



Departamento de Geociencias & Medio Ambiente

## CURSO SENSORES REMOTOS

### Taller 3. Cálculo de índices

*versión del taller: 29 de agosto de 2025*

## 1. Procedimiento

Los dos programas actuales tal vez mas importantes sobre sensores remotos libres son el LANDSAT y Sentinel.

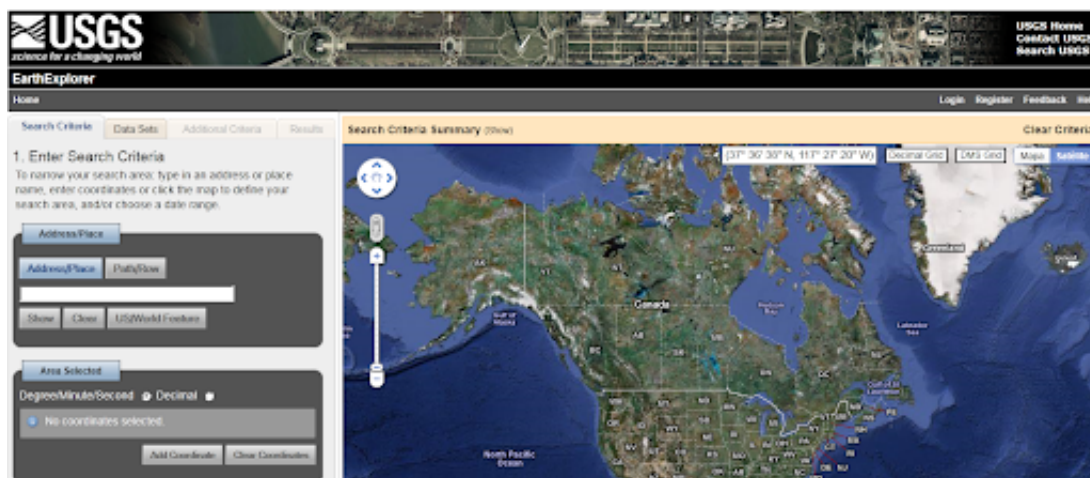
### 1.1. LANDSAT

El programa LANDSAT es un programa de imágenes de satélite que inició en 1972 y que ha tenido una gran evolución en el tiempo. Actualmente se encuentran en órbita los satélites Landsat 7, Landsat 8 y Landsat 9. Las imágenes de Landsat son las más utilizadas en el mundo. La resolución espacial de las imágenes es de 30 m, con una resolución temporal de 16 días. El sensor del Landsat 8 tiene 11 bandas espectrales, las cuales cubren desde el visible hasta el infrarrojo térmico. La gran ventaja del programa Landsat es que sus imágenes son gratuitas y se pueden descargar desde diferentes plataformas Web.

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

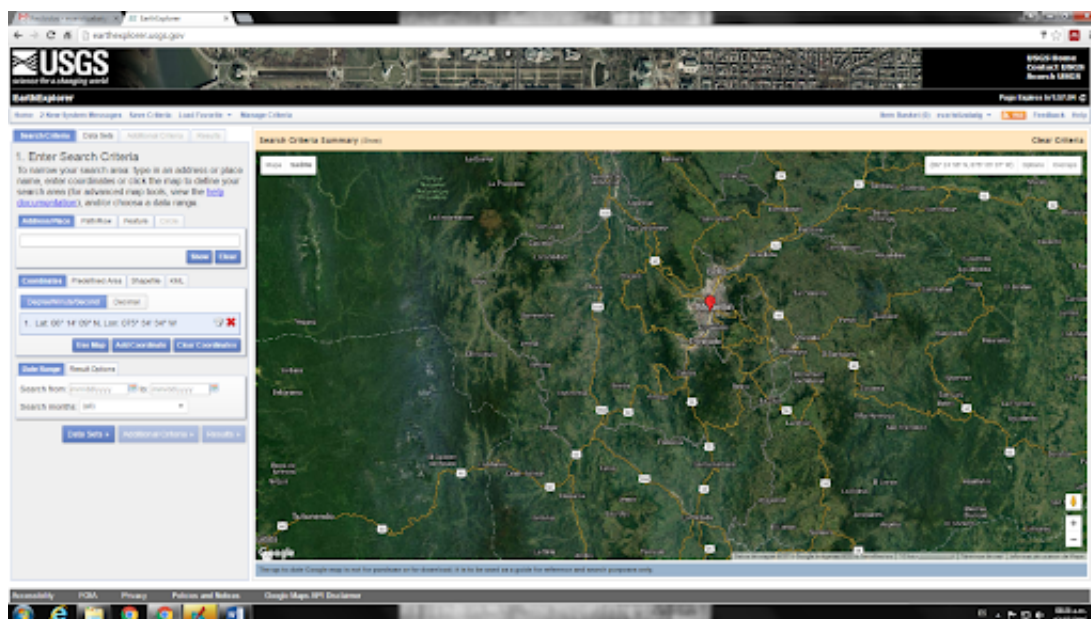
1. Ingrese al Earth Explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)
2. Una vez este en la página del Earth explorer del, de click en la pestaña de registro (Register) y le desplegará el formulario de registro.



