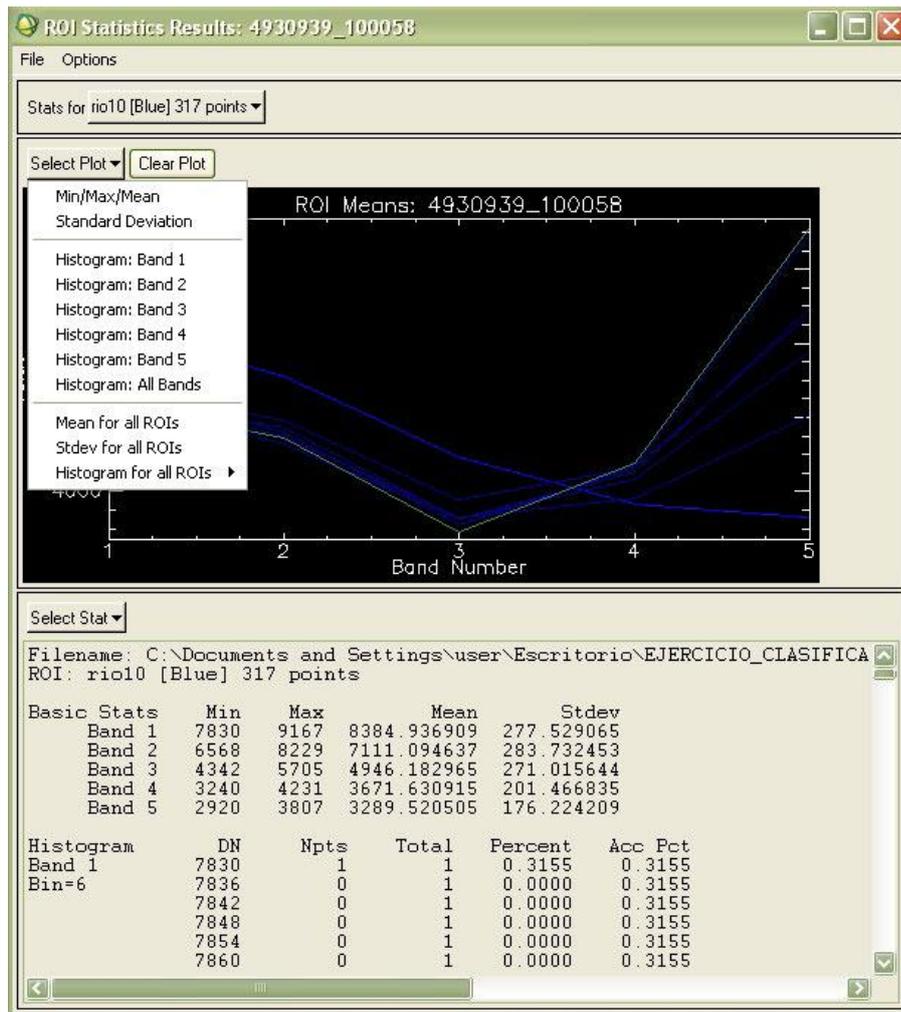


## 2.2 Evaluación de los ROIs.

Una vez creadas las regiones de interés, se pueden borrar, renombrarlas o fusionarlas; pero antes se deben calcular las estadísticas elementales de cada categoría: media, rango, desviación estándar, histogramas, separabilidad, entre otras, a partir de los ND de todos los píxeles incluidos en las áreas de entrenamientos de esa clase. Lógicamente este cálculo se aplica a todas las bandas que intervendrán en la clasificación. En definitiva, se asume que las áreas de entrenamiento son fieles representantes de las distintas categorías, y que, por tanto, las medidas extraídas a partir de sus ND definen convenientemente a esas clases. De aquí que sea crucial su correcta selección, ya que de otro modo se estaría forzando al algoritmo a clasificar áreas heterogéneas.

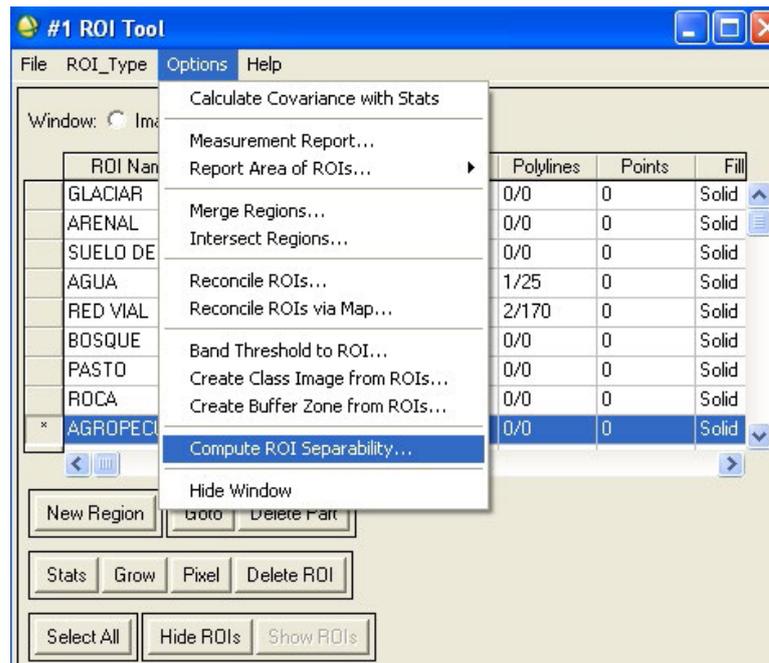
Para iniciar la evaluación estadística, desde la ventana de ROI Tool, seleccionar una o más regiones de interés disponibles en la tabla y hacer clic en **Stats**. Calcula estadísticas básicas: mínimos, máximos, media, desviación estándar y despliega los histogramas de las regiones seleccionadas para cada banda.

