



Departamento de Geociencias & Medio Ambiente

## CURSO SENSORES REMOTOS

### Taller 3. Cálculo de índices

*versión del taller: 21 de agosto de 2025*

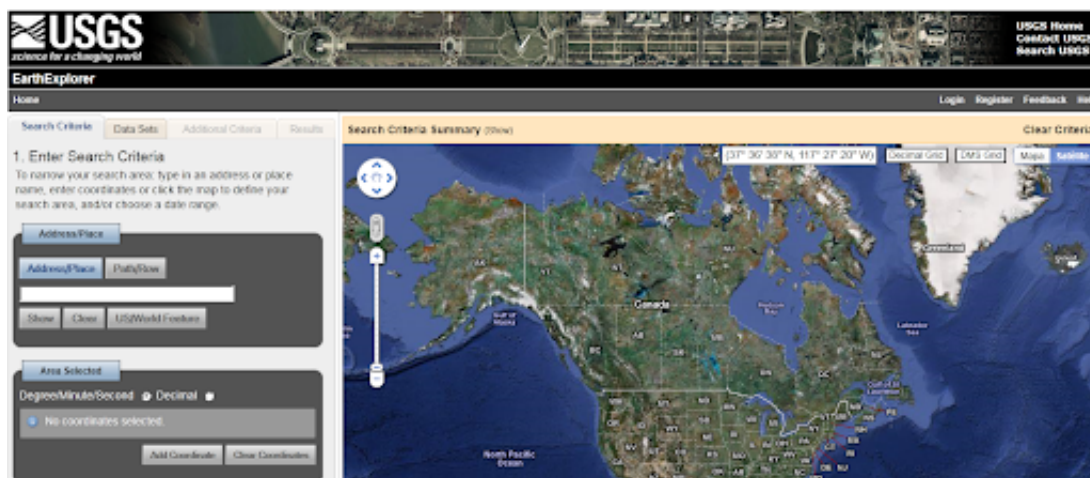
## 1. Procedimiento

### 1.1. Descarga de imágenes LANDSAT

El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) tiene dos visores para descargar imágenes de la misma base de datos. El Earth Explorer y el GloVis. Ambas herramientas son muy similares y se ingresan con el mismo usuario y clave. Por lo tanto, registrándose en cualquiera de ellas tiene acceso a ambas. A continuación se describe el procedimiento para la herramienta Earth Explorer.

#### Registro

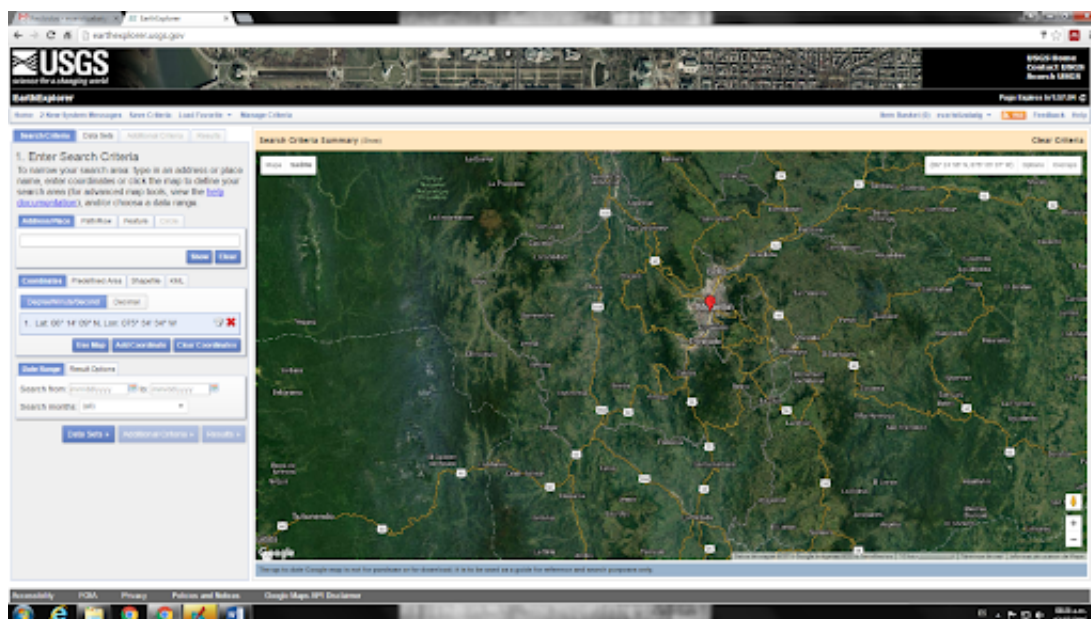
1. Ingrese al Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)
2. Una vez este en la página del Earth explorer del, de click en la pestaña de registro (Register) y le desplegará el formulario de registro.
3. Diligencie los campos para crear un nuevo usuario y su respectiva contraseña.
4. Al final del procedimiento puede observar la información de confirmación de su registro exitoso.
5. Al correo electrónico registrado le llegará un correo electrónico de la siguiente dirección ([custerv@usgs.gov](mailto:custerv@usgs.gov)) con un link para confirmar y activar su cuenta. Dando click en dicho link será enviado a una página donde deberá ingresar su nombre de usuario para que su cuenta quede confirmada.



6. En esta misma página puede ingresar su nombre de usuario y clave para entrar a su cuenta, y modificar sus datos incluyendo su clave.
7. Una vez se está registrado ya se puede consultar y descargar imágenes. Si no está registrado se puede consultar, pero al momento de descargar información tendrá que ser un usuario registrado.