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) 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.
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 izquierda del mapa está la pestaña que le permite seleccionar la imagen de referencia y una retícula en grados.
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 aparecer un signo con forma de globo, 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.

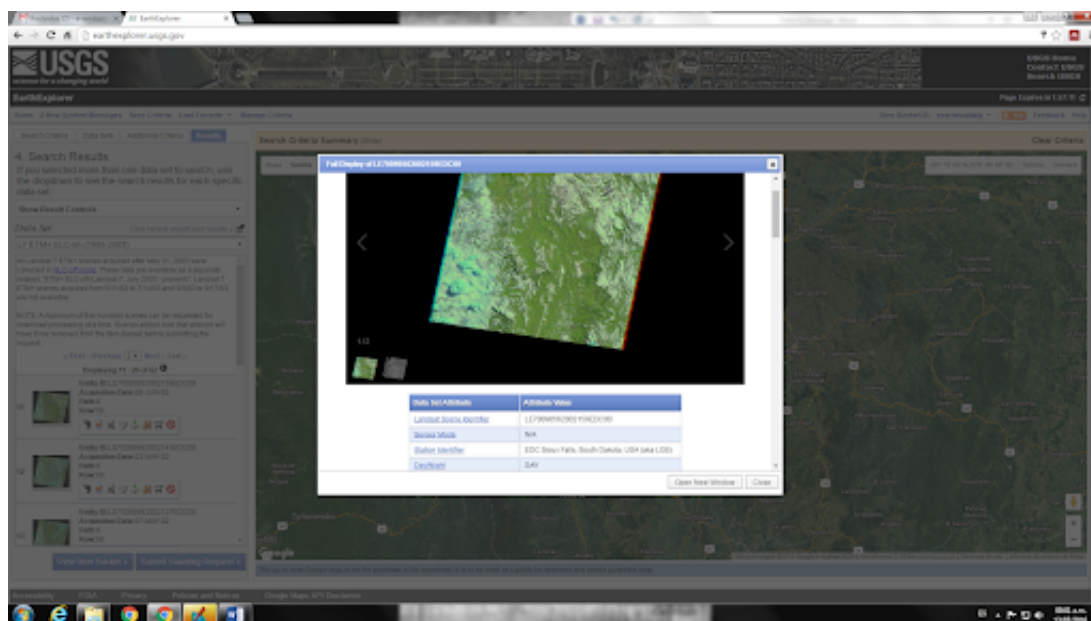
16. Por ejemplo, la opción Landsat Archive presenta diferentes opciones, entre ellas L7 SLC off (2003 present), L7 SLC - ON, (1999-2003), L4-5 TM; estas opciones indican que se buscarán imágenes de Landsat de 2003 al presente (con bandeamiento o gaps negros), imágenes de 1999 a 2003 (antes del daño del sensor del satélite) y Landsat 4 y 5 tomadas para la zona de interés.
17. Seleccione la opción Landsat, y 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 satisface 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**

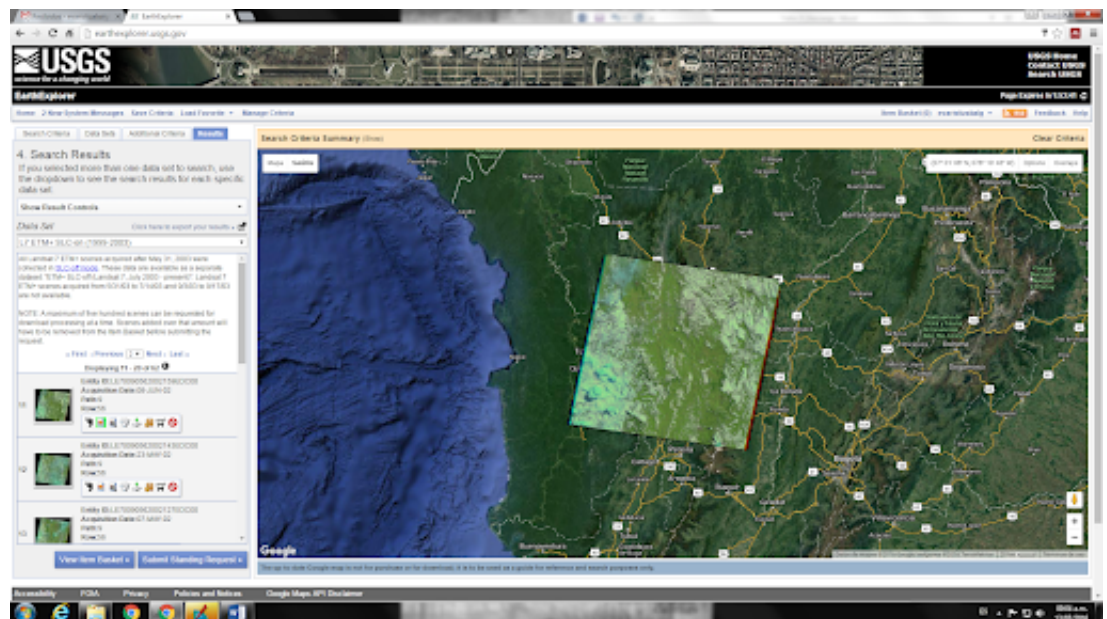
23. Una vez se han realizado estas pruebas para ver cuál es la imagen (o imágenes) que mejor satisface la necesidad de trabajo, se procede de la siguiente manera:



