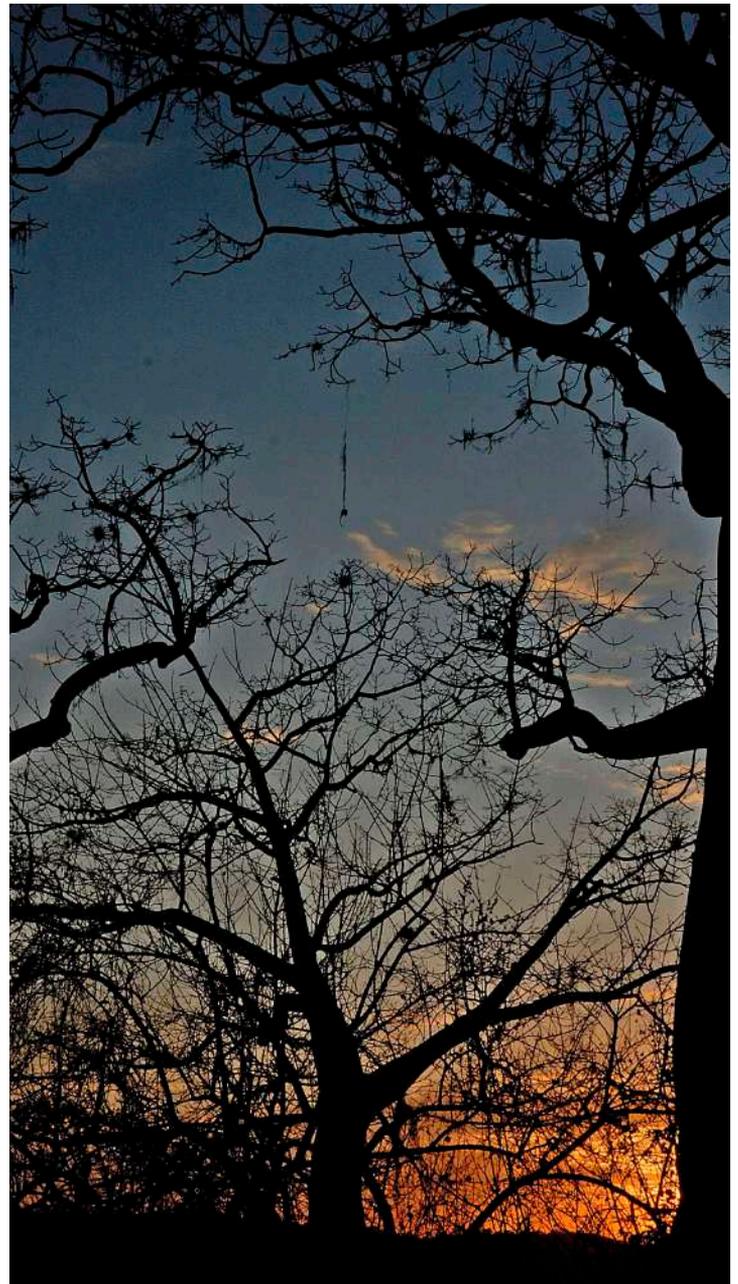


Mapeo de los bosques estacionalmente secos y no bosque estacionalmente secos de la costa norte del Perú

Tumbes • Piura • Lambayeque





GUÍA METODOLÓGICA

Mapeo de los bosques estacionalmente secos y no bosque estacionalmente secos de la costa norte del Perú

Tumbes • Piura • Lambayeque

GUÍA METODOLÓGICA

Mapeo de los bosques estacionalmente secos y no bosque estacionalmente secos de la costa norte del Perú Tumbes · Piura · Lambayeque
Versión digital

Editado por:

© Ministerio del Ambiente (MINAM). Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC)
Av. República de Panamá n.º 3030, piso 14, San Isidro. Lima, Perú

Primera edición: enero de 2021

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.º 2021-XXXXX

Todos los derechos reservados de acuerdo con el Decreto Legislativo n.º 822 (Ley sobre el Derecho de Autor)

Diseño:

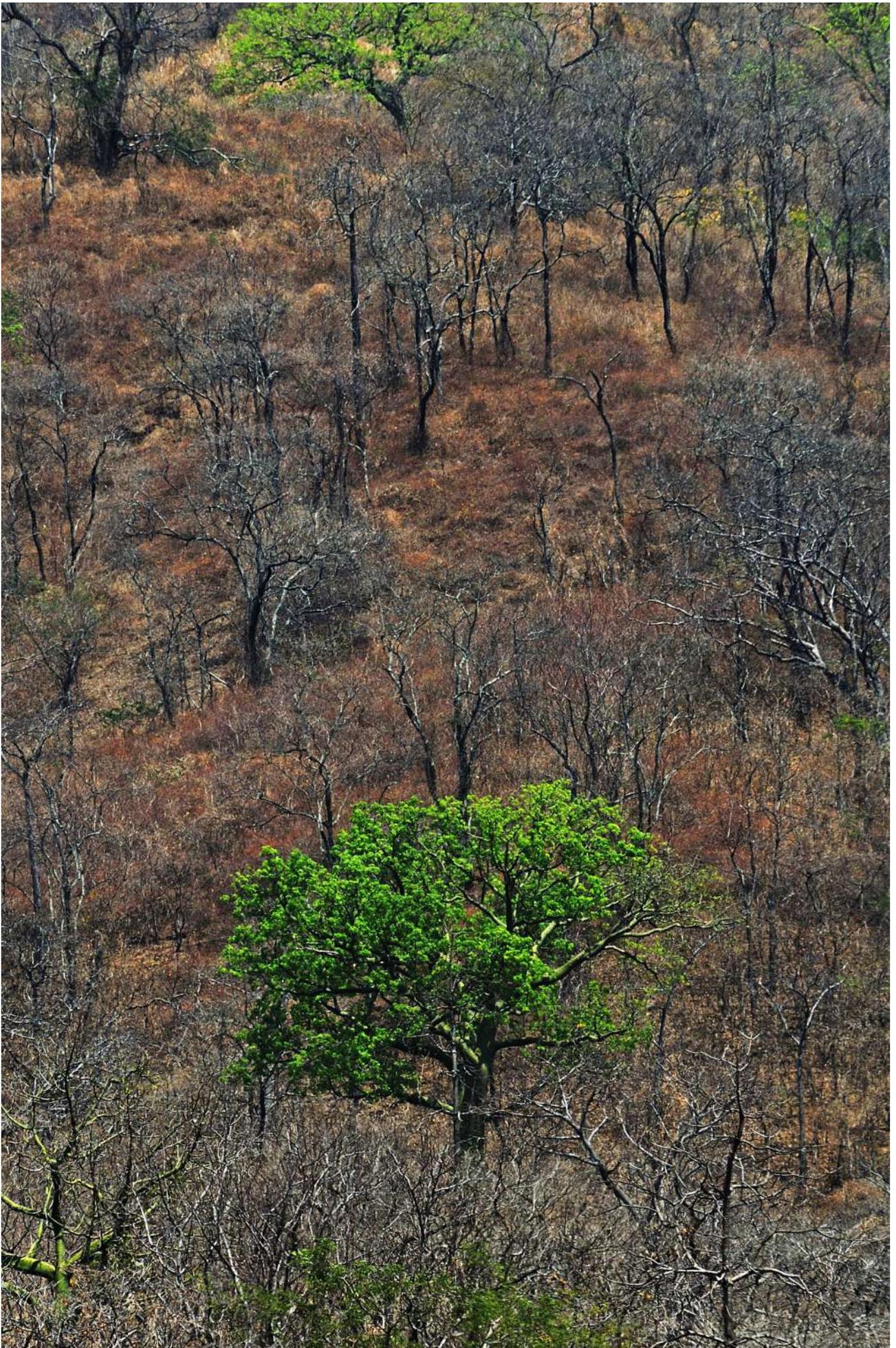
Gabriel Herrera

Fotografías:

© Christian Quispe







PRESENTACIÓN

El Perú es un país de bosques. Casi el 60 % de su territorio está cubierto por árboles, lo que constituye una invaluable fuente de diversidad biológica y cultural. Sin embargo, toda esta riqueza natural –que ha colocado al país en la lista de países megadiversos– está siendo permanentemente amenazada por la deforestación. Se estima que el 1.3 % de los bosques peruanos han sido deforestados, lo que equivale a 1 600 000 hectáreas.

Actividades como la minería ilegal, la agricultura migratoria de roce y quema, son las causas principales de la pérdida de bosques en el Perú. Por tal razón, conservarlos se ha convertido en una prioridad para el Estado, ya que los bosques proveen de importantes servicios, desde la regulación y provisión del agua hasta alimentos y medicinas, sin contar su rol en el secuestro de carbono que permite mitigar los efectos del cambio climático.

Dicho esto, la elaboración de la presente guía metodológica para el mapeo de los bosques estacionalmente secos y no bosque estacionalmente secos de la costa norte del Perú es gran paso en el conocimiento de uno de los ecosistemas más representativos de la costa peruana: los bosques secos del Pacífico.

Ubicados en el extremo noroccidental del país, los bosques secos constituyen una verdadera joya natural, debido a las severas condiciones en las que se desarrollan, lo cual ha exigido a las especies silvestres que lo habitan a desarrollar diversas adaptaciones para sobrevivir a un ambiente sumamente retador. Estas exigencias han propiciado la existencia de un alto nivel de endemismo, es decir, de especies únicas adaptadas a este riguroso ecosistema.

Debido al uso intensivo que los habitantes de esta región le dan a las especies nativas del bosque seco, como el algarrobo, se estima que 7 000 hectáreas son taladas cada año. Es por esta razón que Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC), en colaboración con el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) y con el apoyo técnico de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) –a través del Proyecto de Desarrollo de Capacidades para la Conservación de Bosques y Mecanismos REDD+ en la República del Perú (ProBosque JICA)– han desarrollado técnicas para el mapeo de los bosques secos del Perú.

En base a información satelital de alta resolución y utilizando métodos combinados para la detección de los bosques estacionalmente secos en el departamento de Lambayeque –corroborados con una minuciosa labor en el campo–, han desarrollado la siguiente metodología que podrá ser aplicada a los departamentos de La Libertad, Piura y Tumbes, en los que también se presentan estas importantes formaciones naturales.

Este avance en el conocimiento de los bosques del Perú sienta las bases para una mejor toma de decisiones y permitirá no solo aumentar el conocimiento, también trazar nuevas estrategias que permitan conservar los bosques para el futuro.

Teresa Velásquez Bracamonte

Coordinadora Ejecutiva

Programa Nacional de Conservación de Bosques
para la Mitigación del Cambio Climático

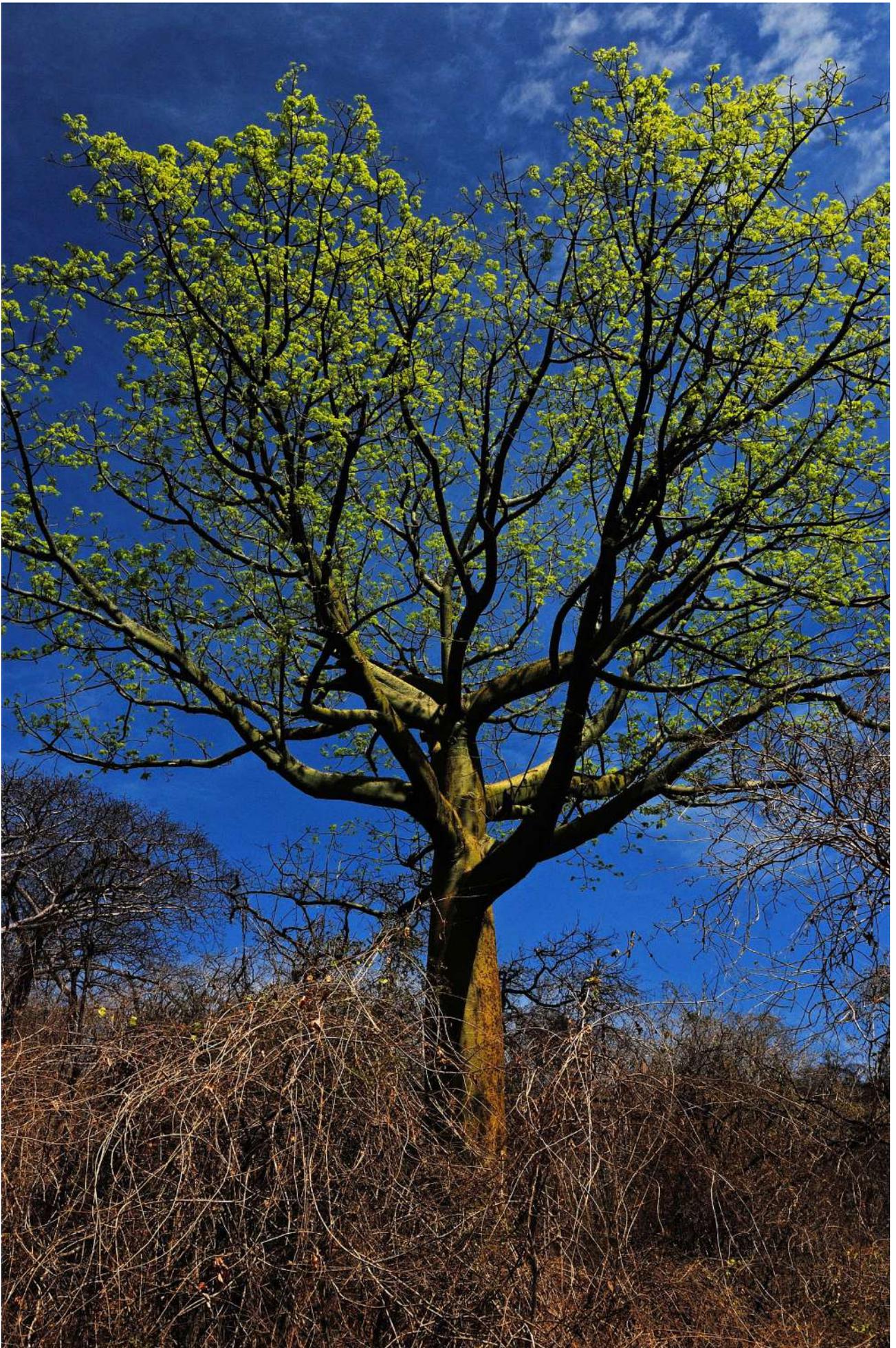




Tabla de contenido

1. INSTALACIÓN DE PROGRAMAS	10
1.1. Instalación del programa Anaconda	10
1.2. Instalación del programa Snap	13
1.2.1. Actualización del programa Snap y complementos	17
1.2.2. Configuración del plugins Sen2cor	18
1.3. Instalación del programa QGIS	21
1.3.1. Instalación de complementos del programa QGIS	24
1.4. Instalación del programa Grass-GIS	25
1.4.1. Creación del directorio de trabajo	28
1.5. Instalación del programa Saga-GIS	30
2. DESCARGA DE DATOS	32
2.1. Imágenes Sentinel 2x	32
2.2. Modelo digital de elevación (Digital Elevation Model-DEM)	35
Descarga de datos SRTM 90X90	35
Descarga de datos SRTM 30X30	38
Descarga de datos Alos Palsar	39
2.3. Mosaico de escena del DEM	43
2.4. Reproyectar el mosaico del DEM	46
2.5. Corrección del mosaico de escena del DEM	47
3. DESPLIEGUE DE LA IMAGEN	48
3.1. Ejecutar el programa Snap	48
3.2. Abrir el archivo XML	48
3.3. Visualización de la imagen banda por banda	49
3.4. Visualización de la imagen en canales RGB	50
Combinación pre-establecida	51
Combinación de bandas en particular	51
Operaciones entre bandas	52
3.5. Visualización de varias ventanas	52
3.6. Desplazamiento de la imagen	53
Icono Panning Tool	53
Icono Zooming Tool	53
Control de navegación	54
Ventana de navegación	54
4. CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA	55
5. RESAMPLING	58
6. VERIFICACIÓN DE LA REFERENCIACIÓN	60
6.1. Criterios para la selección de los puntos de control	60
6.2. Identificación de los puntos de control	60
6.3. Obtención del número de muestras	61
6.4. Selección de los puntos de muestreo	61
6.5. Exportación de los puntos de muestreo	62
6.6. Importación de las vías terrestres y puntos de muestreo en el programa Snap	62
6.7. Verificación de la referenciación	64
7. EXPORTACIÓN	65
8. DESPLIEGUE DE LA IMAGEN	66
9. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA	70
10. CONVERSIÓN DE VALORES DE REFLECTANCIA ESCALADA TOA Y BOA, A VALORES DE REFLECTANCIA NORMAL	74

11. OBTENCIÓN DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN	77
11.1. Vegetation Radiometric Indice: Normallized Difference Vegetation Index (NDVI)	77
Cálculo de NDVI usando Snap	77
Cálculo de NDVI usando QGIS	79
11.2. Vegetation Radiometric Indice: Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	81
Cálculo de SAVI usando Snap	81
Cálculo de SAVI usando QGIS	81
12. DEFINICIÓN DE BOSQUE SECO	85
13. UNIÓN DE ÍNDICES A LA IMAGEN MULTIESPECTRAL	86
14. IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS DEL BOSQUE SECO	88
14.1. Determinación de umbrales	88
14.1.1. Complemento: Point Sampling Tools	88
14.1.2. Complemento: Terrain Profile	91
15. DETERMINACIÓN DE LAS FORMACIONES VEGETALES	93
15.1. Sintáxis de la escritura de Decisión Tree: calculadora raster del QGIS	93
15.2. Sintáxis de la escritura de Decisión Tree	94
16. TRABAJO DE CAMPO	97
16.1. Identificación de áreas de muestreo	97
16.2. Identificación de los puntos de muestreo	99
16.3. Identificación de sectores de muestreo	100
16.4. Recorte de las imágenes (cuadrantes)	101
16.5. Distribución del material de campo	103
16.6. Capacitación del personal de campo	104
16.7. Trabajo de campo	104
17. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	105
17.1. Sistematización de la información de campo: ficha de campo	105
17.2. Sistematización de la información de campo: material fotográfico	108
18. VERIFICACIÓN DE RESULTADOS	109
19. EDICIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE BOSQUE SECO Y NO BOSQUE SECO	110
20. MAPA PRELIMINAR DE BOSQUE SECO Y NO BOSQUE SECO	111
21. VALIDACIÓN DEL MAPA DE BOSQUE SECO Y NO BOSQUE SECO	111
21.1. Metodología	111
Diseño de muestreo	112
Determinación de estratos a muestrear	112
Determinación del tamaño de muestra total	112
Determinación del tamaño de muestra por estrato	113
Ubicación de los puntos de validación	113
Validación de puntos en base a imágenes de alta resolución	115
Matriz de confusión	116
Índice Kappa	116



1. INSTALACIÓN DE PROGRAMAS

Para la elaboración del **Mapa de Bosque Seco y No Bosque Seco**, se recomienda la utilización de los siguientes programas:

- Anaconda
- SNAP
- QGIS
- GRASS
- SAGA - GIS

1.1. INSTALACIÓN DEL PROGRAMA ANACONDA

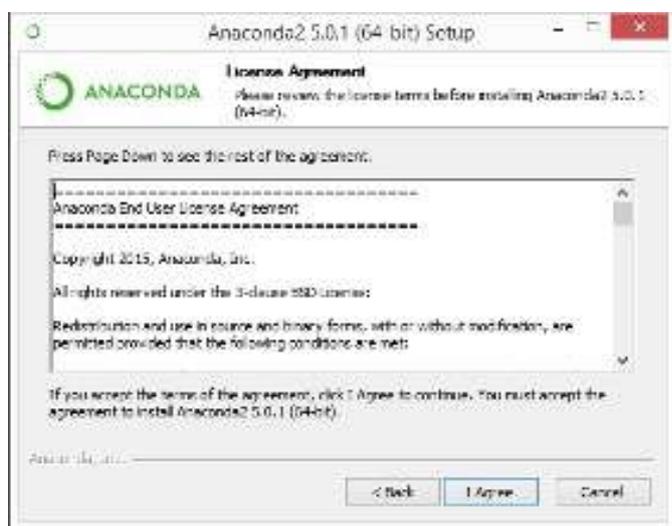
Para la instalación del programa ANACONDA, se debe ejecutar el archivo:

Anaconda2-5.0.1-Windows-x86_64.exe

Una vez ejecutado el archivo, este mostrará la siguiente ventana.



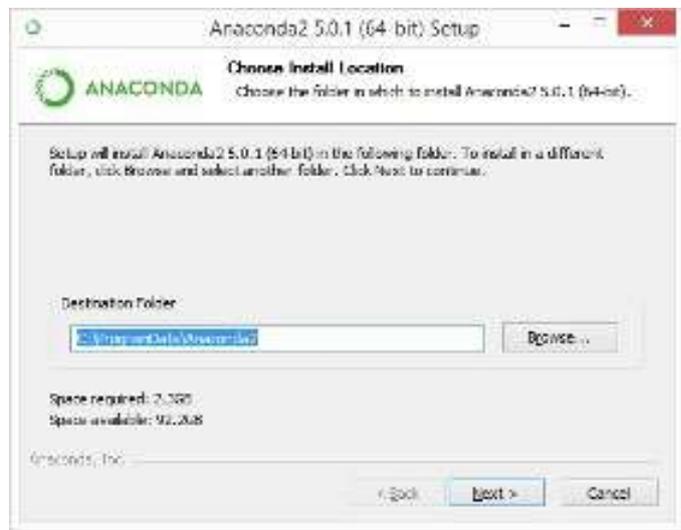
Al presionar en el botón **NEXT**, el programa mostrará la siguiente ventana del acuerdo de licencia en el cual Ud. **Debe** aceptar los términos.



Una vez presionado el botón **I AGREE**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se debe indicar el tipo de instalación. Se debe seleccionar **ALL USERS** (Requires admin privileges).



