

NEXUS Remote Sensing Workshop  
Agosto 6, 2018  
Introducción a los sensores remotos utilizando MultiSpec

Por Larry Biehl  
Gerente de Sistemas, Observatorio Terrestre de Purdue  
(biehl@purdue.edu)

## Referencias

Introducción a MultiSpec ([engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/documentation.html](http://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/documentation.html))  
Tutoriales de MultiSpec ([engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/tutorials.html](http://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/tutorials.html))

## Objetivo

El objetivo de estos ejercicios es ganar experiencia utilizando el programa gratuito llamado MultiSpec. Específicamente, usted creará imágenes temáticas y multi-espectrales, correrá clasificaciones no supervisadas (ISODATA) y clasificaciones supervisadas, y demostrará los resultados obtenidos, además de aprender a utilizar ciertas funciones de utilidad.

Antecedentes. MultiSpec es una aplicación informática analítica de imágenes multi-espectrales que fue desarrollada en la Universidad de Purdue. El objetivo es proveer una forma rápida y sencilla de analizar imágenes multi-espectrales e hiper-espectrales como aquellas provenientes de Landsat, SPOT, MODIS, Quickbird, ASTER, y muchos otros. El propósito de este sistema es simplificar y hacer disponibles herramientas analíticas a la comunidad que estudia la ciencia de la Tierra. Este sistema también ha sido utilizado para mostrar imágenes digitales que no ocupan un volumen, como imágenes médicas e imágenes relacionadas a actividades educacionales provenientes de escuelas primarias, secundarias y universitarias.

MultiSpec ha sido implementada para los dos sistemas operativos: Apple Macintosh y Microsoft Windows. A pesar de que MultiSpec está protegida como propiedad intelectual, ésta es distribuida gratuitamente con su respectiva documentación. Las versiones y la documentación correspondiente Macintosh y Windows están disponibles en la web: [engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/](http://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/).

MultiSpec está protegida como propiedad intelectual (1991-2018) por Purdue Research Foundation, West Lafayette, Indiana.

## Lista de Ejercicios.

- 1: Mostrar e inspeccionar imágenes de data
- 2: Clasificación no-supervisada
- 3: Clasificación supervisada- seleccionar campos de entrenamiento
- 4: Clasificación
- 5: Ver mapa de clasificación
- 6: Mapa de probabilidades de clasificación

- 7: Combinar diferentes archivos de imágenes en un solo archivo de imagen multi-espectral
- 8: Traslapar archivos de imágenes en una ventana
- 9: Crear el índice de imágenes de vegetación (NDVI)
- 10: Mejorar la imagen

Otros ejercicios: [engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/tutorial.html](http://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/tutorial.html)

- 11: Seleccionar área y coordinar vista (ver tutorial 7 en la página web de MultiSpec)
- 12: Leer el formato de archivos de imágenes HDF (ver tutorial 9 en la página web de MultiSpec)

### **Observaciones adicionales**

Hay múltiples otras funciones que uno puede hacer con MultiSpec, incluyendo reformatear muchos otros procesos. Acuda a la Introducción de MultiSpec en la página web de MultiSpec para más información. La página web de MultiSpec se encuentra en: [engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/](http://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/).

Varios ejercicios mencionados están disponibles como tutoriales en la página web de MultiSpec: [engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/tutorials.html](http://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/tutorials.html). Los archivos de imágenes utilizados en los tutoriales están disponibles para descargar en la página web.

La versión en-línea de MultiSpec está disponible en: [mygeohub.org/resources/multispec](http://mygeohub.org/resources/multispec).

O contacte a Larry Biehl con cualquier duda: [biehl@purdue.edu](mailto:biehl@purdue.edu)

## Ejercicio 1: Muestra e Inspecciona imágenes de data

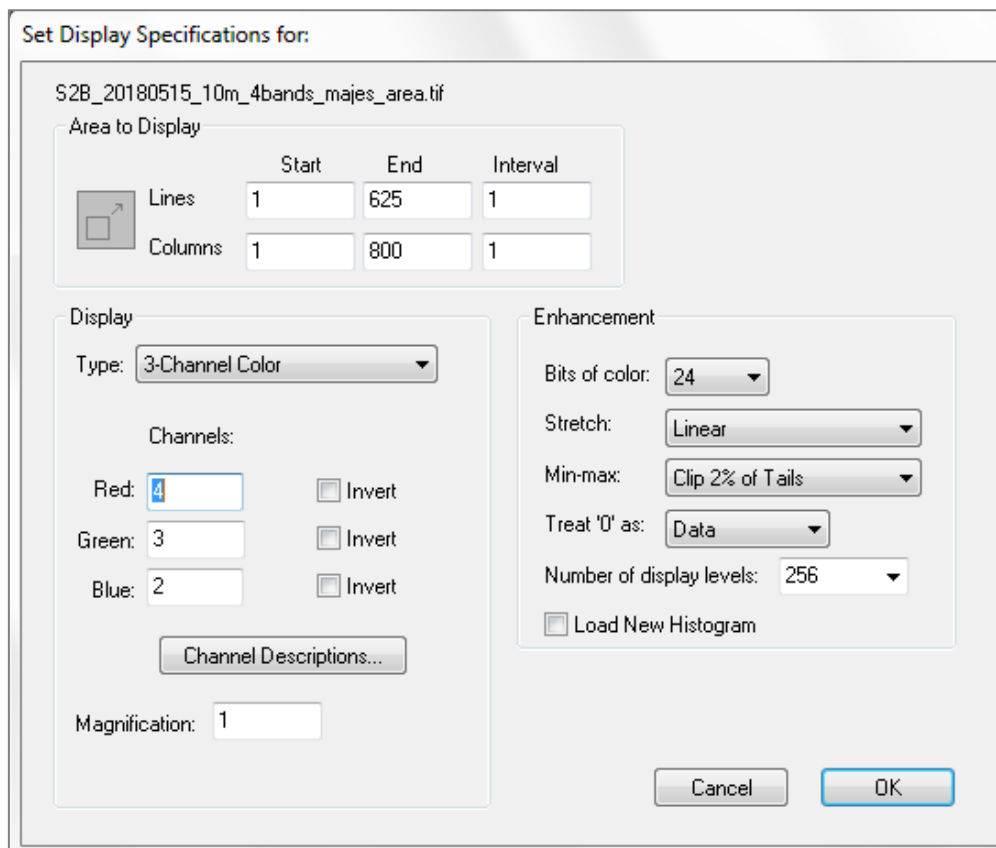
Requerimientos: Aplicación MultiSpec e imagen titulada”

“S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif”.

En este ejercicio vamos a exhibir una imagen de una porción del Centro de Agricultura Davis-Purdue en el condado de Randolph, Indiana y veremos la imagen de data de varias formas utilizando MultiSpec.

- 1.1 Empiece MultiSpec usando el icono en su ordenador o a través de MultiSpec en el menú de comienzo.
- 1.2 Del menú **File** elija **Open Image...** Una ventana se abrirá para elegir el archivo que desee abrir.
- 1.3 Seleccione S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif en la carpeta Exercice1 y **Open**, o simplemente haga doble clic em S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif.

Este es un segmento (625 líneas x 800 columnas de pixeles) de una imagen de una imagen de 4 canales de la zona regada al sur de Majes recogida el 15 de mayo de 2018. A continuación, aparecerá un cuadro de diálogo para permitir elegir entre varias opciones .para la visualización de la imagen.



Nota: de modo predeterminado el área designada para exhibir es la imagen completa y el color seleccionado es el **3-Channel Color**. El modo predeterminado ajusta la imagen para obtener la pantalla roja derivada de la banda 4, el verde derivado de la banda 3 y el azul de la

banda 2. Estas preferencias causan que la imagen esté en un formato de 3 colores, similares a una pantalla de color infrarrojo.

Seleccione **OK**

- 1.4 Este paso puede que no ocurra en todas ocasiones. Si el histograma de datos no ha sido previamente calculada y guardada (en un archivo.sta), otra ventana se presentará, permitiendo crear un histograma de la región de opciones, así asignando los colores de pantalla correspondientes al canal de datos. Las opciones predeterminadas programadas en esta ventana serán satisfactorias,

seleccione **OK** para empezar el histograma.

Una vez que los histogramas de todos los canales hayan sido computados, la información se guardará en un archivo llamado “S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.sta” para evitar el volver a calcularlos.

[Tenga en cuenta que si ya existe un archivo .sta con el nombre predeterminado, se presentará un cuadro de diálogo que le permitirá sobrescribir el archivo .sta existente o guardarlo en una ubicación diferente.]

- 1.5 Ahora la imagen de datos aparecerá. OJO: por encima de la ventana de imagen en las herramientas, habrá dos pequeños cuadros con montañas pequeñas y grandes. Estos son botones para enfocar (montañas grandes) y alejarse (montañas pequeñas) de la actual visión de la imagen. Un poco a la izquierda de estos botones hay otro botón en forma de **X1** con acento gris. Este botón permite que vaya al enfoque X1 directamente. El nivel de enfoque está enumerado en la parte de debajo de la aplicación MultiSpec, en un cuadro titulado “Zoom=”.

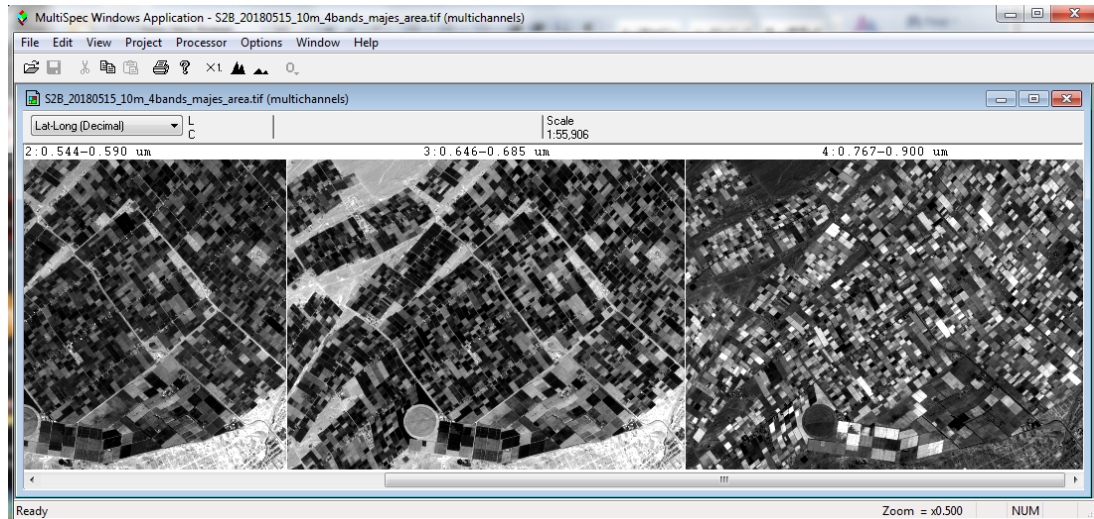
Otra forma de enfocar es dejar apretada la tecla “Ctrl” mientras que enfoca y cambia la visión a un factor de 0.1, en vez de 1. En otras palabras, el factor de enfoque va a cambiar de 1.0 a 1.1, a 1.2, etc. En vez de 1, 2, 3, etc. (Nota: uno utilizaría la tecla de “opciones” en la Macintosh para hacer esto.)

Uno puede seleccionar dentro de la imagen si aprieta y mantiene apretado el botón izquierdo del ratón y arrastra hasta crear un rectángulo. Si un área esta seleccionada en la imagen, mantenga centrado el enfoque en el área seleccionada si es posible. Deje de seleccionar apretando la tecla “Delete”.

- 1.6 Se puede probar una combinación de canales diferente para ir con los colores de pantalla rojo, verde y azul para ver si se mejoran las diferentes características de la imagen. En el menú Processor, seleccione Display Image... para abrir el cuadro de diálogo de visualización y seleccionar el canal 3 para el color de pantalla rojo, el canal 2 para el color de pantalla verde y el canal 1 para el color de pantalla azul. Este conjunto de opciones hará que la imagen de la pantalla represente una imagen de color natural.

Prueba otras combinaciones.

- 1.7 Siguiendo, uno puede ver lado-a-lado el canal de monitoreo de inspección de calidad. Del menú **Processor** seleccione **Display Image...** para abrir la ventana de opciones. Luego seleccione tipos de exhibición “Side-by-Side Channels”, y seleccione OK para mostrar los 4 canales en la imagen lado a lado.

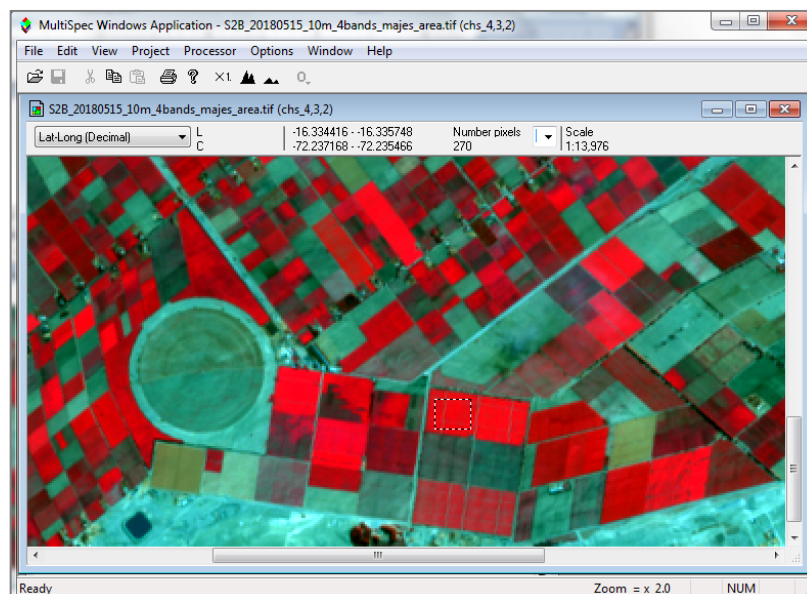


La imagen en la ventana anterior mostrará (después de alejarse con las herramientas de enfoque) los 3 canales lado-a-lado. Nota, el área de vegetación en el canal 4 es más brillante que las mismas áreas en el canal 1 y 3.

El mostrar los canales lado-a-lado es una buena forma de verificar que los canales estén propiamente registrados. En otras palabras, que el mismo lugar en la imagen esté en la misma resolución de píxeles en todos los canales. Para hacer esto, seleccione un área en un canal cerca de una intersección en el campo. Esta misma área seleccionada va a ser seleccionada en todos los canales. De esta forma, uno puede verificar que el área seleccionada esté en el mismo lugar en cada canal.