Analice si algunas clases se superponen estadísticamente, observe los valores de las desviaciones estándar y rango mínimo y máximo para cada clase.



Finalmente, se procede a realizar un análisis de separabilidad; éste es con el afán de discriminar mejor las clases a ser definidas. Esta opción evalúa la separabilidad espectral entre pares de ROIs seleccionados, dando como resultado un reporte en donde se despliega el promedio de separabilidad tanto con el método de la Divergencia Transformada como el de Jeffries-Matusita.

Seleccionar **Options** del menú de **ROI Tool** y hacer clic en **Compute ROI Separability**, seleccionar la imagen original ortorectificada, en la siguiente ventana seleccionar las muestras o ROIs a ser evaluadas, finalmente hacer clic en OK



En ENVI el resultado de realizar este proceso es un archivo en el que se muestra la separabilidad de cada par de clases con valores que van de 0 a 2. Los valores mayores a 1.9 significa que hay una buena separabilidad entre las clases, cuando los valores son menores a 1 se podría realizar una unión (merge ROIs) entre las clases para obtener una sola, y cuando los valores están entre 1 y 1.9 es necesario revisar estas muestras ya sea para reubicar la muestra, definir mejor la muestra o simplemente para eliminarla.



Es recomendable realizar la evaluación por categoría, es decir, el momento de seleccionar los ROIs, seleccionar sólo aquellos que pertenecen a la misma clase temática; con esto, las muestras que tengan una separabilidad muy baja serán contenidas en un mismo ROI propendiendo a tener el mínimo número de ROIs por cada clase temática, con la finalidad de que la clasificación y todos los post procesos no presente un tiempo de ejecución extenso.

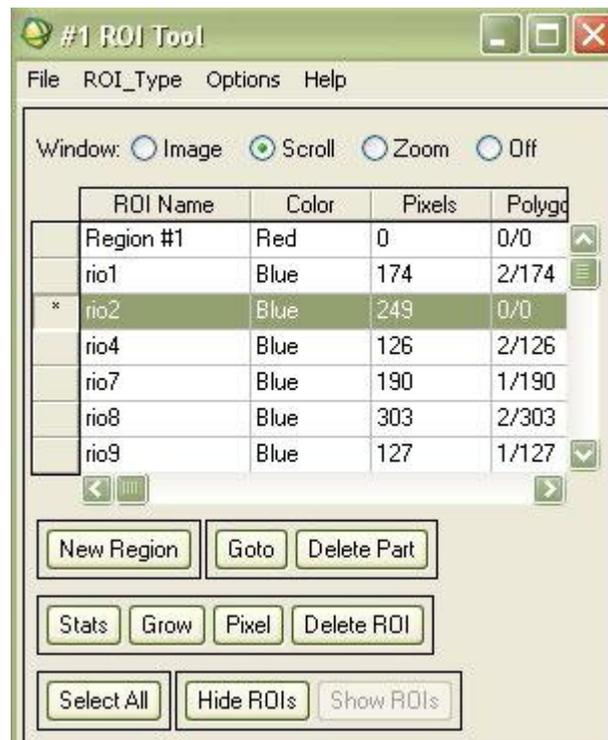
Luego de la evaluación por categorías se realiza una global, con el fin de identificar los conflictos entre diferentes clases y tomar las decisiones adecuadas, ya sea la reubicación de muestras o eliminación de las mismas, favoreciendo a una clasificación más adecuada.

NOTA: Si se observa que las vías tiene una respuesta espectral similar a las áreas agropecuarias, es preferible descartar la categoría de vías para el muestreo, con el fin de evitar tener pixeles pertenecientes a vías en medio de cultivos; es más fácil ubicar una cobertura vectorial de vías sobre la clasificación. Lo mismo puede ocurrir con poblados y áreas arenosas naturales, por lo que es preferible dar prioridad a la categoría más representativa en la imagen.

Una de las ventajas del software es que la clasificación supervisada trabaja directamente con ROIs (regiones de interés) que son las muestras que tomamos de cada clase, esto facilita la ubicación de las muestras tomadas en la imagen y la comparación con otras

muestras anteriormente delimitadas para realizar los ajustes necesarios. Estos ajustes corresponden a acciones de eliminar completamente o parcialmente una clase, unir con otras clases o recalcular la clase a partir de la redefinición de las regiones de interés.

Para Eliminar completamente una clase, seleccione la clase y haga clic en **Delete ROI**; para eliminar parcialmente una muestra dentro de una clase, seleccione la clase, haga clic en **Goto** hasta que en la ventana zoom aparezca la muestra que desea eliminar y finalmente haga clic en **Delete Part**.



Se ha considerado necesario mantener el mayor número de clases posibles, sin realizar ningún **Merge**.