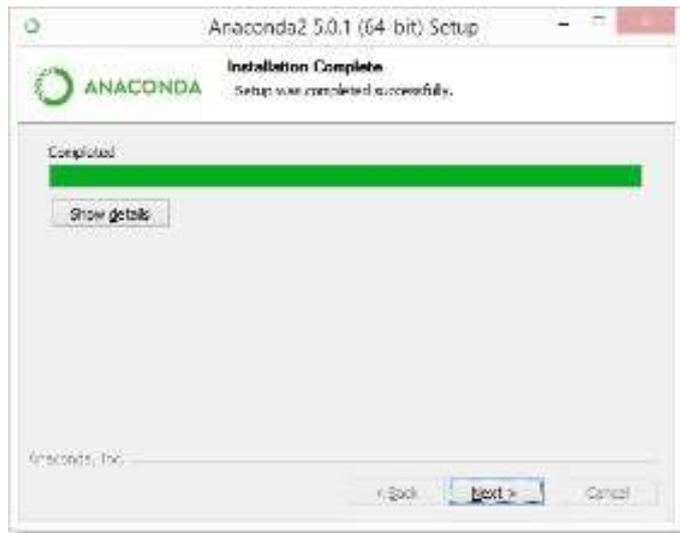
Una vez presionado el botón **NEXT**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se debe indicar el lugar de la instalación. Se recomienda dejar por **DEFAULT** la dirección sugerida por el programa.



Una vez presionado el botón **NEXT**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se debe **MARCAR** la opción **REGISTER ANACONDA AS THE SYSTEM PYTHON 2.7**



Al presionar el botón **INSTALL**, el programa empezará la instalación.



Una vez terminada la instalación, el programa mostrará la siguiente ventana.

Una vez que se encuentren desmarcadas las dos opciones, presionar el botón **FINISH**, para terminar la instalación.



1.2. INSTALACIÓN DEL PROGRAMA SNAP

Para ejecutar la instalación de programa SNAP, debe ubicar el ARCHIVO:

esa-snap_all_windows-x64_6_0.exe

Una vez ejecutado el archivo, este mostrará la siguiente ventana.



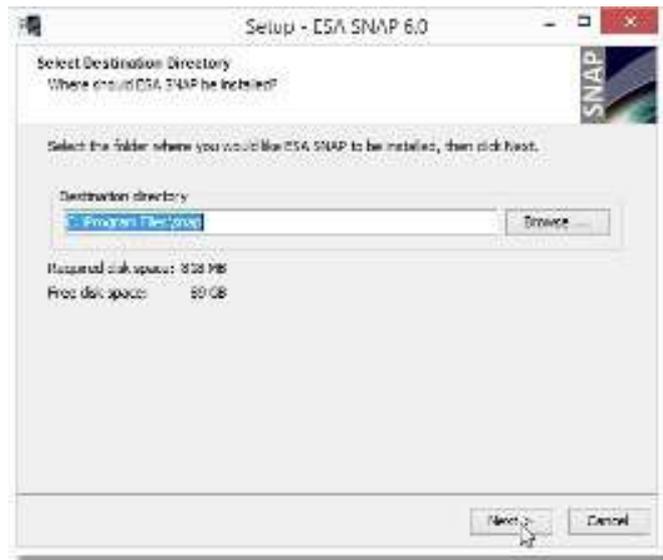
Al presionar en el botón **NEXT**, el programa mostrará la ventana del acuerdo de licencia en el cual Ud. **Debe** aceptar los términos.



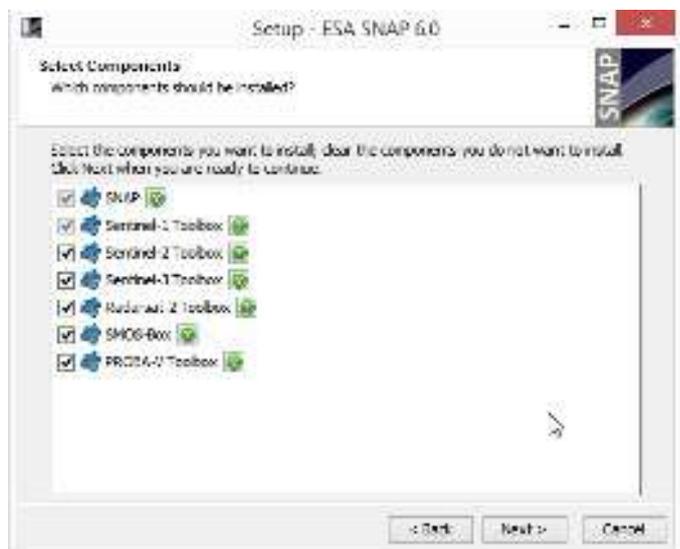
Una vez presionado el botón **NEXT**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se le pedirá que borre los datos de alguna instalación anterior. Deje por defecto la selección.



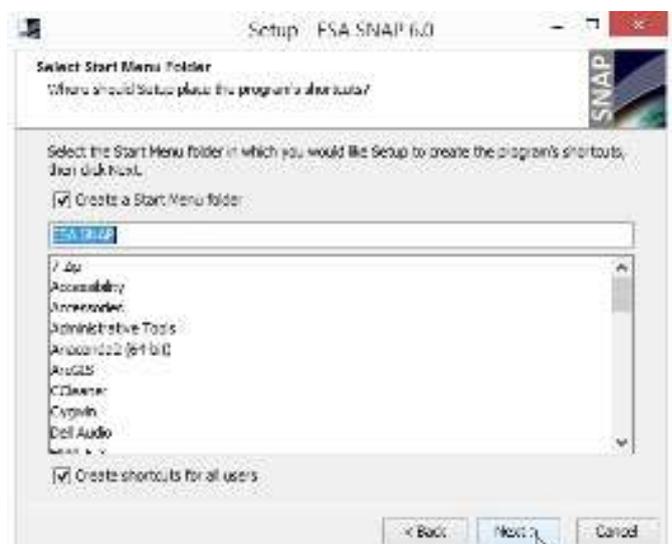
Una vez presionado el botón **NEXT**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se debe indicar el lugar de la instalación. Se recomienda dejar por **DEFAULT** la dirección sugerida por el programa (Recuerde la ruta donde es instalado el programa SNAP).



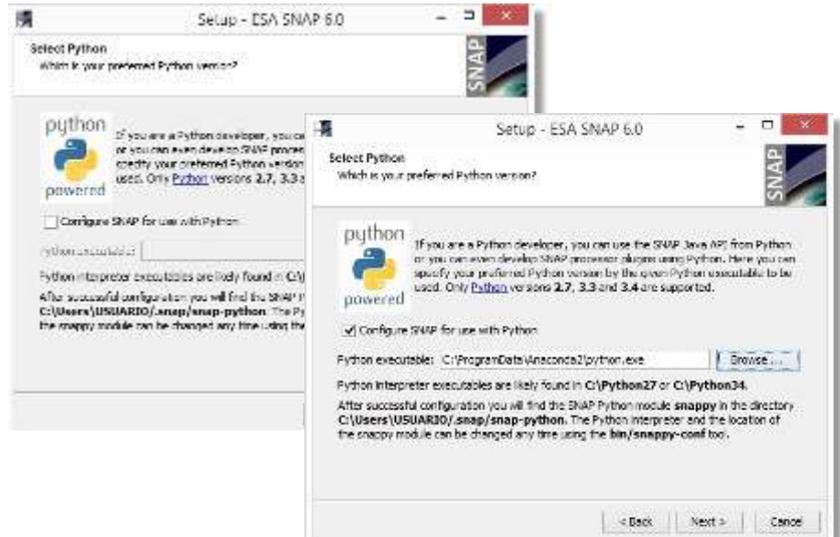
Una vez presionado el botón **NEXT**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se puede seleccionar los componentes que se desea instalar. Dejar por **DEFAULT** todas las opciones marcadas.



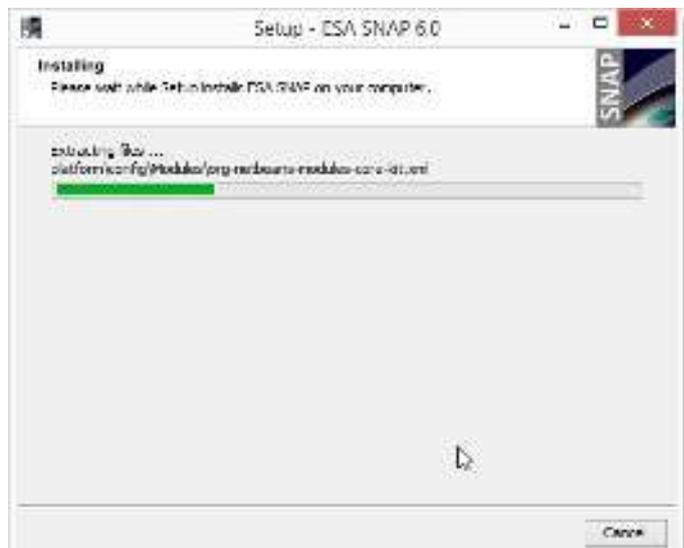
Una vez presionado el botón **NEXT**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se le informará que se creará accesos directos para todos los usuarios de la máquina. Dejar por **DEFAULT** todas las marcas.



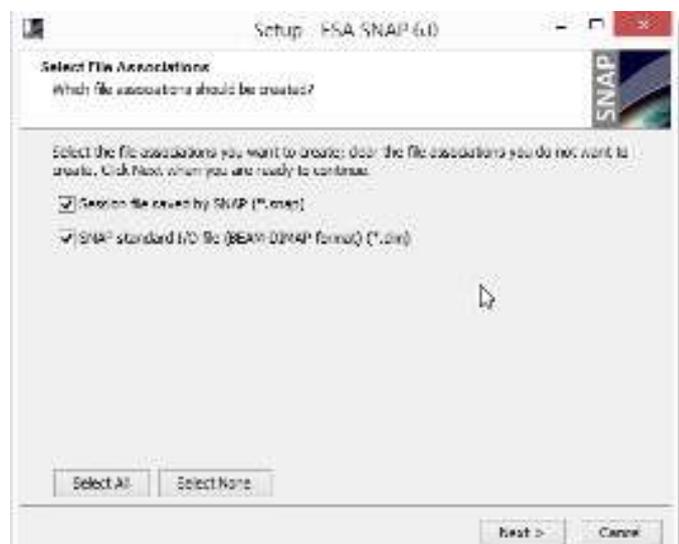
Una vez presionado el botón **NEXT**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se le pedirá que marque la casilla **CONFIGURE SNAP FOR USE PYTHON**, y debe poner la ruta de donde se encuentre el archivo PYTHON.EXE instalado previamente.



Al presionar el botón **NEXT**, el programa empezará la instalación.



En el transcurso de la instalación, el programa mostrará la siguiente ventana donde se le pedirá que acepte la configuración de los archivos de **SNAP**. Dejar por **DEFAULT** la selección.



Para terminar la instalación, el programa mostrará la siguiente ventana, deje por **DEFAULT** toda la selección.

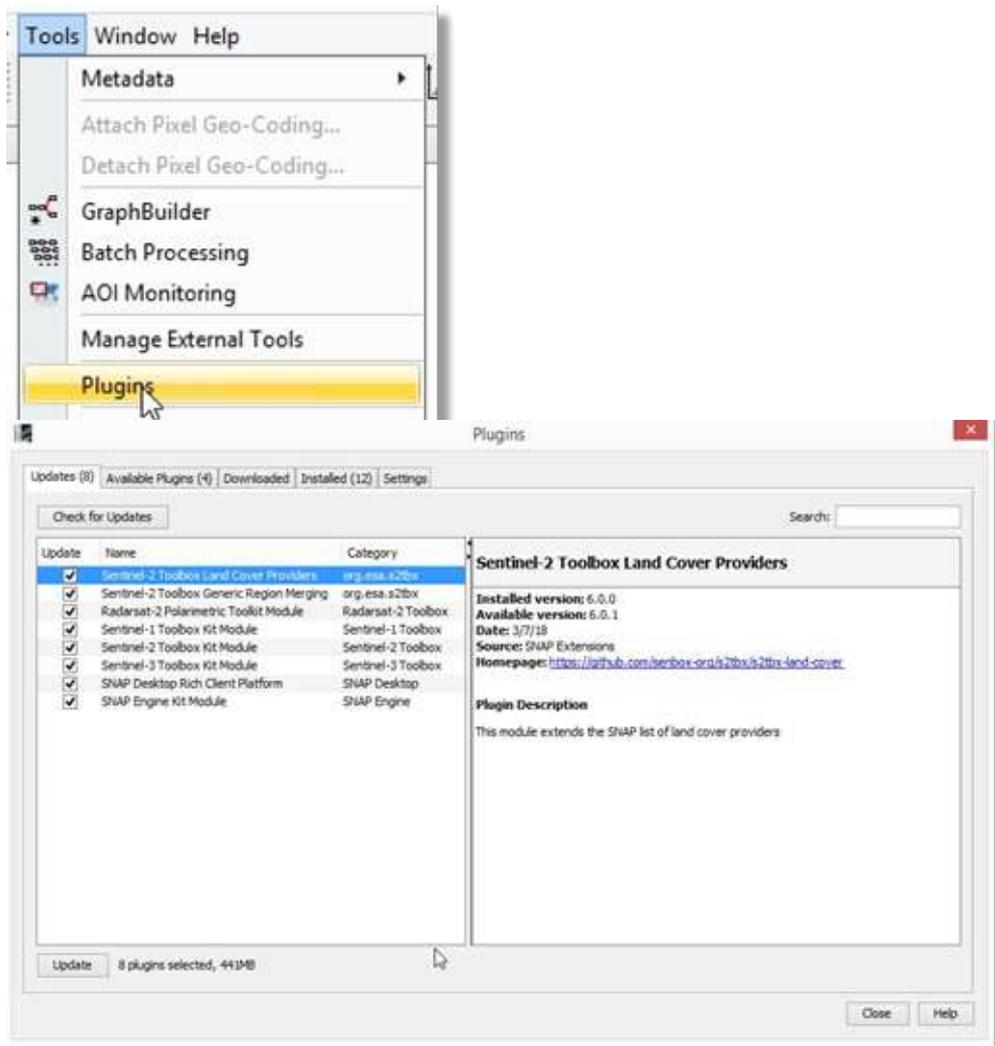


Una vez presionado el botón **FINISH**, el programa terminará la instalación y se ejecutará el programa **SNAP**. Si no se ejecuta el programa **SNAP**, ubique el icono del programa y ejecútelo.

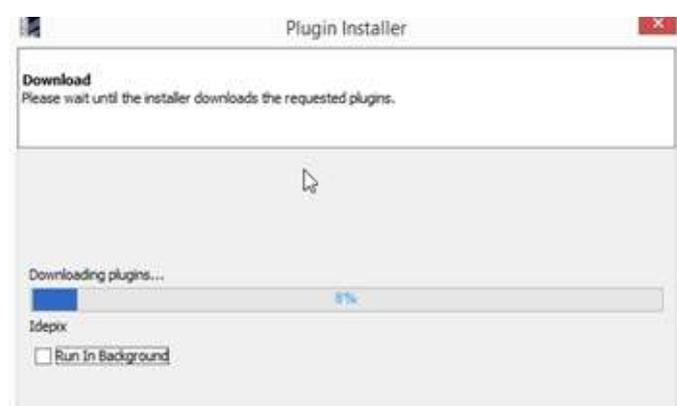


1.2.1. Actualización del programa SNAP y complementos

Una vez ejecutado el programa SNAP, en la barra de menú seleccione la opción **TOOLS** ▶ **PLUGINS** y el programa mostrará la siguiente ventana en la cual seleccione la lengüeta UPDATE y presione el botón **UPDATE**.



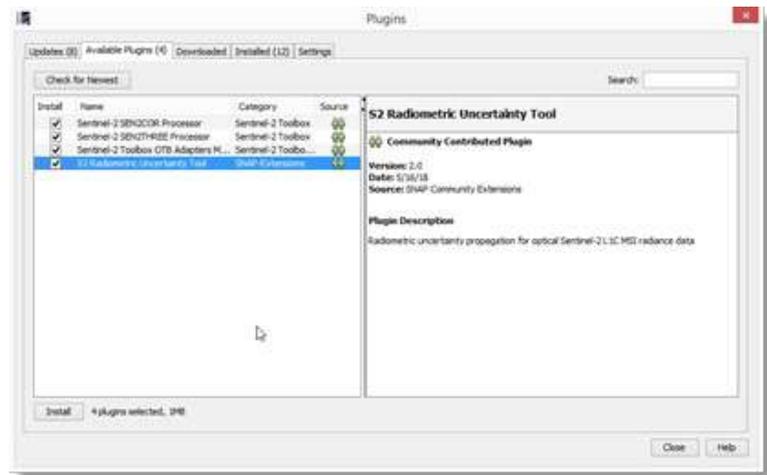
Al presionado el botón **UPDATE** el programa empezará la actualización. **ESTO PUEDE DEMORAR VARIOS MINUTOS U HORAS**, dependiendo del ancho de banda de su conexión a internet.



Después de terminar la actualización, el programa le pedirá que reinicie el programa **SNAP**.

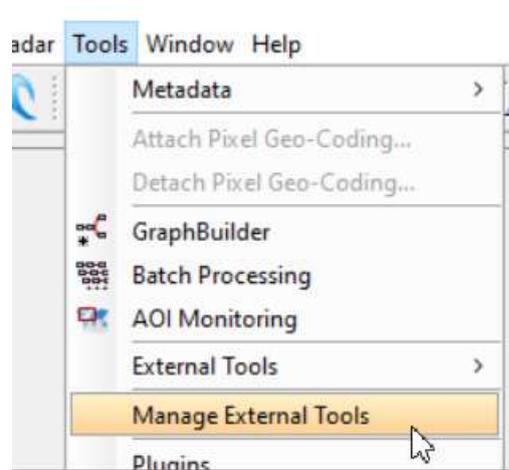
Una vez reiniciado el programa, repita la misma operación con la lengüeta **AVAILABLE PLUGINS**

Presione el botón **INSTALL** para instalar los **PLUGINS**.

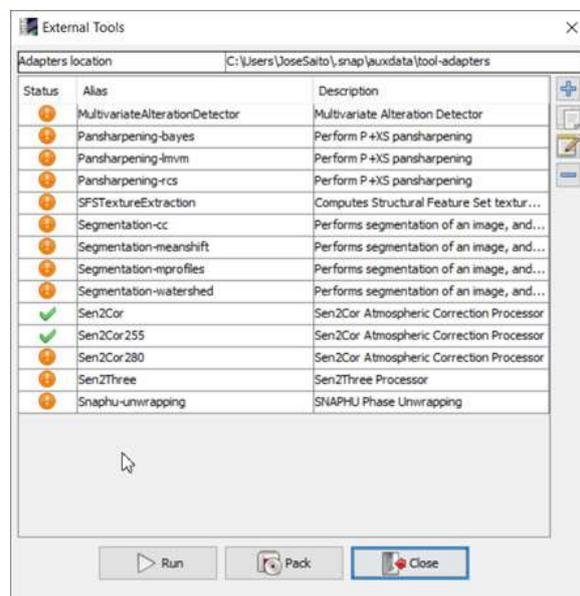


1.2.2. Configuración del plugin SEN2COR

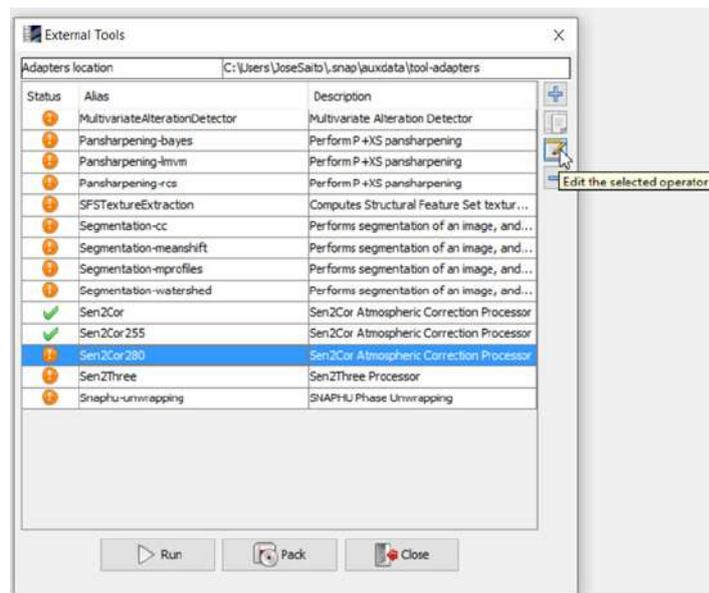
Una vez instalado el plugin **SEN2COR**, este debe ser configurado. Para configurar adecuadamente el plugin **SEN2COR**, deberá utilizar la opción **TOOLS > MANAGE EXTERNAL TOOLS**.



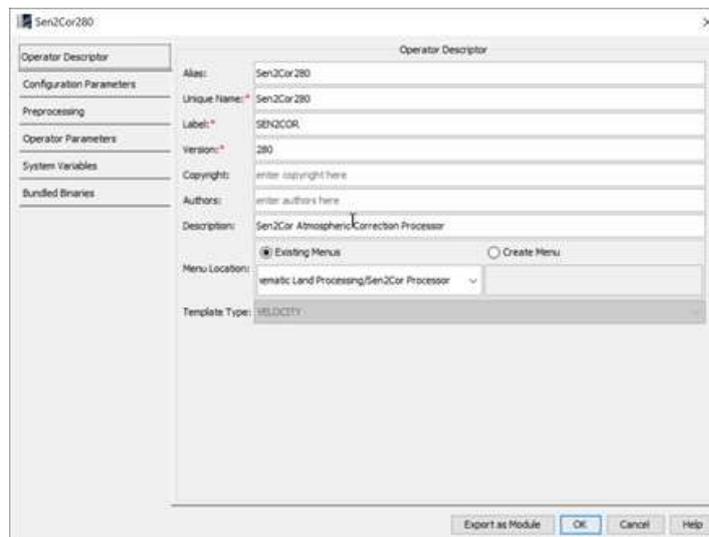
Una vez seleccionada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



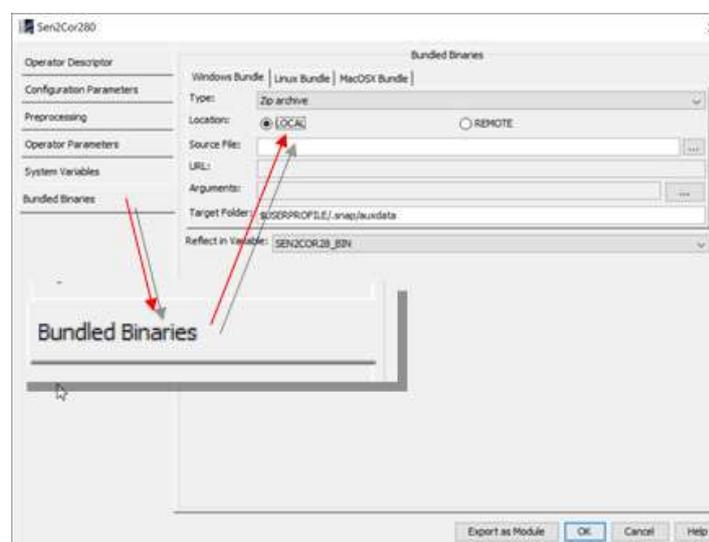
Seleccione la opción **SEN2COR 280** y presionar el botón de **EDIT THE SELECTED OPERATOR**.