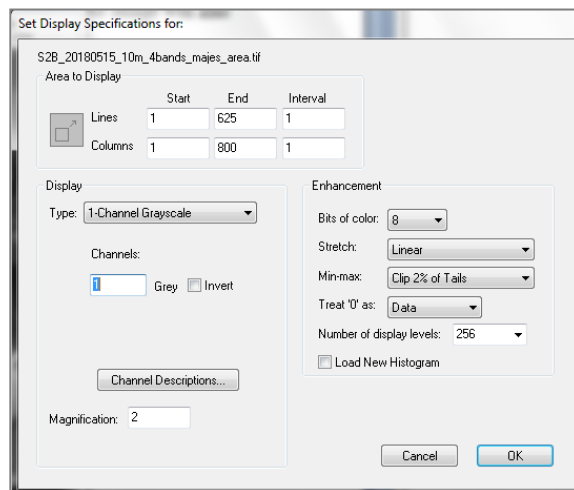
Vuelva a exhibir la imagen con los 3 canales con canales 4, 3, y 2 como rojo, verde y azul.

- 1.8 **Coordine la Vista.** Uno puede también mostrar una “vista coordinada” en la parte superior de la imagen para presentar la localidad del ratón y seleccionar área dentro de la imagen. Para hacer esto, seleccione **Coordinate View** del menú.



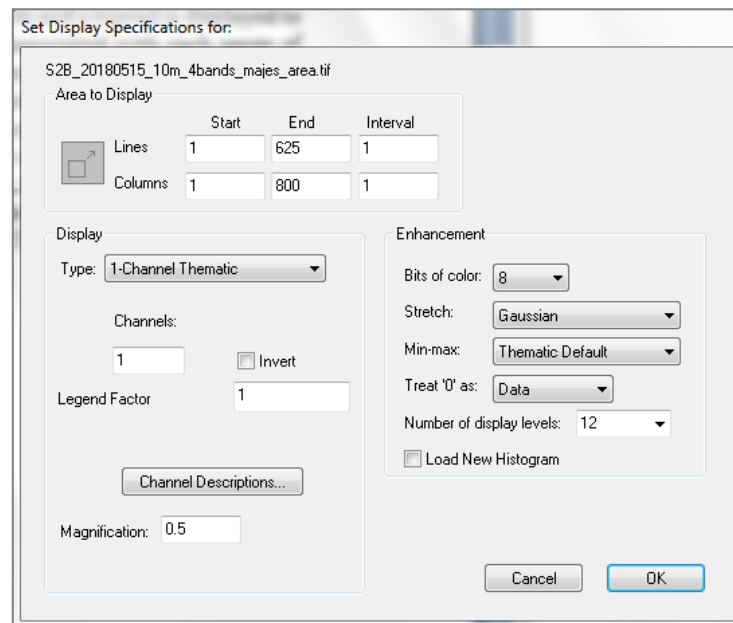
Si la imagen del mapa contiene información de coordenadas, uno puede mostrar las coordenadas como unidades de mapa. Use el menú auxiliar a la izquierda de la vista coordinada para seleccionar unidades de mapa. El área seleccionada puede ser mostrada en número de píxeles o en unidades de hectáreas, etc. utilizando el botón auxiliar a la izquierda de la escala. La escala de la imagen será también mostrada.

- 1.9 El tipo de visualización de Escala de grises de 1 canal es útil para ver los datos de imagen un canal a la vez. Use las teclas de flecha derecha e izquierda para ir al canal siguiente o anterior



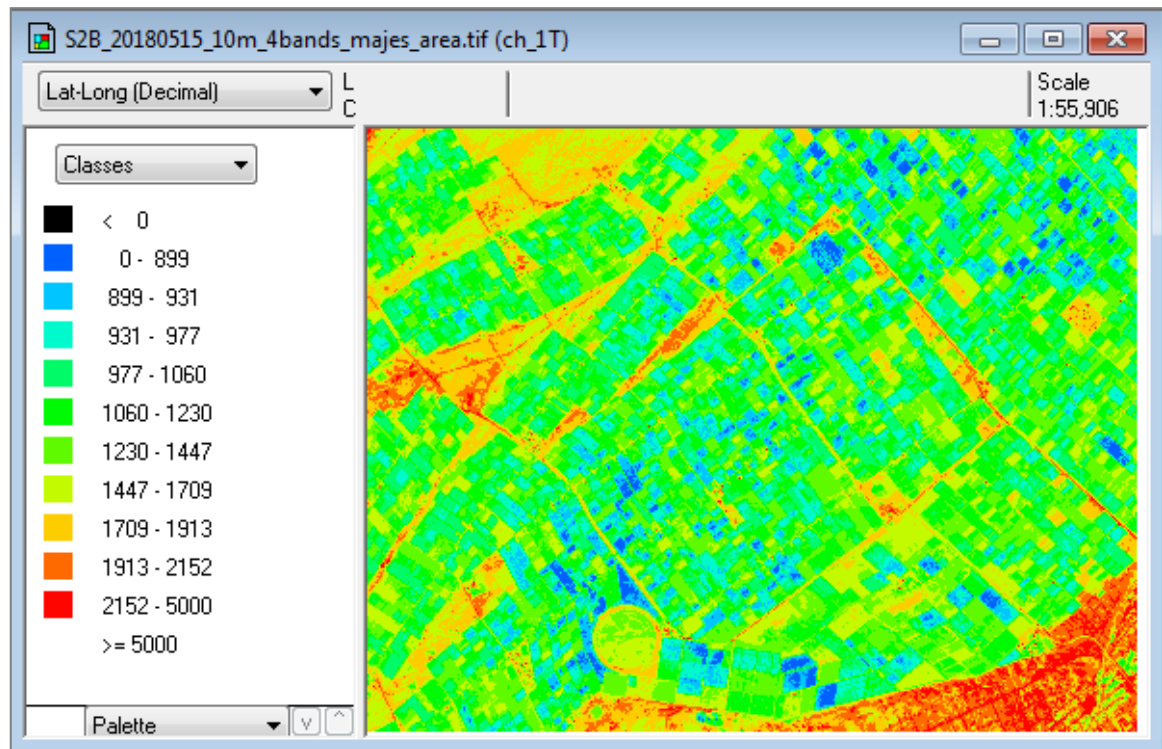
respectivamente.

- 1.10 El canal 1 temático de presentación es útil en mostrar las imágenes tipo “producto” como por ejemplo MODIS NDVI u otra de las muchas formas de los productos MODIS.



Los valores de datos están agrupados en sus respectivos niveles y una leyenda a la izquierda de la imagen indica la paleta de colores asociada con cada rango de datos. (Ver

siguiente ilustración.) Uno puede ingresar un factor para multiplicar los valores de data mostrados en la leyenda, así reflejando los valores de unidad actuales. A veces los valores de datos serán medidas multiplicadas por 100 o 1000. Uno puede utilizar la casilla de min/max específica de usuario para seleccionar los valores mínimos y máximos del rango de datos que serán mostrados. El negro es el color predeterminado para aquellos valores menos del mínimo y el blanco es el color predeterminado para aquellos valores que superen el máximo. (Note: esta característica puede ser considerada como una clasificación supervisada nivel canal 1.)



Uno puede utilizar el reformatear el procesador de archivo de imágenes para crear imágenes temáticas basadas en lo que está expuesto en la ventana de imagen.

Uno puede utilizar la tecla derecha e izquierda para continuar o retroceder de canal (respectivamente) en el Canal Temático- 1 y en el Canal Escala-gris- 1.

Esta página se dejó en blanco intencionalmente



## ❖ Ejercicio 2: Clasificación no supervisada (Análisis de grupos)

**Requisitos: La aplicación MultiSpec y la imagen titulada**

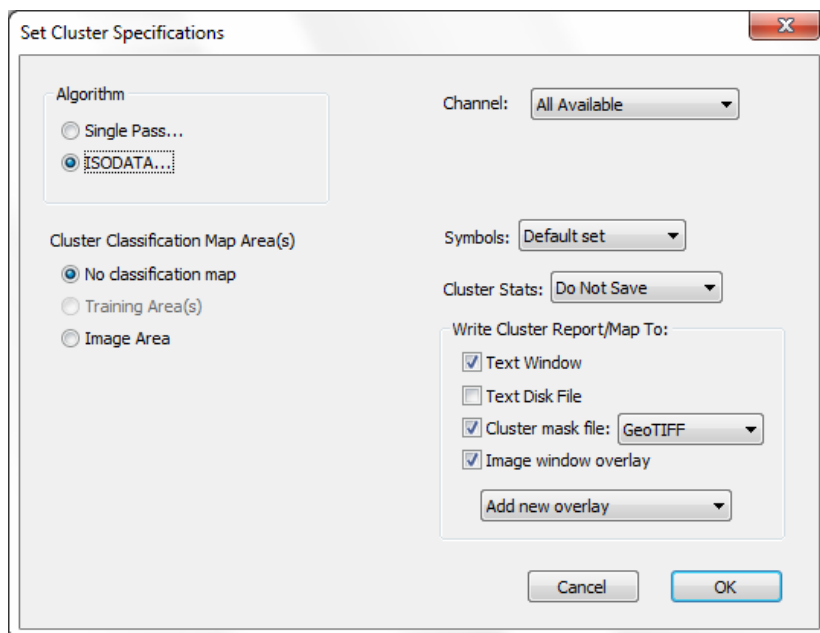
**“S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif”.**

Dos algoritmos de agrupamiento son disponibles en MultiSpec. Son útiles en agrupando píxeles similares de una imagen en forma de clúster o categoría. Algún algoritmo implementado es un simple algoritmo de paso singular. Lo segundo es un tipo iterativo llamado ‘ISODATA.’ Vamos a usar el algoritmo ISODATA para este ejercicio.

Para empezar este ejercicio, asegura que la imagen “ag020522\_DPAC\_cd.lan”, usado para el primer ejercicio, está abierta. También borra cualquier selección en la ventana de imágenes por presionar la tecla de borrado.

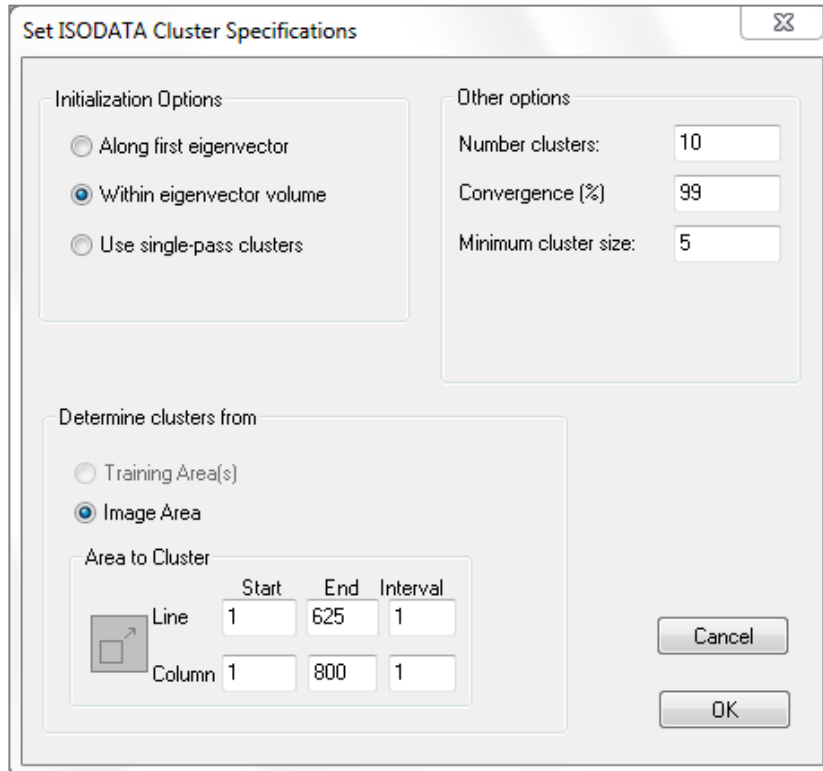
Un análisis de grupos será ejecutado usando el archivo de imagen representado por el activo (más alto) ventana de imagen multiespectral.

- 2.1 Del menú **Processor**, selecciona **Cluster...** para llamar el cuadro de diálogo con especificaciones de agrupamiento. Selecciona “Do Not Save” en el menú emergente “Cluster Stats.” Selecciona “Cluster mask file” y selecciona “Image window overlay” debajo del grupo “Write Cluster Report/Map To.”



Esto causará que un mapa de agrupaciones sea creado como archivo de imagen temática en el disco y mostrado como un mensaje superpuesto en la ventana de imagen multiespectral.

- 2.2 Después selecciona “ISODATA...” Eso causará que el cuadro de diálogo “ISODATA Specifications” sea mostrado. Entra ‘7’ para el número de agrupaciones, entra ‘100’ para el porcentaje de convergencia, y pon los intervalos de línea y columna igual a 1 (si necesario). También verificar que todas las líneas y columnas, y no un subconjunto, estarán usado para la ‘Area to Cluster’, y después selecciona **OK**.



- 2.3 Ahora ha llegado otra vez al cuadro de diálogos “Cluster Specifications.” Selecciona **OK** para cerrar este cuadro de diálogos y empezar la operación de agrupamiento.

Se le pedirá que Ud. entre un nombre para el archivo de mapa de clúster en el disco y un lugar para guardar el archivo. Simplemente usa las predeterminadas por seleccionar **OK** en el cuadro de diálogos “Save Cluster Map.”

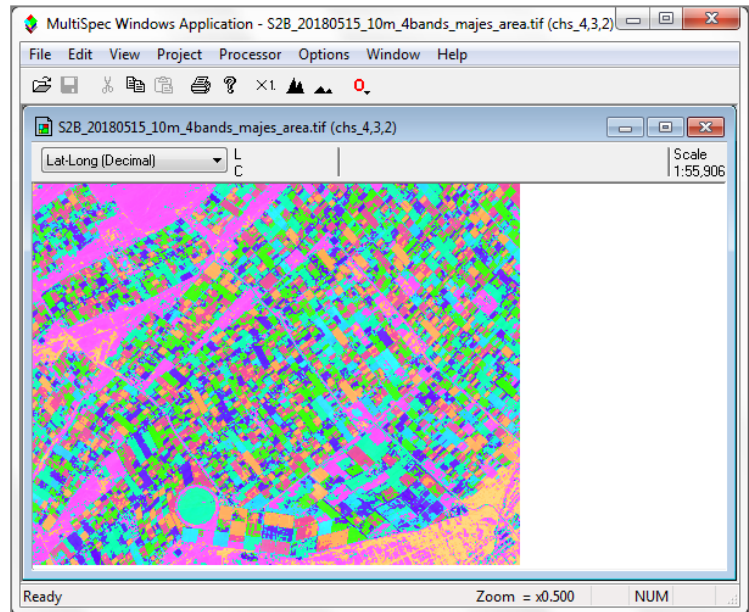
Un mapa de clúster será creado con aproximadamente 7 clases de manera no supervisado. Ud. notará que los colores cambian en la ventana de imagen cuando los píxeles están clasificados durante cada iteración. Después de la iteración final, un archivo de imagen temática, con un mapa de las clases de clúster, será guardado en el disco.

La salida textual de la operación de clúster será al final de la ventana de salida textual. La información incluye los valores medios de cada canal en las agrupaciones de la condición inicial y la condición final. Si la información del mapa sea disponible para la imagen, el área final de cada clúster esta listado en las unidades especificadas de la vista de coordenadas para la ventana de imágenes.