Finalmente, guarde nuevamente los ROIs con diferente nombre al inicial para tener respaldo de los archivos originales, adicionando un número secuencial al archivo de salida:

**codigoimagen\_ROI\_1.roi**

**codigoimagen\_ROI\_2.roi**

Al archivo definitivo nombrarlo sin números secuenciales: **codigoimagen\_ROI.roi**

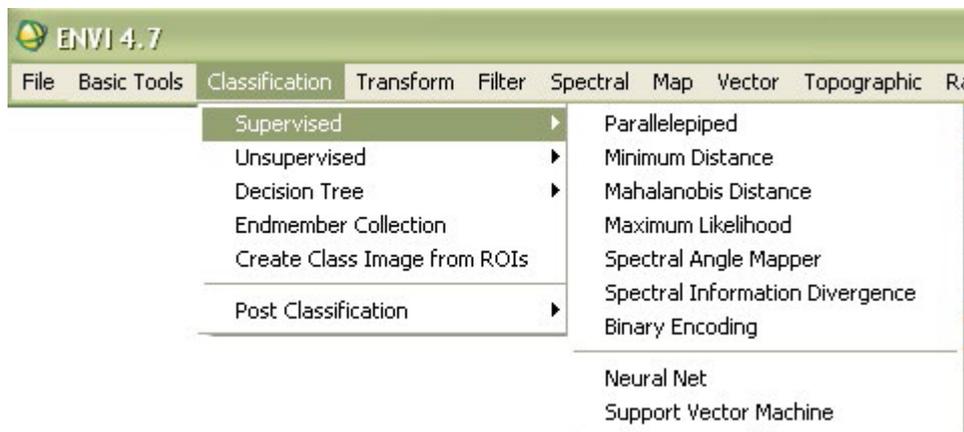
### 2.3 Agrupación espectral.

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 muestreo, mediante algoritmos específicos de agrupación, que pueden ser:

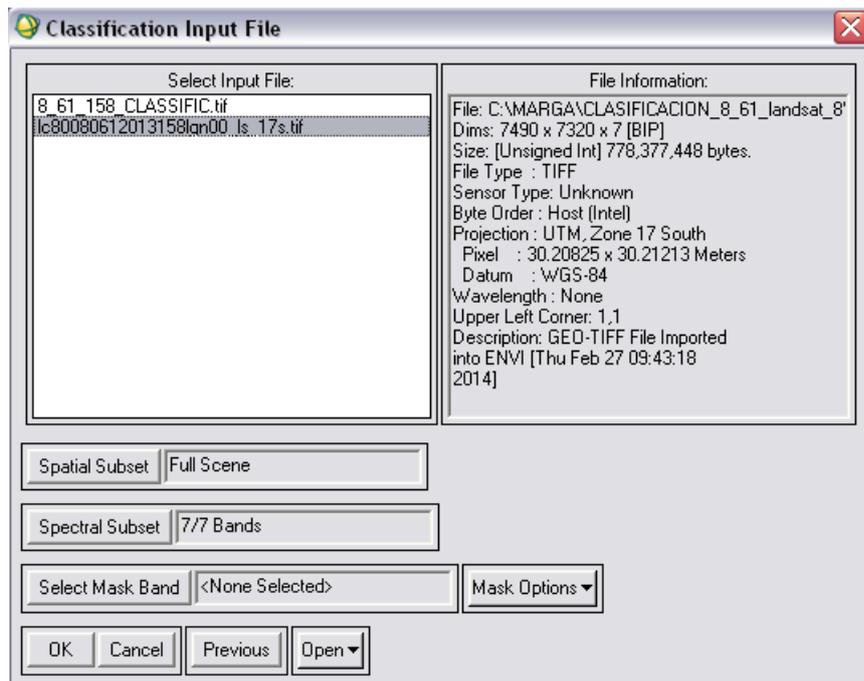
- *Paralelepípedo*, permite señalar al usuario unos umbrales de dispersión asociados a cada clase.
- *Mínima Distancia*, por el cual el píxel se asigna a la clase más cercana.
- *Mahalanobis Distancia*, es similar a la clasificación por máxima verosimilitud, pero con la diferencia de que asume que todas las covarianzas son iguales, haciendo un método más rápido.
- *Máxima Verosimilitud*, en donde el píxel se asigna a aquella clase con la que posee mayor probabilidad de pertenencia.
- *etc.*

El mejor resultado de la agrupación ha demostrado ser el algoritmo de Máxima Verosimilitud.

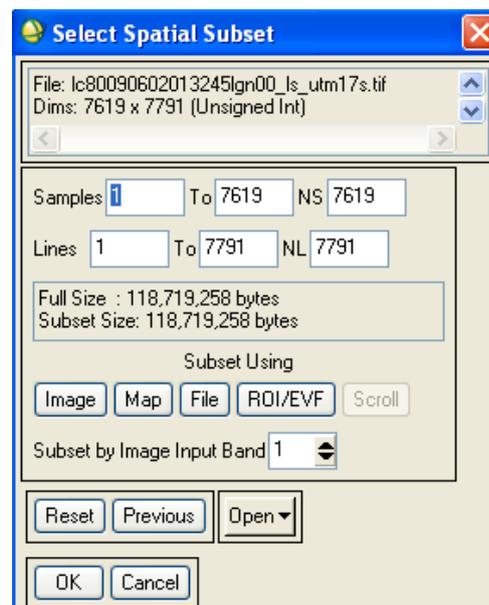
Para realizar la clasificación, desde el menú principal seleccionar **Classification**, luego seleccionar **Supervised** y finalmente seleccionar **Maximun Likelihood**.