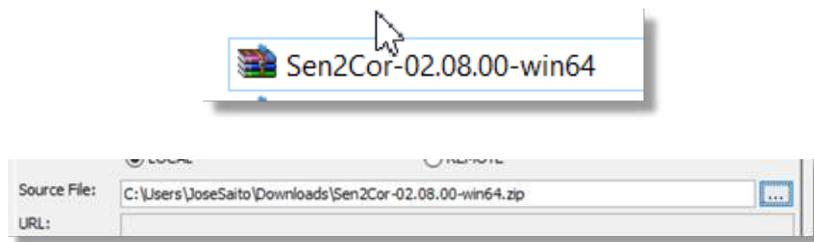
Una vez presionado dicho botón, el programa mostrará la siguiente ventana.



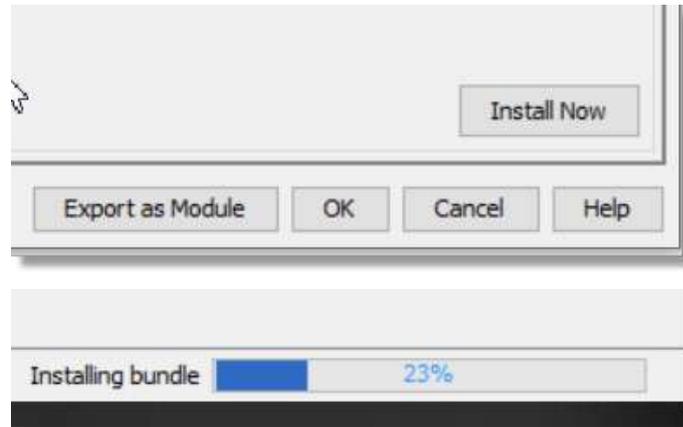
Seleccione la opción **BUNDLED BINARIES** y marque en la opción de **LOCATION ▶ LOCAL**.



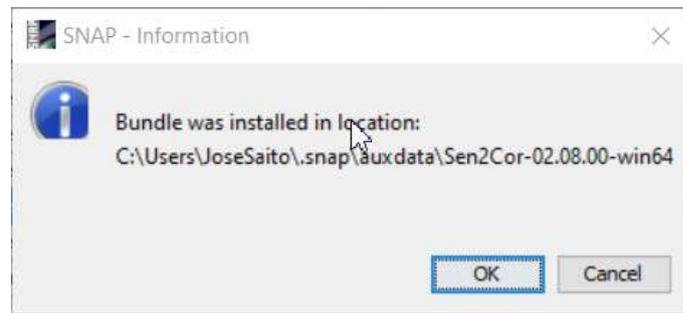
En la opción **SOURCE FILE**, ubique el archivo (en formato ZIP), que descargó de la **ESA** con el nombre **SEN2COR-02.08.00-WIN64.ZIP**



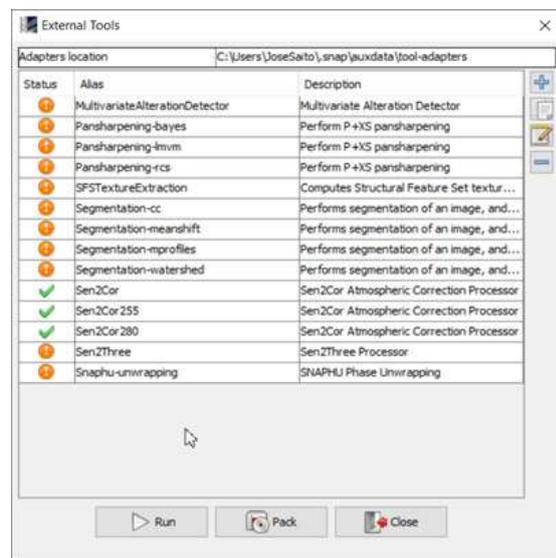
Una vez seleccionado el archivo, presionar el botón **INSTALL NOW**, para instalar los archivos del **SEN2COR** y el programa empezará la instalación de los archivos necesarios para ejecutar el **SEN2COR**.



Una vez presionado dicho botón, el programa mostrará la siguiente ventana.



Presionar el botón **OK** de la ventana de información y después el botón **OK** para cerrar la ventana de configuración del **SEN2COR**, y el programa mostrará la siguiente ventana.



1.3. INSTALACIÓN DEL PROGRAMA QGIS

Para la instalación del programa QGIS, se debe ejecutar el siguiente archivo:

QGIS-OSGeo4W-3.6.3-Setup-x86_64.exe

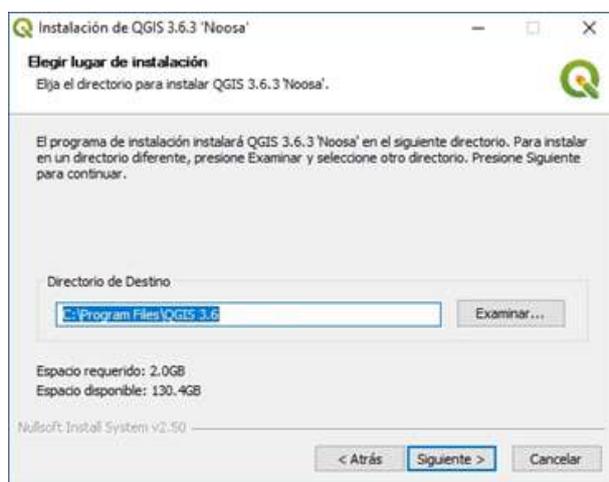
Una vez ejecutado el archivo, este mostrará la siguiente ventana.



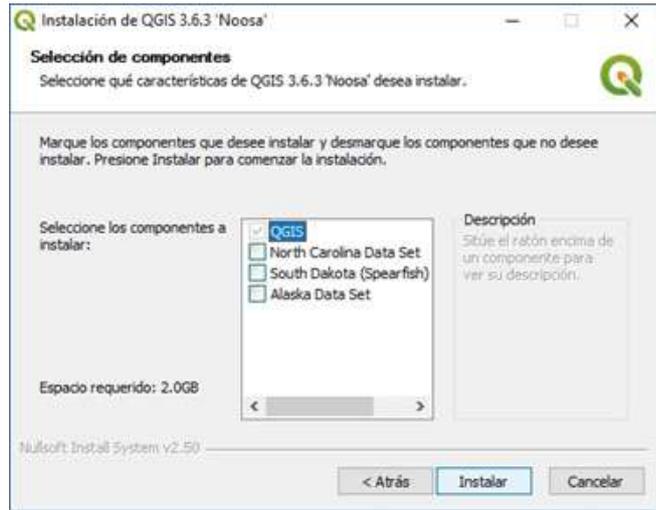
Al presionar en el botón **SIGUIENTE**, el programa mostrará la ventana del acuerdo de licencia en el cual debe aceptar los términos.



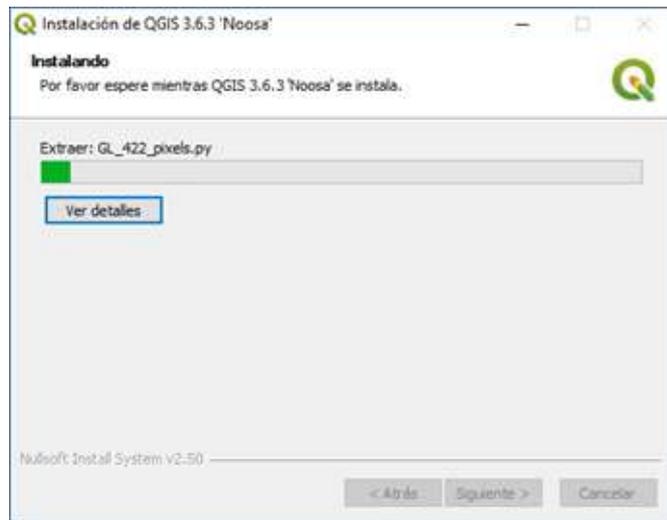
Una vez presionado el botón **ACEPTO**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se debe indicar el lugar de la instalación. Se recomienda dejar por **DEFAULT** la dirección sugerida por el programa.



Una vez presionado el botón **SIGUIENTE**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se puede seleccionar algunos componentes extras, dejar por **DEFAULT**.



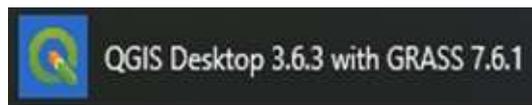
Al presionar el botón **INSTALAR**, el programa empezará la instalación.



Una vez terminada la instalación, el programa mostrará la siguiente ventana.

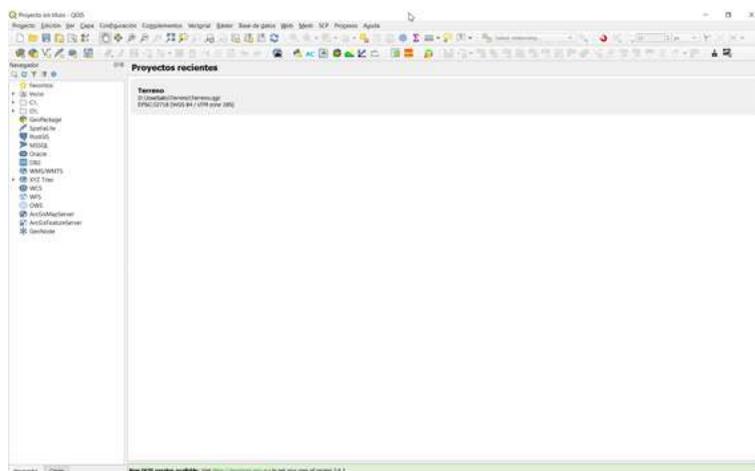


Al presionar el botón **TERMINAR**, se termina la instalación.



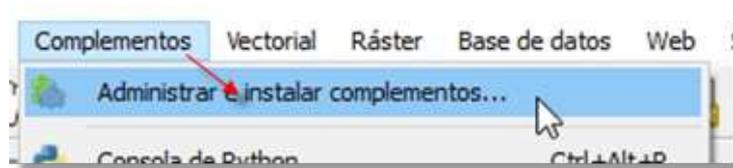
Para ejecutar el programa **QGIS**, ubique el siguiente icono y dele un clic.

Una vez dado un clic sobre el icono, el programa **QGIS** se ejecutará mostrando la siguiente ventana.



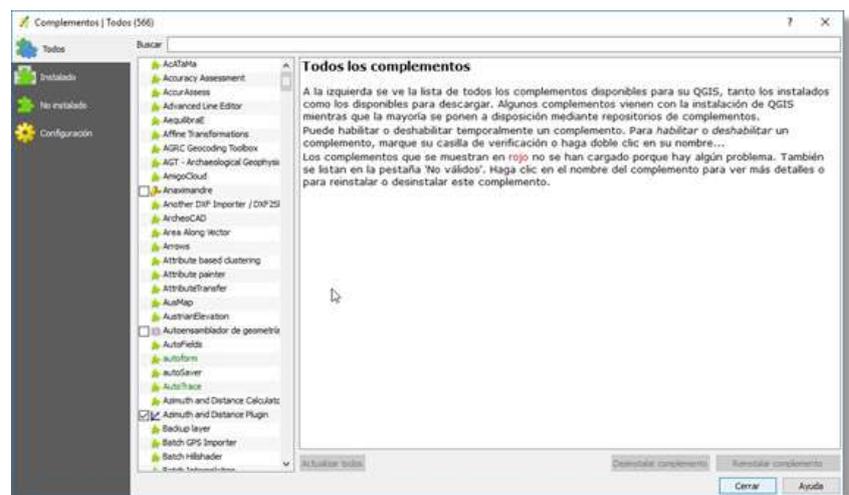
1.3.1. Instalación de complementos del programa QGIS

Para instalar los complementos que serán utilizados, se usará la opción **COMPLEMENTOS** ► **ADMINISTRAR E INSTALAR COMPLEMENTOS**.



NOTA: para instalar los complementos, Debe estar conectado a internet.

Una vez dado un clic sobre el icono, el programa **QGIS** se ejecutará mostrando la siguiente ventana.



Seleccione el icono **TODOS** y en la opción **BUSCAR** escriba el nombre de los siguientes complementos **UNO POR UNO**.

- CLIP MULTIPLE LAYER
- DZETSAKA:CLASSIFICATION TOOL
- GROUP STATS
- IMPORTPHOTOS
- MAPSWIPE TOOL
- MULTIPART SPLIT
- NNJOIN
- OPENLAYER PLUGIN
- POINT SAMPLING TOOL
- PROFILE TOOL
- QUICKMAPSERVICES
- SEMI-AUTOMATIC CLASSIFICATION PLUGIN
- XYTOPOINT
- ZOOM TO POINT

Después de seleccionar el complemento, presionar el botón de **INSTALAR COMPLEMENTO**. Repetir la misma operación con el resto de complementos.



1.4. INSTALACIÓN DEL PROGRAMA GRASS - GIS

Deberá instalar el programa GRASS - GIS. Aunque con la instalación del programa **QGIS**, ya viene instalado el programa GRASS, es recomendable instalar la versión independiente de GRASS - GIS para asegurar que todas las herramientas estén presentes.

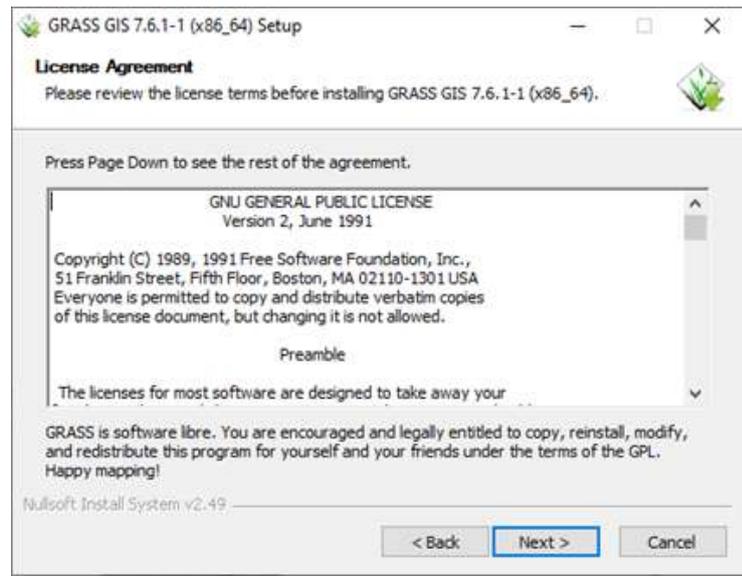
Para la instalación del programa **GRASS - GIS** (versión 7.6.1), se deberá ejecutar el archivo:

WinGRASS-7.6.1-1-Setup-x86_64.exe

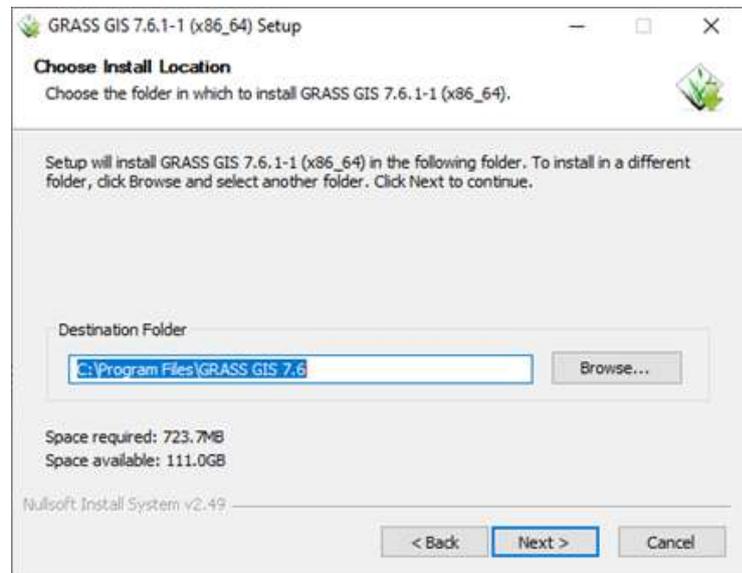
Una vez ejecutado el archivo, este mostrará la siguiente ventana.



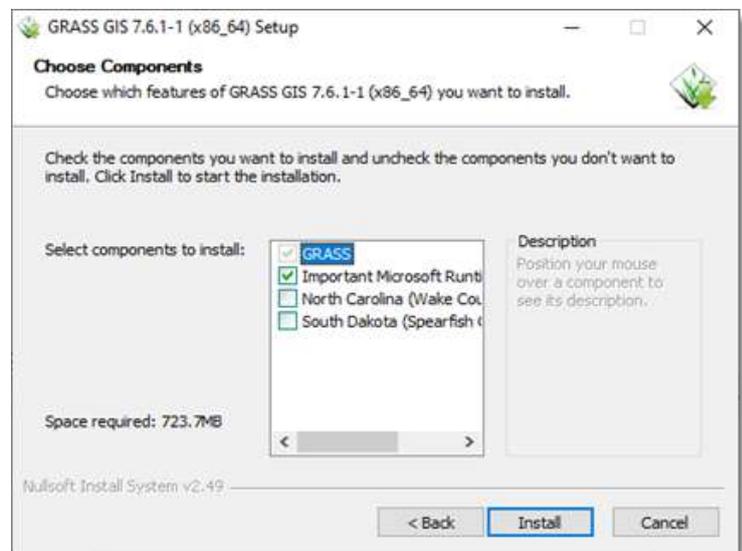
Al presionar en el botón **NEXT**, el programa mostrará la ventana del acuerdo de licencia, en el cual debe aceptar los términos.



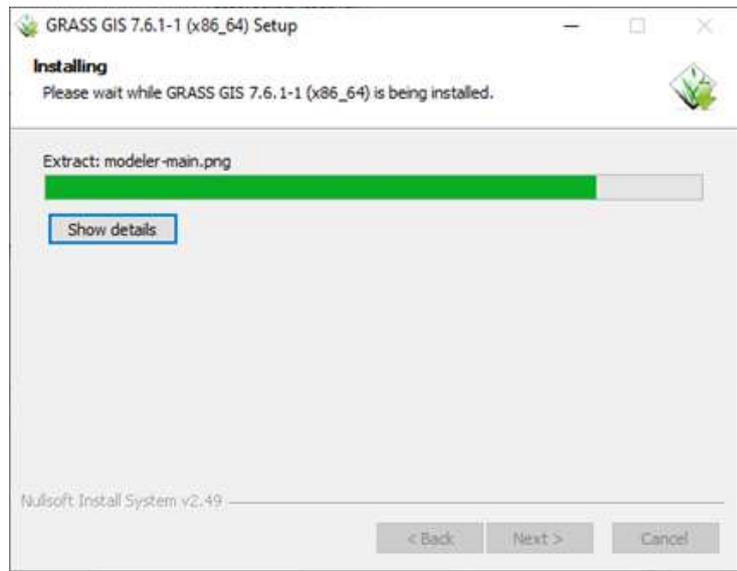
Una vez presionado el botón **NEXT**, el programa mostrará la siguiente ventana, en la cual se debe indicar el lugar de la instalación. Se recomienda dejar la dirección sugerida por el programa por **DEFAULT**.



Una vez presionado el botón **NEXT**, el programa mostrará la siguiente ventana en la cual se puede seleccionar algunos componentes extras, dejar por **DEFAULT**.



Al presionar el botón **INSTALL**, el programa empezará la instalación.



Una vez terminada la instalación, el programa mostrará la siguiente ventana.



Para **ejecutor** el programa GRASS - GIS, ubique el siguiente icono y dele un clic para ejecutar el programa.

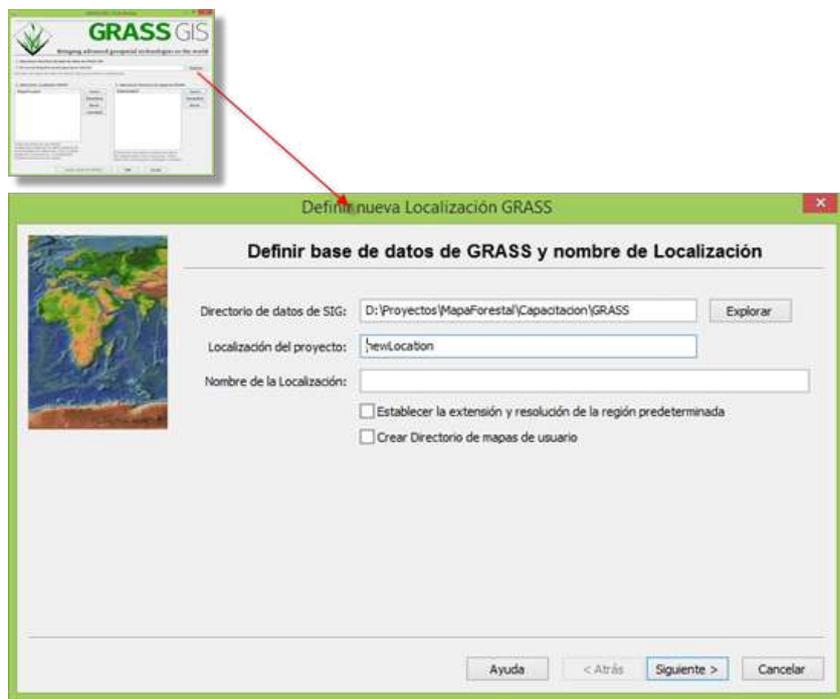


1.4.1. Creación del directorio de trabajo

Si está abriendo por primera vez el programa GRASS, debe seleccionar o crear un directorio donde se almacenarán todos los archivos (vector, raster, database).