### Seleccionar el área de interés

8. Una vez registrado, vuelva a la interface del Earth Explorer y de click en login. Aparecerá una página para ingresar su usuario y clave que le permitirá entrar a la interface con su usuario.
9. En el visor de mapa de la derecha navegue con la herramienta interactiva hasta la zona de su interés. La imagen de referencia la podrá desplegar como imagen de satélite o como mapa con o sin relieve.
10. Navegar sobre dicho mapa se realiza de forma similar a GoogleMaps, o la mayoría de interfaces cartográficas disponibles. Puede acercarse o alejarse con el mouse o con el signo positivo y negativo en la parte inferior derecha. A medida que va desplazando el puntero en la parte superior derecha se señala las coordenadas geográficas.
11. En la parte superior derecha existen dos pestañas: Overlays que le permite sobreponer en la imagen una retícula en grados. La pestaña Option le permite seleccionar la forma para seleccionar el área de interés, como punto central, como polígono o como círculo.
12. Seleccione en la parte izquierda superior la pestaña denominada Search Criteria y con el mouse marque con el botón izquierdo el punto de su interés (dando click sobre el área). Sobre el punto seleccionado le



debe parecer un signo con forma de globo y color rojo y un número consecutivo, y en el formulario de la parte izquierda debe aparecer la coordenada del punto.

### Determinar el tipo de imágenes a buscar

13. A continuación, observe en la parte inferior izquierda el panel que dice Data Range e inserte los valores de búsqueda entre dos fechas de su interés. En la casilla que dice Search Months seleccione all (Para que busque resultados para todos los meses).
14. Proceda a dar click en la pestaña Data Sets ubicada en la parte inferior o superior izquierda y vea como se despliega una lista en árbol del tipo de datos que se pueden consultar.
15. Una vez desplegado el árbol, seleccione cualquiera de las opciones que brinda y observe las posibilidades de datos que puede obtener, y allí observe el despliegue de posibilidades de datos a conseguir.
16. Por ejemplo, la opción Landsat Archive presenta diferentes opciones, entre ellas L7 SLC off (2003 present), L7 SLC - ON, (1999-2003), L4-5 TM; estas opciones indican que se buscarán imágenes de Landsat de 2003 al presente (con bandeamiento o gaps negros), imágenes de 1999 a 2003 (antes del daño del sensor del satélite) y Landsat 4 y 5 tomadas para la zona de interés.

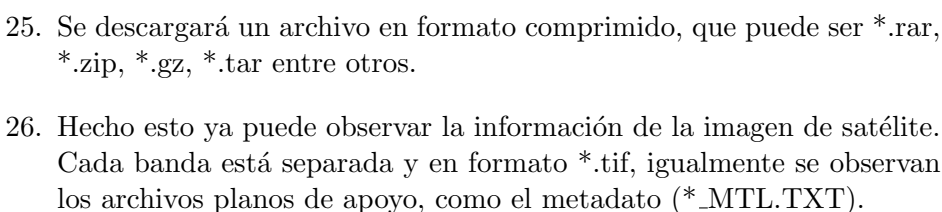
17. Seleccione la opción Landsat, y luego Landsat Collection 1 Level-1, y una vez seleccionada la opción de preferencia, se procede a ir al menú de la parte superior que dice Results y el software iniciará a buscar los datos que cumplan el criterio de búsqueda configurado por usted. Realizar la búsqueda
18. Como resultado en la parte izquierda mostrará una lista de imágenes, con una pequeña pre-visualización de cada imagen encontrada que satisfice los criterios de búsqueda. Si seleccionó varios tipos de imágenes en el paso anterior, le parecerá en la parte superior de los resultados obtenidos la opción “Data Set” donde podrá seleccionar las imágenes para cada tipo definido.
19. Las imágenes encontradas se muestran desde la más reciente a la más antigua. En el encabezado de las imágenes aparece el número total de imágenes encontradas bajo el criterio señalado y el número de imágenes por hoja que está visualizando.
20. A continuación, de click sobre cada pequeña imagen de la parte izquierda de la pantalla para ver si cumple para descargar de acuerdo a su objetivo, en ella además de una pequeña escena, se puede observar un metadato de las características generales de la imagen.

### **Seleccionar la imagen a descargar**

21. Una vez tenga seleccionada la imagen que le interesa procesar, cierre la ventana de pre-visualización y proceda de la siguiente manera:
22. En las opciones de visualización de la escena en el visor geográfico de click en el primer icono (Show Footprint) o segundo (Show browse overlay) para que le permita ver el cubrimiento de la escena sobre el área y podrá cargar un Quick look sobre el área de interés para que observe como se ve la imagen en contexto.