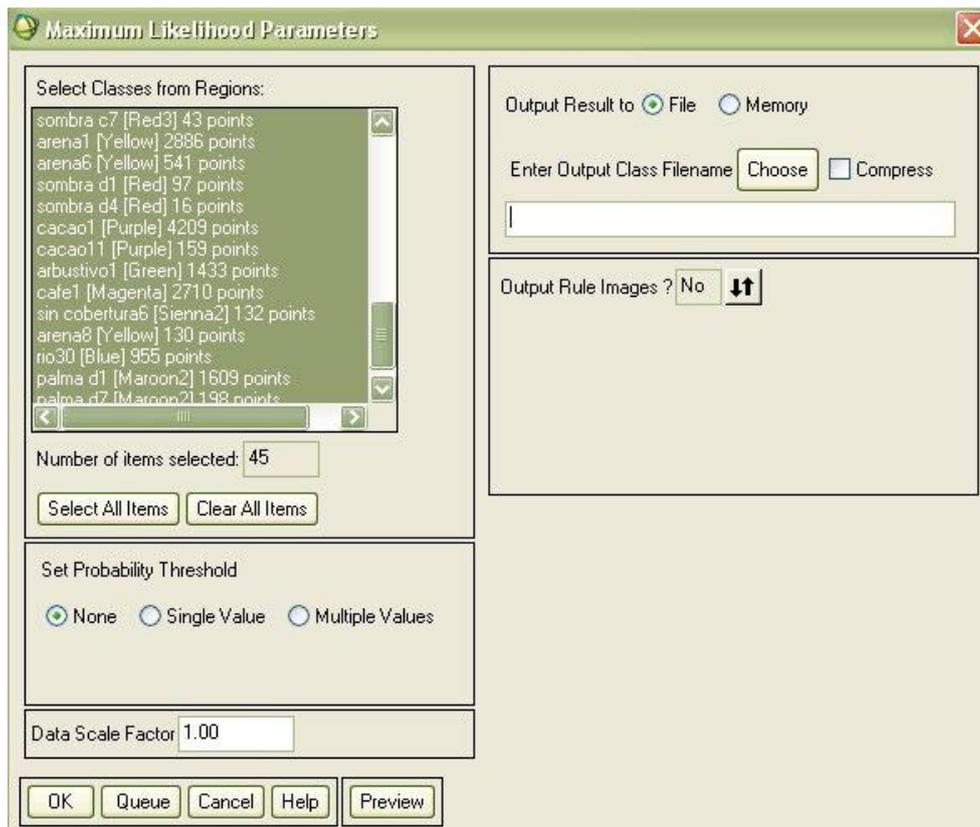
A continuación aparecerá la ventana Classification Input File, en la cual se elige como insumo de entrada la imagen, en la misma ventana se emplea la opción spatial subset para que la clasificación solo se realice en el área de interés.



Aparecerá la ventana Select Spatial Subset, ir a la opción ROI/EVF y seleccionar el archivo que define el área de interés (PATH\_ROW\_CÓDIGODESUBREGIÓN.evf), dar click en OK.