Una vez terminada la instalación, el programa mostrará la siguiente ventana.

En la ventana Definir **BASE DE DATOS DE GRASS Y NOMBRE DE LOCALIZACIÓN**, con el botón **EXPLORAR**, seleccione o cree un directorio donde se almacenará toda la información. En la sección Localización del Proyecto, escriba un nombre donde se localizará el proyecto. Deje en blanco el nombre de la localización.

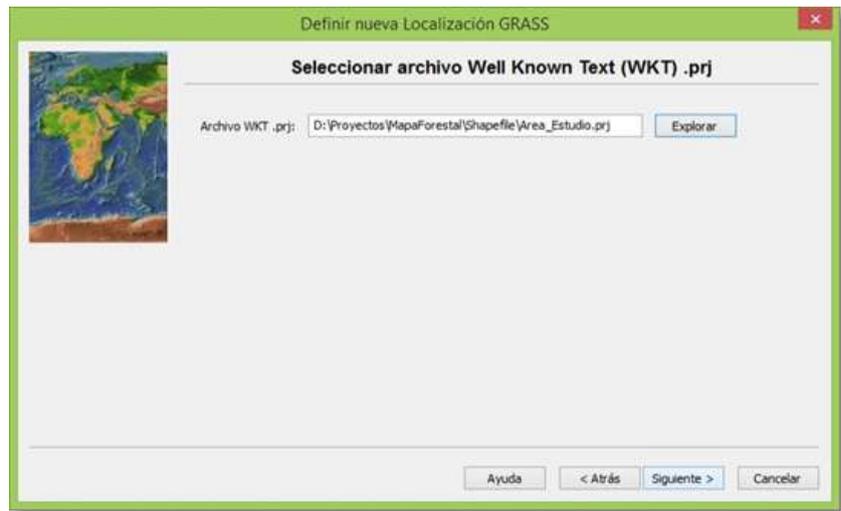


Una vez llenados todos los campos, presione el botón SIGUIENTE y el programa mostrará la siguiente ventana, en la cual se debe especificar la proyección y datum del nuevo proyecto.

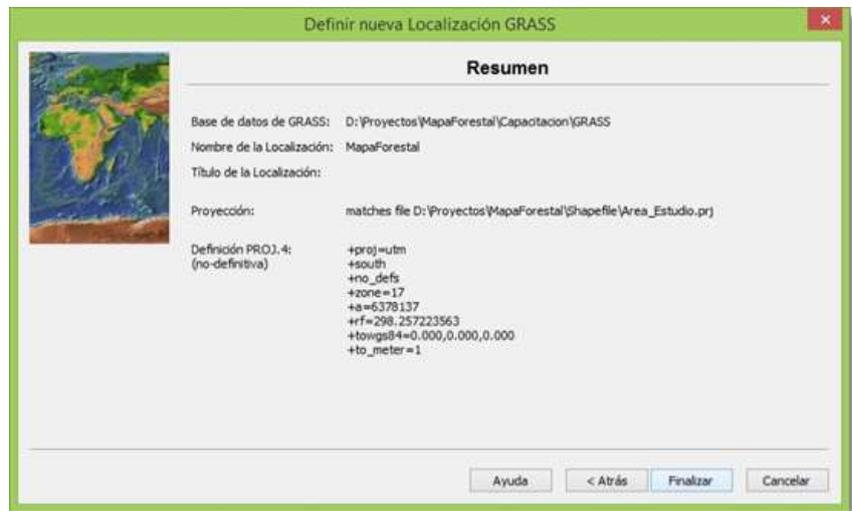


NOTA: Se recomienda tener un **shapefile** del área de estudio con su archivo **PRJ**.

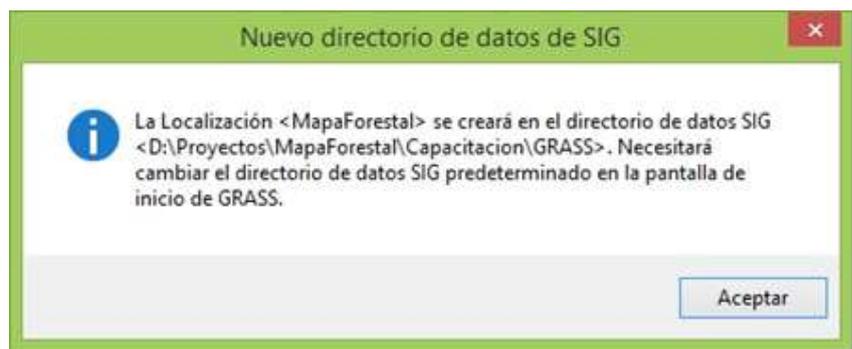
Una vez seleccionada la opción, presionar el botón **SIGUIENTE** para seleccionar el archivo **PRJ**.



Después de seleccionar el archivo **PRJ**, presione el botón **SIGUIENTE** y el programa mostrará la siguiente ventana, en la cual se presenta un resumen de la selección.



Si está conforme con los parámetros seleccionados, presione **FINALIZAR** y el programa mostrará la siguiente ventana. Si requiere hacer algún cambio seleccione el botón **ATRÁS**.



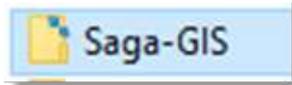
1.5. INSTALACIÓN DEL PROGRAMA SAGA - GIS

Deberá instalar el programa SAGA - GIS. Aunque con la instalación del programa QGIS, viene algunos módulos de SAGA, es recomendable instalar el programa completo.

Para la instalación del programa SAGA - GIS (versión 7.2.0), deberá descomprimir el archivo:

saga-7.2.0_x64.zip

Antes de descomprimir el archivo, deberá crear una carpeta llamada **SAGA-GIS** en el disco C.



Descomprima el archivo en dicha carpeta. Una vez descomprimido el archivo, deberá crear un acceso directo al archivo **saga_gui.exe**

Para ejecutar el programa **SAGA - GIS**, deberá darle un clic al icono de acceso directo creado.

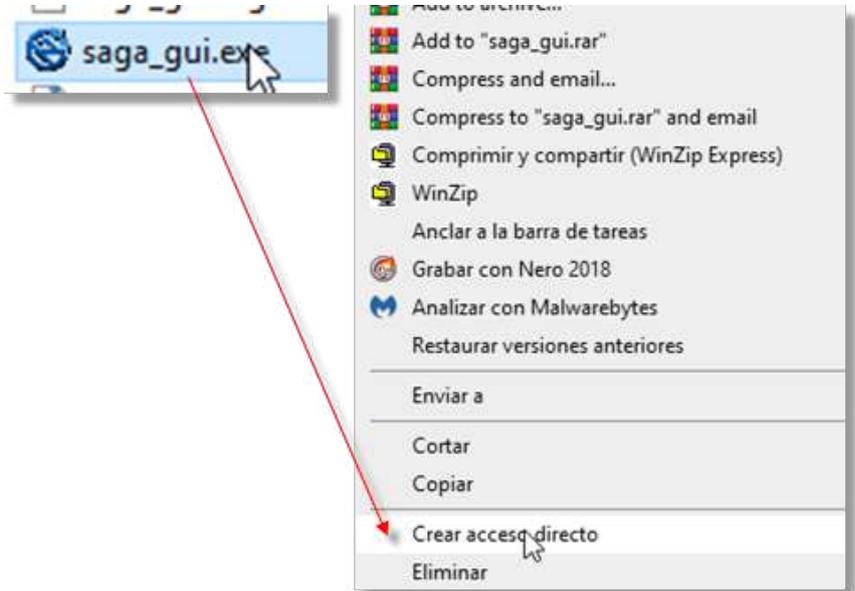
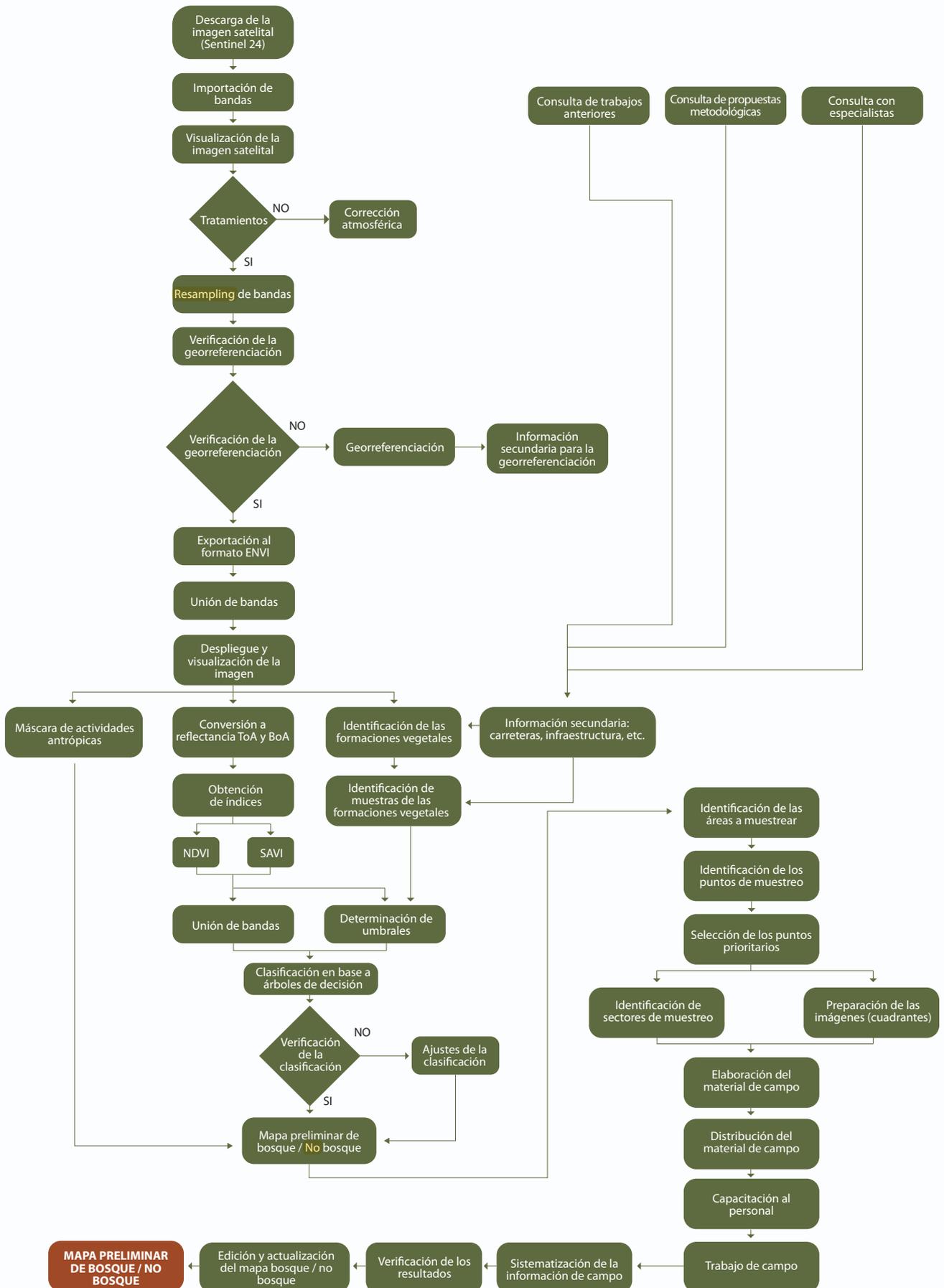


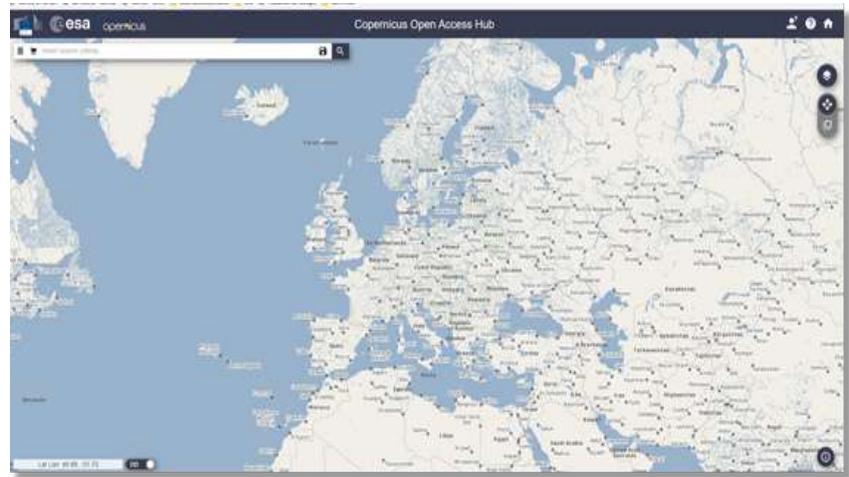
DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DEL BOSQUE SECO Y NO BOSQUE SECOS DE LAMBAYEQUE



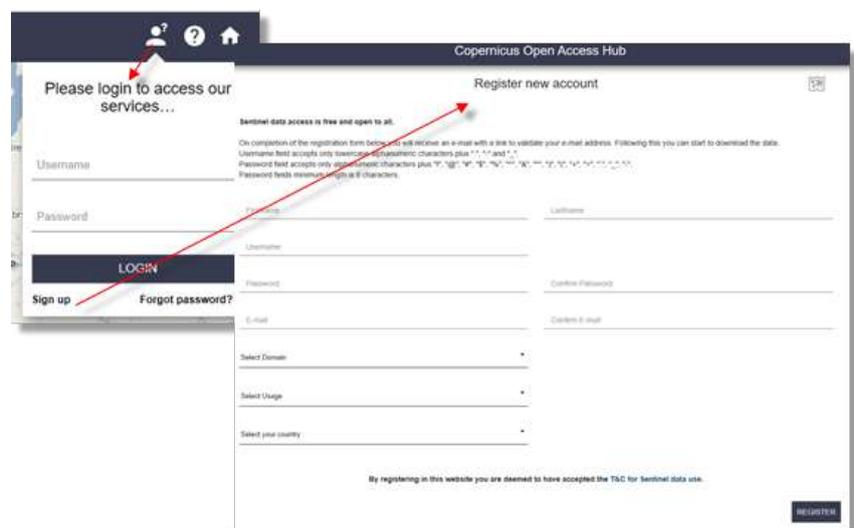
2. DESCARGA DE DATOS

2.1. IMÁGENES SENTINEL 2x

Para la descarga de las imágenes satelitales SENTINEL 2x, deberá ingresar a la página oficial (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>), a través de su navegador preferido, el cual mostrará la siguiente ventana.



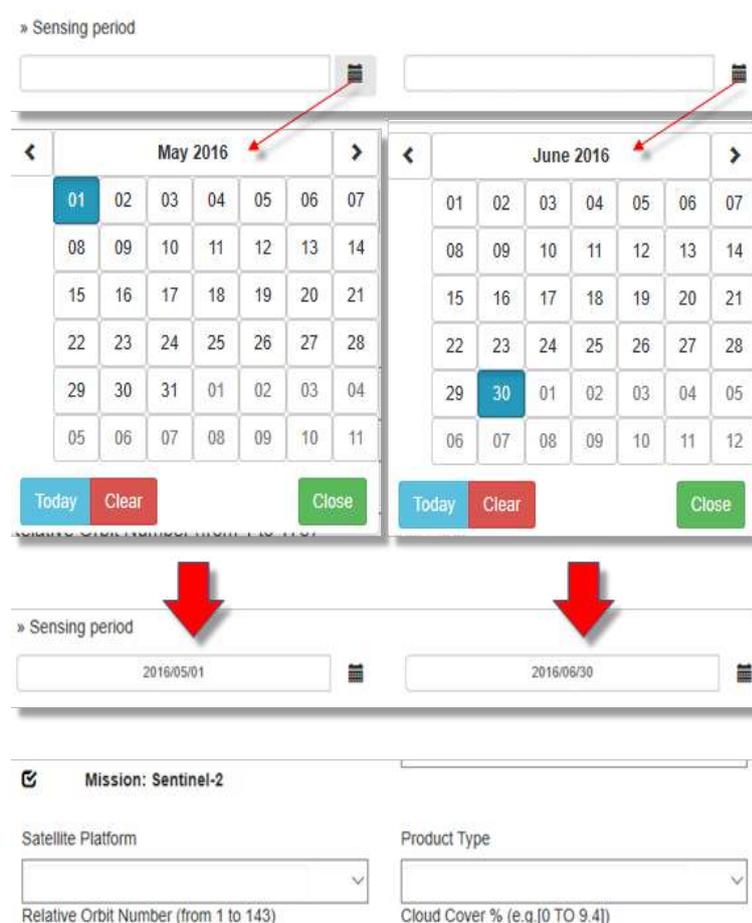
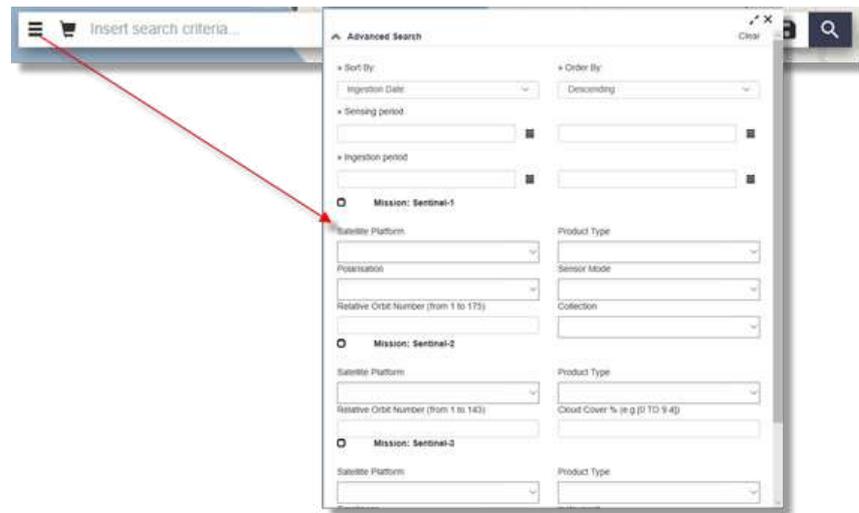
Para poder acceder a las imágenes, es indispensable que ponga el nombre de usuario y clave con el cual se registró. **SI NO** se ha registrado, deberá registrarse para poder descargar las imágenes.



Después de registrarse, deberá ubicar el área de estudio para proceder a la selección de las imágenes y su posterior descarga.



Una vez ubicado el área de estudio, deberá indicar la fecha o rango de fecha, así como la misión (sentinel 1, 2, 3).



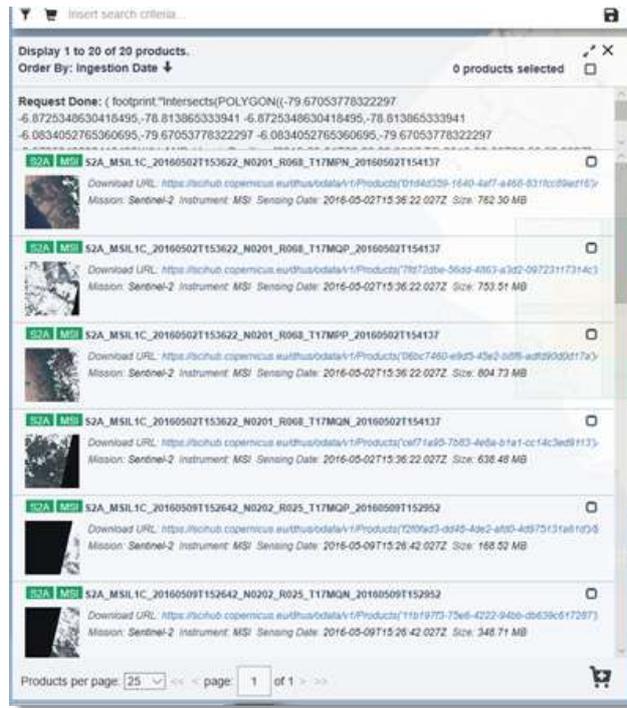
Después de seleccionar el periodo de fechas y la misión, deberá presionar el icono de búsqueda para realizar la búsqueda de las imágenes que cumplan con las condiciones seleccionadas.

Una vez ejecutada la búsqueda, el programa mostrará la siguiente ventana, donde se muestran todas las imágenes que cumplen con la condición de la búsqueda.

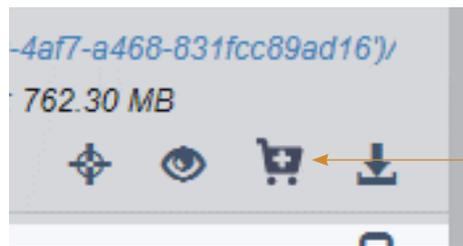


Ejecuta la búsqueda

Para ejecutar el programa **SAGA - GIS**, deberá darle un clic al icono de acceso directo creado.