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.
25. Se descargará un archivo en formato comprimido, que puede ser \*.rar, \*.zip, \*.gz, \*.tar entre otros.
26. Hecho esto ya puede observar la información de la imagen de satélite. Cada banda está separada y en formato \*.tif, igualmente se observan los archivos planos de apoyo, como el metadato (\*\_MTL.TXT).

## 1.2. Sentinel

Sentinel-2 es fundamental para el análisis terrestre, proveyendo imágenes ópticas en 13 bandas espectrales con una resolución espacial que llega hasta los 10 metros en las bandas del visible e infrarrojo cercano. Gracias a la constelación de dos satélites (2A y 2B), logra un tiempo de revisita de tan solo 5 días en el ecuador. Por su parte, Sentinel-1 opera con un radar de apertura sintética (SAR) en banda C, lo que le permite adquirir imágenes de día y de noche independientemente de la nubosidad, con una resolución de hasta 5 metros y una frecuencia de revisita de 6 días. Estas misiones, junto con otras como Sentinel-3 para la observación oceánica y terrestre a menor resolución (300 m) y Sentinel-5P para el monitoreo de gases atmosféricos, generan petabytes de datos gratuitos y abiertos.



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.

### 1.3. Copernicus Data Space Ecosystem (CDSE)

El Copernicus Data Space Ecosystem (CDSE) (<https://dataspace.copernicus.eu/>) es la plataforma unificada y de acceso centralizado a toda la información generada por el programa Copernicus de la Unión Europea. En esencia, es mucho más que un simple portal de descarga. Es un entorno de trabajo en la nube que proporciona acceso instantáneo, abierto y gratuito al archivo completo y en tiempo real de los datos de los satélites Sentinel (Sentinel-1, -2, -3, 5P, etc.), así como a otros productos de los servicios Copernicus.

El Copernicus Data Space Ecosystem (CDSE) es un gran laboratorio de ciencias de la Tierra digital y colaborativo. Este laboratorio tiene:

- **Un Almacén de Datos Gigante:** Donde están todas las materias primas (imágenes satelitales).



**Copernicus Browser** Es la herramienta más sencilla y visual. Es un mapa interactivo que te permite navegar, encontrar imágenes de los satélites Sentinel (y otros) para tu área de interés, previsualizarlas y descargarlas. Es perfecto para una primera exploración visual.

**APIs de Acceso a Datos (como STAC y OData)** Son las "puertas traseras" para programadores. Te permiten automatizar la búsqueda y descarga de datos escribiendo scripts (en Python, por ejemplo), en lugar de hacer clic en un mapa. Es mucho más eficiente si sabes exactamente qué datos necesitas para un área y fechas específicas.

- **Un Taller de Análisis:** Con diferentes herramientas para procesar y analizar esos datos.

**JupyterLab** Este es tu entorno de programación personal en la nube. Como usas Python, R y JavaScript, te sentirás como en casa. Te dan una máquina virtual con todo preinstalado para que puedas escribir y ejecutar tu código directamente sobre los datos del ecosistema. Ideal para desarrollar, probar tus métodos y hacer análisis detallados en áreas de tamaño moderado.

**openEO** Piensa en openEO como el "motor de procesamiento a gran escala". No es tanto un entorno de programación, sino una API (un lenguaje común) para decirle a la infraestructura de la nube qué hacer. Usas openEO para aplicar análisis complejos (como los que podrías prototipar en JupyterLab) sobre áreas inmensas (un país, un continente) sin preocuparte por la infraestructura. Es la herramienta para pasar de la investigación a la operación a gran escala.

**Data Workspace** Es una interfaz web más guiada que te permite generar productos bajo demanda seleccionando un algoritmo y configurando sus parámetros. Es menos flexible que JupyterLab u openEO, pero más sencillo si solo necesitas aplicar un procesamiento estándar.