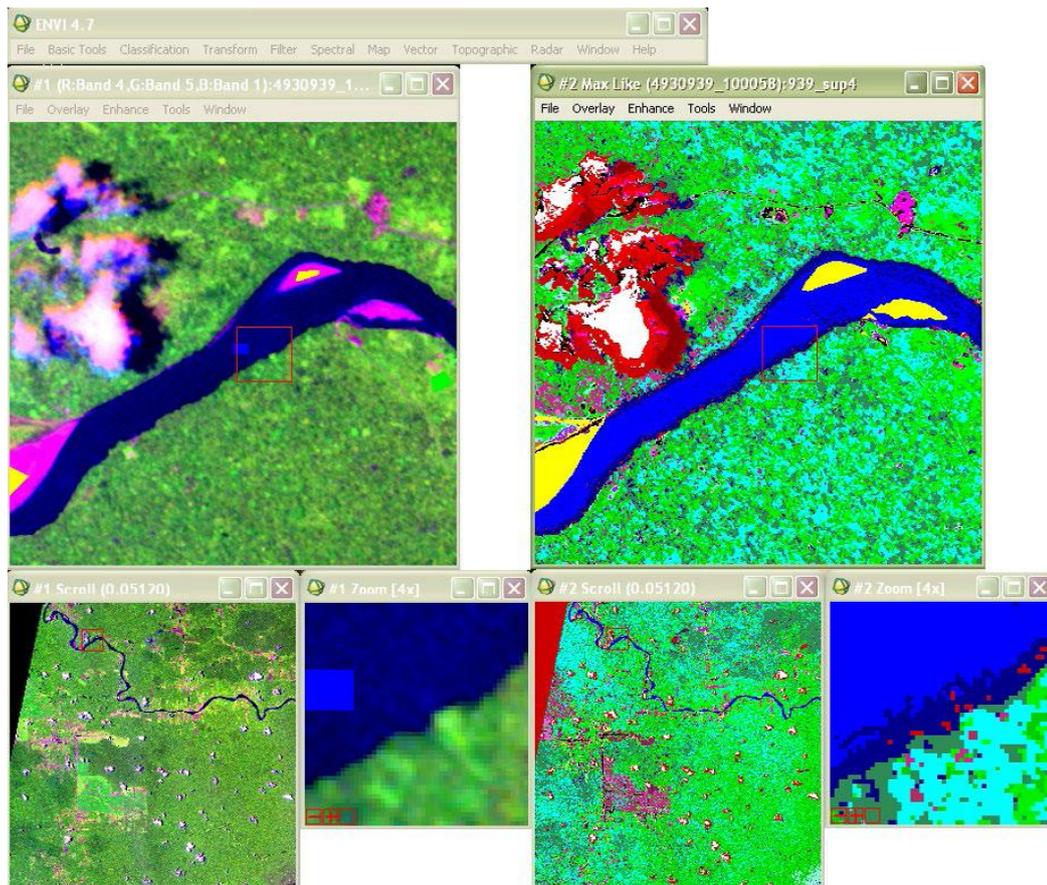


Luego aparecerá una ventana en donde se debe elegir los parámetros del método, para esto seleccionamos todas las muestras tomadas (ROIs), en **Set Probability Threshold** seleccionar la opción **None** y colocar la opción **No** en **Output Rule Images**.



El archivo de salida se almacenará como: **codigoimagen\_SUP**

Abrir la imagen original con una combinación de bandas apropiada y en otra ventana la imagen clasificada. Utilizando la opción **Geographic Link** realizar el análisis de correspondencia temática.



## 2.4 Generalización de la clasificación.

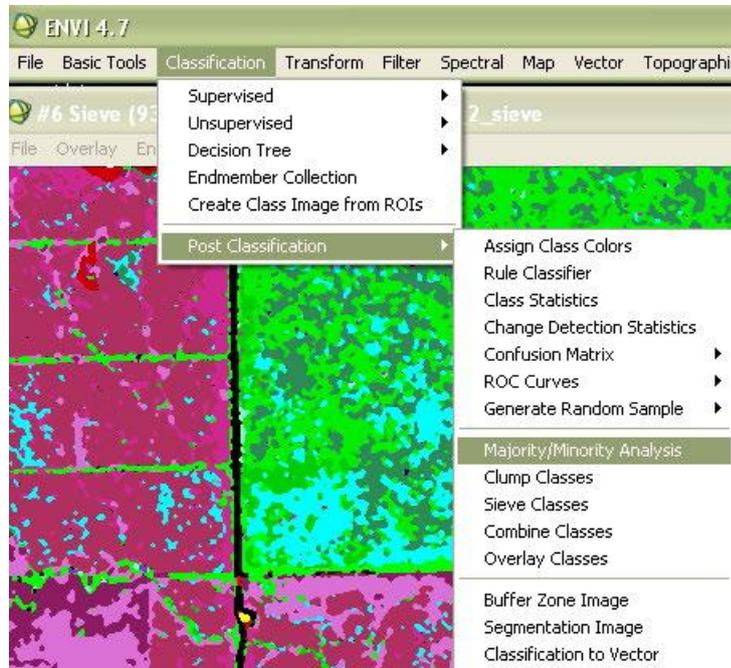
En la imagen clasificada quedan una serie de píxeles aislados, los cuales en muchos casos no representan un área significativa, por lo que es recomendable aplicar un filtro con la finalidad de que las clases predominantes absorban estos píxeles. Algo que se debe tomar en cuenta al momento de hacer este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

La aplicación de un filtro, en algunas ocasiones, es innecesaria, en especial cuando las muestras satisfacen la clasificación.

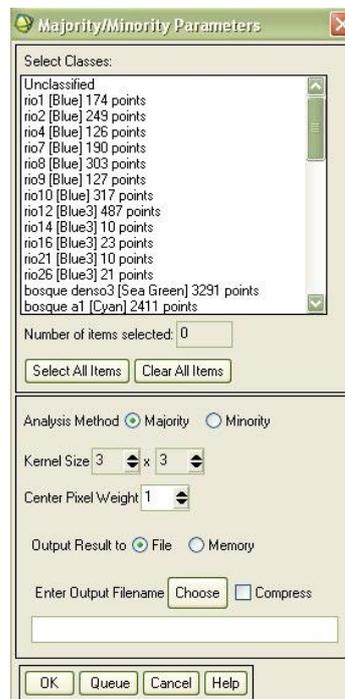
Al utilizar una imagen de alta resolución puede generar muchos píxeles aislados, que muchas veces el filtro no borra. Si el número de píxeles aislados es considerable, convendrá retornar a la fase de entrenamiento (muestreo), con objeto de deducir nuevas categorías o perfeccionar la definición de las ya existentes.