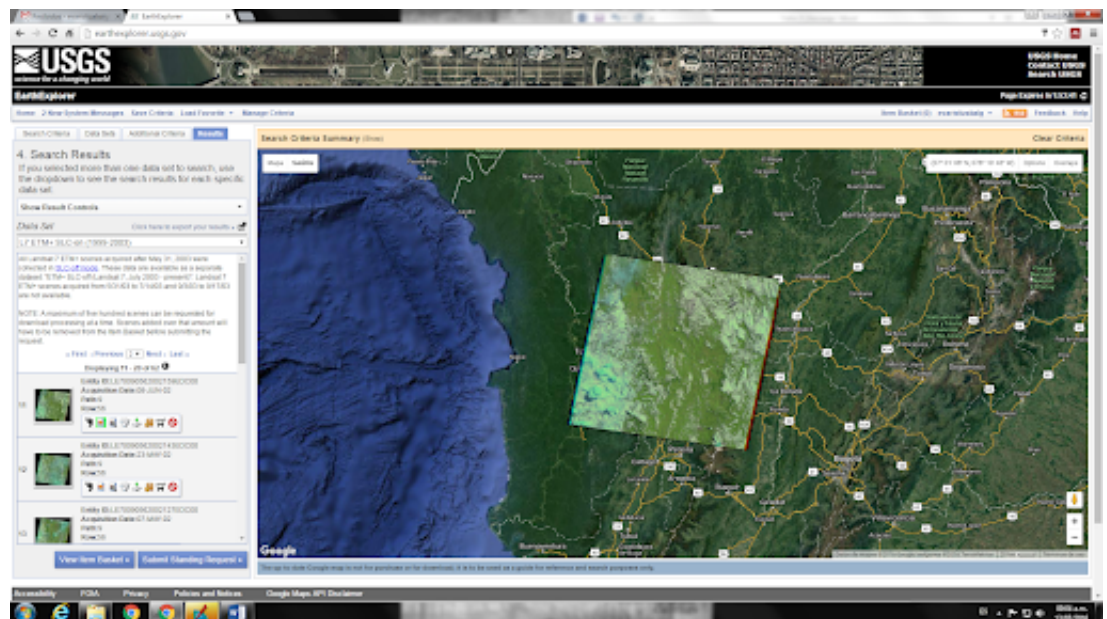
### **Descargar las imágenes**

23. Una vez se han realizado estas pruebas para ver cuál es la imagen (o imágenes) que mejor satisface la necesidad de trabajo, se procede de la siguiente manera:
24. Sobre la información de la imagen que le interesa descargar de click en el botón Download Options. Y saldrá una ventana con diferentes opciones. Seleccione la imagen al final en formato TIFF e iniciará la descarga.



Los satélites Sentinel forman parte del Programa Copérnico de la Agencia Espacial Europea. Sus imágenes, se componen de múltiples bandas espectrales cuya diferente combinación genera diferentes usos. La web oficial (<https://scihub.copernicus.eu>) para descarga de imágenes Sentinel nos ofrece dos posibilidades de acceso a los datos: Scientific Hub es la principal, que requiere registro pero que a cambio nos ofrece las imágenes Sentinel 1 y Sentinel 2, así como un filtro de búsqueda más avanzado. La opción 2 (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>) ofrece imágenes Sentinel, Landsat, MODIS, entre otros, además de productos tipo NDVI, Falso Color, Humedad, entre otros.

Al ingresar a la opción Open Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/>) se ingresa al visor de Copernicus donde se debe seleccionar en la parte superior izquierda la selección de zona de interés dibujando un cuadro

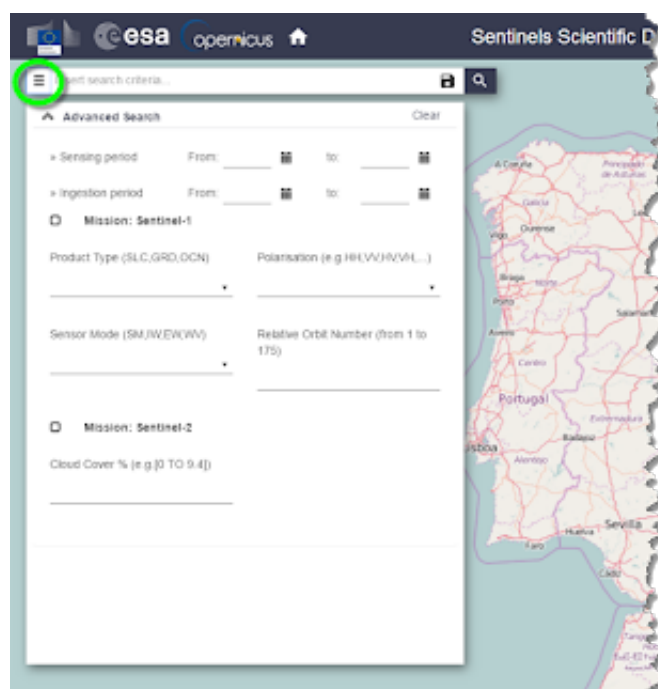


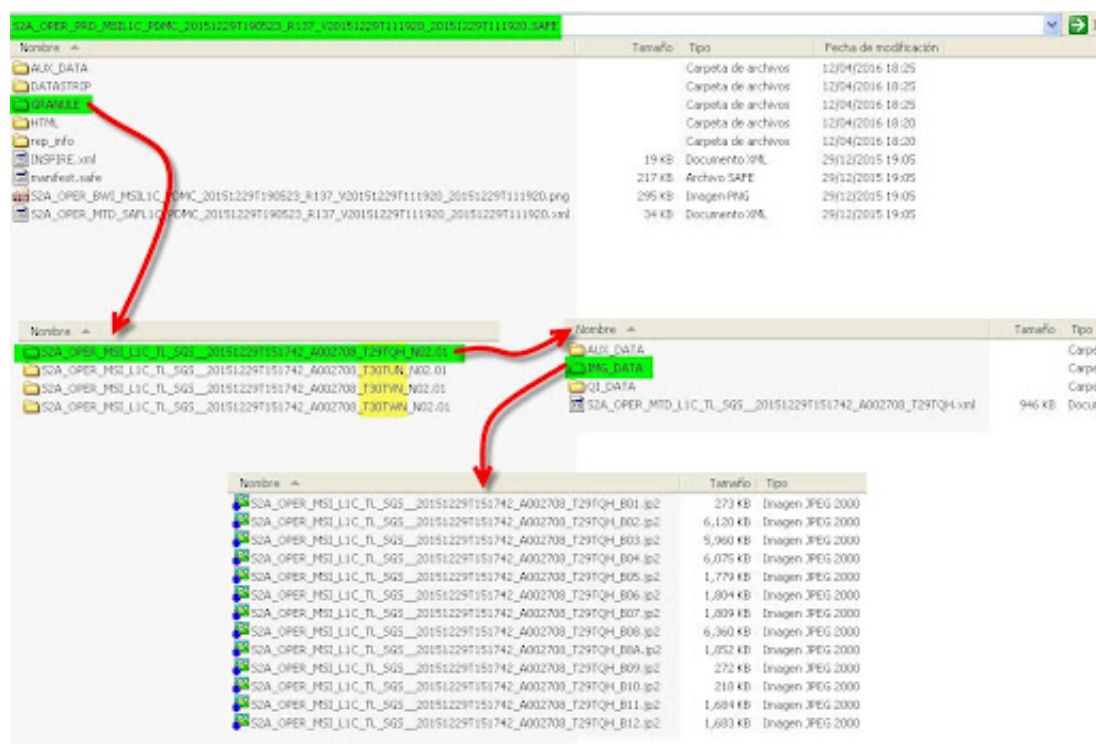
aranja. Luego pulsamos el botón lupa de búsqueda en la parte superior izquierda y las imágenes disponibles nos aparecen en la columna izquierda y representada en el mapa (rojo para Sentinel 1, verde para Sentinel 2). Seleccionando una imagen tenemos las opciones de hacer zoom sobre ella, añadirla al carro, ver detalles importantes para conocer el tamaño del archivo o la cobertura de nubes de la imagen o descargarla directamente (destacadas en amarillo).