- **Una Biblioteca/Galería Pública:** Donde puedes compartir tus resultados y usar los métodos de otros.

**openEO Algorithm Plaza** Como ya vimos, es el mercado de algoritmos. Aquí puedes publicar los flujos de trabajo que creaste con openEO para que otros los usen, o puedes tomar algoritmos de otros para aplicarlos a tus propios problemas, como el monitoreo de deslizamientos.

### 1.3.1. Copernicus Browser

En esta plataforma existe una pestaña llamada Explore Data que dirige a la siguiente página Copernicus Browser <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>. Copernicus Browser es la herramienta más sencilla y visual. Es un mapa interactivo que te permite navegar, encontrar imágenes de los satélites Sentinel (y otros) para tu área de interés, previsualizarlas y descargarlas.

Es perfecto para una primera exploración visual, ya que permite identificar rápidamente la cobertura de nubes, la fecha de adquisición, y seleccionar el área exacta de interés antes de descargar los datos. Además, ofrece herramientas para visualizar diferentes combinaciones de bandas y productos derivados como NDVI, facilitando la selección de la imagen más adecuada para el análisis posterior.

1. Desde la pestaña SEARCH navegue en el mapa hasta su área de interés.
2. Seleccione el satélite y producto deseado (por ejemplo, Sentinel-2).
3. Ajuste los filtros de fecha, porcentaje de nubes y otros parámetros según su necesidad.
4. Visualice las imágenes disponibles y elija la que mejor se adapte a su objetivo.
5. Haga clic en la imagen seleccionada y luego en el botón de descarga (Download).
6. Elija el formato y las bandas que desea descargar y confirme la descarga.

Desde la pestaña VISUALISE puede explorar las imágenes de satélite directamente en el navegador, aplicar diferentes combinaciones de bandas e índices, y analizar la cobertura de nubes y otros aspectos visuales.

### 1.3.2. OpenEO

openEO (<https://openeo.dataspace.copernicus.eu/>) representa un estándar comunitario innovador que revoluciona el procesamiento y análisis de datos geoespaciales. Este marco de trabajo revolucionario proporciona un enfoque novedoso para acceder, procesar y analizar diversos datos de observación de la Tierra. Al adoptar openEO, los desarrolladores, investigadores y científicos de datos obtienen acceso a una plataforma unificada e interoperable, lo que les permite aprovechar entornos de computación distribuida y recursos basados en la nube para abordar desafíos geoespaciales complejos.



Gracias a la naturaleza colaborativa de openEO, los usuarios pueden compartir de manera fluida código, flujos de trabajo y métodos de procesamiento de datos entre plataformas y herramientas, fomentando la colaboración y promoviendo la accesibilidad, escalabilidad y reproducibilidad de los datos de observación de la Tierra. Además, openEO proporciona librerías de programación intuitivas que facilitan el análisis de diversos conjuntos de datos de observación terrestre. Estas librerías permiten el acceso y procesamiento eficiente de datos a gran escala a través de múltiples infraestructuras, dando soporte a diversas aplicaciones que incluyen investigación exploratoria, cartografía detallada y extracción de información. Este enfoque optimizado también mejora el proceso de desarrollo, permitiendo la utilización de datos de observación de la Tierra para una amplia gama de aplicaciones y servicios.

Los principales beneficios de usar la API de openEO se pueden resumir de la siguiente manera:

- **Acceso Unificado:** A través de una única API, los usuarios pueden acceder a múltiples backends y conjuntos de datos, simplificando el proceso de obtención de datos.
- **Procesamiento Escalable:** openEO permite a los usuarios aprovechar infraestructuras de computación en la nube y entornos distribuidos para procesar grandes volúmenes de datos de manera eficiente.
- **Independencia Tecnológica:** La API es independiente de las tecnologías y librerías subyacentes, lo que facilita la integración con diversas plataformas y herramientas.
- **Reproducibilidad:** Al utilizar flujos de trabajo transparentes y compartibles, openEO apoya los principios de la Ciencia Abierta y FAIR (Datos Fáciles de Encontrar, Accesibles, Interoperables y Reutilizables).

Al usar la API de openEO, los usuarios pueden elegir JavaScript, Python o R como su librería de cliente. Esto les permite trabajar con cualquier backend y compararlos según su capacidad, costo y la calidad de los resultados.

### 1.3.3. Jupyter lab

## 1.4. Google Earth Engine

Google Earth Engine es una plataforma de procesamiento geoespacial basada en la nube. Earth Engine está disponible a través de Interfaces de Programa de Aplicación (API) de Python y JavaScript. La API de JavaScript es accesible a través de un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) basado en la web llamado Editor de Código (Code Editor). Esta plataforma

es donde los usuarios pueden escribir y ejecutar scripts para compartir y repetir flujos de trabajo de análisis y procesamiento geoespacial. El Editor de Código ofrece acceso a toda la potencia de Earth Engine. En tu navegador, navega a la siguiente URL: <https://code.earthengine.google.com/>.