ENVI cuenta con diferentes filtros que ayudan a eliminar el ruido (píxeles aislados), entre los filtros utilizados en esta metodología tenemos:

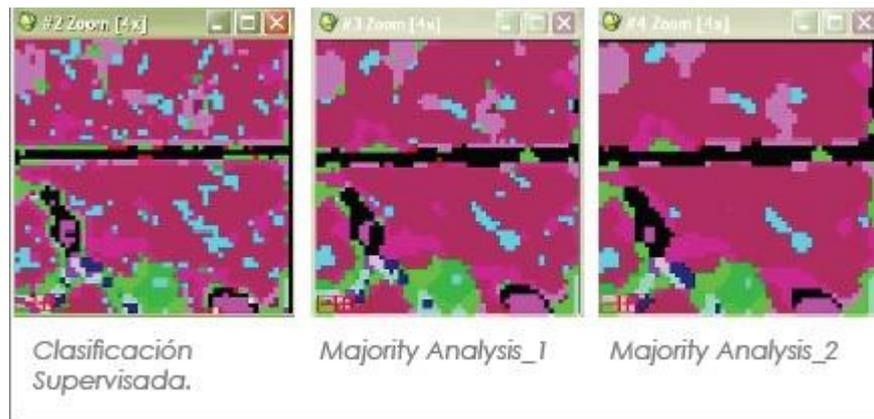
**Majority Analysis**, se asemeja a la opción Neighborhood en el ERDAS, seleccionar la imagen clasificada, y en la siguiente ventana seleccionar todas las clases, aplicar un kernel de 3x3, el archivo de salida se nombrará como sigue: **codigoimagen\_SUP\_MJ\_1**



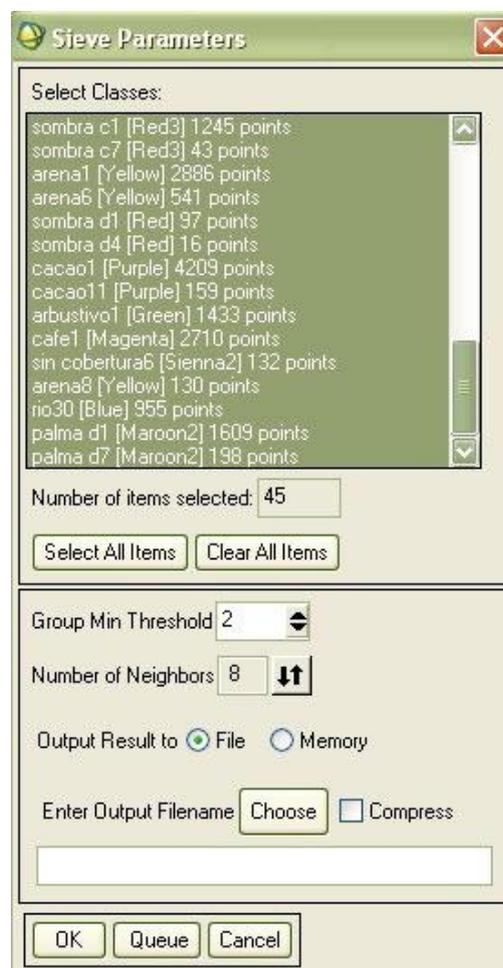
Realizado el filtro, se debe inspeccionar la imagen resultante, si los píxeles aislados aún siguen siendo un inconveniente en la clasificación, se debe repetir el proceso con los mismos parámetros una vez más. El archivo de salida se almacenará como: **codigoimagen\_SUP\_MJ\_2**



Después de finalizar el proceso abrir las imágenes resultantes en varias ventanas y observar los resultados de los diferentes filtros aplicados

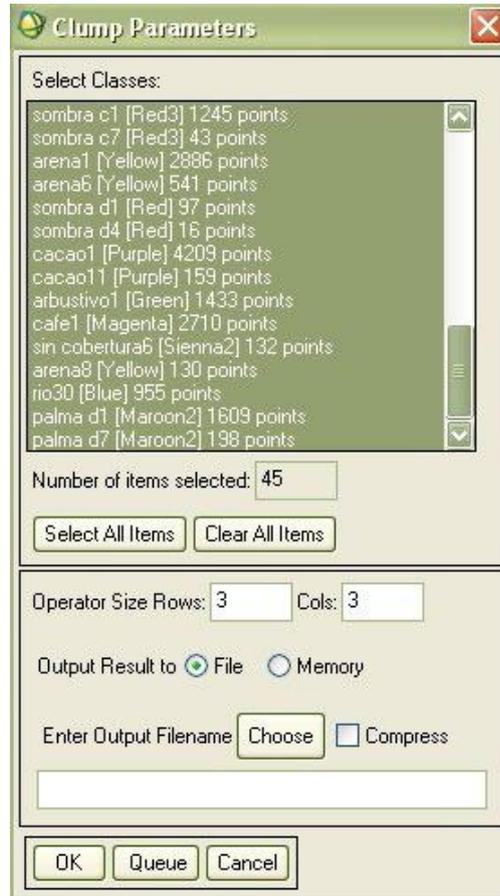


Si no mejora la clasificación es recomendable utilizar el siguiente filtro: **Sieve**: para ello ingresar el archivo de entrada (Resultado de aplicar el filtro Majority final), en la siguiente ventana dejar los parámetros por defecto, el archivo de salida se almacenará como: **codigoimagen\_SUP\_MJ\_2\_SIEVE**



Este filtro ayuda a resolver el problema de los píxeles aislados que resultan de las imágenes clasificadas. La metodología que utiliza este proceso es mirar los vecinos de 4 o 8 píxeles para determinar si un píxel es agrupado con píxeles de la misma clase. Si el número de píxeles en una clase que es agrupada es menor que el valor ingresado (4 o 8 píxeles), esos píxeles serán removidos de la clase y tomarán valores de No clasificados.