Sobre la margen superior izquierda están las opciones avanzadas de búsqueda (que también pueden serlo de filtrado sobre los resultados anteriores). Esta opción nos permiten acotar el número de imágenes que arroja el buscador de manera significativa por fecha, satélite y varios parámetros más.

En la ventana de cada imagen aparece una opción para bajar la imagen. Lo cual debido a su peso toma un tiempo considerable, por lo tanto se debe estar seguro de proceder a descargar, explorando la imagen antes. Una vez descargado el archivo de nuestro interés se obtiene una serie de carpetas y archivos accesorios. Las imágenes se encuentran dentro de la carpeta GRANULE. En este caso consta de cuatro carpetas (una por cada cuadrícula de unos 100x100 km, según la nomenclatura destacada en amarillo). Abriendo cada cuadrícula, y dentro de la carpeta IMG\_DATA, encontramos las imágenes de las 13 bandas.







### 1.2.2. Opción 2: EO Browser

La segunda opción es un visor web simple y eficaz EO Browser (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>), con filtro para fecha y cobertura de nubes. Sobre la margen superior derecha se encuentra todas las opciones para definir el área de interés, como punto o polígono, al igual que un buscador por nombre. Al seleccionar el área, se va a la parte superior izquierda en la pestaña Search para definir los satélites que se quiere buscar al igual que el porcentaje de cobertura de nubes y la fecha de toma. Luego se da buscar, y aparecen las imágenes disponibles. En este caso se accede a otros tipos de productos como NDVI y se puede seleccionar el tipo de archivo de descarga al igual que las bandas que se deseen.

### 1.3. Descarga utilizando QGIS

El programa QGIS es un programa muy robusto de SIG libre y que tiene un gran equipo de colaboradores en el mundo que están generando funciones y actualizaciones constantemente. Durante el curso se utilizará QGIS como programa para el tratamiento de imágenes de satélite; sin embargo, es libre el uso de cualquier SIG, existen otros SIG libres en el mundo como Springer, Ilwis, entre otros; y programas que exigen la compra de una licencia como ArcGIS, ERDAS, ENVI.

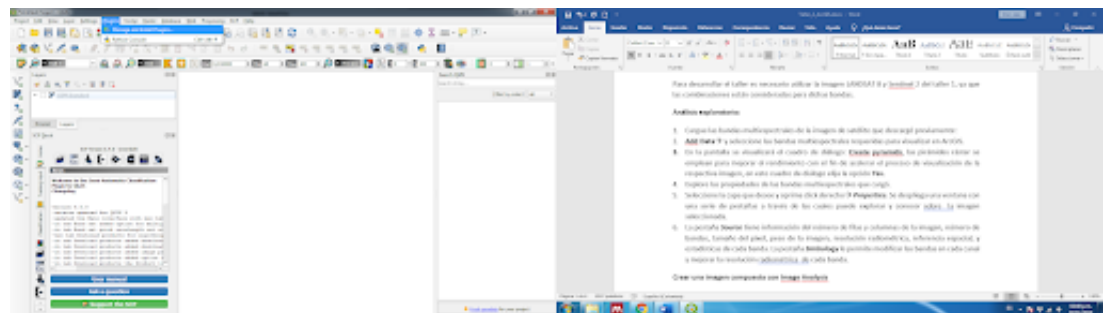
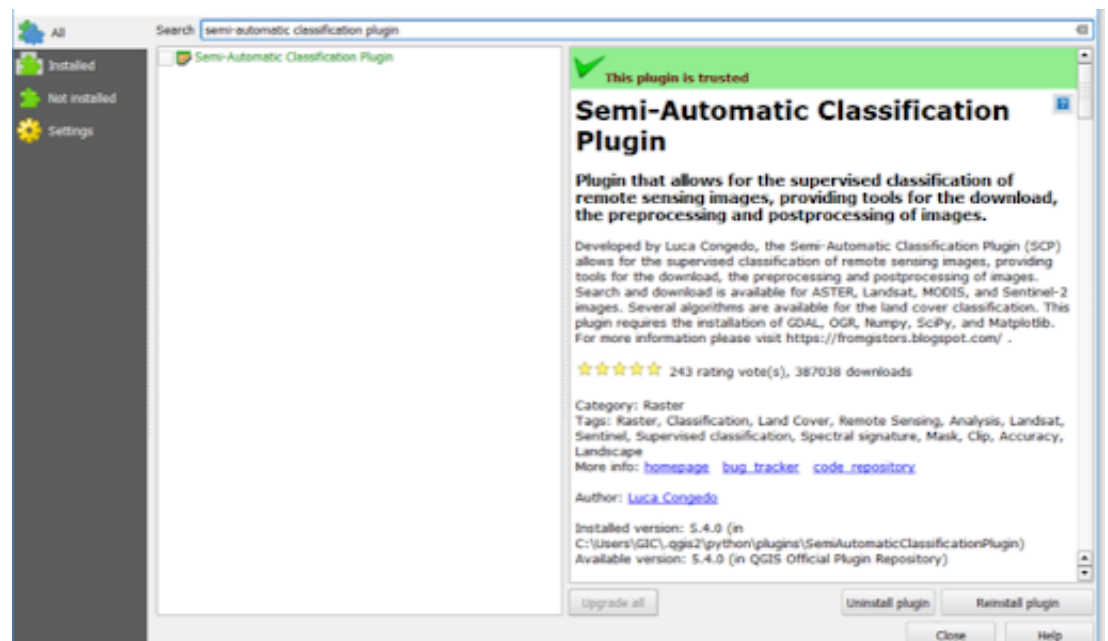