- En la pestaña **Scripts**, observa la amplia variedad de scripts de ejemplo precargados que demuestran capacidades y ofrecen código que puedes usar para tus análisis. [cite: 24]
- En la pestaña **Docs**, hay una lista de documentación con capacidad de búsqueda para los tipos de objetos y métodos predefinidos de GEE.
- En el panel superior derecho se encuentran las pestañas **Inspector**, **Console** y **Tasks**.
  - Usarás el **Inspector** para obtener fácilmente información sobre las capas en el mapa en puntos específicos.
  - La **Consola** ('Console') se usa para devolver mensajes mientras se ejecutan los scripts e imprimir información.
  - La pestaña **Tareas** ('Tasks') se usa para gestionar la exportación de datos y resultados.
- Haz clic en el botón **Help** en la parte superior derecha y selecciona **Feature Tour** para aprender más sobre cada componente.

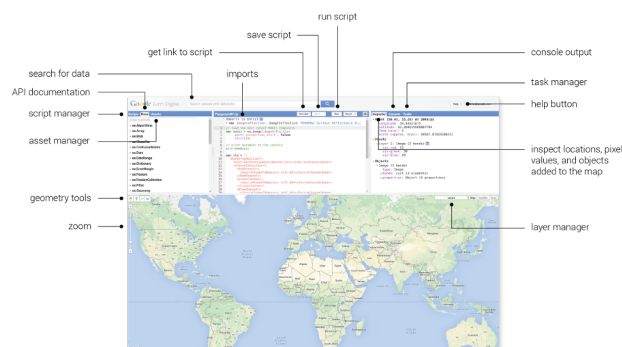


Figura 1: Interfaz del Editor de Código de Google Earth Engine.

Usa el gráfico anterior como guía y haz clic en las pestañas del panel superior izquierdo, el Panel de Scripts y Documentación.

- En la pestaña **Scripts**, observa la amplia variedad de scripts de ejemplo precargados que demuestran capacidades y ofrecen código que puedes usar para tus análisis.

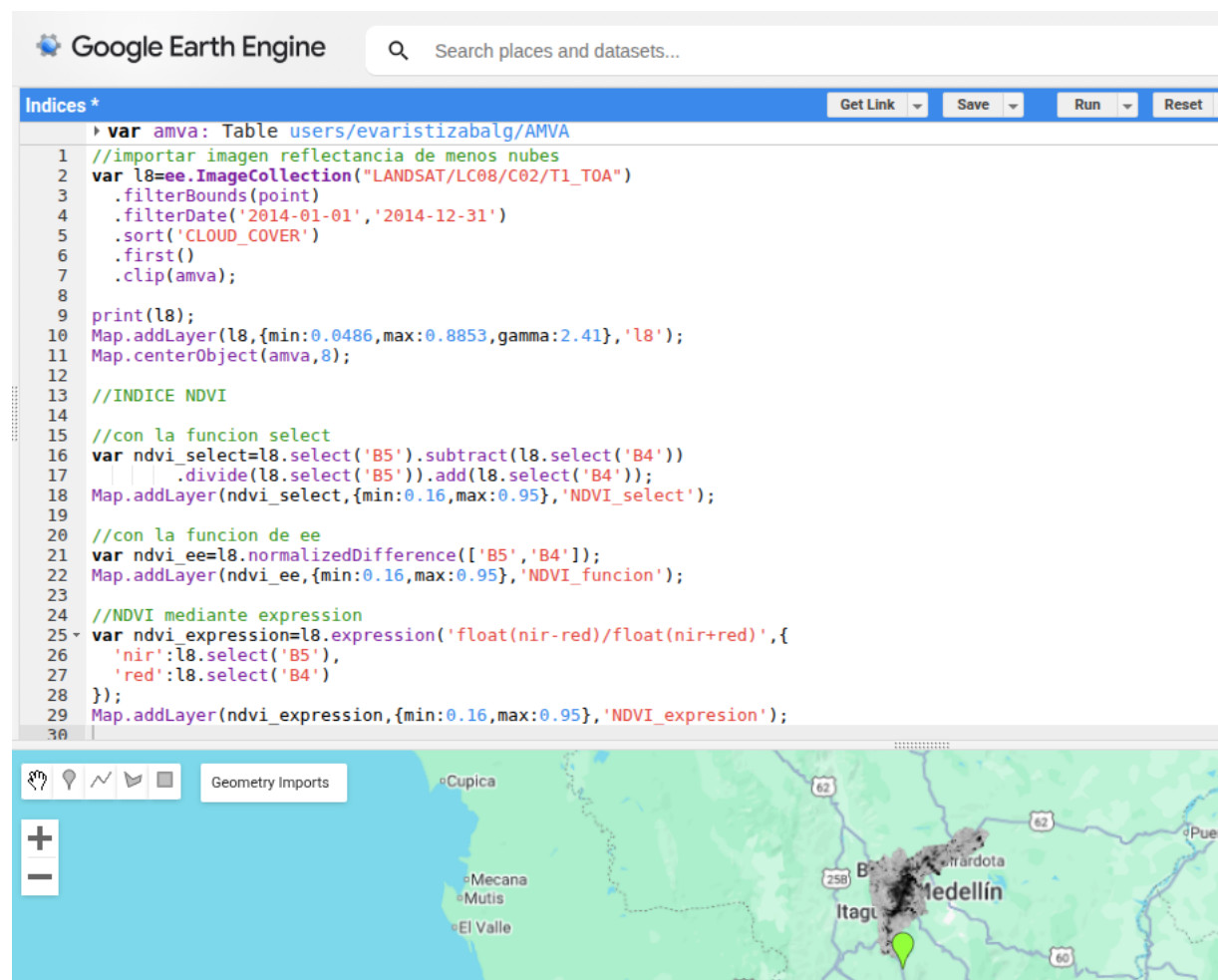
- En la pestaña **Docs**, hay una lista de documentación con capacidad de búsqueda para los tipos de objetos y métodos predefinidos de GEE.
- En el panel superior derecho se encuentran las pestañas **Inspector**, **Console** y **Tasks**.
  - Usarás el **Inspector** para obtener fácilmente información sobre las capas en el mapa en puntos específicos.
  - La **Consola** ('Console') se usa para devolver mensajes mientras se ejecutan los scripts e imprimir información.
  - La pestaña **Tareas** ('Tasks') se usa para gestionar la exportación de datos y resultados.
- Haz clic en el botón **Help** en la parte superior derecha y selecciona **Feature Tour** para aprender más sobre cada componente.