Es importante utilizar la función **Clump** luego de la función Sieve para que remplace los valores No clasificados creados en este proceso. Este filtro se lo utiliza para agregar la coherencia espacial de las clases existentes, combinando píxeles similares adyacentes a las áreas clasificadas. Para aplicar el filtro Clump, ingresar el archivo de entrada (Resultado de aplicar el filtro Sieve) y en la siguiente ventana deje los parámetros por defecto, el archivo de salida se almacenará como: **codigoimagen\_SUP\_MJ\_2\_SIEVE\_CLUMP**

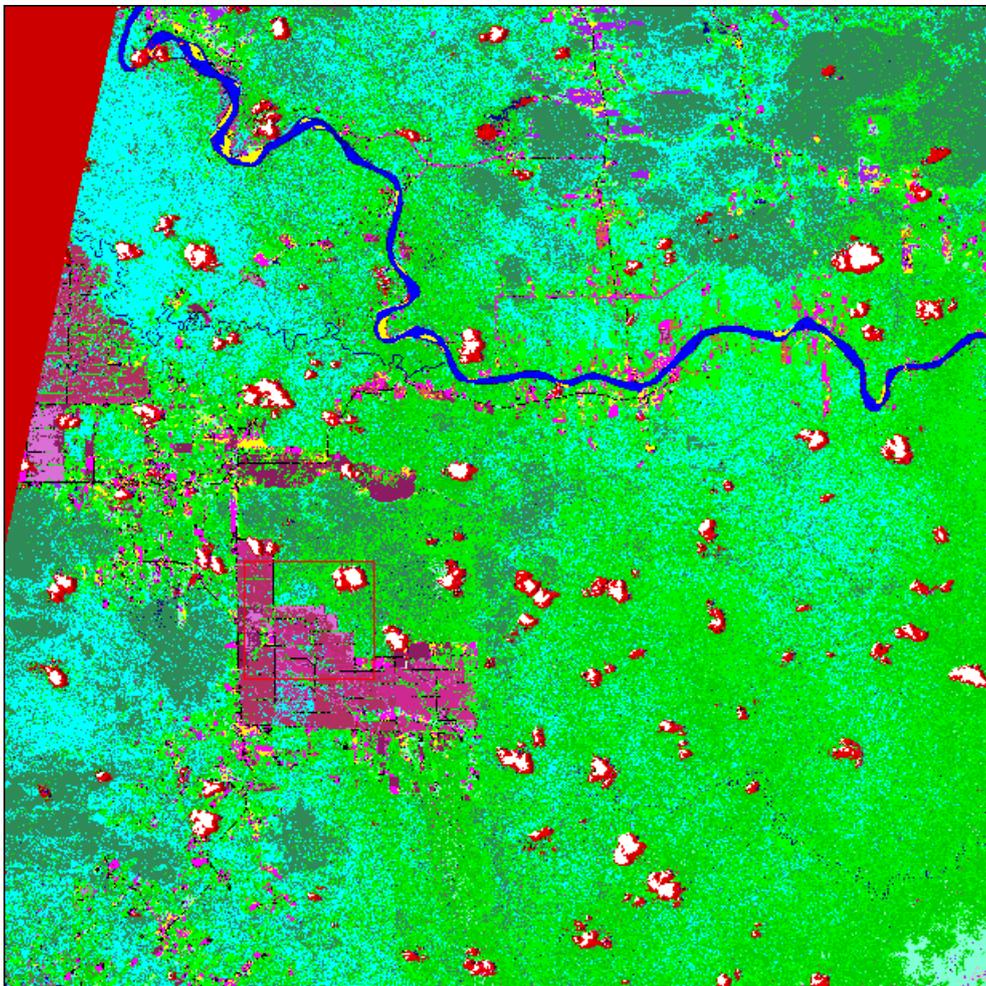


Finalmente, debido a que no todos los píxeles con valores No clasificados son corregidos, es importante pasar un filtro de **Majority Analysis** para agrupar dichos píxeles a la clase vecina. Los archivos de salida se almacenarán como: **codigoimagen\_SUP\_MJ\_2\_SIEVE\_CLUMP\_MJ**