QGIS se descarga desde la página <https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>. Solo es necesario seleccionar las características del computador y ambiente de trabajo. Se puede instalar lo que se denomina instalador autónomo o la versión tipo OSGeo4W, el cual corresponde a un programa de software libre que apoya QGIS, y que permite descargar diferentes versiones e ir actualizando el QGIS a medida que se van generando nuevas versiones, lo cual es muy rápido. Proceda con la instalación y familiarícese con las funciones e interface. Existe una gran cantidad de documentación en la página oficial y en general en la Web sobre QGIS. También es posible trabajar con versiones recientes de QGIS en prueba o con versiones anteriores más estables. Una de las grandes ventajas de QGIS es el uso de plugins, los cuales corresponden a funciones o tareas programadas por usuarios y que están disponibles desde el sitio oficial de QGIS o en diferentes sitios especializados en sensores remotos. En este sentido, lo primero que debemos hacer en QGIS es la instalación de un plugin utilizado para el tratamiento de imágenes de satélite denominado Semi-automatic Classification Plugin (SCP). Para esto nos dirigimos a la pestaña Plugins – Manage and install plugins. Y nos aparece una ventana donde se encuentran los plugins que ya están instalados, los no instalados y para instalarlos desde un archivo ZIP. Este último caso corresponde a plugins que no se encuentran en el sitio oficial y que generalmente se encuentran como .zip, por lo tanto se deben descargar a cualquier carpeta del pc y desde esta pestaña se abre y se instala.

Pero en este caso el SCP se encuentra en el sitio oficial, por lo tanto simplemente con el nombre lo buscamos en la primera pestaña que corresponde al buscador, y nos parece el plugins, lo señalamos y le damos en la parte inferior derecha instalar.

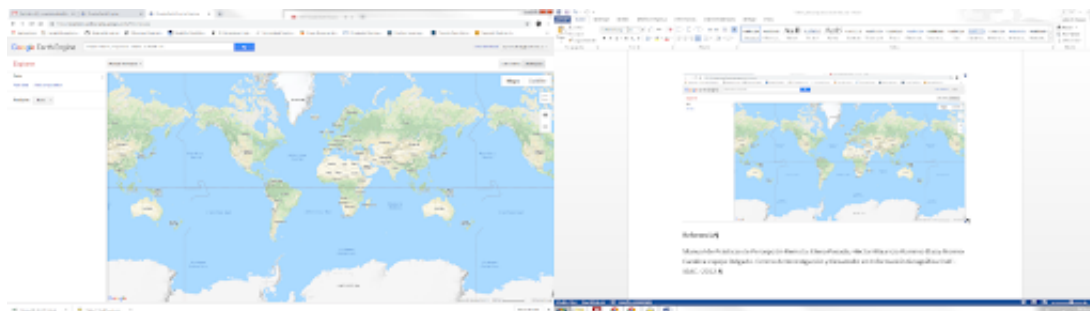
Al instalarse se crea una nueva pestaña en el programa denominada SCP y donde están todas las tareas que puede realizar con este plugins. Diríjase a Download products y se abre una ventana. Lo primero que debe hacer es ingresar su usuario y clave de ingreso en la primera pestaña denominada Login data. Estos datos corresponden a los utilizados en el ejercicio anterior. Después diríjase a la última pestaña Download options y seleccione las bandas que desea descargar de acuerdo con el programa. En este caso descargaremos todas las bandas.

Finalmente, en la pestaña Search, de click en el signo positivo sobre la parte superior derecha, esto le permitirá definir el Área de Interés (AOI) de búsqueda desde QGIS. Para tener un mapa de referencia puede descargar el plugins denominado QuickMapServices, el cual le da diferentes opciones de mapas en el mundo. Con la función (+) activada de SCP diríjale a QGIS y seleccione un rectángulo del AOI, para eso de click izquierdo en la esquina superior izquierda de AOI y luego click derecho en la esquina inferior derecha. Se genera un rectángulo en color rojo transparente, y en la ventana de SCP se encuentran ya las coordenadas de dicho rectángulo. Seleccione el tipo de



producto a buscar, en este caso Landsat8 y Sentinel 2, luego defina la fecha de búsqueda, para este ejercicio el semestre actual, y finalmente defina un rango máximo de nubosidad con el cual desea las imágenes, con porcentajes de nubosidad muy bajos se restringe la búsqueda. Finalmente, de click en Find.

Le deben aparecer todas las imágenes que cumplen con los criterios de búsqueda, al seleccionarla se genera un preview, el cual con la primera ventana de la de la franja derecha puede cargar al QGIS. Luego de seleccionar la imagen deseada, quite la selección por defecto que está en la parte inferior Preprocess images, ya que este preprocesamiento lo realizaremos en el curso. Para descargar la imagen debe antes eliminar todas las otras imágenes, para eso debe seleccionarlasy dar click en el signo menos en la franja derecha. Ya con solo la imagen o imágenes a descargar oprima Run, y le preguntará donde desea descargar la imagen y debe iniciar la descarga.