Para inspeccionar una imagen Landsat 8 (también llamada escena) en tu región de interés (ROI), define tu ROI como un punto o polígono, filtra la colección de imágenes para obtener una escena con pocas nubes y muestra información de la imagen en la consola.

## 1.5. 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.



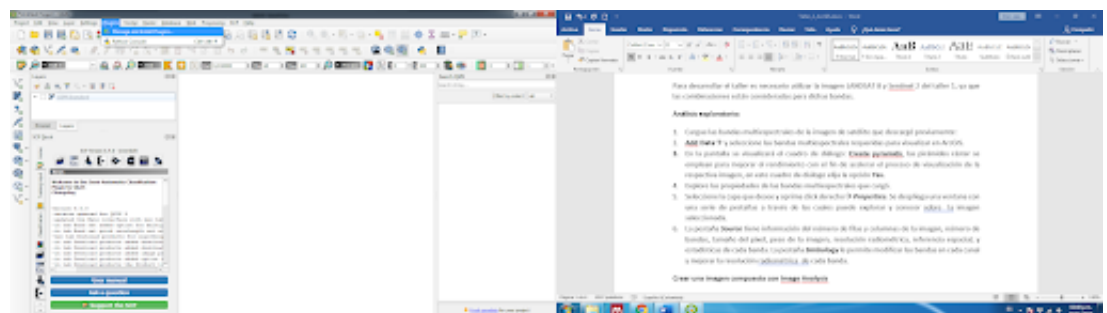
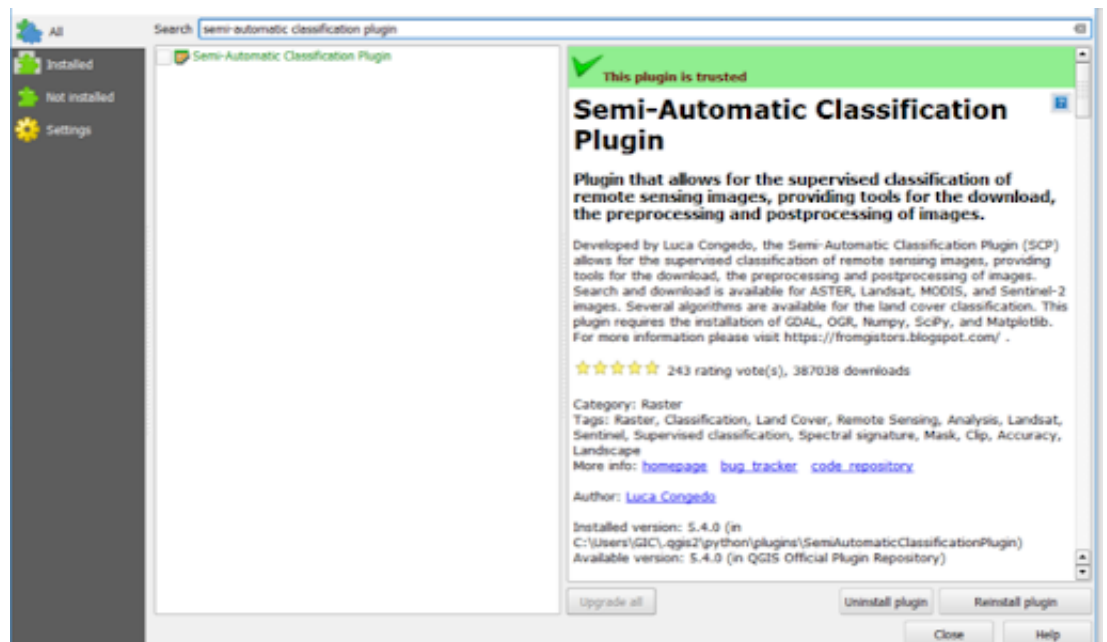
En este sentido, lo primero que debemos hacer en QGIS es la instalación de un plugin utilizado para el tratamiento de imágenes de satélite denominado Semi-automatic Classification Plugin (SCP). Para esto nos dirigimos a la pestaña Plugins - Manage and install plugins. Y nos aparece una ventana donde 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.