Típicamente la convergencia está fijada a poco menos que 100, para que el proceso no dure demasiado tiempo para completar. Usamos 100 en este ejemplo para proveer una oportunidad de observar los píxeles cambiando clases de clúster, cual ilustra la naturaleza del algoritmo de ISODATA; el proceso debe tomar 10 - 20 segundos.

El mensaje superpuesto del mapa de clúster en la ventana de la imagen multispectral parecerá similar a lo siguiente:

Ud. puede encender o apagar el mensaje superpuesto por usando el botón “Red O” en la barra de herramientas, a la derecha del botón del zoom “small mountain.”

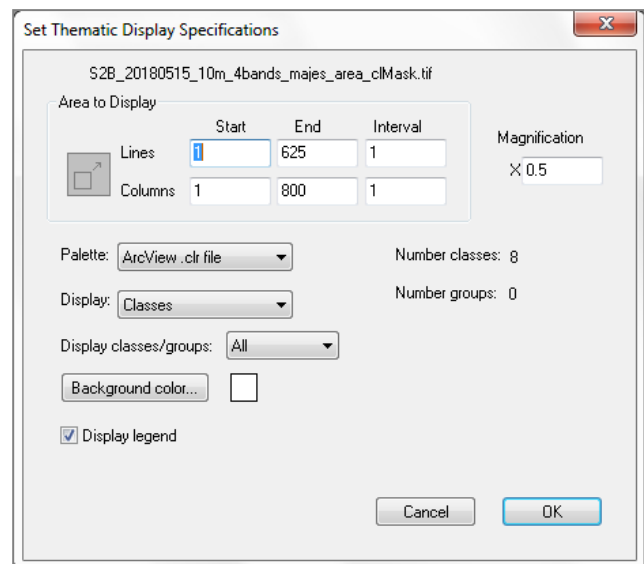


- 2.4 Ahora abre el mapa de clúster en el archivo de imagen temática. Será la misma imagen como en el mensaje superpuesto (arriba), pero tiene Ud. más control sobre las clases de clúster.

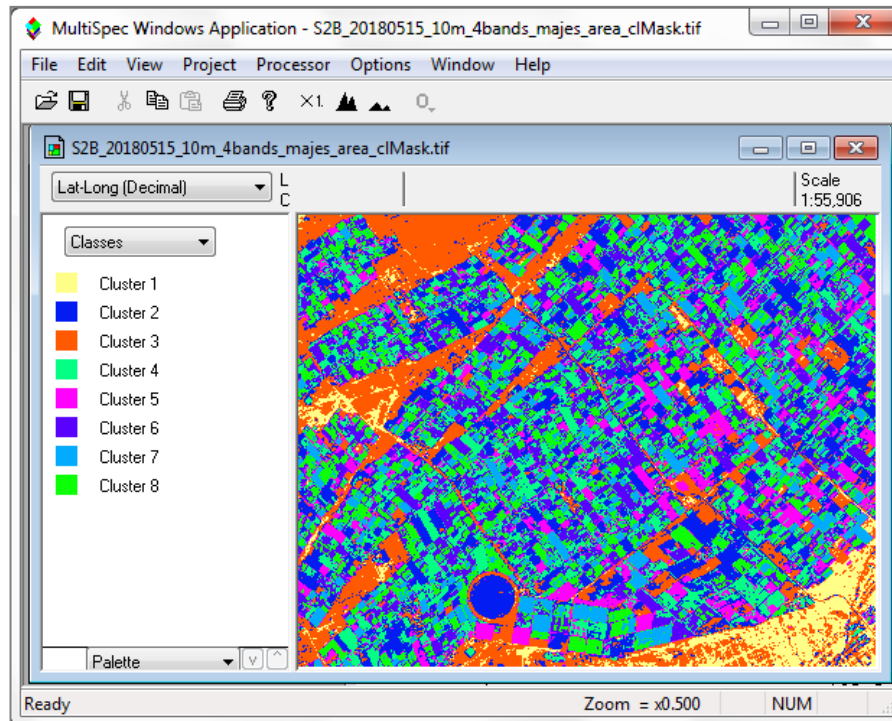
Del menú de **File**, selecciona **Open Image...** para llamar el cuadro de diálogo abierto. Es posible que debería Ud. cambiar el mensaje emergente “Files of type” a “All Files” o “Thematic Files.” Selecciona “S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area\_clMask.tif” y después selecciona **OK**. Ud. debería seleccionar “Thematic” para el mensaje emergente *Files of Type*.

El cuadro de diálogo “Thematic Display Specifications”, a la derecha, estará mostrado.

Puede Ud. proceder con las configuraciones predeterminadas; selecciona “OK” en el cuadro “Display Thematic Image.” Este comando abre una ventana de imagen temática.



2.5 La leyenda de clases de clúster es a la derecha de la ventana de imagen temática debajo.



Compara el mapa de clúster con la imagen de ventana original. Observa las agrupaciones que representan árboles, vegetación escasa o espesa, colores diferentes de tierra, y sombras.

Ud. puede hacer varias cosas para evaluar la imagen. Ud. puede mover el cursor sobre una pieza de color, presiona la tecla mayus (el cursor va a cambiar en ojo abierto) y haciendo clic arriba y abajo con el ratón causará que los colores de esta clase parpadear (alternando entre el blanco y el color). Si Ud. presiona ambas las teclas mayus y control y después haga clic arriba y abajo con el ratón, todas las otras clases van a parpadear. Estos procedimientos son útiles para entender el alcance de las clases en la imagen.

Ud. también puede cambiar la clase de colores por hacer doble clic en la pieza de color.

Ud. puede cambiar los nombres de las clases de agrupaciones por hacer doble clic en el nombre a la derecha de la pieza de color. El listado que consigo de nombres de agrupaciones interpretadas es: tierra ligera, tierra de medio color, combinación de vegetación escasa (las malas hierbas) y tierra oscura, tierra de media oscuridad, vegetación espesa (árboles, trigo, las malas hierbas), árboles sombreados, y espacio en blanco.

2.6 Ud. también puede agrupar las clases de clúster en grupos de información por seleccionar Classes/Groups en el menú emergente arriba de la leyenda. Después arrastrar las clases de clúster en grupos informáticas de categorías diferentes. Otra vez, Ud. puede doble clic en el nombre de grupo para cambiar el nombre. Por ejemplo, uno podría cambiar el aspecto de la imagen temática para representar las clases de información Bare Soil, Sparse Veg/Soil, and Vegetation. El mensaje emergente de la leyenda permite que Ud. muestra las clases (espectrales) del clúster original.

- 2.7 Tenga en cuenta que esta imagen de Sentinel tiene muchas más de 8 clases. Se puede ejecutar el procesador de clúster con 20 o 30 clústeres para obtener una mejor diferenciación de las clases en la escena.

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

### ❖ Ejercicio 3: Clasificación supervisada – Seleccionar campos de formación

#### Requisitos: La aplicación MultiSpec y la imagen titulada

“S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif”.

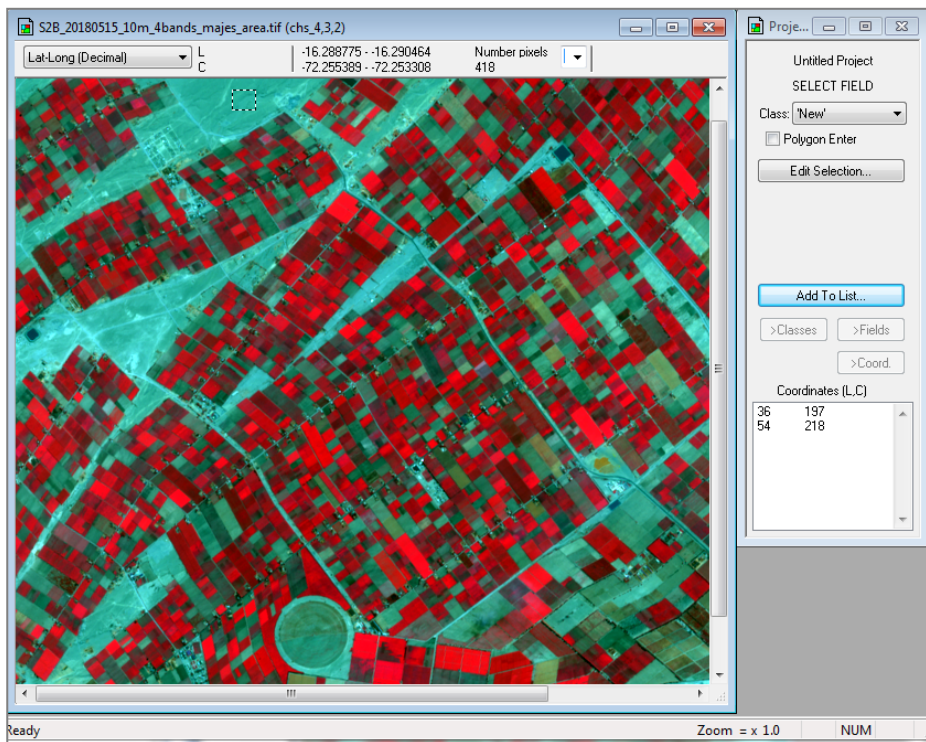
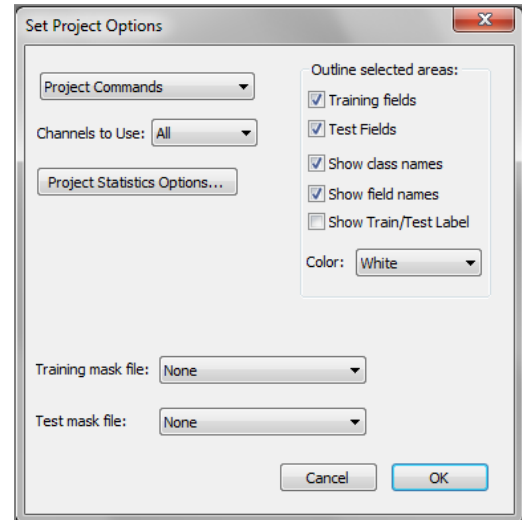
Ud. también puede hacer una clasificación supervisada por seleccionando areas de formación en áreas conocidas.

3.1 Haz este paso solamente si una ventana de proyecto está abierta. Del menú **Window**, selecciona **Project**, y después haz doble clic en la parte superior izquierda para cerrar el proyecto y ventana de proyecto. Uno podría ser creado durante el análisis de grupos.

3.2 Ahora Ud. va a seleccionar campos de formación.

Del menú **Processor** selecciona **Statistics** y selecciona **OK** en el cuadro de diálogos “Set Project Options.” (Las configuraciones predeterminadas para este ejercicio son satisfactorias.)

Una nueva ventana llamada **Project** aparecerá a la derecha de la pantalla que será usado momentáneamente. Para elegir campos de formación de cualquier clase, uno simplemente debe arrastrar un área rectangular en la imagen (o, con la opción del polígono seleccionado, hacer clic en las esquinas del polígono deseado), y después, "Add that field to the list." Así,



*Arrastra de la esquina izquierda superior a la esquina derecha inferior del campo de formación “Tree” en la ventana de imagen. Si, a la vista, no prefiere Ud. los bordes producidos, es posible repetir el proceso inmediatamente.*

*Advertencia: Un error frecuentemente cometido es seleccionar áreas de formación muy cerca de los bordes de un campo. Uno debe evitar los bordes por, como mínimo, dos píxeles para reducir la probabilidad de efectos de borde.*

Advierte que en la **Project dialog box**, las coordenadas (números de fila y columna), de la esquina izquierda superior y derecha inferior del área seleccionado, aparecen en la caja cerca del parte inferior. Ahora,

- 3.3 Selecciona el botón **Add to list**. Un cuadro de diálogo aparecerá para permitir que uno nombra la clase y da al campo una designación especial, según lo deseado. Así, teclear **CoverA** (CoberturaA) en la caja Class Name y selecciona **OK**.

Advierte que uno puede designar la área seleccionado como un área de formación o de examinación.

- 3.4 Dado que hay solamente un campo de formación para esta clase, estamos preparados para seleccionar la formación de la segunda clase de formación. Así, en seguida,

*Arrastra a través del segundo campo de formación en la Image Window, incluido debajo, para Cover B (CoberturaB).*

Selecciona el botón **Add to list** en la ventana **Project**.

Selecciona las áreas de formación para el resto de las seis clases – Cover C, D, E, F, and G (Cobertura C, D, E, F y G).

**Define Class and/or Field Description**

Class: 'New' ▼

Enter Class Name:  
Cover A  
Number train pixels in class: 418

Enter Field Identifier:  
Field 1  
Number pixels: 418

AreaType

Training Field

Test Field

Cancel

OK





La ventana de proyecto puede tener cuatro modos diferentes – el modo Select training field, el modo Class list, el modo Field list y el modo Coordinate list. Los modos son controlados por cuatro botones arriba de la caja de listado, en la parte inferior de la ventana de proyecto. El botón “>Select” causa que la ventana de proyecto sea en el modo de selección. El botón “>Classes” causa que las clases de proyecto sean mostradas. El botón “>Fields” causa que los campos en la clase elegida sean mostrados. El botón “>Coord.” causa que las coordenadas del campo seleccionado sean mostradas.

Uno puede borrar una clase por seleccionando la clase en el listado de clases, y después seleccionando “Cut Class” en el menú Edit. Uno también puede hacer lo mismo para borrar un campo específico.