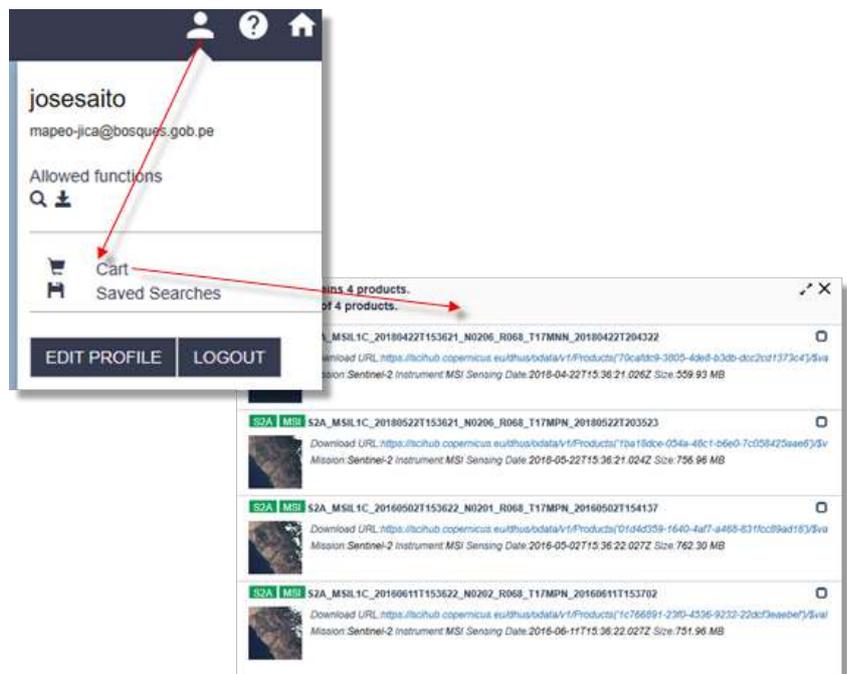


Seleccione la o las imágenes que desea descargar adicionando al carrito de compras.



Adición al carrito de pedidos para la descarga de la imagen

Después de seleccionar todas las imágenes que desea descargar, deberá ir al carro de pedidos donde el programa mostrará todas las imágenes que ha seleccionado para su descarga.



Seleccione una imagen que desea descargar y presione el botón de descarga.



Una vez presionado el botón de descarga, el programa empezará la descarga de la imagen seleccionada. Realice esta misma operación para descargar todas las imágenes seleccionadas.

2.2. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (Digital Elevation Model - DEM)

Un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

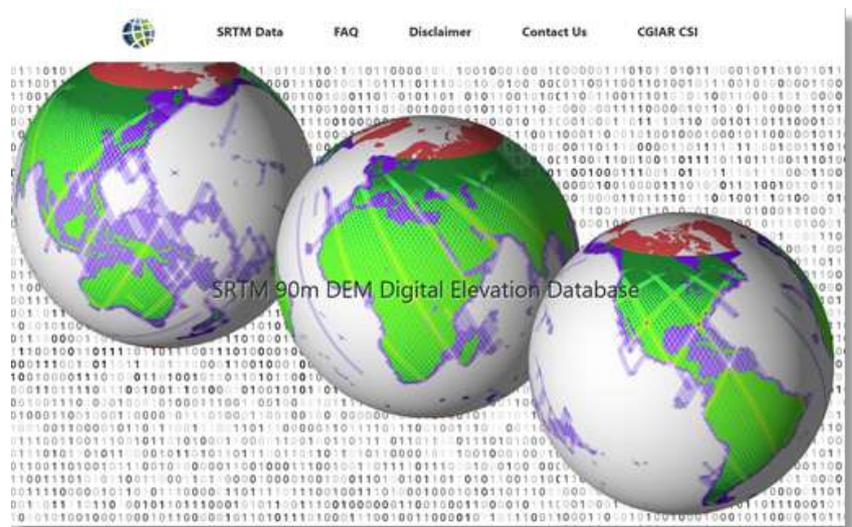
Existe en la actualidad 3 DEM utilizados ampliamente para diversos estudios:

DEM	RESOLUCIÓN	DIRECCIÓN DE DESCARGA
Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)	90m X 90m	http://srtm.csi.cgiar.org/ https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/
Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)	30m x 30m	https://dwtkns.com/srtm30m/
ALOS PALSAR (Advanced Land Observing Satellite)	12.5m x 12.5m	https://vertex.daac.asf.alaska.edu/

DESCARGA DE DATOS SRTM

La resolución del DEM es de 90m x 90m.

Una vez ingresado a la página para la descarga del SRTM (<http://srtm.csi.cgiar.org/>), su programa de acceso a internet, mostrará la siguiente ventana.



Para la descarga del DEM, seleccione la opción **SRTM DATA** y el programa mostrará la siguiente ventana, en la cual se debe seleccionar el tipo de formato del archivo a descargar, así como la resolución del DEM.



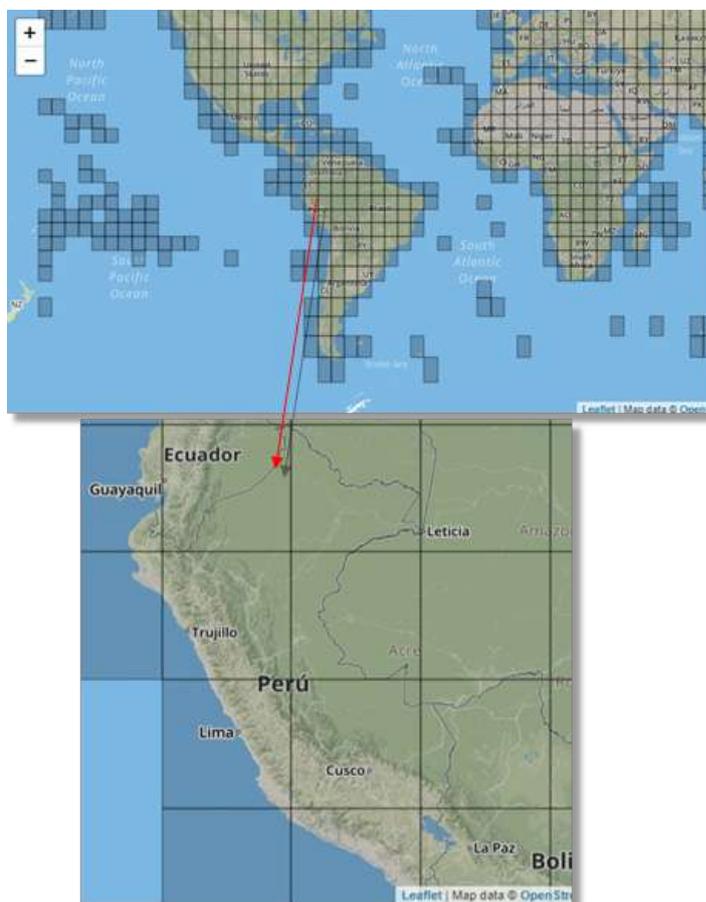
Seleccione de la siguiente manera:

- **TILE SIZE:** TILE 5 x 5 degree
- **FORMAT:** GeoTiff



Una vez seleccionado el tamaño y el formato de los archivos de descarga, amplíe la imagen hasta ver su área de estudio.

Una vez ubicada su área de estudio, seleccione el o los cuadrantes que muestra la ventana.



Seleccione los cuadrantes que abarquen su área de estudio.



Una vez seleccionados los cuadrantes que desea bajar, presione el botón **SEARCH**, y el programa mostrará la siguiente ventana.



Description	Location	Image
<p>Product: SRTM 90m DEM Version 4 Data File Name: srtm_20_14.zip Mask File Name: srtm_nk_20_14.zip Latitude Min: 05 S Max: 00 S Longitude Min: 10 W Max: 05 W Center Point Lat: 02.5 S Long: 7.5 W</p> <p>Download SRTM</p>		
<p>Product: SRTM 90m DEM Version 4 Data File Name: srtm_20_13.zip Mask File Name: srtm_nk_20_13.zip Latitude Min: 05 S Max: 00 S Longitude Min: 5 W Max: 0 E Center Point Lat: 02.5 S Long: 2.5 W</p> <p>Download SRTM</p>		
<p>Product: SRTM 90m DEM Version 4 Data File Name: srtm_21_13.zip Mask File Name: srtm_nk_21_13.zip Latitude Min: 00 S Max: 0 E Longitude Min: 5 W Max: 0 E</p> <p>Download SRTM</p>		

Seleccione el botón **DOWNLOAD SRTM** para descargar el cuadrante seleccionado.

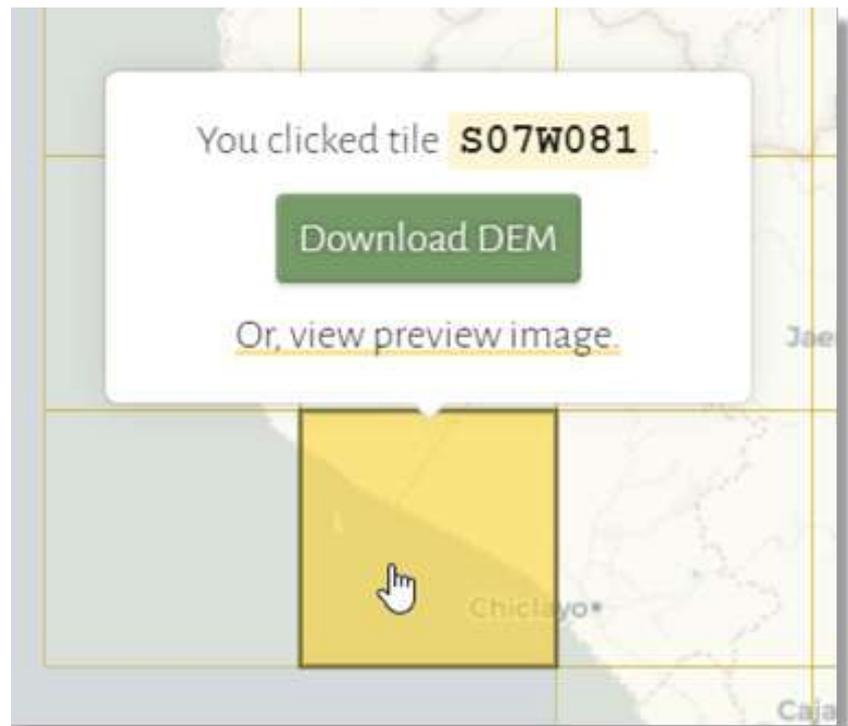
DESCARGA DE DATOS SRTM

Una vez haya ingresado a la página para la descarga del SRTM de 30m x 30m (<http://srtm.csi.cgiar.org/>), su programa de acceso a internet mostrará la siguiente ventana.



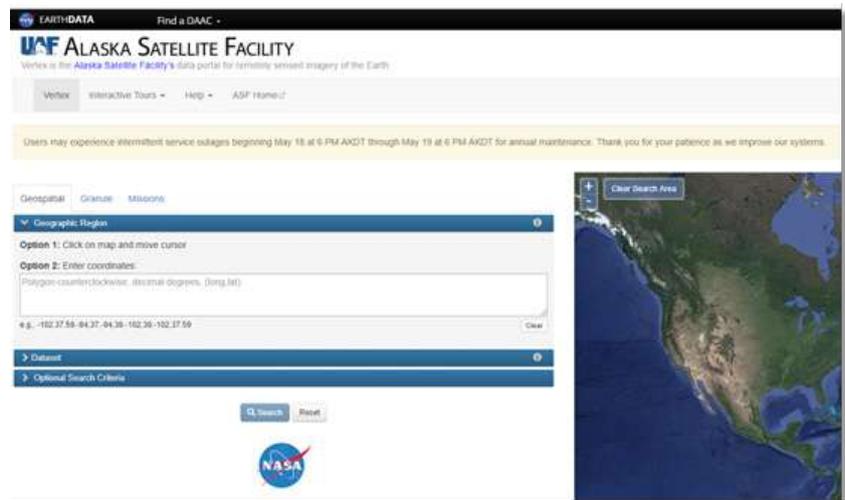
Ubique su área de estudio, seleccione el cuadrante que muestra la ventana y presione el botón **DOWNLOAD DEM.**

Repita la misma acción para todos los cuadrantes que abarque su área de estudio.



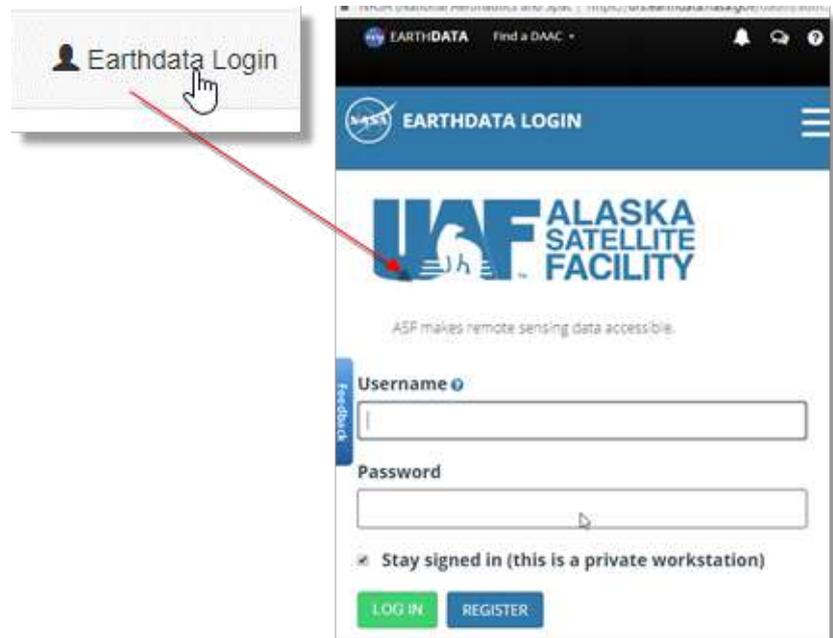
DESCARGA DE DATOS A LOS PALSAR

Una vez haya ingresado a la página para la descarga del DEM de **ALOS PALSAR** de 12.5m x 12.5m (<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>), su programa de acceso a internet, mostrará la siguiente ventana.

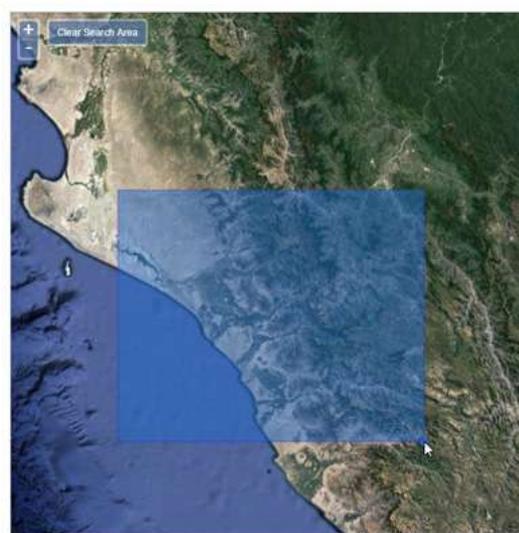


Una vez ingresado a la página oficial, es indispensable que ponga el nombre de usuario y clave con el cual se registró. **SI NO** se ha registrado deberá hacerlo para poder **bajar** las imágenes.

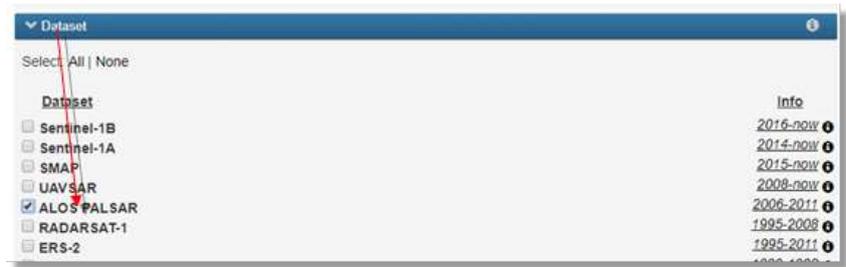
Después de poner su usuario y contraseña, presione el botón **LOGIN**.



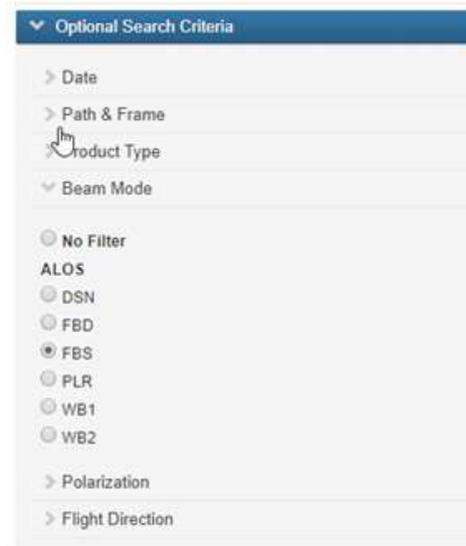
Cuando el programa reconozca su usuario, seleccione el área de interés.



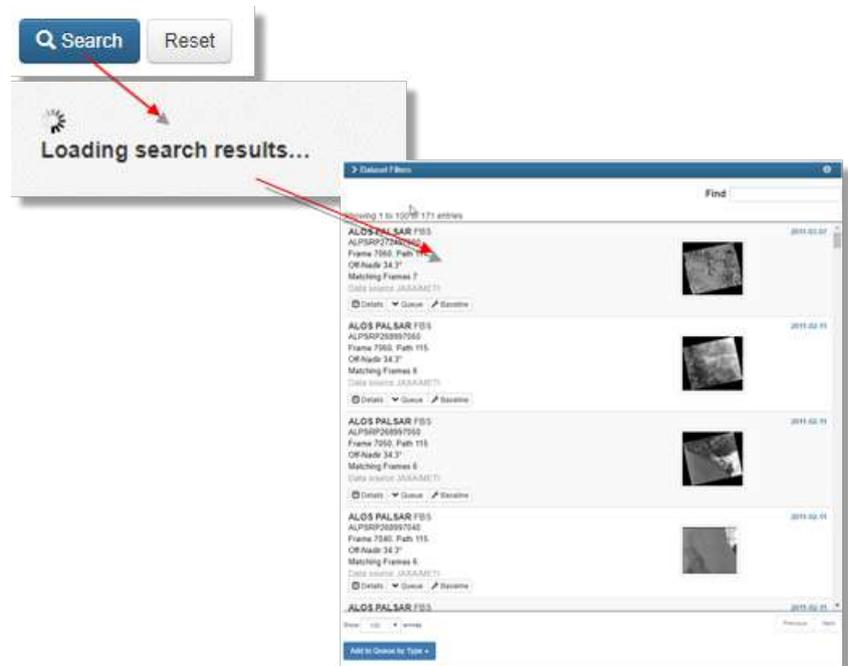
En **DATASET**, seleccionar la opción ALOS **PALSAR**.



En **OPTIONAL SEARCH CRITERIA**, seleccionar **BEAM MODE** ▶ **FBS**



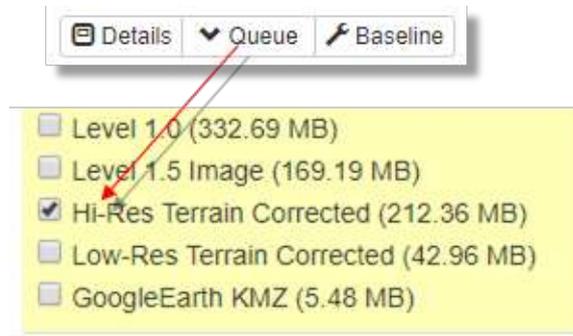
Una vez configurados los parámetros de la búsqueda, presione el botón **SEARCH** para ejecutar la búsqueda, y el programa mostrará las imágenes disponibles en base al criterio de búsqueda.



Puede seleccionar una escena y esta se mostrará en el mapa para verificar si dicha escena corresponde al área de estudio.



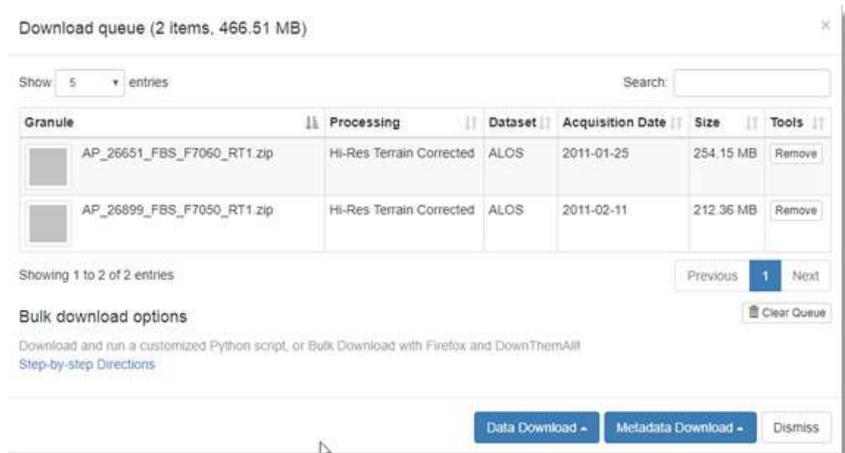
De la escena seleccionada, presione el botón **QUEUE** y el programa mostrará la siguiente ventana en donde **Deberá** seleccionar **HI-RES TERRAIN CORRECTED**.



Repita el mismo procedimiento para todas las escenas que cubran su área de interés.

Cada vez que **Marque** **HI-RES TERRAIN CORRECTED**, se adiciona dicha escena a Download Queue.

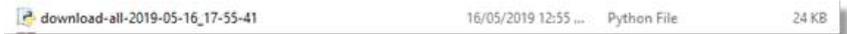
Después de seleccionar todas las escenas, presionar el botón **DOWNLOAD QUEUE** y el programa mostrará la siguiente ventana donde se muestran las escenas que serán descargadas.



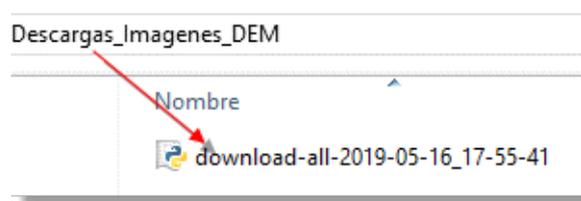
Presione el botón **DATA DOWNLOAD** y el programa mostrará las siguientes opciones para la descarga de las imágenes.