## 2. Manejo de imágenes de satélite

### 2.1. QGIS

A continuación se describe el procedimiento para cargar y analizar imágenes de satélite. Para este caso se utilizará la herramienta QGIS y una imagen Landsat8.

#### Análisis exploratorio

:

1. Cargue las bandas multiespectrales de la imagen de satélite que descargó previamente:
2. Layer – Add layer – Add Raster Layer y seleccione las bandas multiespectrales requeridas para visualizar en QGIS.
3. Seleccione una de las bandas y click derecho en Zoom to layer.
4. Explore las propiedades de las bandas multiespectrales que cargó.
5. Seleccione la capa que desee y oprima click derecho – Properties. Se despliega una ventana con una serie de pestañas en la franja izquierda a través de las cuales puede explorar y conocer sobre la imagen seleccionada.
6. La pestaña Information tiene información del número de filas y columnas de la imagen, número de bandas, tamaño del pixel, referencia espacial, y estadísticas de cada banda. La pestaña Simbology le permite modificar las bandas en cada canal y mejorar la resolución radiométrica de cada banda. Más adelante se explicarán algunos usos.

#### Crear una imagen compuesta (stack layer)

1. Para esto nos dirigimos al plugins descargado en el taller pasado SCP. Lo primero que debemos hacer es definir un Banda set sobre el cual

SCP trabajará, dicho Banda set hay que estar actualizándolo cada vez que hacemos modificaciones a las imágenes. Vamos entonces a SCP – Banda set. Se abre la ventana de SCP en Banda Set. En la pestaña Single band list damos click en la parte derecha en el símbolo de la flecha en círculo, se deberán cargar todas las imágenes que tenemos en QGIS. Seleccionamos las imágenes que deseamos y damos click en el botón +. Se deberán cargar las imágenes seleccionadas en la pestaña inferior denominada Band set definition bajo la pestaña Band set 1. Con las funciones en la franja derecha podemos moverlas hacia arriba o había debajo de tal forma que estén ordenadas de acuerdo con el número de la banda. Podemos definir varias Bandas set, y luego para trabajar con ellas, es solo llamarlas desde la función deseada.

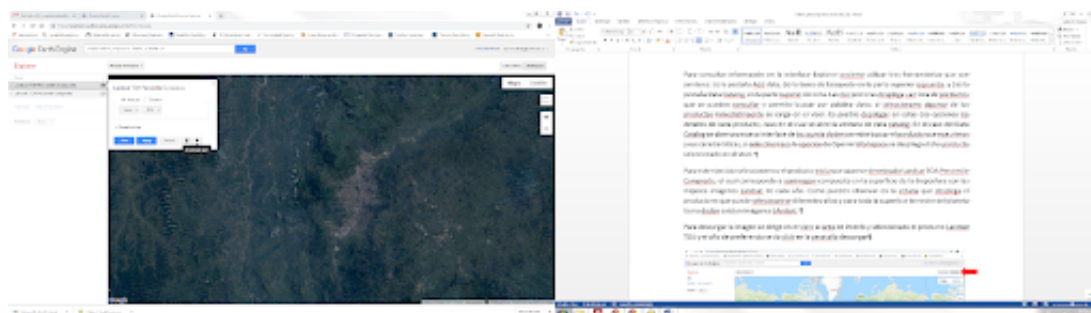
2. Explore las diferentes opciones de Band set tools.
3. Finalmente, oprima RUN. Deberá cargar en QGIS una imagen con todas las capas que usted seleccionó, esto es lo que se denomina un stack layer, es decir un archivo raster con múltiples bandas.
4. Vaya a la pestaña Basic tools, SCP – Basic tools, y seleccione la pestaña RGB list, allí puede crear todas las combinaciones que desea utilizar en su trabajo, o simplemente en la parte inferior oprima Band combinations para que se generen todas las combinaciones posibles con las imágenes de trabajo.

### Recorte del área de interés

1. Una de las primeras tareas en realizar es cortar las imágenes de satélite de acuerdo con el área de estudio. Para eso se puede utilizar un polígono o un recuadro.
2. Desde SCP diríjase a la pestaña Preprocessing, CSP – Preprocessing. Allí seleccione la pestaña Clip multiple raster. Inicialmente seleccione el Banda Set que va a cortar, y en el símbolo + le permite trazar un recuadro en QGIS que determinará el área de corte. Con el botón RUN se realiza la acción, y se cargan las bandas cortadas en QGIS.
3. Debe definir nuevamente el Band set con las bandas cortadas.

### Combinación de bandas

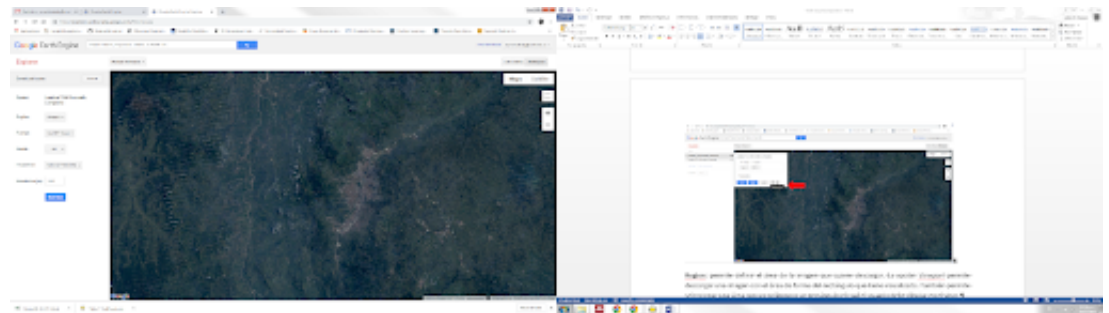
Luego de redefinir el Banda set y las combinaciones, desde la franja de SCP en la parte superior de QGIS existe una pestaña denominada RGB, allí deben aparecer todas las combinaciones creadas, solamente es seleccionar la combinación deseada y se desplegara en la pantalla de QGIS. También



existen dos opciones en forma de histograma con el símbolo de porcentaje y de desviación estándar. Estos corresponden a opciones de mejoramiento de la imagen que a continuación se explica.