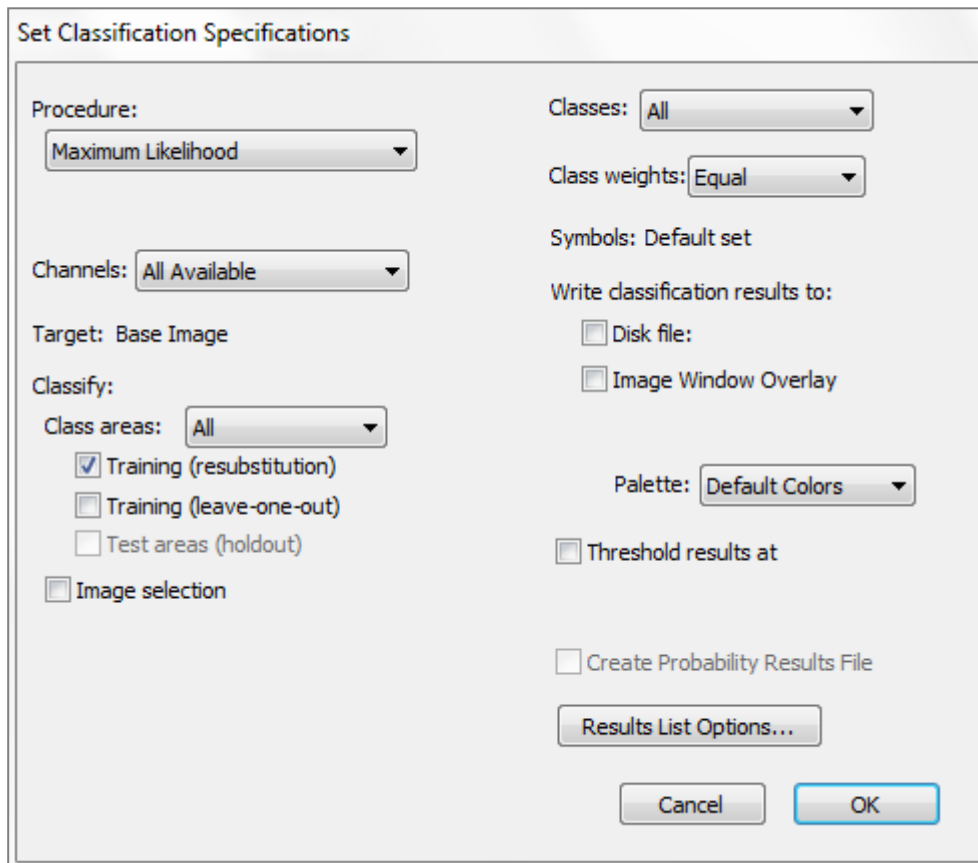
Uno también puede usar campos poligonales para definir clases de formación. Para hacer esto, selecciona el checkbox “Polygon Enter” en la ventana de proyecto cuando en el modo Select. Haz clic en la ventana de imagen para definir cada esquina del polígono. Haz doble clic en la punta última. Para desactivar la selección de polígonos, simplemente elegir la checkbox “Polygon Enter” para anular la selección.

Adviértase que el paso de agrupamiento descrito en Ejercicio 2 puede ser útil en el paso de formación de clasificadores, para determinar cuántas clases podrían ser separables dentro de un dado conjunto de datos, y donde definir las áreas de formación tal que las características espectrales de los píxeles sean similares.

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

#### ❖ Ejercicio 4: Clasificación

- 4.1 Desde el menú del **Processor**, seleccione Ud **Classify**. En la caja diálogo (**Set Classification Specifications**) que aparece, note que el procedimiento del defecto (o algoritmo) es “**Maximum Likelihood**”. Varios elecciones están disponibles, pero utilizaremos el defecto por ahora. Seleccione Ud el  $\surd$  cerca de “**Image Selection**” debajo **Classify** para deseleccionar la caja ya que, durante este paso, hay un deseo clasificar solos los campos adiestramientos para obtener una estimación inicial de la calidad de la definición y adiestramiento de la clase.



Note Ud que debajo “**Write classification results to:**” Alguien también puede Ud seleccionar el botón “**Disk File**” y causa una versión del archivo del disco del resultados que ser escrito.

Ya que las otras opciones defectas son satisfactorias, seleccione Ud **OK** y después, **Update** a la caja diálogo “**Update Project Statistics**” para empezar la clasificación.

La clasificación estará complete momentáneamente.

- 4.2 Desde el menú “**Window**”, seleccione Ud **Text Output**, para traer la ventana del texto hacia Adelante y hacerla activa, ya que contiene los resultados clasificaciones. La tabla “**TRAINING CLASS PERFORMANCE (Resubstitution Method)**” tabulata como los píxeles de cada campo y clase estuvieron clasificada. Note Ud la tabla del ejemplo debajo. Debería ser casi 100% precisión en los campos adiestramientos. Si el “**Reference Accuracy**” (Precisión de Referencia) es particularmente bajo (posiblement menos que

50%) por una clase, entonces los píxeles adiestramientos por esta clase debe ser reexaminado y nuevos píxeles adiestramientos debe ser seleccionado.

## Classification of Training Fields

## TRAINING CLASS PERFORMANCE (Resubstitution Method)

Project	Reference	Number of Samples in Class									
		Class Name	Class Number	Accuracy+Number (%)	1 Samples	2 Cover A	3 Cover B	4 Cover C	5 Cover D	6 Cover E	7 Cover F
Cover A	1	99.8	418	417	1	0	0	0	0	0	0
Cover B	2	91.9	594	0	546	0	0	0	0	48	0
Cover C	3	98.6	140	0	0	138	0	0	0	0	2
Cover D	4	100.0	140	0	0	0	140	0	0	0	0
Cover E	5	100.0	56	0	0	0	0	56	0	0	0
Cover F	6	100.0	54	0	0	0	0	0	0	54	0
Cover G	7	100.0	36	0	0	0	0	0	0	0	36
TOTAL			1438	417	547	138	140	56	102	38	
Reliability Accuracy (%)*				100.0	99.8	100.0	100.0	100.0	52.9	94.7	

OVERALL CLASS PERFORMANCE (1387 / 1438) = 96.5%

Kappa Statistic (X100) = 95.2%. Kappa Variance = 0.000044.

+ (100 - percent omission error); also called producer's accuracy.

\* (100 - percent commission error); also called user's accuracy.

Puede Ud tartar otros procedimientos clasificadores compartir resultados de los rendimientos de la clase adiestramienta. Recuerde Ud que los procedimientos de la clase adiestramienta es una estimación parcial de exactitud. Áreas de pruebas independientes estarán un estimación mayor de exactitud clasificación.

#### 4.3 Asumiendo resultados satisfactorios, estámos listos clasificar todo la area. Desde el menú **Processor**, seleccione Ud **Classify**...

- Debajo **Areas to Classify**, deseccione Ud **Training (resubstitution)** por seleccionado el  al lado de **Training (resubstitution)**, y,

- Seleccione Ud **Image Selection**. Tenga cuidado que todo la área de la imagen debe estar clasificada (líneas 1-625 y columnas 1-800). Seleccione el botón cuadrado, si está activado, a la izquierda de líneas y columnas, para forzar todas las líneas y columnas en la imagen estar usado.

- También, seleccione Ud **Disk File** debajo de **Write classification results to:** para que el archivo de disco estará creado para usarlo en el futuro.

- También, puede Ud seleccionar **Image Window Overlay** para causar la clasificación estar desplegada como una transparencia sobre la ventana de imagen multiespectral si lo quiere Ud.

- También, seleccione Ud la casilla de verificación de **Create Probability Results File** para que una mapa de probabilidad de clasificación estará guardada a un archivo del disco.

- Seleccione Ud **OK**.

- Seleccione Ud **Save** en la caja diálogo que siga con el nombre del archive por los resultados. Usarámos el nombre y locación defecto por el archive de la salida de clasificación y por el archivo de la mapa probabilidad.

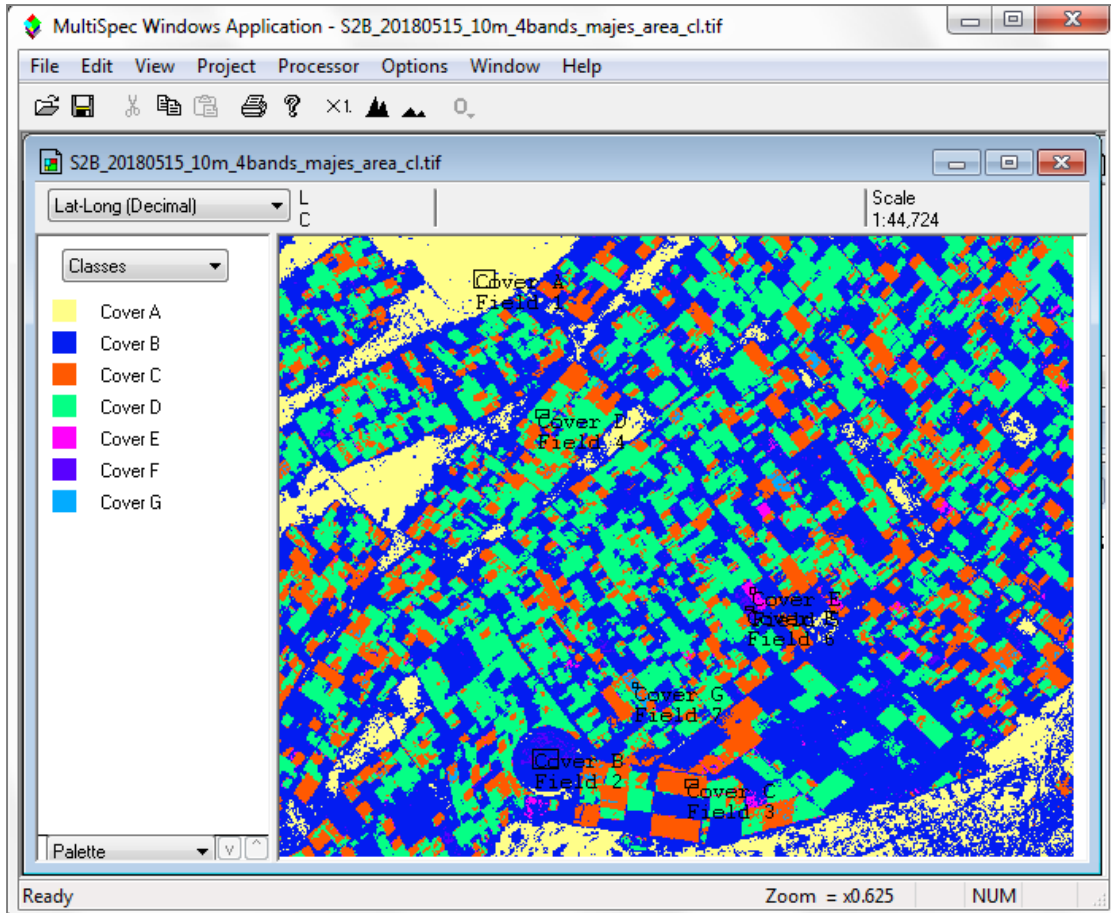
Cuando la clasificación está terminada, puede ver un resumen de los resultados en la ventana del texto.

- 4.4 Guarde Ud. el Proyecto usando el menu ítem de **File→Save Project**. Estará Ud presentado una caja dialóga para entrar el nombre (o usa el nombre defecto). Las áreas de pruebas y adiestramientos que seleccionó Ud estarán guardados. Puede Ud abrir el archive en el future para continuar el análisis.

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

### ❖ Ejercicio 5: Para Ver la Mapa de Clasificación.

- 5.1 Ahorita, abra Ud el imagen clasificado llamado “S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area\_cl.tif”. Debe aparecer como el imagen debajo. Este es un imagen del tipo “Thematic” (Temático).



- 5.2 Después de mostrado el imagen clasificado llamado “S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area\_cl.tif”, desde el menú de Proyecto (**Project**), seleccione Ud **Add as Associated Image** para causar los esbozos del campo adiestramiento estar demacrado en el imagen. Puede Ud cambiar el color del esbozo del campo a negro usando el ítem de menú de **Processor->Statistics...** y seleccionado “Black” en el element emergente del color llamado “Black” debajo el grupo de “Outline selected areas:”.

Hay algas cosas que alguien puede hacer evaluar los resultados. Puede Ud mover el cursor sobre una astilla del color, mantenga Ud apretado la tecla shift (cursor cambiará a un ojo abierto) y haga Ud clic en el botón de ratón izquierdo abajo y arriba para causar los colores de esta clase parpadear encendido y apagado (alterne Ud entre blanco y el color). Si mantiene Ud apretado los botones de Shift y Ctrl y después hace Ud clic en el botón de ratón izquierdo abajo y arriba, entonces todos los otros clases parpadearán encendido y apagado. Estos procedimientos están útiles en entiendo el punto de los clases en el imagen y determinar donde están los errores clasificaciones. Possiblemente necesite Ud cambiar

los campos adiestramientos o agregar otras clases si aparece confusión entre las categorías que desea Ud identificar.

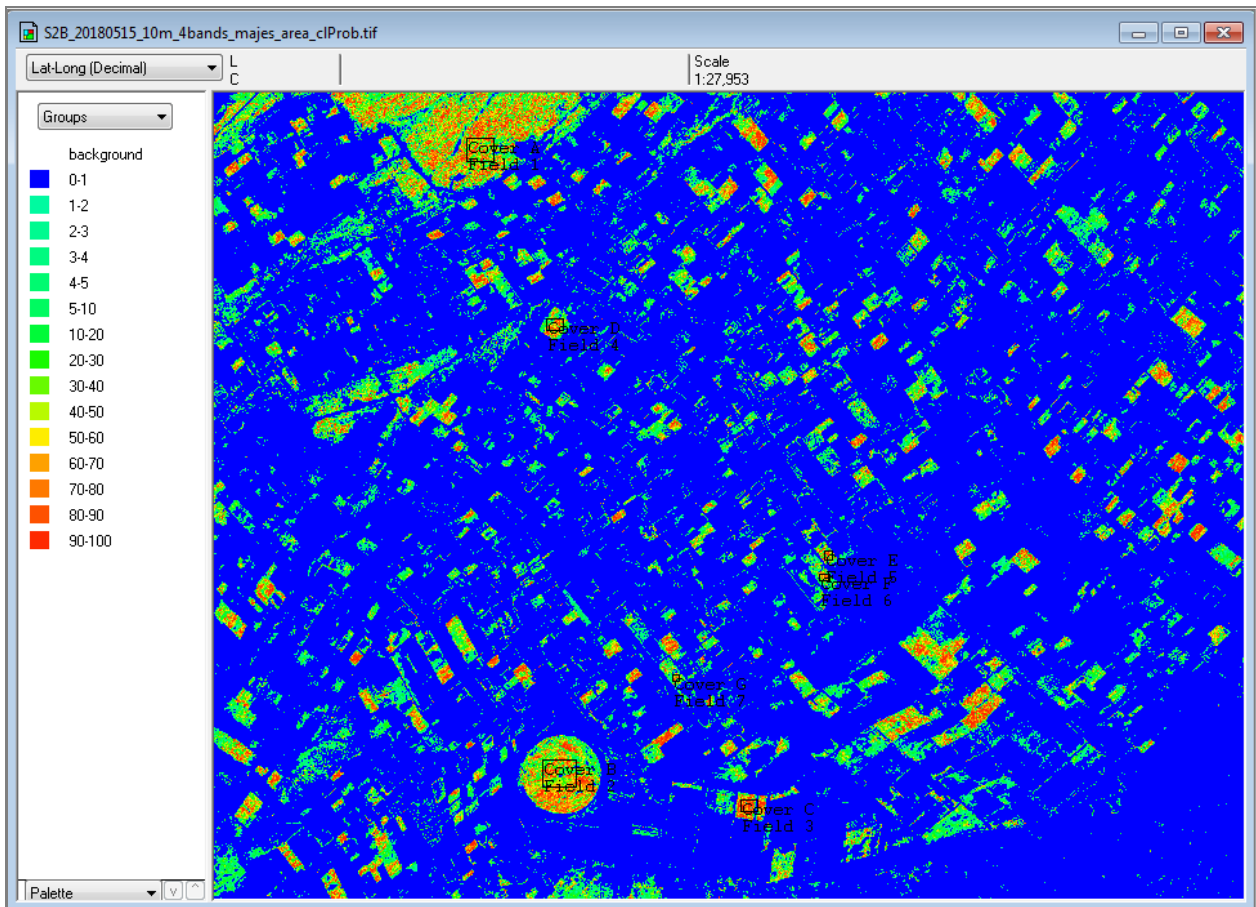
También puede Ud cambiar el color de clase al hacer doble clic en la astilla de color como en la sección del grupo.