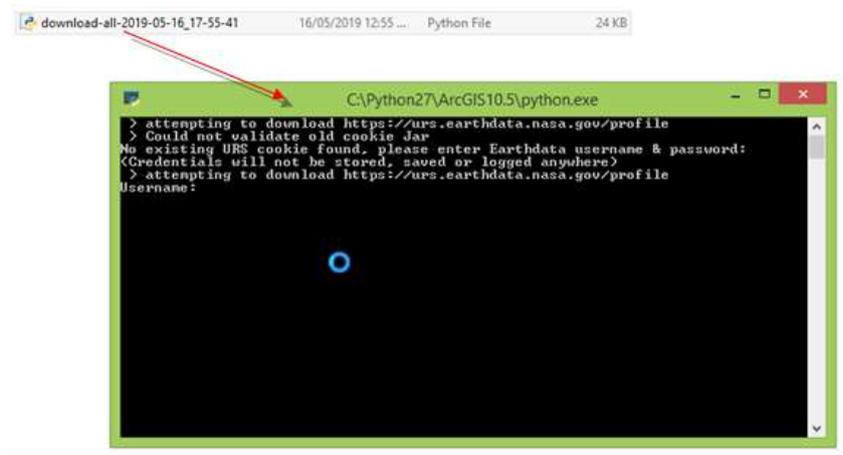
Seleccione la opción **DOWNLOAD PYTHON SCRIPT** y el programa descargará un archivo con la terminación *.PY
Ubique el archivo descargado



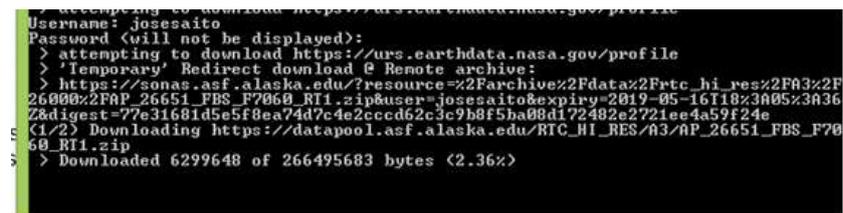
Copie dicho archivo a un directorio donde se descargarán las imágenes.



Dé doble clic sobre el archivo y el programa ejecutará una **ventana** de DOS en donde le pedirá el **USUARIO** y la **CLAVE** con que se registró en la página <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>

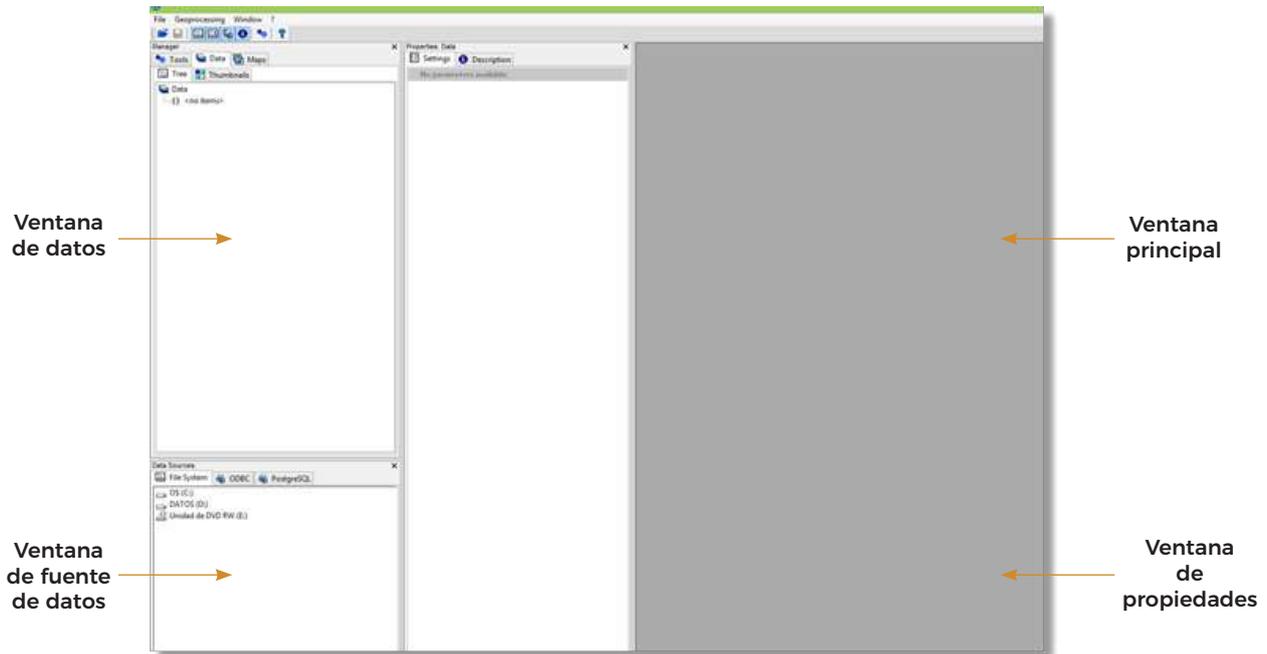


Una vez puesto el usuario y la clave, se empezará la descarga de las imágenes.



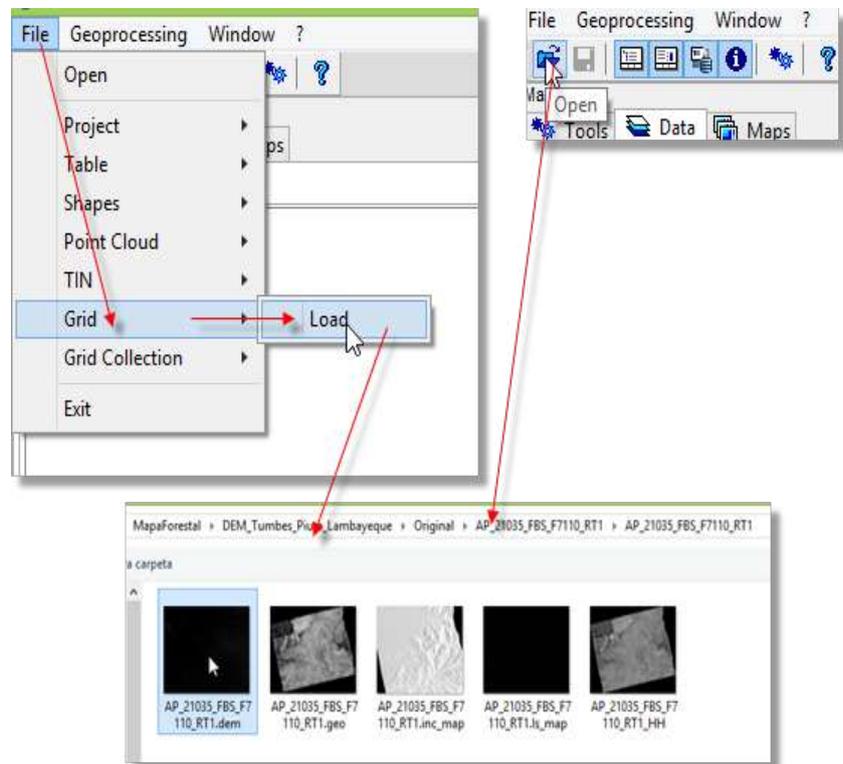
2.3. MOSAICO DE ESCENA DEL DEM

Para elaborar un mosaico de las imágenes DEM, debe ejecutar el programa **SAGA-GIS**. Una vez ejecutado el programa, este mostrará la siguiente ventana.



Cargue las imágenes del DEM (archivo que tenga la extensión *.dem.tif), usando la opción **FILE > GRID > LOAD**, o empleando el icono OPEN. Cualquiera de estas opciones, el programa le pedirá que ubique la carpeta y el archivo donde está el DEM.

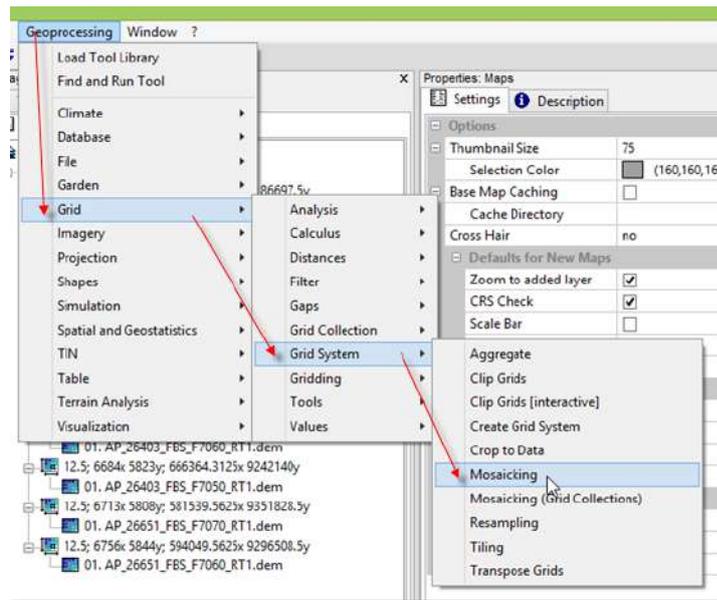
Repita la secuencia tantas veces como imágenes tenga.



Una vez cargadas todas las imágenes, el programa mostrará la siguiente ventana.



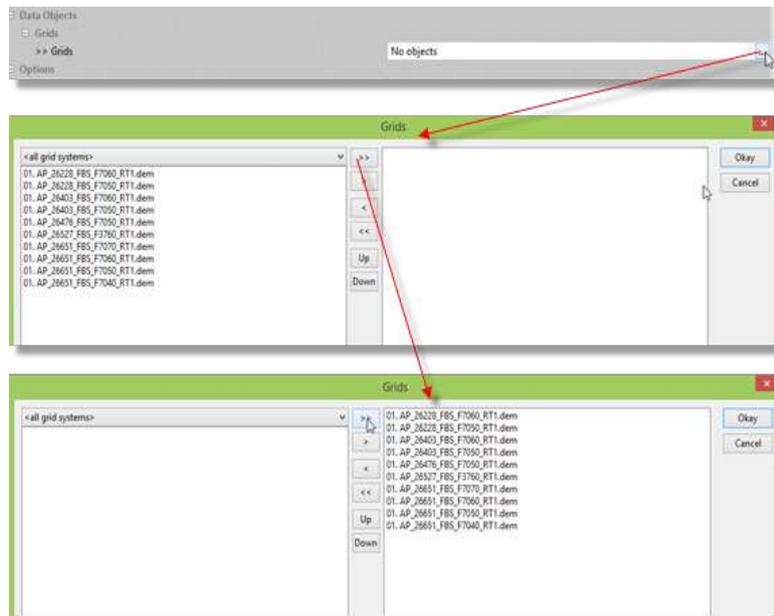
Seleccione la opción **GEOPROCESSING GRID GRID SYSTEM MOSAICKING**, para ejecutar el mosaico de las imágenes.



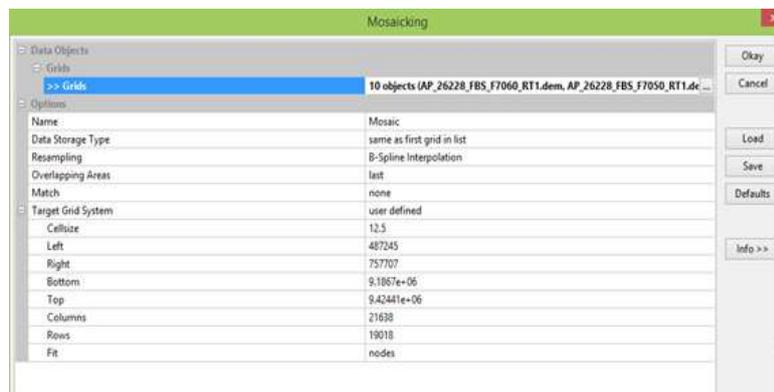
Una vez ejecutada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana de configuración.



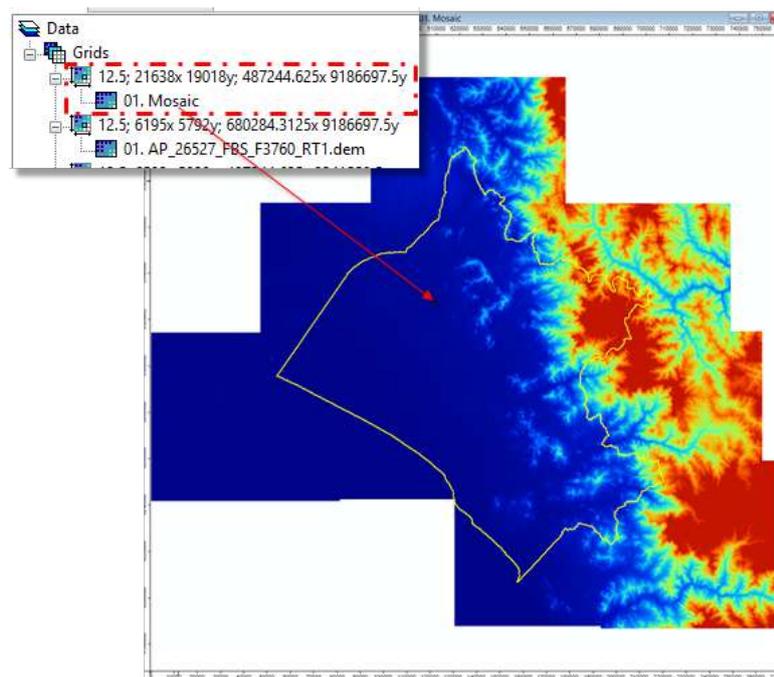
Seleccione la opción **GRIDS** y mueva las imágenes que se encuentran en la ventana izquierda hacia la derecha y presione el botón **OKAY**.



Después de presionar el botón **OKAY** el programa mostrará la siguiente ventana con información para la elaboración del mosaico. Deje todos los parámetros por **DEFAULT**.



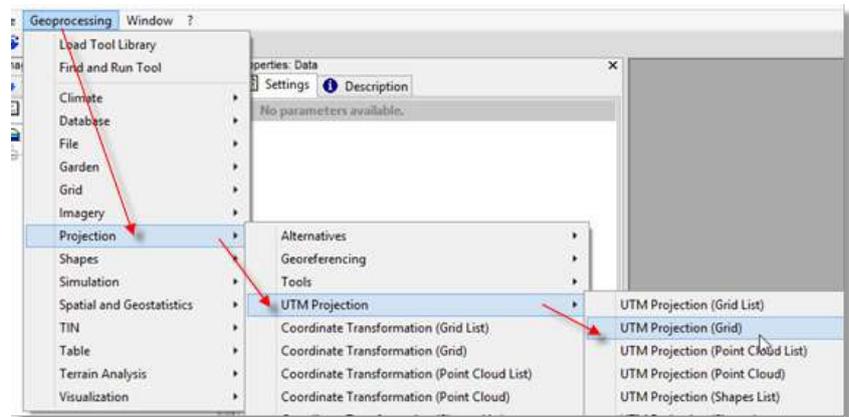
Presione el botón **OKAY** para ejecutar el comando **MOSAICKING**. Una vez ejecutado dicho comando, el programa mostrará el resultado en la ventana de datos.



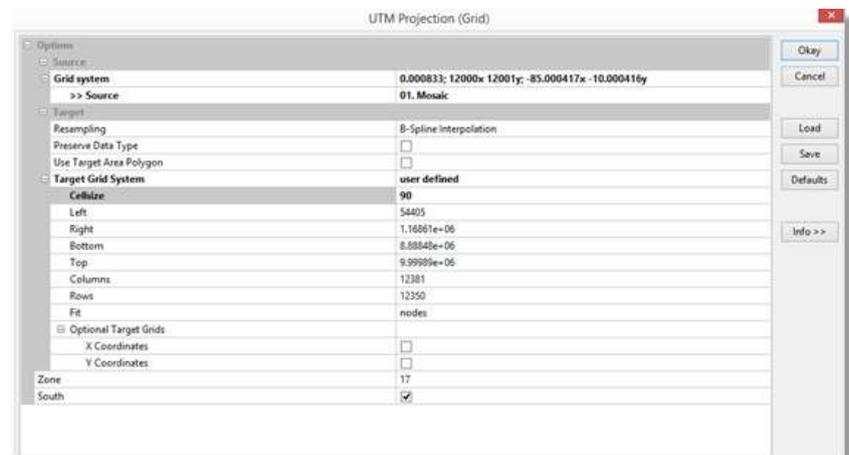
2.4. REPROYECTAR EL MOSAICO DEL DEM

Una vez construido el mosaico, este debe estar en la proyección **UTM Zona 17s** para realizar los cálculos y trabajos relacionados con el mapa forestal.

Para reproyectar el mosaico del DEM, se debe usar el programa SAGA-GIS y la opción **GEOPROCESSING** ▶ **PROJECTION** ▶ **UTM PROJECTION** ▶ **UTM PROJECTION (GRID)**.



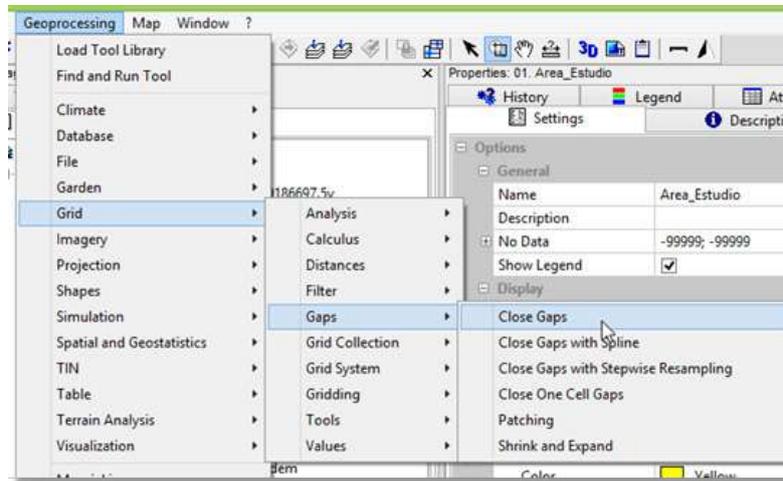
Una vez ejecutada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana de configuración en la cual se deberá indicar el **GRID SYSTEM** y el nombre del **GRID**. Verifique la zona **UTM**.



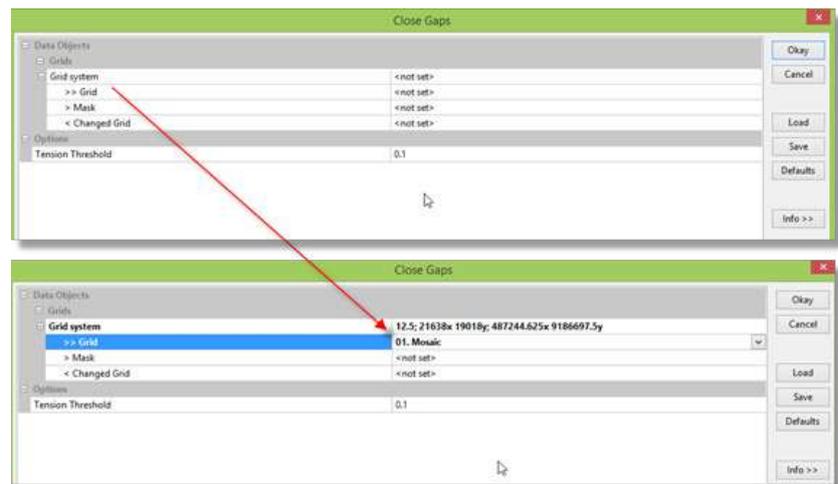
Una vez presionado el botón **OKAY**, el programa ejecutará el algoritmo para la reproyección.

2.5. CORRECCIÓN DEL MOSAICO DE ESCENA DEL DEM

Algunas escenas del DEM (90m x 90m, 30m x 30m y 12.5m x 12.5m), pueden presentar vacíos de información los cuales deben ser corregidos empleando el programa **SAGA-GIS** y la opción **GEOPROCESSING > GRID > GAPS > CLOSE GAPS**.



Una vez ejecutada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana de configuración, en la cual se deberá indicar el **GRID SYSTEM** y el nombre del **GRID** que se desea corregir y presionar el botón **OKAY**.



Una vez presionado el botón **OKAY**, el programa ejecutará el algoritmo para corregir los vacíos de información. Dependiendo del equipo en el que se esté trabajando, este proceso puede demorar más de **4** horas.

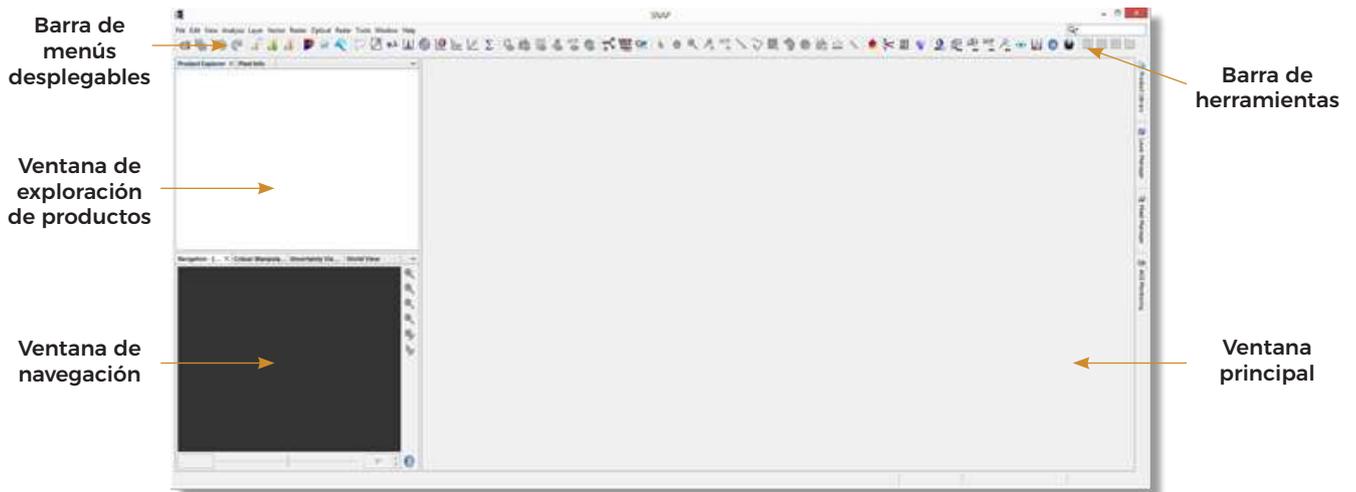
3. DESPLIEGUE DE LA IMAGEN

Para visualizar la imagen **SENTINEL 2x**, se empleará el programa **SNAP**. Para la visualización de la imagen, se procederá de la siguiente **manera**

3.1. EJECUTAR EL PROGRAMA SNAP

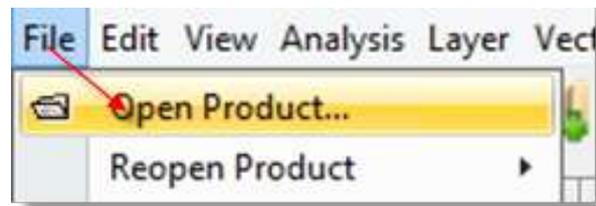
(si ya tiene abierto el programa, pase al siguiente paso)

Una vez ejecutado el programa **SNAP**, se mostrará la siguiente ventana.