1. Las combinaciones también se pueden realizar dando click derecho a la imagen –¿Properties –¿Simbology, y vaya a la pestaña Render type y seleccione Multiband color. Cada canal (Red band, Green band, y Blue band) puede sacar una banda para obtener una combinación.
2. En las flechas de la parte derecha puede modificar dichas bandas para cada canal.
3. Para la combinación denominada Color verdadero utilice la siguiente combinación:
  - Red-Band 4
  - Green-Band 3
  - Blue-Band 2.
4. Para una de las combinaciones conocida como Falso Color del infrarojo utilice:
  - Red-Band 5
  - Green-Band 4
  - Blue-Band 3.

En la pestaña Contrast enhance se refiere a diferentes técnicas manipulando el histograma de cada banda y que se pueden utilizar para mejorar la visualización; sin embargo, no modifican los datos de la imagen. En la pestaña Min / Max Value Setting se pueden ajustar diferentes opciones. Explórelas.



### 3. Ejercicio

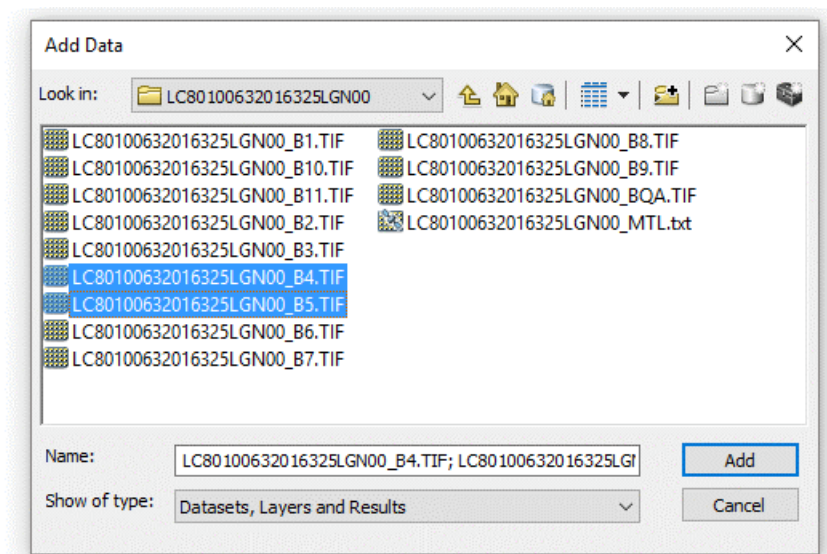
1. Seleccione un área de interés y descargue una imagen Landsat8 (L8) y Sentinel2 (S2) para dicha área.
2. Realice un análisis exploratorio de cada imagen y describa las diferencias y similitud entre las imágenes
3. Descargue un modelo digital del terreno (MDT) con la herramienta GEE
4. Recorte las imagenes y el MDT de acuerdo con su área de interés
5. Cree una imagen compuesta (stack layer) con las bandas necesarias que le permita elaborar diferentes combinaciones y responder las siguientes preguntas:
  - ¿Cuál es la mejor imagen (L8 o S2) y combinación para examinar vegetación y cambios en coberturas?
  - ¿Cuál imagen (L8 o S2) y combinación permite identificar claramente ambientes urbanos?
  - ¿Cuál es la mejor imagen (L8 o S2) y composición en falso color que permite separar cuerpos agua de masas continentales?
  - ¿Qué imagen (L8 o S2) y combinación permite identificar variaciones en paisajes terrestres sin abundante vegetación (suelos desnudos)?
  - ¿Qué imagen (L8 o S2) y composición considera que tiene mayor relevancia en su área de interés?

### 4. Convertir DN a valores de reflectancia

#### 4.1. QGIS

Los productos disponibles del Landsat L1T están radiométrica y geométricamente corregidos. Pero están presentadas en unidades de DN, las cuales





deben ser reescaladas a radiancia o reflectancia TOA o BOA. La conversión a reflectancia se puede realizar automáticamente de la siguiente manera en QGIS.

1. En SCP Preprocessing seleccione la pestaña con el nombre del satélite al cual corregirá las bandas. En este caso Landsat. Solo debe seleccionar la carpeta donde están sus imágenes y el archivo del metadato (MLT.txt) e inmediatamente se cargarán en la tabla con los datos de correcciones correspondientes.
2. Se recomienda aplicar también la corrección atmosférica denominada DOS1.
3. Explore las diferentes opciones, para ejecutar oprima RUN.

#### 4.2. *Raster calculator*

Esta conversión también puede realizarse usando los coeficientes de reflectividad escalados, que se encuentran en el archivo de metadatos y una calculadora de archivos raster de cualquier SIG (ArcGIS, Erdas, QGIS, gvSIG, Surfer, Idrisi, ENVI, etc). A continuación se explicará el procedimiento.

Para calcular el los valores de reflectancia simplemente se requiere aplicar su respectiva ecuación:

$$\lambda = M_p Q_{cal} + A_p \quad (1)$$

En donde:

$\lambda$  = es el valor de reflectividad planetaria, sin corrección por ángulo solar.