### ❖ Ejercicio 6: Mapa de Clasificación de Probabilidad.

Puede Ud ver la mapa de clasificación de probabilidad evaluar que partes del imagen tienen probabilidades más abajo y arriba estar clasificado correctamente. Puede haber otros clases en el imagen que nuestros campos adiestramientos no pueden estar representado suficientemente.

6.1 Abre Ud la mapa de probabilidad llamado "S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area\_clProb.tif". Entoences, del menú **Project**, seleccione Ud **Add as Associated Image** para causar los esquemas del campo adiestramiento estar dibujado en el imagen. Debe aparecer como el imagen debajo. Es un tipo de imagen llamdo "Thematic" (tematico).



Los colores amarillo a rojo representan una probabilidad arriba estar corecta. Los pixeles son muy cercas de nuestros pixeles adiestramientos para la clase clasificada. Verde oscuro a azules representan una probabilidad más baja estar corecta. Estos pixeles son muy lejos de los pixeles adiestramientos de todas las clases. El imagen clasificado todavía puede representar el área suficientemente para nuestros propósitos. Para nuestra clasificación, probablemente podemos un trabajo mayor de seperado los malas hierbas escasos del trigo. Probablemente hay más de séis clases que seleccionámos que puede estar separado exitosamente.

Esta página se dejó en blanco intencionalmente

## ❖ Ejercicio 7: Combinando archivos de imágenes separadas en un solo archivo de imagen Multispectral

### Requerimientos: La aplicación MultiSpec y las imágenes que se llaman “LE7\_20000606\_Indy\_sub\_Bn.tif”

Uno puede usar la capacidad de “Logically Linking” en Multispec para enlazar varios archivos de imágenes a la vez, y que estos sean tratados como un único archivo en una nueva ventana de imagen y/o crear un nuevo archivo de imagen que incorpore todas las imágenes separadas. Por ejemplo, muchas veces se reciben imágenes Landsat desde EROS (Centro para la descarga electrónica) que contiene un archivo por cada una de las bandas 7(TM), 8 (ETM+), o 10 (LC8). Este ejercicio va a ilustrar como hacer esto.

Empezando con la versión 2013.03.14 de Multispec, existe una nueva propuesta para combinar archivos de imágenes separadas en menos pasos. La selección múltiple (la más fácil) de las propuestas se describe en la sección 7.1. La segunda propuesta es individual y se describe en la sección 7.2.

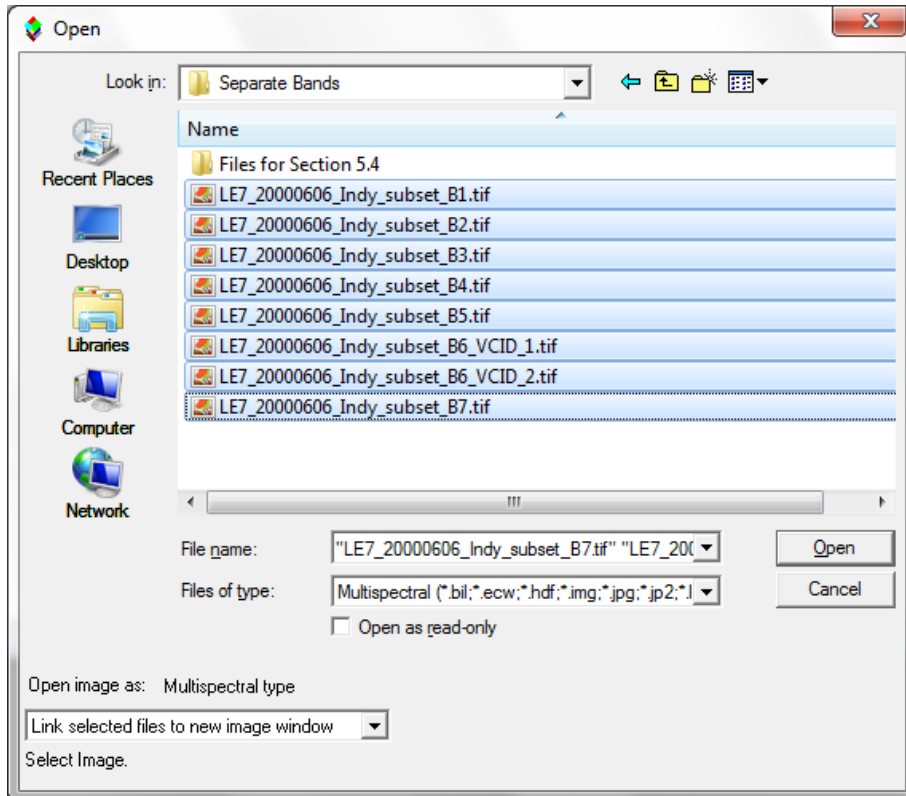
La sección 7.3 describe como crear un único archivo de imagen que incluye las selecciones de imágenes individuales.

Por favor, vaya a la sección 7.4 si no todos los archivos de imágenes van a ser vinculados en la misma resolución espacial. Este podría ser el caso de bandas termales Landsat. Aunque actualmente, la mayoría de los archivos de datos de imágenes en Landsat que se descargan desde EROS han sido re-muestreadas a la resolución espacial de la muestra, así como para los de datos reflexivos.

NOTA: También es posible juntar muchas imágenes para representar datos multi-temporales desde la misma localización, siempre y cuando los números de línea y columna para la ubicación de los píxeles al nivel de la tierra en las imágenes en archivos separados cada una de las veces hayan sido hechos para corresponder los unos con los otros.

Ejemplos adicionales que muestran como vincular archivos automáticamente en formato HDF o HDF5 con datos ASTER y archivos en un formato más viejo de Landsat 7 llamado FAST-L7A se encuentran en el tutorial 5 en la página web de MultiSpec en: <https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/tutorials.html>.

- 7.1 Propuesta de selección múltiple: Para esta propuesta se deben seleccionar todas las imágenes que van a ser vinculadas al tiempo en la ventana de dialogo que aparece en Open Image antes de seleccionar el botón **Open**.
- 7.1.1 Seleccionar: **File->Open Image...** menu item. Después, se seleccionan las imágenes que van a ser vinculadas como se muestra en la figura de abajo.

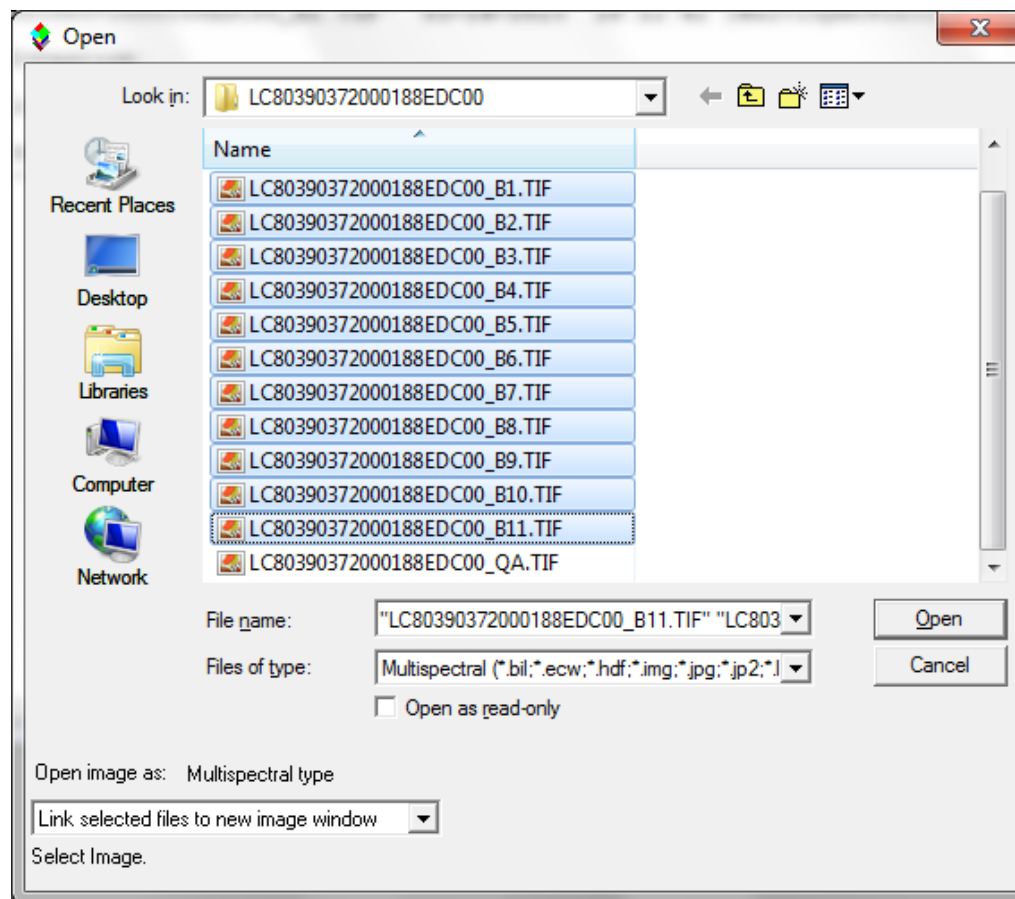


Tenga en cuenta que cuando se selecciona más de un archivo el menú de la opción de Link en la parte izquierda baja va a ser por default “Link selected files to new image window”, lo que significa: Vincular los archivos seleccionados en una nueva ventana de imagen. Después selección el botón Open. La ventana de dialogo para “Display Multispectral Image” se va a presentar para permitir que se pueda mostrar la imagen que representan los archivos de imágenes que fueron vinculados.

NOTA: MultiSpec va a ordenar los archivos de imágenes de Landsat en orden de longitud de onda. Vea la sección 7.2 si usted desea que las bandas sean ordenadas de una forma diferente.

- 7.1.2 Uno puede ahora mostrar la imagen (Display Image), crear un histograma (Histogram), una lista de datos (List Data), las componentes principales (Principal Components) y cambiar el formato de las imágenes procesadas en el “logically linked”. Uno no puede usar la imagen creada por el “Logically linked” como base para un proyecto (Ver la sección 7.3 para el procedimiento para hacer esto).

7.1.3 A continuación, se incluye un ejemplo de una selección de datos de Landsat 8.

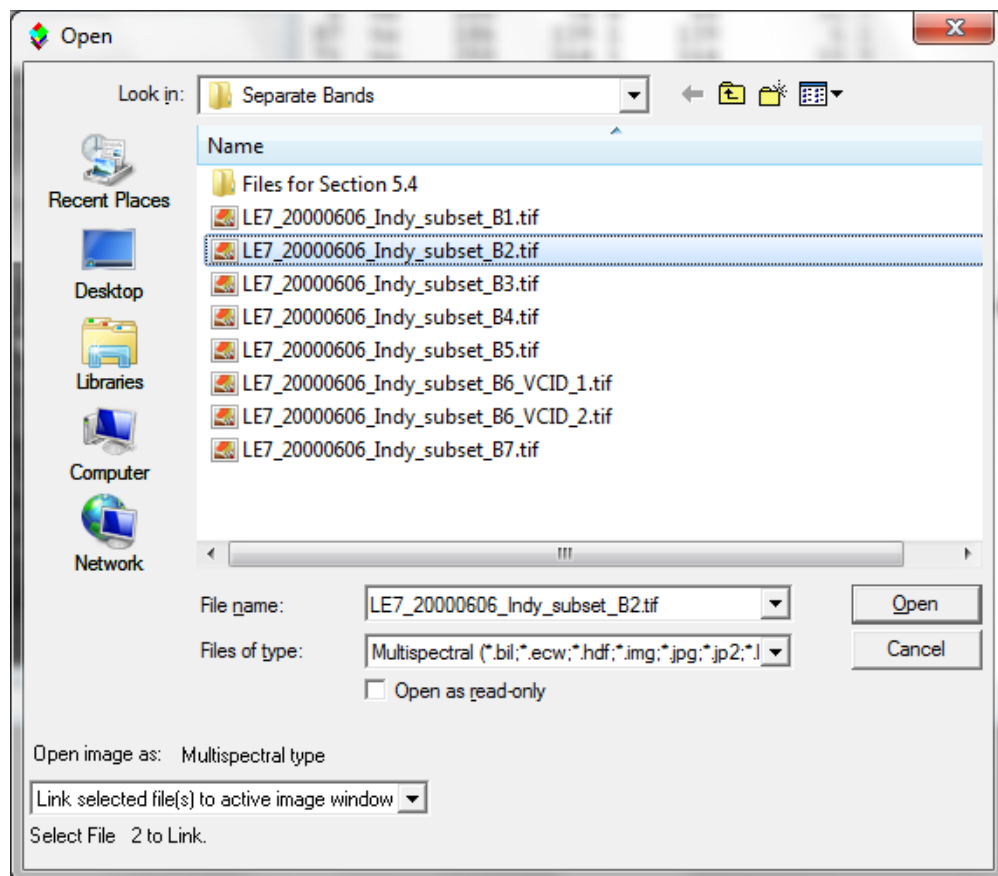


La banda pancromática (numero 8) será ignorada, debido a que tiene un numero diferente de líneas y columnas respecto a la numero 1.

7.1.4 Reglas adicionales y limitaciones en la “selección múltiple” usando Logically Linking son:

- Uno solo puede vincular imágenes que han sido usadas como tipo multispectral en Windows.
- Cualquier archivo de imagen en una selección múltiple que contenga diferente número de líneas y de columnas que la primera imagen seleccionada, será ignorado. Un mensaje mostrando este afecto será listado en la ventana de texto de la salida (Output).
- Los archivos de imágenes separadas podrían contener un numero diferente de bytes de datos, un numero diferente de canal y ellos pueden ser una mixtura de formatos de band interleaved by line (BIL) y band sequential (BSQ). (Tenga en cuenta que los formatos BIS (band interleaved by sample) o BIP (band interleaved by pixel) no pueden ser usados en los archivos de imágenes Logically linked. Se necesita cambiar el formato de archivo BIS a BIL o BSQ primero)
- Cualquier archivo de forma en la selección múltiple será ignorado.
- El límite de numero de archivos en la selección múltiple es 500.