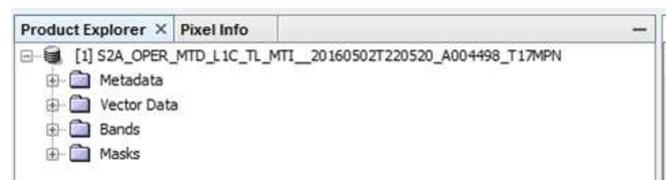


3.2. ABRIR EL ARCHIVO XML

Para abrir el archivo **XML**, el cual contiene toda la instrucción de la metadata, se emplea la opción **FILE** > **Open Product**.

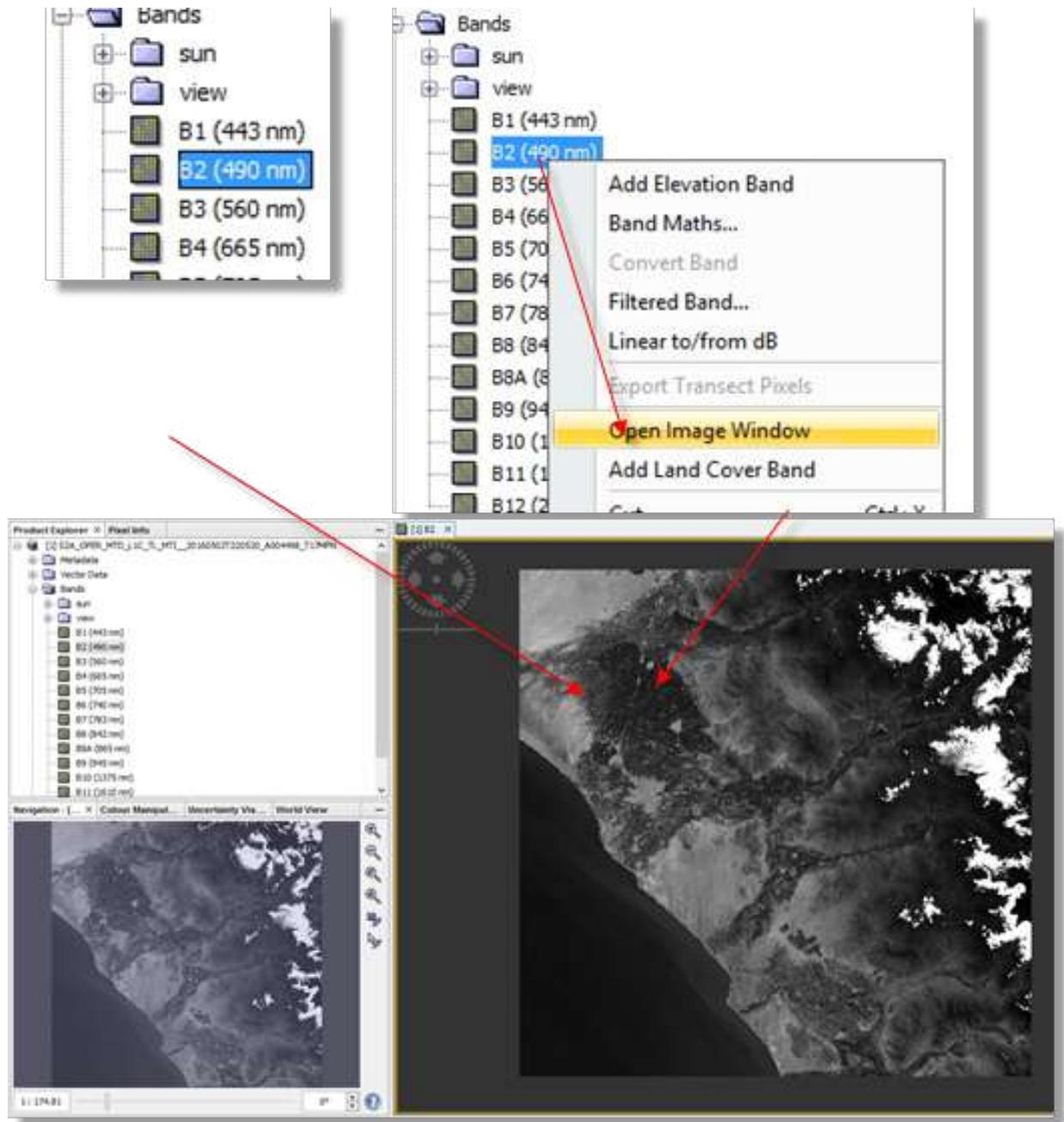


Una vez abierto el archivo, el programa mostrará en la ventana de exploración la siguiente información.



3.3. VISUALIZACIÓN DE LA IMAGEN BANDA POR BANDA

Para visualizar la imagen una banda a la vez, se selecciona la banda que se desea visualizar y se le da un clic sobre dicha banda. También se puede presionar el botón derecho del **mouse** y seleccionar la opción **OPEN IMAGE WINDOW**.

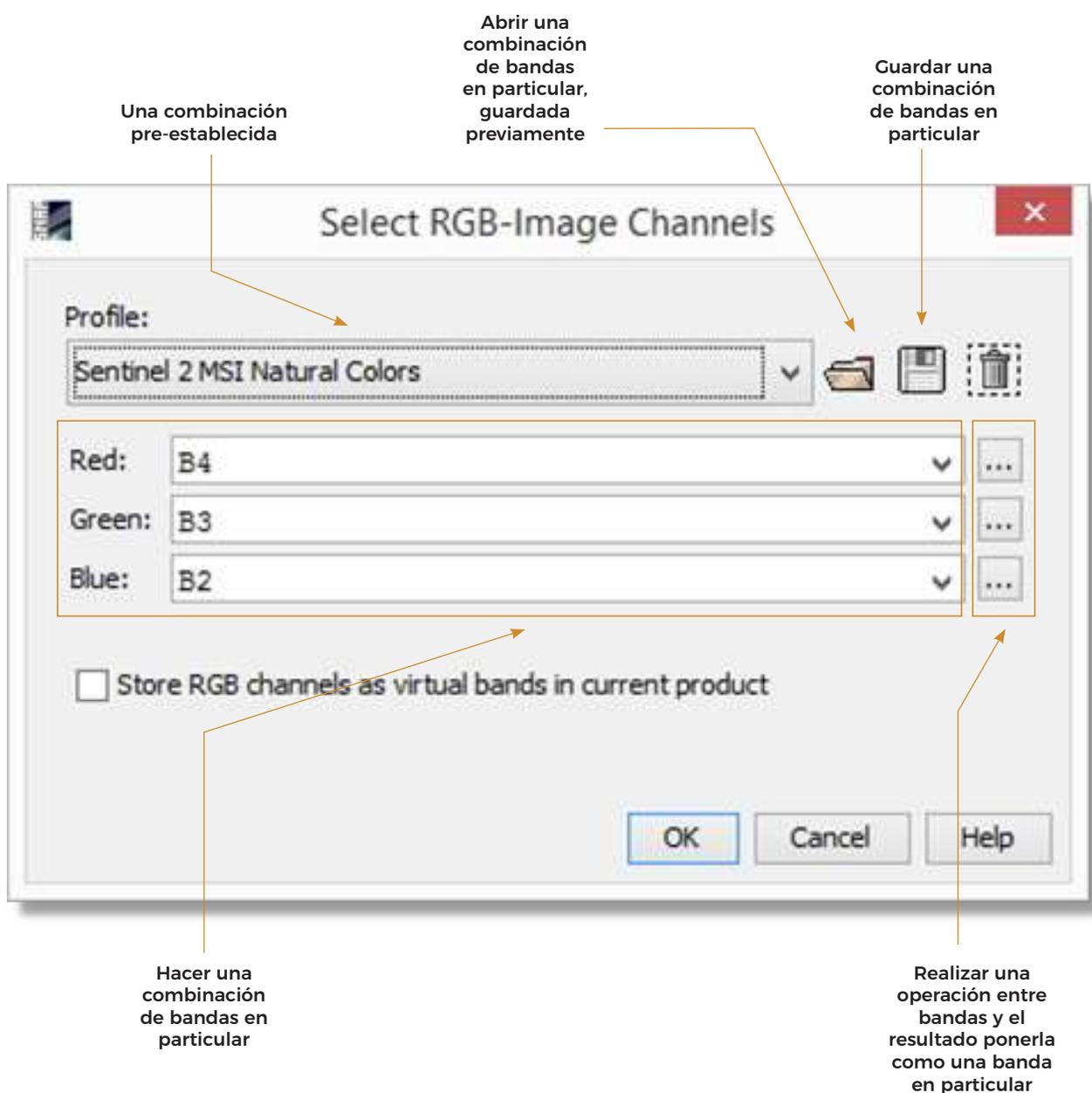


3.4. VISUALIZACIÓN DE LA IMAGEN EN CANALES RGB

Para visualizar la imagen en los canales RGB, debe seleccionar la opción **WINDOWS > OPEN RGB IMAGE WINDOW**.

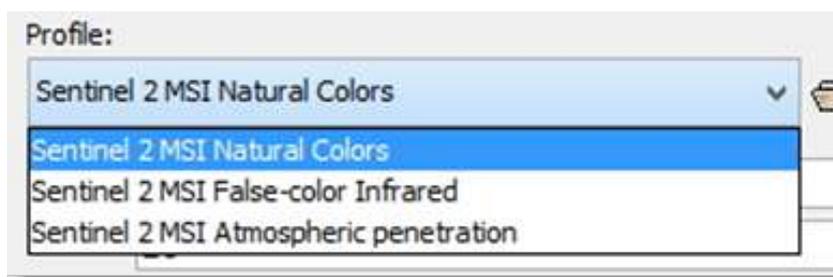


Una vez seleccionada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana donde se puede seleccionar:

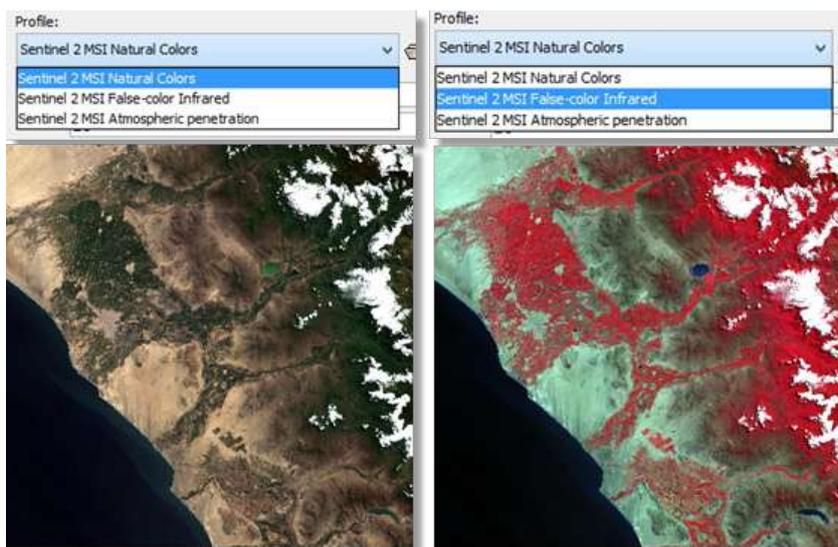


Combinación pre-establecida

Esta opción mostrará una imagen con una combinación de bandas previamente seccionadas.

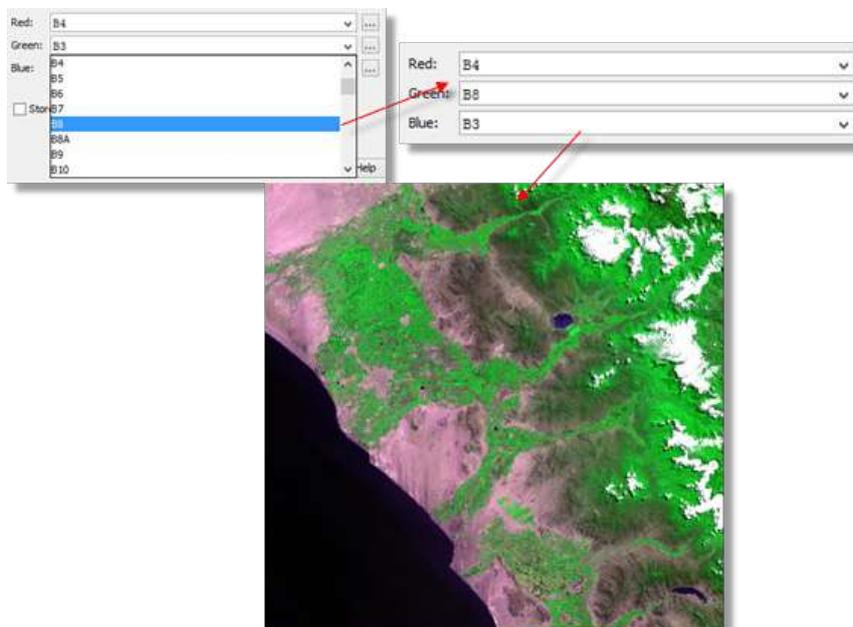


Al seleccionar cualquiera de las opciones pre-establecidas, el programa hace la combinación de bandas y muestra la imagen.



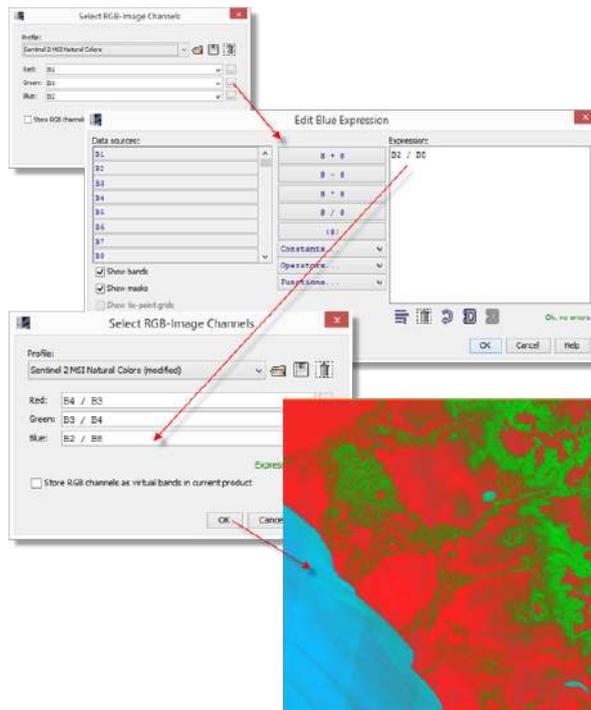
Combinación de bandas en particular

Esta opción nos permitirá hacer las combinaciones de bandas que uno requiera en los canales **RGB** en base a las características de cada banda.



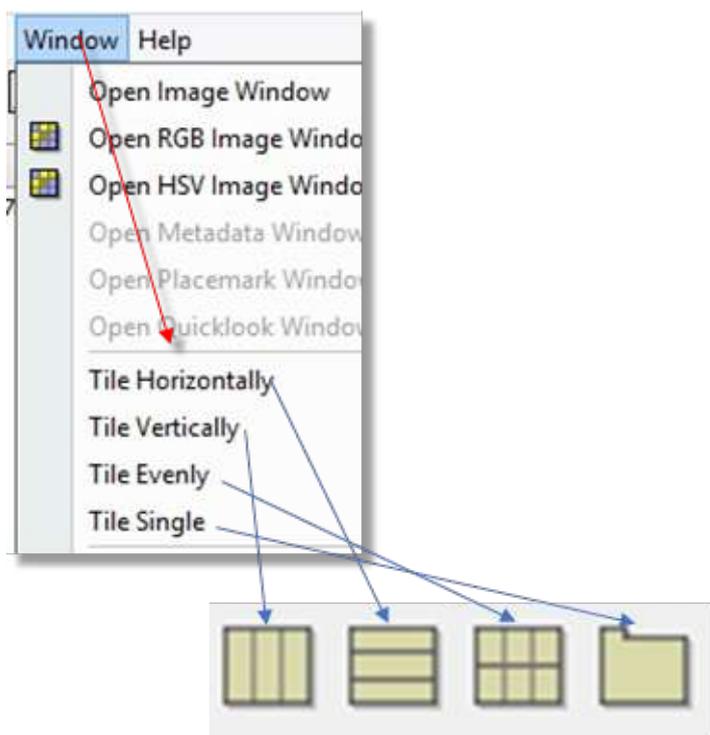
Operaciones entre bandas

Esta opción, permite hacer operaciones entre bandas y utilizar el resultado como una banda en **unos** de los canales **RGB**.



3.5. VISUALIZACIÓN DE VARIAS VENTANAS

Para poder visualizar varias ventanas en **simultaneo** (mínimo 2 ventanas), se utilizará la opción **WINDOWS** ▶ **TILE** o los iconos que figuran en la barra de herramientas.

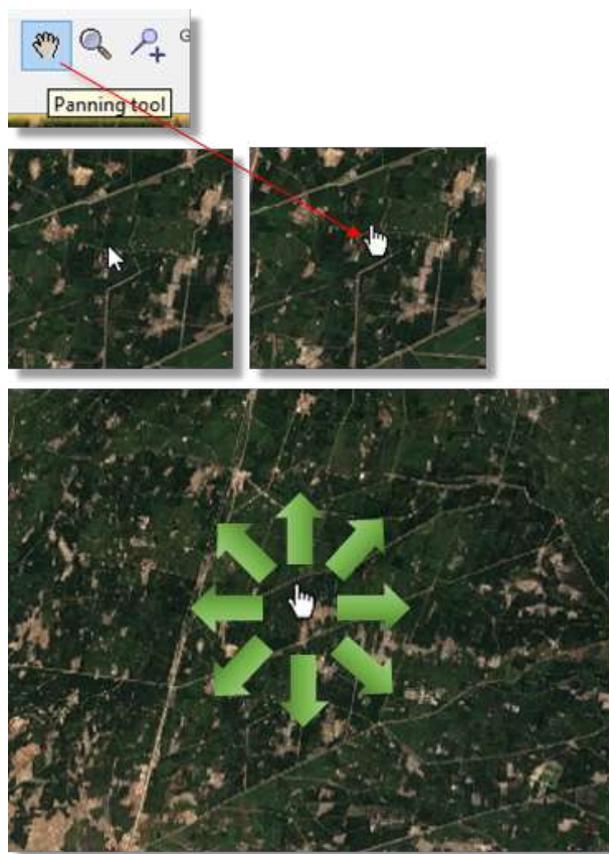


3.6. DESPLAZAMIENTO DE LA IMAGEN

Para poder desplazarnos a través de la imagen abierta, usamos:

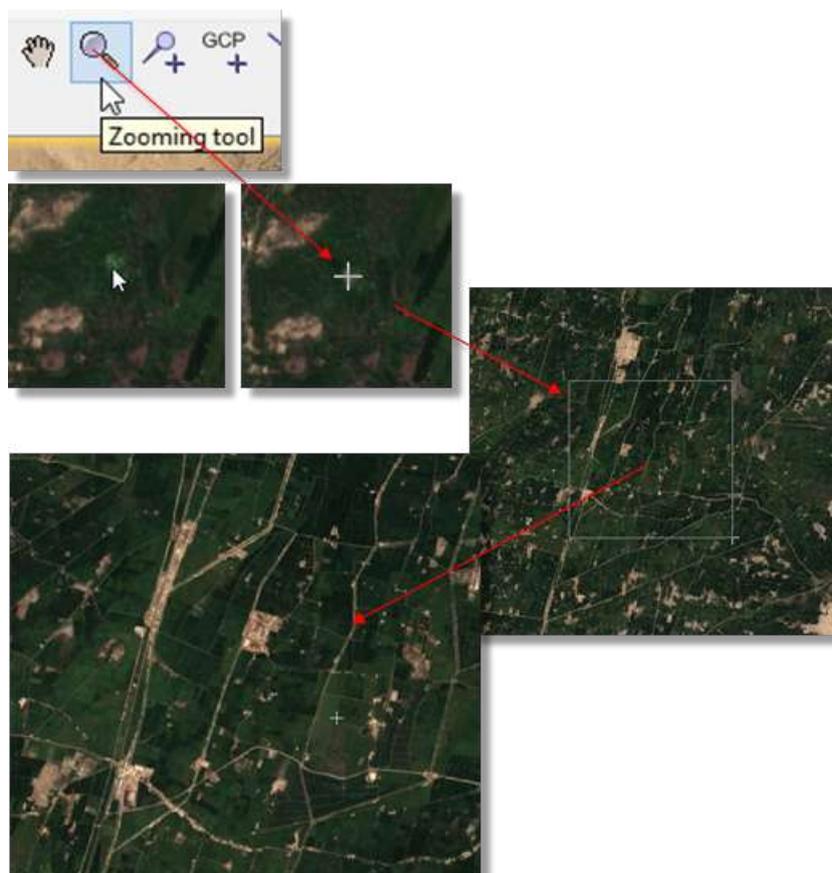
Icono Panning tool

Al activar el icono llamado **Panning tool** (que se ubica en la barra de herramientas), el cursor cambia de forma y presionando el botón izquierdo del **mouse**, se puede mover la imagen en cualquier dirección.