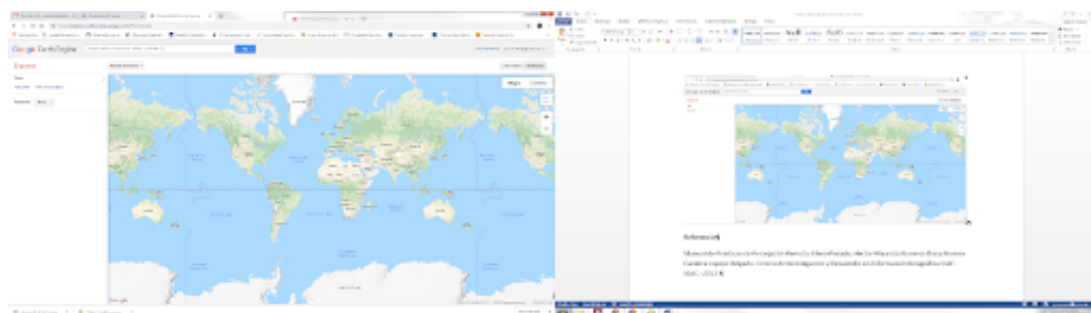
Pero en este caso el SCP se encuentra en el sitio oficial, por lo tanto simplemente con el nombre lo buscamos en la primera pestaña que corresponde al buscador, y nos parece el plugins, lo señalamos y le damos en la parte inferior derecha instalar. Al instalarse se crea una nueva pestaña en el programa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

A continuación se describe el procedimiento para cargar y analizar imáge-





nes de satélite. Para este caso se utilizará la herramienta QGIS y una imagen Landsat8.

### Análisis exploratorio

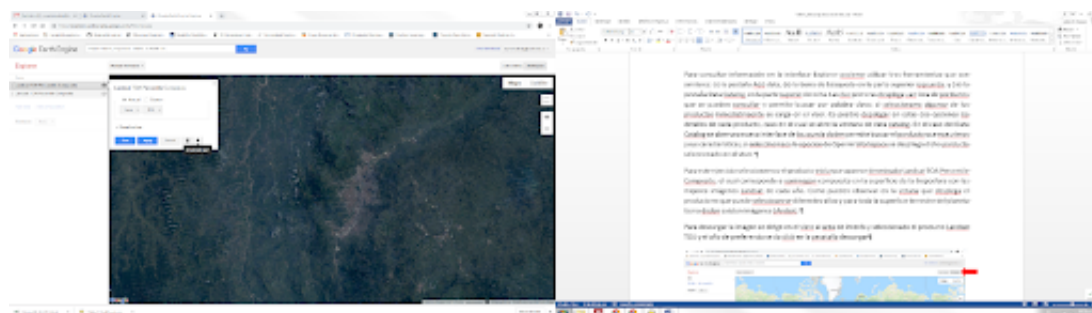
:

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 hacia abajo 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 desplegará 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.