- 7.2 Propuesta de selección única: Esta propuesta consiste en seleccionar imágenes que vas a ser vinculadas una a una dentro de la ventana de dialogo Open Image File. Es conveniente si uno necesita vincular archivos de imágenes en un orden diferente al que se encuentran listados en la ventana de dialogo o en la forma que MultiSpec ordena los archivos de datos Landsat que son descargados desde el centro EROS estándar. (MultiSpec ordena los archivos de imágenes en orden respecto a la longitud de onda.)
- 7.2.1 Abrir la imagen multiespectral como se haría normalmente usando el menú **File->Open Image...** La ventana de dialogo “Display Multispectral Image” se presentará para permitir mostrar la imagen seleccionada. Uno debe mostrar la imagen o simplemente cancelar la ventana de dialogo. Una ventana con una imagen multiespectral en blanco se presentará a continuación. Esta se convertirá en la imagen “activa”, que representa la primera imagen que será usada en los próximos pasos.
- 7.2.2 Para vincular una imagen adicional del disco a la imagen activa, use el siguiente menú de nuevo **File->Open Image...** Cambie el menú desplegable en la parte izquierda baja de la ventana de dialogo. De “Do not link” a “Link selected file(s) to active image window”. Después, seleccione la segunda imagen (tal como se hizo con la segunda banda que se ilustra en la figura de abajo) a ser vinculada a la ventana de imagen activa.

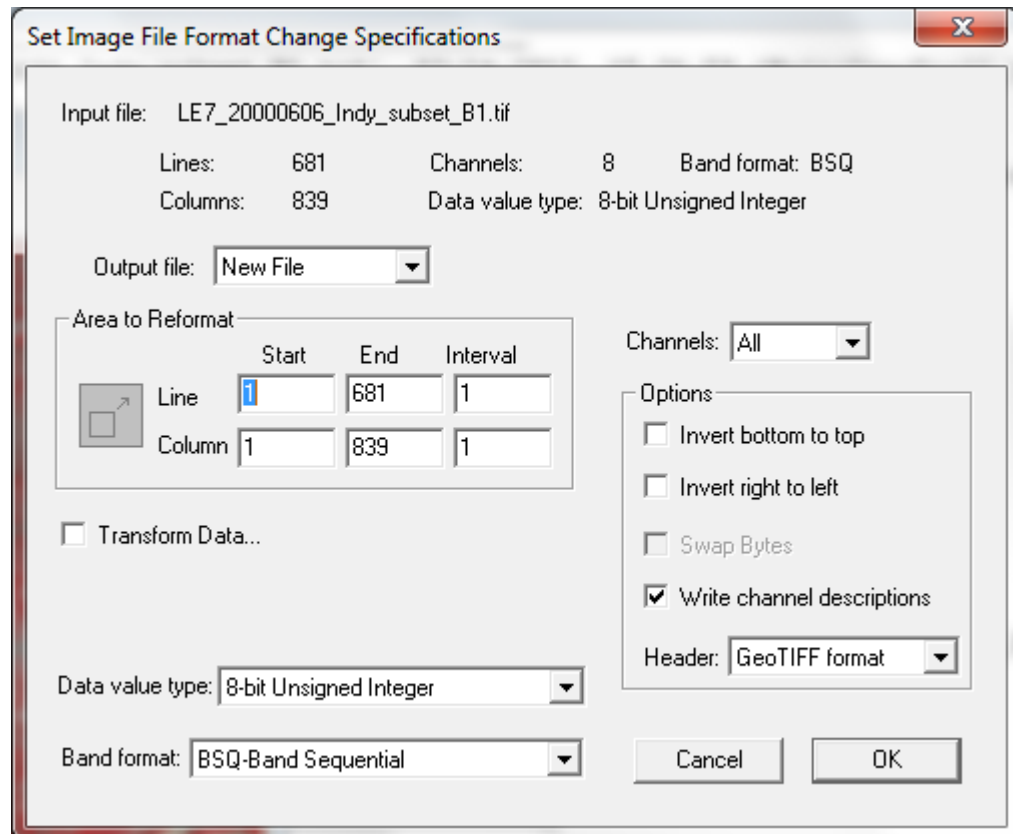


Siempre y cuando Cancel no sea seleccionado, la ventana de dialogo Open Image será automáticamente mostrada para permitir al usuario vincular archivos de imágenes

adicionales a la ventana de imagen activa. El título para la imagen abierta en la ventana de dialogo va a indicar en número de archivos que van a ser vinculados bajo la selección realizada. También, el nombre de la ventana de imagen será precedida por ‘Ln-’ donde n es el número de archivos que están siendo vinculados en la ventana de imagen.

- 7.2.3 Seleccione ‘Cancel’ después de que todas las imágenes que usted desee hayan sido vinculadas. Tenga en cuenta que se deben vincular las imágenes en el mismo orden que usted quiere que los canales sean tratados. Por ejemplo, muchas veces los datos de Landsat TM están ordenados de acuerdo con las bandas de la 1 a la 7. Sin embargo, si usted quiere que sus canales estén en orden de acuerdo con la longitud de onda, entonces debe seleccionarlos en orden las bandas 1,2,3,4,5,7,6 por ejemplo 1,2,3,4,5,7,6\_ VCID\_1, 6\_ VCID\_2.
- 7.2.4 Después de unir los archivos uno puede ahora mostrar la imagen (Display Image), crear un histograma (Histogram), una lista de datos (List Data), las componentes principales (Principal Components) y cambiar el formato de las imágenes procesadas en el “logically linked”. Uno no puede usar la imagen creada por el “Logically linked” como base para un proyecto (Ver la sección 7.3 para el procedimiento para hacer esto).
- 7.2.5 Reglas adicionales y limitaciones usando Logically Linking son:
- Uno solo puede vincular imágenes que han sido usadas como tipo multispectral en Windows.
  - Archivos de imágenes que pueden ser vinculados pueden contener diferente número de líneas y columnas. La imagen resultante de la vinculación va a contener un número más mayor de líneas y de columnas que incluya la unión de esos archivos de imagen separados en el disco. También, los archivos de imágenes separadas podrían contener un número diferente de bytes de datos, un numero diferente de canal y ellos pueden ser una mixtura de formatos de band interleaved by line (BIL) y band sequential (BSQ). (Tenga en cuenta que los formatos BIS (band interleaved by sample) o BIP (band interleaved by pixel) no pueden ser usados en los archivos de imágenes Logically linked. Se necesita cambiar el formato de archivo BIS a BIL o BSQ primero)
  - Todos los archivos de imagen se superpondrán al comenzar con la primera línea y la primera columna en el archivo del disco. No se ha proporcionado ninguna disposición para superponer los archivos de imagen utilizando diferentes desplazamientos de líneas y columnas o por latitud / longitud.

- 7.3 **Combinando archivos en un Único nuevo archivo. Combining:** Use el menú **Reformat->Change Image File Format...** para crear un nuevo archivo en el disco que contenga todos los canales incluidos en las imágenes “logically linked”. Las opciones por defecto son usualmente suficientes para que usted pueda cambiarlo como lo desee. Si la información proyectada en el mapa es conocida por la imagen e incluye las imágenes de entrada, el formato GeoTIFF es una buena opción de Header para mantener la información en el nuevo archivo de imagen.



Después de Seleccionar “OK”, usted tendrá la oportunidad de llamar su archive antes de que sea creado con un nombre por defecto. Este nuevo archivo puede ser usado como una imagen base para un proyecto.

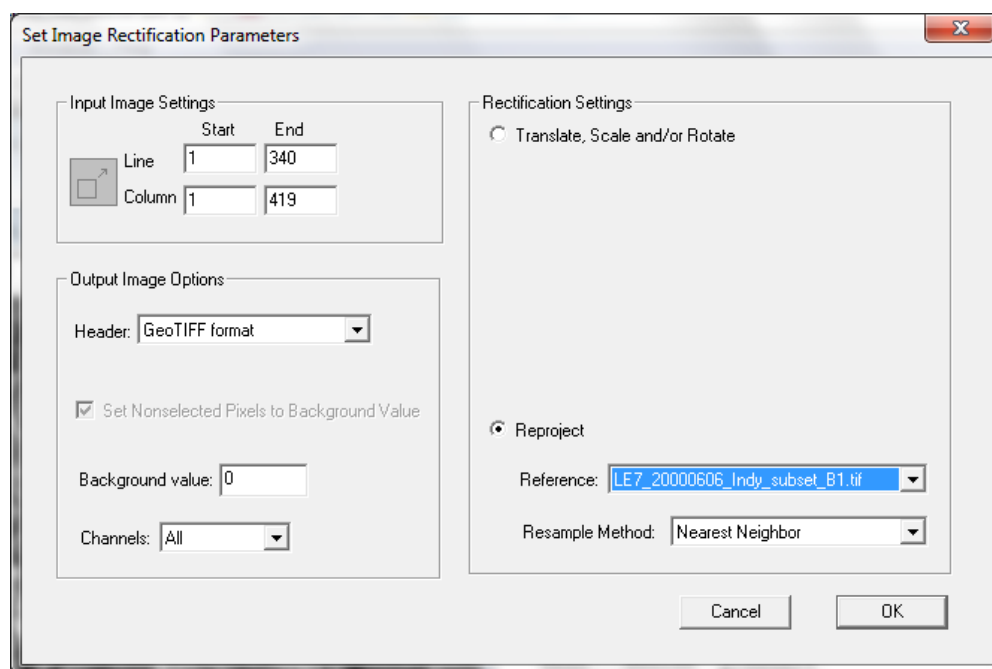


7.4 **Manejo de diferentes resoluciones espaciales:** El canal térmico para muchos de los antiguos datos de Landsat, podría tener un muestreo espacial diferente que para los canales reflectivos. Uno no puede vincular los canales térmicos sin crear primero un nuevo archivo de imagen térmico que tenga el mismo muestreo espacial que para los canales reflectivos. Uno puede hacer esto con unos cuantos pasos de más usando el menú **Processor**→**Reformat**→**Rectify Image...** en MultiSpec. Los siguientes pasos son específicamente para datos térmicos de Landsat 7. Ellos pueden ser modificados por otros tipos de imágenes.

- Abra la banda 1 (LE7\_20000606\_Indy\_subset\_B1.tif) desde el conjunto de imágenes multiespectrales que serán vinculadas usando el menú **File**→**Open Image...** La ventana de dialogo “Display Multispectral Image” aparecerá para permitirle mostrar la imagen seleccionada. Usted debe mostrar la imagen o solamente dar Cancel en la ventana de dialogo. Una imagen multiespectral en blanco se mostrará a continuaciones.

- Abra la primera banda térmica (LE7\_20000606\_Indy\_subset\_B61.tif).

-Asegúrese de la la Ventana de imagen para el canal termino esta activa y después seleccione el menú **Processor**→**Reformat**→**Rectify image...** Seleccione “Reproject” en el grupo de Rectification Settings en la ventana “Set Image Rectification Parameters” como se muestra en la figura de abajo. También verifique que la imagen “LE7\_20000606\_Indy\_subset\_B1.tif” es la de referencia.



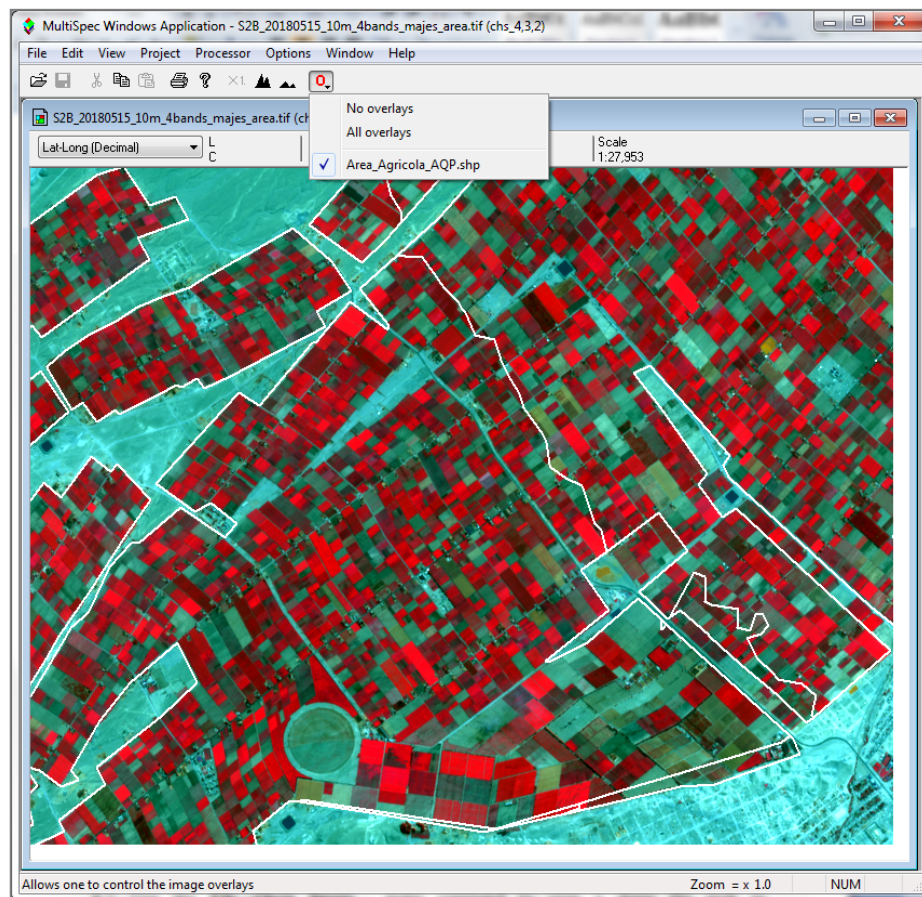
- Seleccione OK y entre el nombre de la nueva rectificada imagen térmica (LE7\_20000606\_Indy\_subset\_B61\_30m.tif). Una nueva imagen térmica se creará tal que contenga el valor térmico que encaja con la localización de cada pixel en la imagen de referencia usando el vecino más cercano como el esquema de muestreo.

- Cierre la primera Ventana de imagen termal y abra la segunda banda termal (LE7\_20000606\_Indy\_subset\_B62.tif). Siga el mismo procedimiento que uso arriba para crear "LE7\_20000606\_Indy\_subset\_B62\_30m.tif".

**❖ Ejercicio 8: Superponiendo archivos de forma en la ventana de imágenes.****Requerimientos: Aplicación MultiSpec, imagen titulada****“S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif” & Area\_Agricola\_AQP.shp.**

Uno puede abrir los archivos de forma de ArcView (siempre y cuando una ventana de imagen sea abierta primero). Un menú desplegable va a aparecer en la parte baja izquierda de la Ventana de Imagen Macintosh para permitir la activación y desactivación de la visualización de las superposiciones de archivos de formas. El menú desplegable para la versión de Windows se encuentra al lado de el botón de zoom en la barra de herramientas. Los archivos de forma solo serán añadidos a la ventana activa de imagen.

La imagen S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif se ha provisto con muchos más archivos de forma que se encuentran en la carpeta Shape\_Files para permitir que usted pueda practicar el trabajo con archivos de forma.



- 8.1 Mostrar la imagen S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif en la ventana de imagen multiespectral usando el menú comando **File**→**Open Image...** Puede visualizar la imagen usando cualquier combinación de bandas que desee.
- 8.2 Use el menú comando **File**→**Open Image...** para abrir un archivo de forma como el Area\_Agricola\_AQP.shp en la carpeta de Remote Sensing Workshop. Es posible que usted necesite cambiar el filtro (Tipo de archivo) en la ventana de dialogo de Open Image por

Shape o All. El archivo de forma será superpuesto en la ventana de imagen como se muestra en la imagen de abajo con líneas negras.