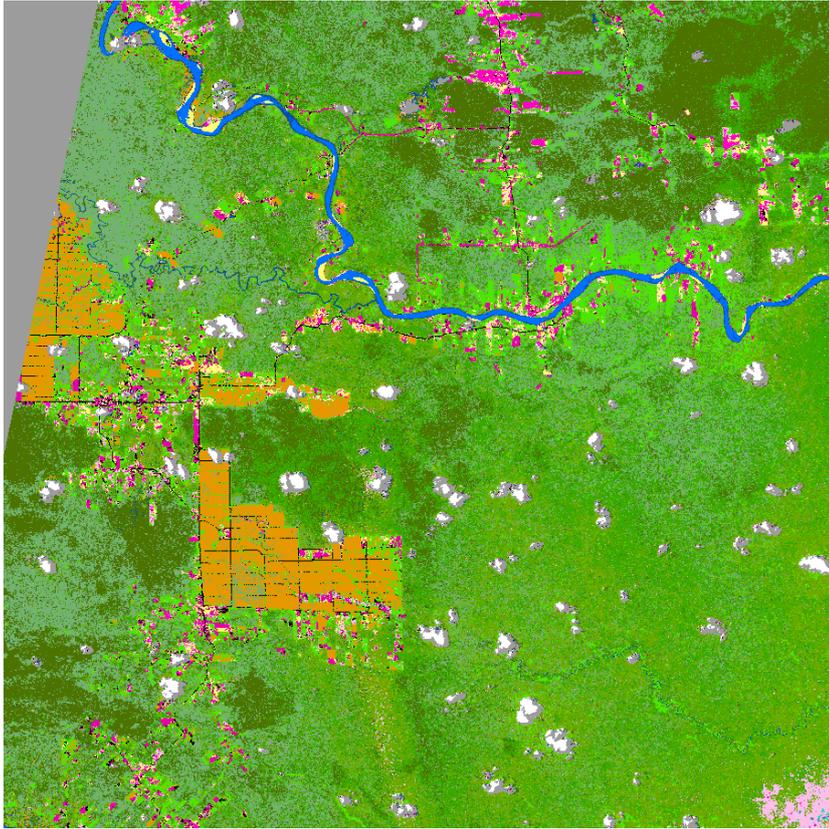
Después de finalizar el proceso abrir las imágenes resultantes en varias ventanas y observar los resultados de los diferentes filtros aplicados.



Proceder con la edición de la clasificación hasta que considere que el resultado sea satisfactorio. Antes de editar un ROI, elimine el ROI anterior y no olvide periódicamente guardar las ediciones.

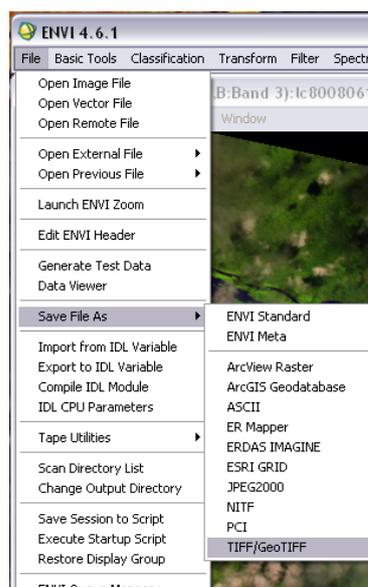


Otra ventaja de realizar el proceso de clasificación en el software ENVI, es que al momento de aplicar los diferentes filtros para eliminar el ruido, no se pierden los atributos de la clasificación (clases) y se pueden visualizar directamente en el software ArcGis cuando se guarda el archivo en formato GEOTIFF para abrirlo en ArcGIS.



## 2.5 Reclasificación en ArcGIS.

Tras pasar todos los filtros no se considera necesario realizar el proceso **Combine** para unir las clases, sino que se guarda el archivo de clasificación final como Geo/TIFF en ENVI, para lo cual en el menú file, ir a la opción Save file as y seleccionar la opción TIFF/GeoTIFF, el nombre del archivo de salida será **CODIGOIMAGEN\_CLASS.TIF**



Se abre el archivo CODIGOIMAGEN\_CLASS.TIF en ArcGIS, en este se asigna las clases de nivel 2 excepto en la categoría tierras agropecuarias, donde se mantiene como una sola categoría, para lo cual se crea el campo NIVEL\_2 (string 50) para colocar el nombre de las coberturas de acuerdo a la tabla2.

Este raster se reclasifica (herramienta RECLASS en ArcGIS) en base al NIVEL\_2. Es importante que las zonas sin información (nubes, sombras de nubes y background) se reclasifiquen como NoData para el siguiente paso de generación de mosaicos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Códigos para reclasificación

| CÓDIGO | NIVEL_2                       |
|--------|-------------------------------|
| NoData | SIN INFORMACION               |
| 20     | TIERRA AGROPECUARIA           |
| 23     | CULTIVO PERMANENTE            |
| 11     | BOSQUE NATIVO                 |
| 12     | PLANTACION FORESTAL           |
| 13     | MANGLAR                       |
| 31     | VEGETACION ARBUSTIVA          |
| 32     | PARAMO                        |
| 33     | VEGETACION HERBACEA           |
| 41     | NATURAL                       |
| 42     | ARTIFICIAL                    |
| 51     | AREA POBLADA                  |
| 52     | INFRAESTRUCTURA               |
| 61     | AREA SIN COBERTURA<br>VEGETAL |
| 62     | GLACIAR                       |

El archivo final reclasificado se llamará **CODIGOIMAGEN\_CLASS\_NIVEL2.tif**, por ejemplo LC80100612013236LGN00\_CLASS\_NIVEL2.tif

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- CHUVIECO, E. (2010). Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. Editorial Ariel, S.A. Barcelona, España.
- Richards, J.,(1999). Mahalanobis, Maximum Likelihood, Minimum Distance. Remote Sensing Digital Image Analysis , Springer- Verlag, Berlin, p. 240.
- ENVI, (2014). Classification Tutorial. Tutorials ENVI.