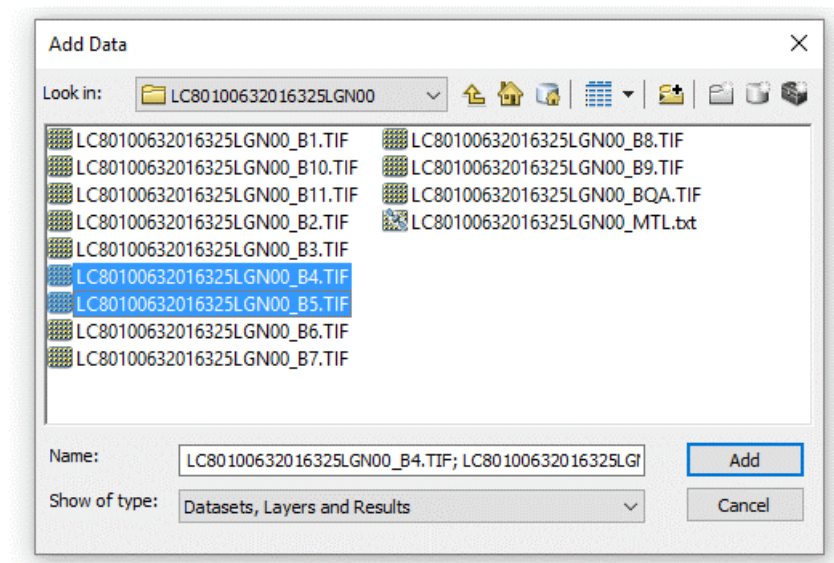
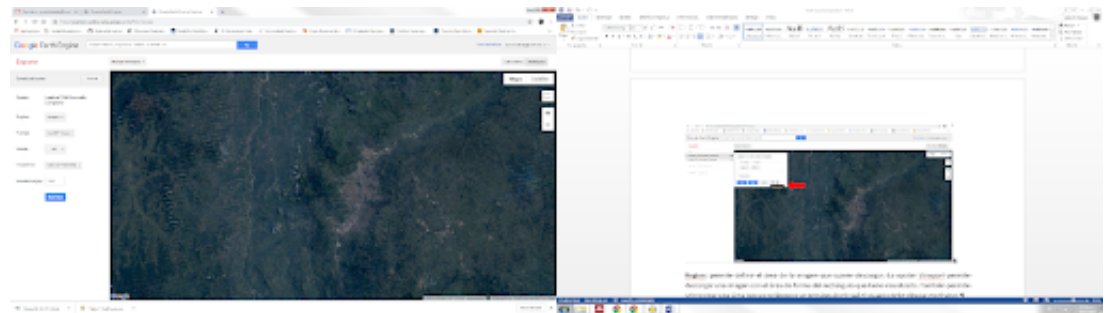
1. Las combinaciones también se pueden realizar dando click derecho a la imagen –¿Properties –¿Symbology, y vaya a la pestaña Render type y seleccione Multiband color. Cada canal (Red band, Green band, y Blue band) puede sacar una banda para obtener una combinación.
2. En las flechas de la parte derecha 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.

### 1.5.1. Convertir DN a valores de reflectancia

## 1.6. QGIS

Los productos disponibles pueden estar radiométrica y geoméricamente corregidos, pero pueden estar en unidades de DN (Digital Number), 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.

#### 1.6.1. *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

### 1.6.2. Cálculo del NDVI en ArcGIS utilizando Raster Calculator

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:

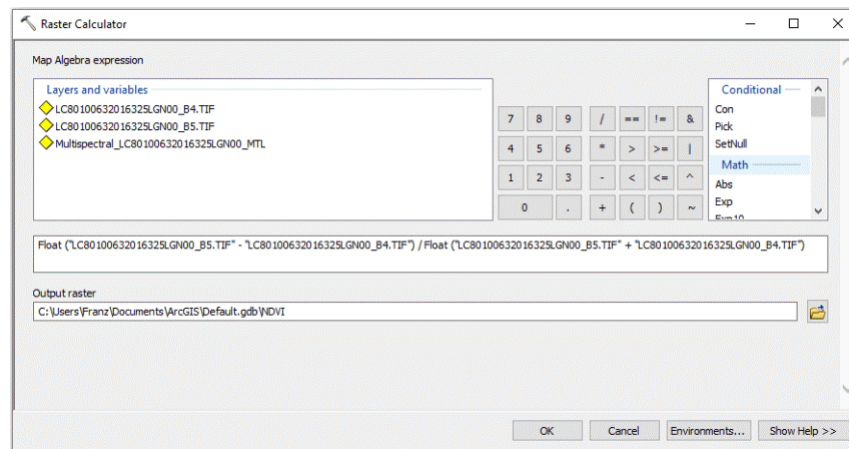
*ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator*

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 infrarrojo pueden corresponder a otro número de banda.

## 2. Ejercicio

1. Seleccione un área de interés y descargue una imagen Landsat8-9 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)
4. Recorte las imagenes y el MDT de acuerdo con su área de interés
5. Realice la conversión de DN a reflectancia TOA para cada imagen
6. Calcule el NDVI para cada imagen y compare los resultados obtenidos