MultiSpec va a convertir automáticamente archivos de forma lat-long a las respectivas coordenadas de mapa para imagen de proyecciones Albers Conical Equal Area, Cylindrical Equal Area, Equirectangular, Krovak, Lambert Azimuthal Equal Area, Lambert Conformal Conic, Orthographic, Polar Stereographic, Sinusoidal & Transverse Mercator y de State Plane, UTM y muchos otros sistemas de referencia. Mutispec primero asume que el archivo de forma se encuentra en las mismas unidades que el mapa de proyección. Si no existe una superposición, Multispec verifica que las unidades del archivo de forma de entrada se encuentran en un rango dentro de la posibilidad de los grados decimales de latitud y longitud. Si esto se cumple, MultiSpec asume que el archivo de forma está en unidades lat-long y los convierte a las unidades de la proyección del mapa. Si los valores del archivo de forma convertido se superponen con la imagen, entonces el archivo de forma se superpondrá con la imagen. Si el archivo de forma se ha convertido, `_ltom` se agrega al nombre del archivo de forma a la lista de la ventana de superposición (Comentario: `ltom` significa lat-long en metros).

- 8.3 Usted puede obtener una Ventana de dialogo para editar el ancho y color de la linea vectorial en la versión de Windows manteniendo presionada la tecla Mayúsculas antes de seleccionar el botón del menú Superposición con el botón izquierdo del mouse y luego seleccione la superposición del archivo de forma para editar. Vea que ... ahora tiene el nombre de superposición que indica que se mostrará un cuadro de diálogo. Se puede obtener este cuadro de diálogo en la versión para Macintosh manteniendo presionada la tecla Opción, seleccionando el botón de menú Superposición y luego seleccionando la superposición que se va a editar.

Cambie el color de las líneas del archivo de forma que se han dibujado en blanco con un grosor de 2.

- 8.4 Notas:

- Uno puede usar el menú **Edit->Clear Overlay** para eliminar el archivo de forma seleccionado de la memoria. La lista de archivos de formas en esta lista incluirá todos los archivos de formas dibujados en todas las ventanas de imágenes abiertas. Si uno también tiene una imagen en proyección geométrica (lat-long), archivos de forma en estas imágenes se tratarán como archivos de formas separadas en la lista **Edit->Clear Overlay**.
- MultiSpec dibujará correctamente los archivos de forma en las imágenes que tienen un ángulo de rotación de mapa, como los datos level 1B Aster.

### ❖ Ejercicio 9: Creación de imágenes del índice de vegetación (NDVI) .

#### Requerimientos: Aplicación MultiSpec y S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif.

Uno puede crear imágenes que representen combinaciones algebraicas de los canales originales de una imagen para tratar de mejorarla. Esta técnica es usada para mejorar la vegetación o las variaciones de minerales en la imagen. Un ejemplo es la imagen del Índice normalizado de Vegetación (NDVI). Estas imágenes representan combinaciones algebraicas de los rojos y cercanos a las bandas infrarrojas que representan la cantidad de vegetación verde en la imagen.

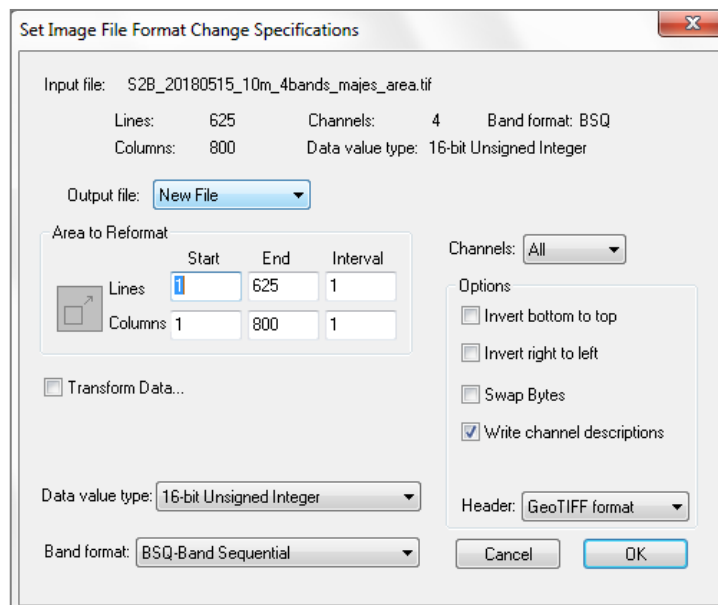
La formula es:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}}$$

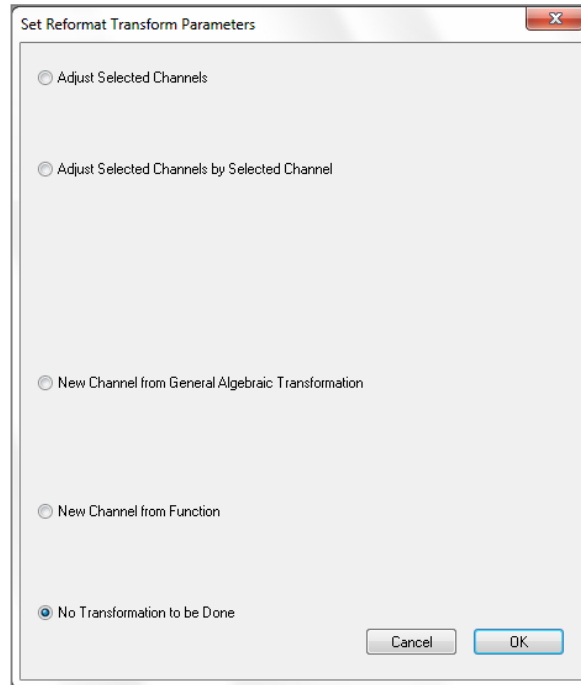
Donde, NIR representa el canal de cercanos al infrarrojo o a la banda y Red representa el canal rojo o la banda. Esta fórmula resulta en un valor que normalmente varía entre -1 (generalmente agua) y +1 (un fuerte crecimiento de vegetación).

Para empezar el ejercicio, se debe asegurar de que la imagen “S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif” que fue usada en el ejercicio 1 se encuentra abierta y representa el top de la mayoría de las imágenes de a ventana MultiSpec. También, debe limpiar cualquier selección en la ventana de imagen pulsando la tecla “Delete”.

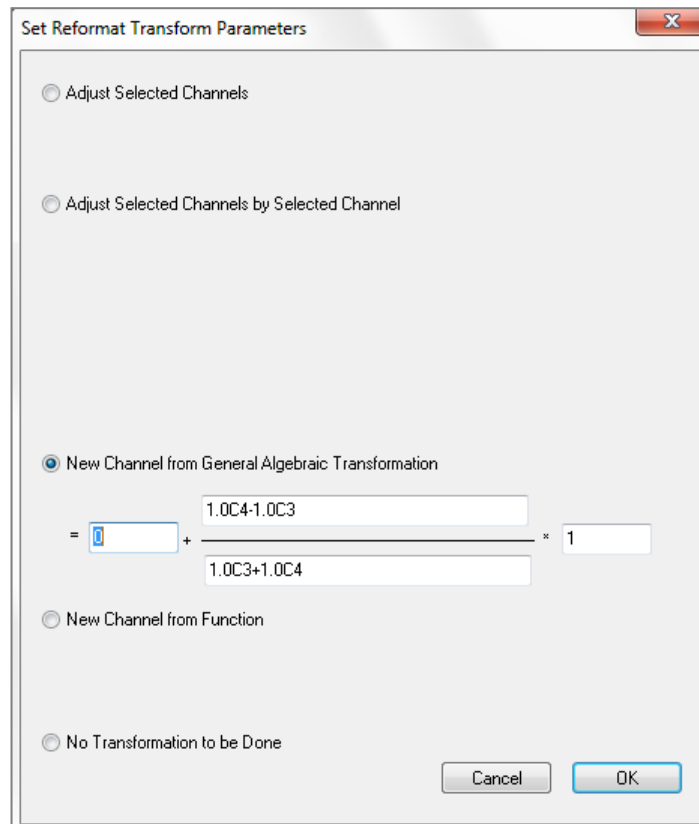
9.1 Desde el menú **Processor** , seleccione **Reformat->Change Image File Format...** para traer la Ventana de dialogo Image File Format Change Options (Opciones de cambio de formato en el archivo de imagen).



- 9.2 Seleccionar la casilla “Transform Data...”. Esto va a hacer que se muestre la Ventana de dialogo “Set Reformat Transform Parameters”.



- 9.3 Después, seleccione “New Channel from General Algebraic Transformation”, esto hará que la ventana de dialogo que se encuentra abajo sea mostrada.



Los cuadros editables en la ventana de arriba permiten definir una combinación algebraica de los canales de entrada originales para crear un nuevo canal como NDVI. La transformación tiene la forma de  $= \text{offset} + (a_0 + a_1C_1 + a_2C_2 + \dots) / (b_0 + b_1C_1 + b_2C_2 + \dots) * \text{factor}$ ; donde offset, factor,  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $b_0$ ,  $b_1$ , ... son constantes reales que pueden ser positivas o negativas y  $C_1$ ,  $C_2$ , ...  $C_n$  representan el número de canal que se utilizará. Se pueden usar tanto 'c' como 'C'. El número de combinaciones constantes \* de valor de canal (por ejemplo,  $a_1C_1$ ) en el numerador o el denominador se limita al número de canales en el archivo de imagen activo más 1. Además, el número de caracteres en el numerador y el denominador está limitado a 255. Tenga en cuenta que uno puede crear solo un canal nuevo a la vez.

- 9.4 Este tutorial se basa en el archivo de imagen **S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif** en el que la banda roja es el canal 2 y la banda del infrarrojo cercano es el 3. Por lo tanto, para crear una imagen NDVI para esta imagen como se define en la introducción para este tutorial, la ecuación (algebraica combinación) se verá así:

$$\text{NDVI} = 0 + \frac{1.0C_4 - 1.0C_3}{1.0C_3 + 1.0C_4} * 1$$

Estos son los valores predeterminados proporcionados en el Nuevo canal de Transformación algebraica general en la ventana que se muestra arriba.

Como las constantes reales  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  son 1.0, también se puede ingresar a la transformación como se ilustra en el siguiente cuadro de diálogo.

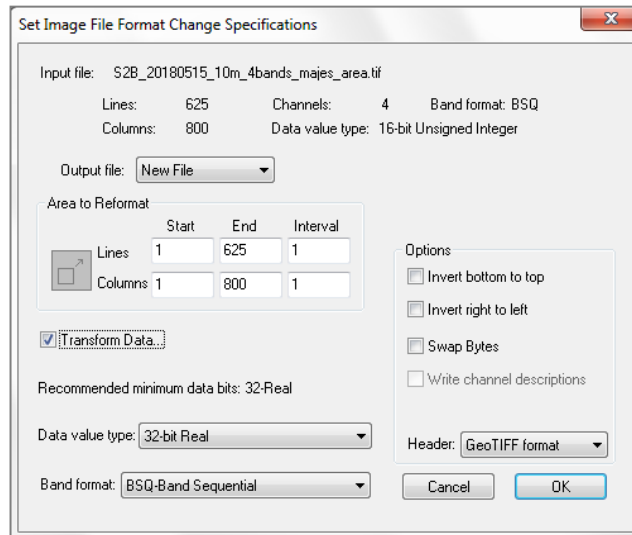
The dialog box 'Set Reformat Transform Parameters' shows the following configuration:

- Adjust Selected Channels
- Adjust Selected Channels by Selected Channel
- New Channel from General Algebraic Transformation
  - Numerator:  $C_4 - C_3$
  - Denominator:  $C_3 + C_4$
  - Offset:  $0$
  - Factor:  $1$
- New Channel from Function
- No Transformation to be Done

Buttons: Cancel, OK

Luego seleccione OK para aceptar la transformación algebraica definida. Esto cerrará el cuadro de diálogo "Set Reformat Transform Parameters" y traerá el cuadro de dialogo "Image File Format Change Options" a la parte superior.

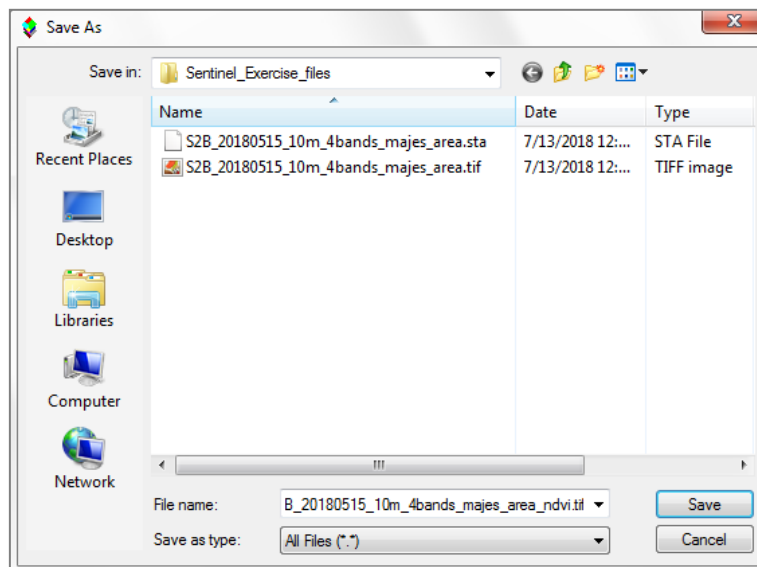
- 9.5 En el cuadro de dialogo "Image File Format Change Options", seleccione "32-bit Real" en el menú desplegable Data value type.



Tenga en cuenta que es importante solicitar que los valores de datos de salida sean números reales, ya que los valores de datos resultantes oscilan nominalmente entre -1 y +1.

Si los valores de los datos de salida se convierten a valores enteros con signo, uno terminará con solo -1, 0 o 1 o si a valores enteros sin signo, uno terminará con solo 0 y 1.

- 9.6 Seleccione **OK** para cerrar este cuadro de diálogo e iniciar el procesamiento para crear el archivo de imagen NDVI. El cuadro de dialogo "Save New Image File As" ahora aparecerá, como se indica a continuación, para permitir que uno ingrese el nombre de archivo deseado. Después, seleccione "Save". El nuevo archivo de imagen NDVI se escribirá en el disco en la ubicación solicitada.