$M_p$  = es el factor multiplicativo de escalado específico por banda obtenido del metadato REFLECTANCE\_MULT\_BAND\_x, donde x es el número de la banda

$Q_{cal}$  = Valores de pixel discretizados y calibrados del producto estándar (valores digitales DN)

$A_p$  = es el factor aditivo de escalado específico obtenido del metadato REFLECTANCE\_ADD\_BAND\_x, donde x es el número de banda

## 5. Cálculo del NDVI en ArcGIS

El primer paso luego de abrir la aplicación ArcMap es cargar las bandas 4 y 5 ajustadas con la herramienta Add Data desde el directorio donde se encuentren almacenadas, seguidamente se muestra una ventana solicitando la creación de pirámides, en este caso dejar los valores por defecto y aceptar, cabe señalar que se requiere una licencia activa de la extensión Spatial Analyst, para ejecutar el Raster Calculator.

Una vez cargadas las bandas, desde la caja ArcToolbox, abrir la siguiente herramienta:

*ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator*

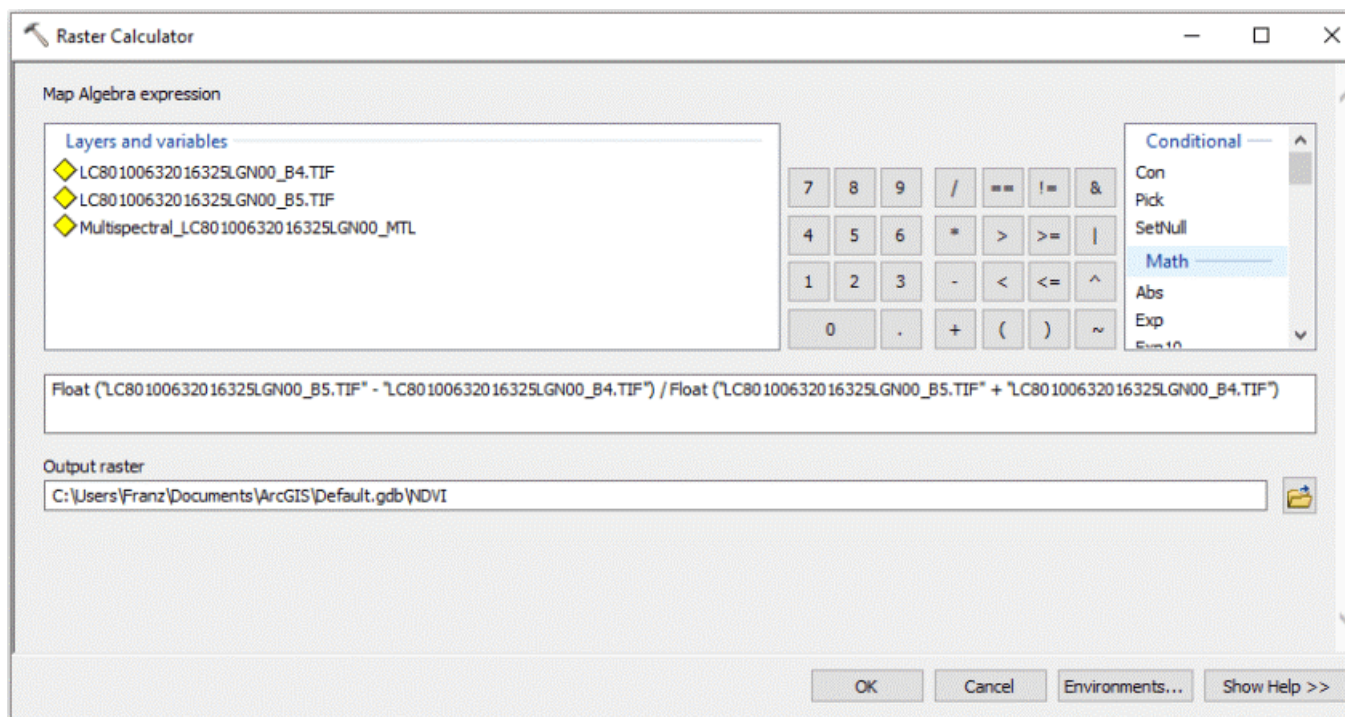
Para obtener los valores NDVI en imágenes Landsat 8 usando ArcGIS se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{NDVI} = \text{Float}(\text{banda5} - \text{banda4}) / \text{Float}(\text{banda5} + \text{banda4})$$

El resultado es una imagen ráster que contiene valores que van desde -1 a 1 (siendo los valores más cercanos a 1 la vegetación más vigorosa). Generalmente la imagen del NDVI se muestra en una escala de grises, para dar un aspecto más agradable y de fácil interpretación, dirigirse a las propiedades del ráster y seleccionar una paleta de colores en la pestaña de simbología (clic derecho – Properties – Symbolology).

En índice NDVI también puede ser calculado directamente desde la herramienta Image Analysis de ArcGIS. En el bloque de Processing se encuentra una pestaña en forma de hoja, denominada NDVI. Dando click en esta función se calcula directamente el NDVI de la imagen seleccionada.

Para esto se debe tener en cuenta y verificar en la pestaña de la parte superior denominada Image Analysis Options que la banda del rojo y del infrarrojo corresponda realmente con los números de las bandas de la imagen con la cual estamos trabajando. Es decir que el número de la banda que aparece en la opción de Red Band corresponda realmente a la banda del rojo de nuestra imagen, y de forma similar con Infrared Band. Por defecto



aparece la banda 4 y 5 respectivamente, pero en muchos casos en nuestra imagen la banda roja y el infrarojo pueden corresponder a otro número de banda.

## 6. Ejercicio

- Calcular el NDVI para su imagen utilizando ArcGIS con el raster calculator y con la herramienta de Image analysis, y comparar los resultados con el NDVI en GEE.
- Proponga un índice espectral nuevo y discuta su uso