Para verificar que la creación de la imagen NDVI para esta operación fue correcta verifique el registro de salida (output). Él debe ser similar a el siguiente:

Reformat: Change Image File Format 07-16-2018 15:22:52 (MultiSpecWin64\_2018.07.16)

Input Parameters:

Image file = 'S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif'  
 Create transformed channel image  
 $= 0.000000 + (C4-C3)/(C3+C4) * 1.000000$   
 Lines 1 to 625 by 1. Columns 1 to 800 by 1

Channels used:

3: 0.646-0.685 um  
 4: 0.767-0.900 um

Output Information:

New output image file name: 'S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area\_ndvi.tif'  
 File format: GeoTIFF  
 Image type: Multispectral  
 Instrument Name: Sentinel-2B MSI  
 Band interleave format: BSQ  
 Data type: Real  
 Swap bytes: No  
 Signed data: Yes  
 Number of lines: 625  
 Number of columns: 800  
 Number of channels: 1  
 Number of bytes: 4  
 Number of bits: 32  
 Number of header bytes: 502  
 Number of pre-line bytes: 0  
 Number of post-line bytes: 0  
 Number of pre-channel bytes: 0  
 Number of post-channel bytes: 0  
 Line start: 1  
 Column start: 1

-0.419066 is lowest calculated value  
 0.833827 is highest calculated value  
 0 data values saturated at low end: -3.40282e+38  
 0 data values saturated at high end: 3.40282e+38

0 CPU seconds for reformatting. 07-16-2018 15:25:40

Se debe verificar que la ecuación de transformación utilizada sea la esperada. También se debe verificar el valor calculado más bajo y más alto para verificar que estos valores tengan sentido. También se debe verificar que el número de píxeles saturados en los extremos alto y bajo sea 0 o al menos una porción muy pequeña del número total de valores de datos en la imagen. Para esta imagen, el valor calculado más alto es muy alto ... el número real de 32 bits máximo posible parece un poco extraño. Sin embargo, al verificar, uno encontrará que estos 106,907 valores altos representan el NDVI calculado para esta parte de la escena (abajo a la izquierda) que contiene datos faltantes (todos 0); un valor límite para estos

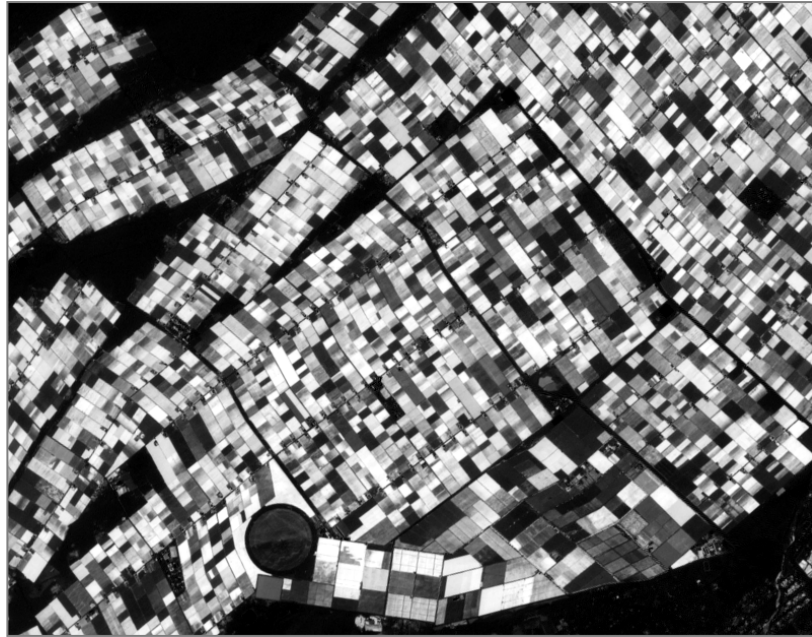
píxeles tiene sentido.

**NOTA:**

Una gran cantidad de valores de datos saturados puede indicar que el tipo de salida de datos debe cambiarse de entero a real. Un rango muy pequeño en datos del valor de datos más bajo al más alto también puede indicar que se necesita cambiar el tipo de datos de entero a real o se necesita proporcionar valores de escala y desplazamiento para ajustar el rango de los valores de datos de salida para una mejor precisión.

Por ejemplo, si se utiliza un entero sin signo de 8 bits como tipo de datos para crear una imagen NDVI de S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif, la imagen NDVI tendrá más de 300,000 valores de datos '0' y 180,000 '1'. Esta imagen no será muy útil. Sin embargo, si uno cambia el valor de ganancia en la transformación de 1 a 100 y usa un entero de 8 bits con signo, uno terminará con un rango de datos de -42 a 83. La variación en los valores de NDVI se extiende por casi todo el rango posible para un valor de datos enteros con signo de 8 bits. Uno solo tendrá que tener en cuenta que un valor de imagen de 100 representa un valor real de NDVI de 1.

- 9.7 Ahora se puede visualizar la imagen resultante como una imagen de escala de grises de 1 canal o como un tipo temático de 1 canal como se muestra a continuación. Vea el Ejercicio 1 para conocer los pasos para hacer esto si es necesario.



Visualización de 1 canal de la imagen NDVI resultante. Los valores altos de NDVI que representan cantidades significativas de vegetación verde se ilustran con tonos claros. El suelo desnudo está representado por tonos más oscuros.



Visualización temática de 1 canal de la imagen NDVI resultante utilizando la paleta MODIS NDVI. La leyenda de la izquierda relaciona los tonos de color con los valores NDVI.

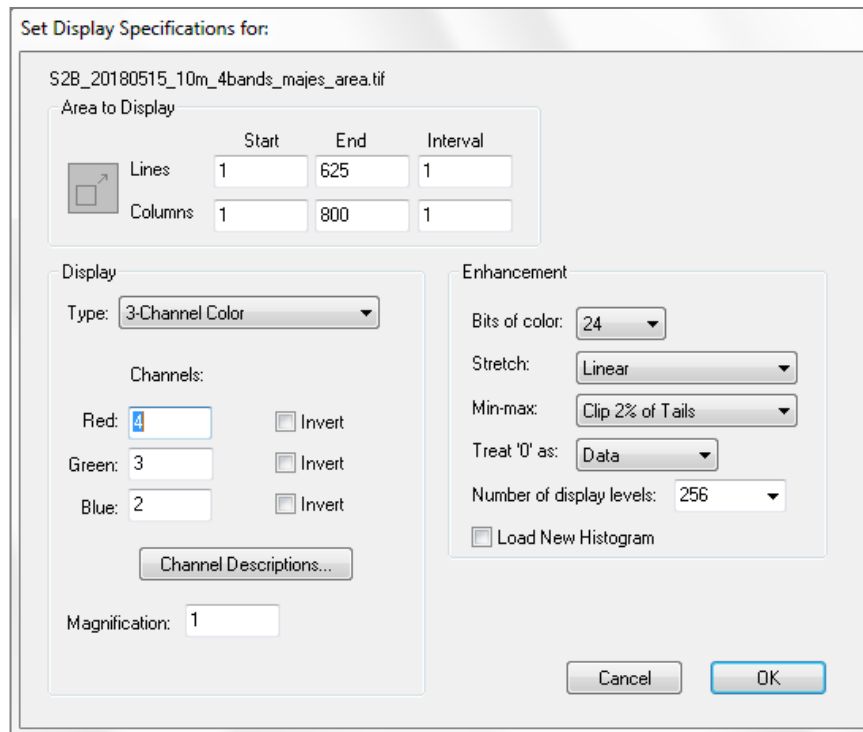
Esta página se dejó en blanco intencionalmente

**❖ Ejercicio 10: Mejoramiento de la imagen**

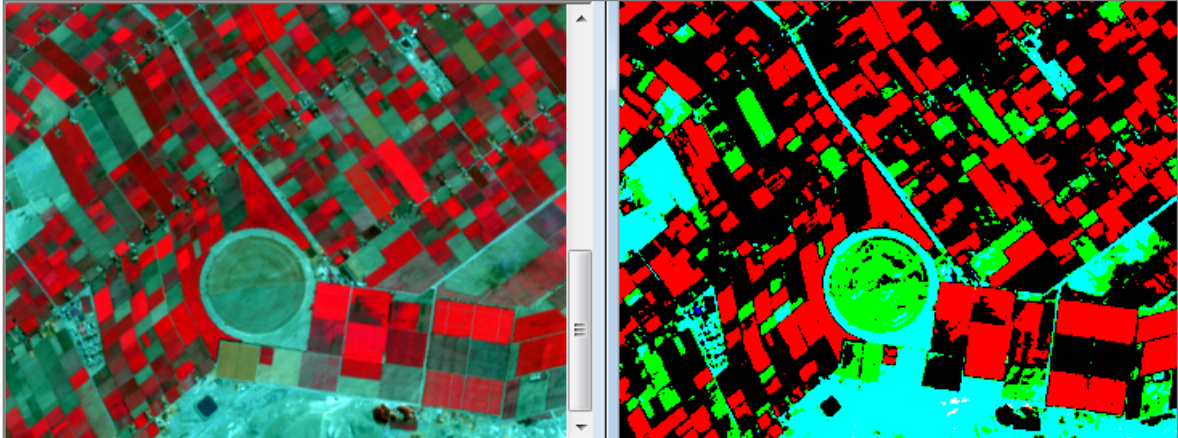
**Requerimientos: Aplicación MultiSpec e imagen de nombre “S2B\_20180515\_10m\_4bands\_majes\_area.tif”.**

Abra la imagen si aún no se muestra en una ventana de imagen multiespectral siguiendo las pautas dadas en el ejercicio 1 (Visualización e inspección de datos de imagen con MultiSpec).

Se puede controlar la mejora de la imagen en la ventana de imagen multiespectral configurando cinco opciones diferentes en la parte de Mejora (Enhancement) del cuadro de diálogo Especificaciones (Specifications), que incluyen Bits of color, Stretch, Min-maxes, Treat '0' as y niveles de pantalla por canal (Display levels per channel).

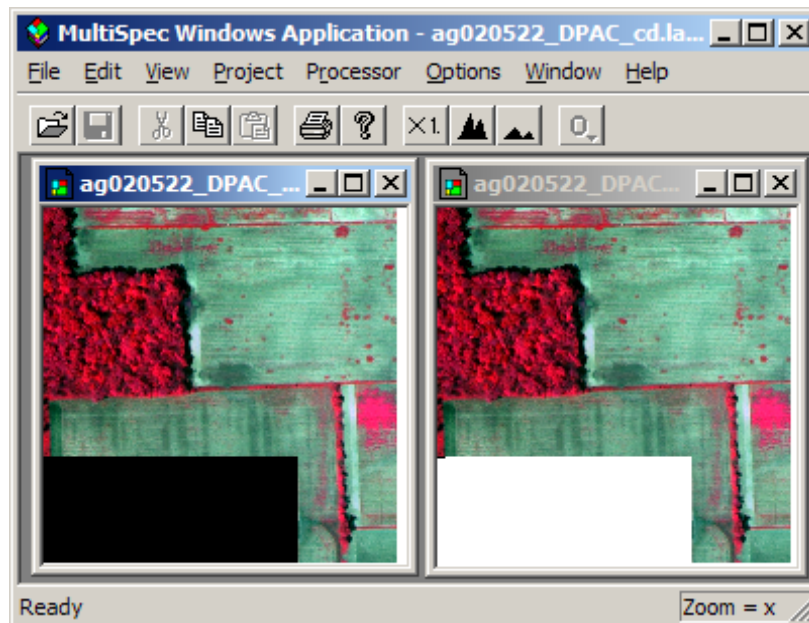


- 10.1 El valor predeterminado de "Bits of color" es 24 y el valor predeterminado "Display levels per channel" es 256 para todos los monitores en la actualidad dada la cantidad máxima de colores posibles. Uno puede ajustarse a valores más bajos si uno quiere ver cuáles son los efectos.



La figura de arriba ilustra 256 niveles por canal (millones de colores) en la izquierda y muestra 2 niveles por canal (8 colores) en la derecha.

- 10.2 El trata '0' como un dato en la configuración hace que los datos que sean 0 se muestren en negro. Sin embargo, si 0 en realidad representa el fondo (background) o 'sin dato', uno podría querer seleccionar la opción de fondo para hacer que los 0 en todos los canales aparezcan como blancos. La figura a continuación ilustra los 0 tratados como negro (a la izquierda) y los 0 tratados como blanco (a la derecha).



La imagen que se utiliza para estos ejercicios no tiene un bloque de valores 0 para mostrar esta característica.

10.3 El Stretch (estiramiento) y Min-Maxes suelen ser las opciones utilizadas para mejorar diferentes partes de la imagen. Ellas controlan el proceso mediante el cual cada valor posible en los datos de imagen se asigna a todos los niveles de visualización posibles.

Existen tres opciones para Stretch: Linear, Equal Area y Gaussian. En el caso de Linear Stretch, los intervalos de la escala de grises se espacian equitativamente en el rango de datos, mientras que la opción Equal Area Stretch hace que se configuren de modo que cada intervalo represente aproximadamente el mismo número de píxeles. Aunque no es lineal, el estiramiento de igual área proporcionará el máximo contraste. La selección gaussiana hace que la distribución del número de píxeles asignados a los intervalos de escala de grises represente una curva gaussiana. Si se mantiene presionada la tecla 'Opción' (versión de Mac) o 'botón de mouse derecho' (versión de Windows) antes de seleccionar el menú desplegable para la opción Stretch con el botón izquierdo, puede cambiar el número de desviaciones estándar a la que los datos pueden ajustarse para la selección Gaussiana. El valor predeterminado es 2.3.



Linear, equal area y Gaussian stretches se ilustran en la figura de arriba de izquierda a derecha.

10.4 La opción Min-maxes permite seleccionar los valores de datos iniciales y finales del histograma de imagen que se utilizará para asignar los píxeles en los intervalos de escala de grises definidos por la opción Stretch. La opción "Entire Range" (Rango completo) causaría que el valor de datos más bajo posible en la imagen sea 0 para datos sin asignar de 8 bits y que este sea el primer valor de datos mostrado para el valor de visualización más bajo (negro) y 255 sea el último valor de datos mostrado para el valor de visualización más alto (blanco). Sin embargo, si el rango real de los datos es solo de 50 a 150, entonces los datos solo estarán representados por grises, no negro o blanco; no habrá mucho contraste en la imagen.

La opción "Clip 2% of Tails" hará que el rango seleccionado de valores de datos para un canal determinado represente los valores de datos en los cuales el 2 por ciento de ellos en el histograma están fuera del rango seleccionado. La intención de esta opción es reducir la posibilidad de que un pequeño número de valores extremos, datos atípicos en la imagen influyan indebidamente en la mejora de la visualización. Esta elección generalmente da como resultado una visualización de los datos que tienen mejor contraste sobre todos.

La selección de la opción Specify Min-Max... presenta un cuadro de diálogo (ilustrado abajo) para permitir que uno configure el porcentaje de colas recortadas para que sea diferente al 2%. Usted también puede establecer sus propios valores min-max para extender los niveles de gris a través de los datos. Los valores reales mínimos y máximos de datos calculados a partir del histograma se incluyen en el cuadro de diálogo.

		Data Min	Data Max	Enhancement Min	Enhancement Max
Red channel:	4	454	6719	1946	5078
Green channel:	3	462	7555	555	2934
Blue channel:	2	689	5955	878	2399

Channel min/max with percent of tails clipped: 
  
 Entire data range
   
 User specified

Cancel OK

Todo el rango, 2% clip y 4% clip se ilustra a continuación de izquierda a derecha.



Todo el rango para una configuración de mínimo y máximo para este conjunto de datos de 16 bits dará como resultado una imagen en negro.