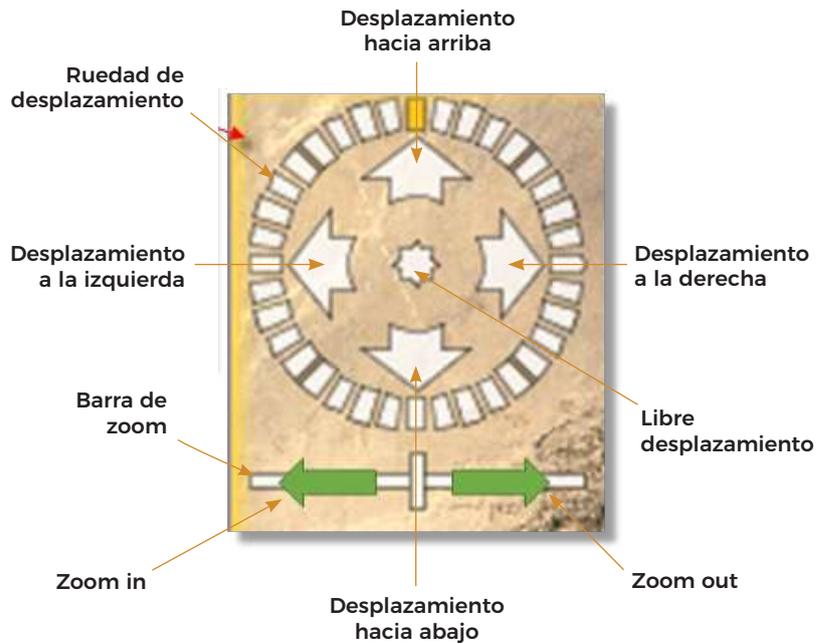
Icono Zooming tool

Al activar el icono llamado **Zooming tool** (que se encuentra en la barra de herramientas), el cursor cambió de forma y presionando el botón izquierdo del **mouse**, se puede ampliar una sección (definida por el usuario), de la imagen que se está visualizando.



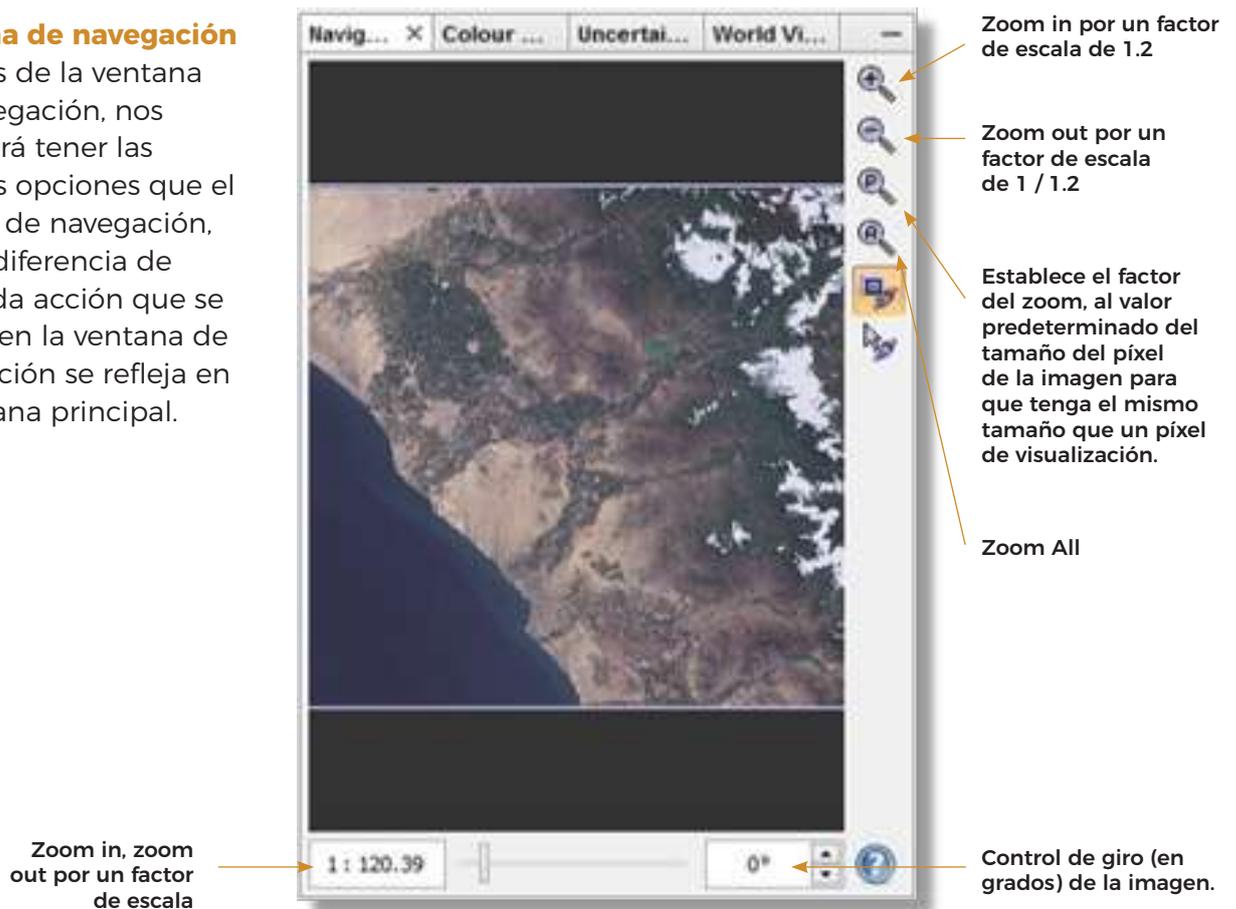
Control de navegación

El control de navegación se encuentra en la esquina superior izquierda de la ventana principal y nos permite desplazarnos (en la ventana principal), así como aumentar y disminuir la imagen a voluntad.



Ventana de navegación

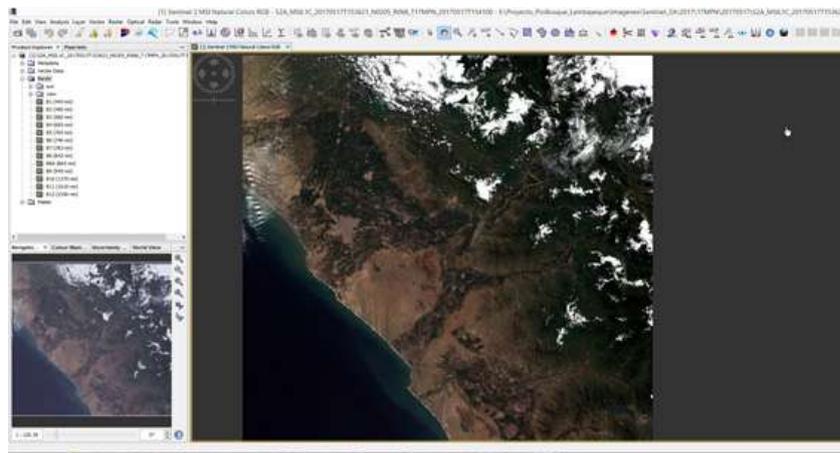
A través de la ventana de navegación, nos permitirá tener las mismas opciones que el control de navegación, con la diferencia de que toda acción que se realice en la ventana de navegación se refleja en la ventana principal.



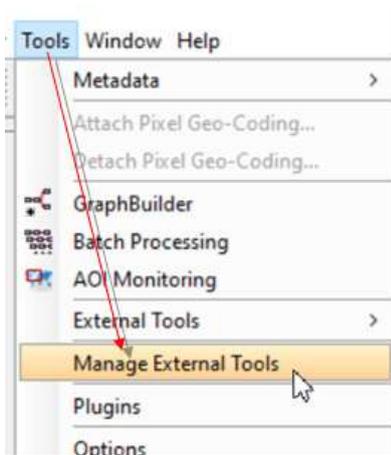
4. CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA

Para realizar la corrección atmosférica de las imágenes SENTINEL 2A, se debe proceder de la siguiente manera.

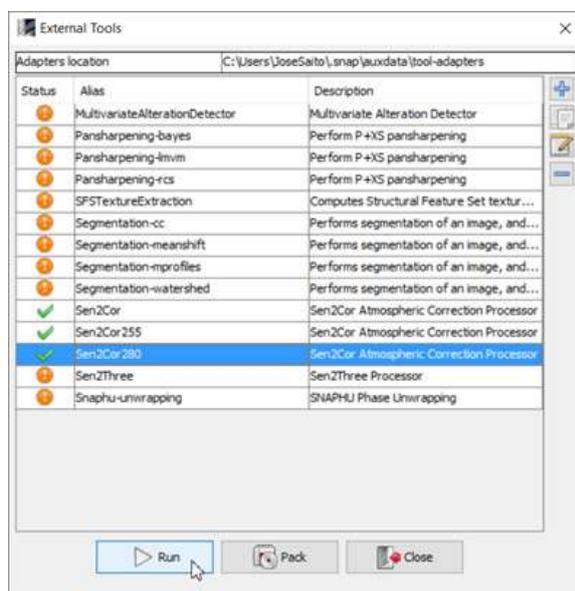
Inicie el programa **SNAP** y cargue una imagen Sentinel 2A..



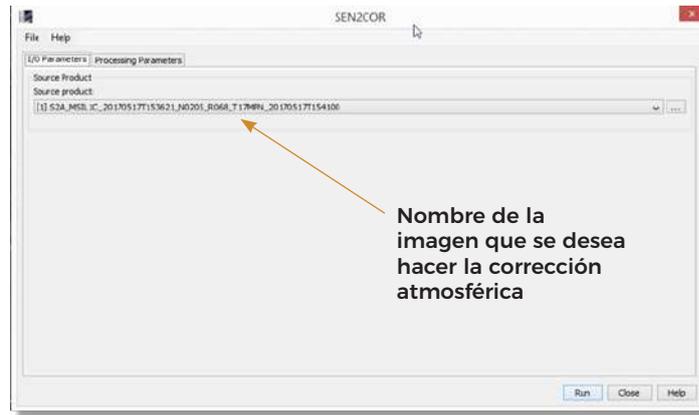
Utilizar la opción **TOOLS**
► **MANAGER EXTERNAL TOOLS**



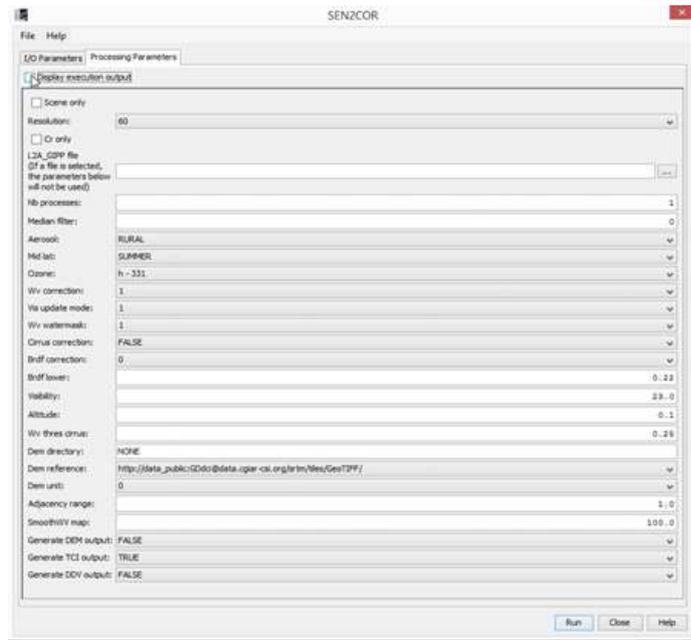
Una vez seleccionada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana



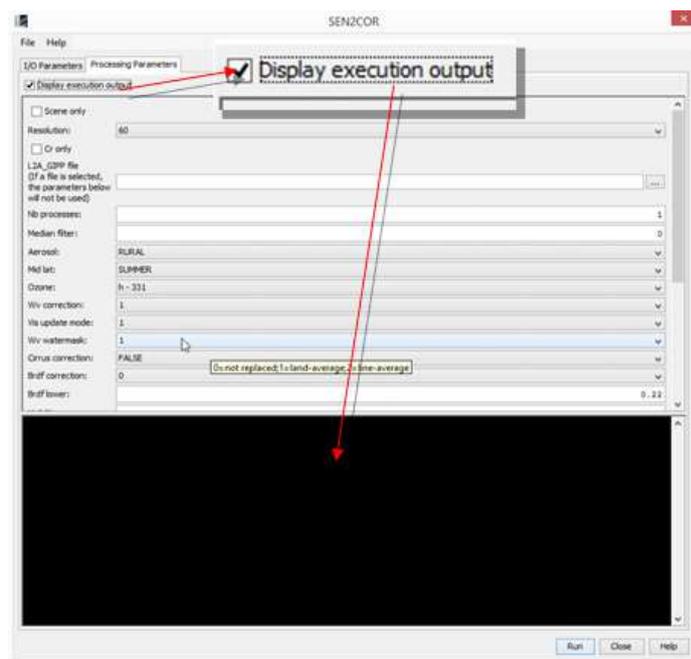
Seleccione **SEN2COR 280** y presione el botón **RUN**. una vez seleccionada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana



Seleccione la lengüeta **PROCESSING PARAMETERS** para la configuración de los diversos parámetros de la corrección atmosférica. Una vez seleccionada la lengüeta, el programa mostrará la siguiente ventana.



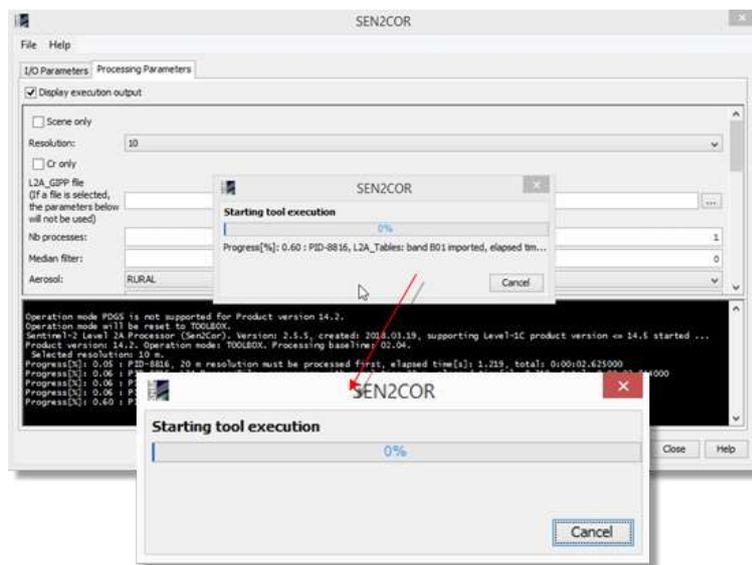
Marque la opción **DISPLAY EXECUTION OUTPUT**, para visualizar el proceso y reporte de algún error en la ejecución. Una vez marcada la opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



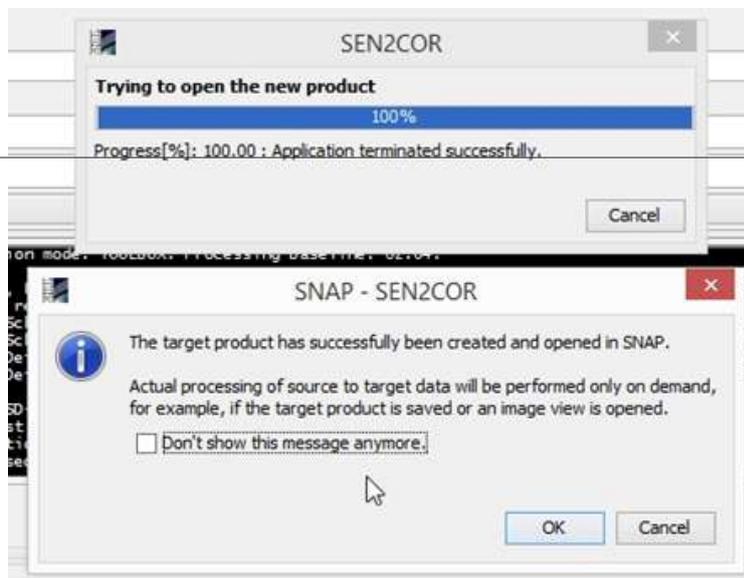
Seleccione en **RESOLUTION**, el número 10 que significa que el producto de la corrección atmosférica tendrá una resolución de 10m..



Deje el resto de las opciones por **DEFAULT** y presione el botón **RUN** para que el programa empiece a realizar la corrección atmosférica.



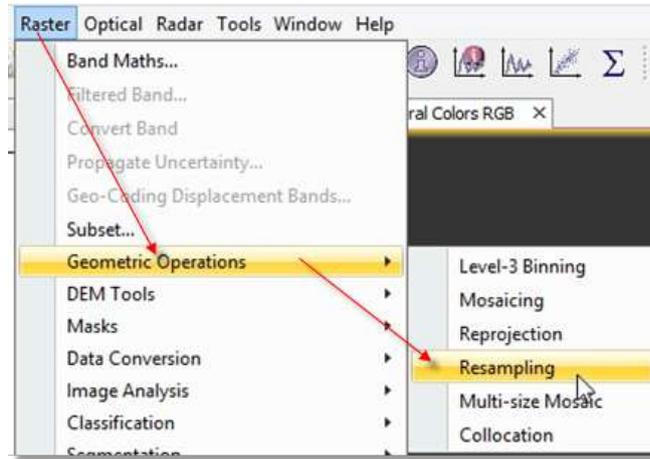
Una vez que termine el proceso de corrección atmosférica, el programa mostrará la siguiente ventana.



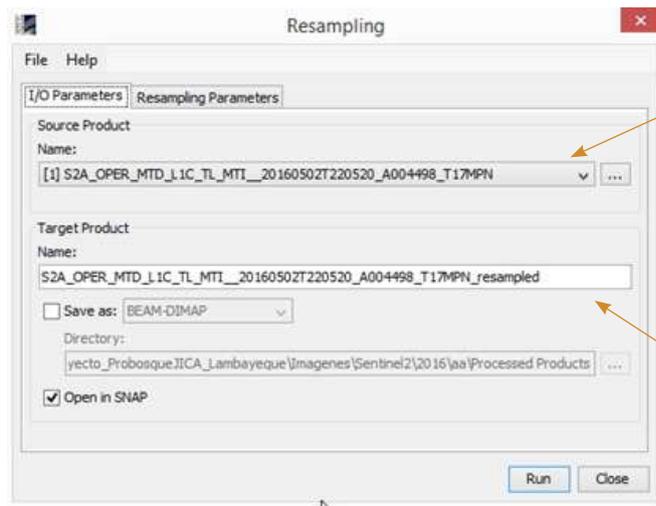
5. RESAMPLING

Para cambiar el tamaño del píxel de algunas de las bandas de la imagen SENTINEL 2A, se debe proceder de la siguiente manera.

Utilizar la opción **RASTER** ▶
GEOMETRIC OPERATIONS
▶ **RESAMPLING**



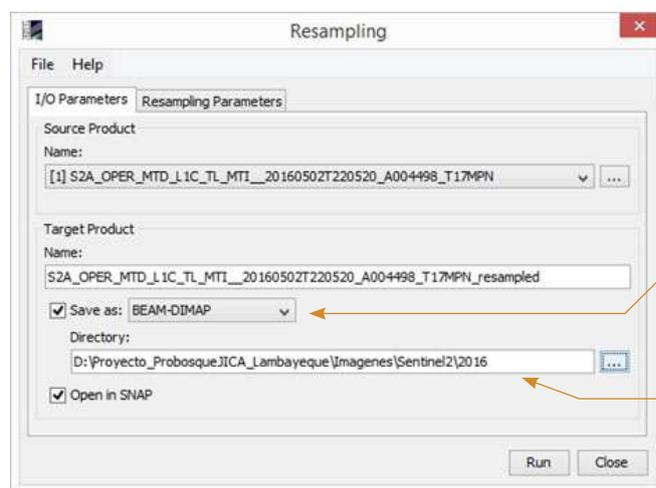
Una vez seleccionada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



Nombre de la imagen

Nombre de salida de la nueva imagen

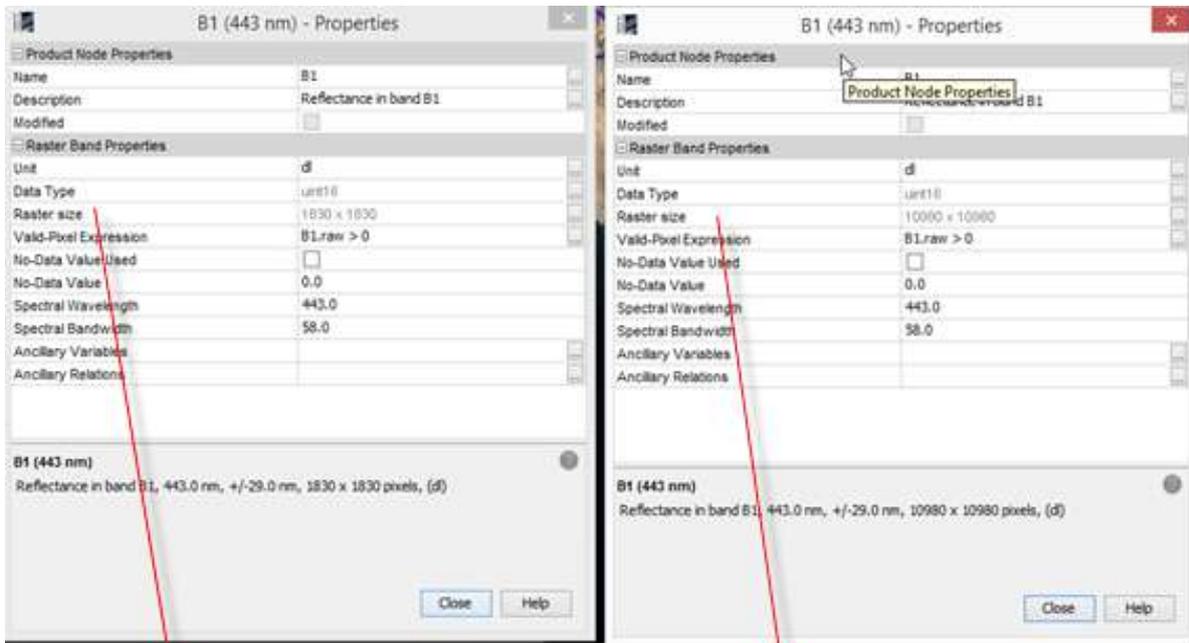
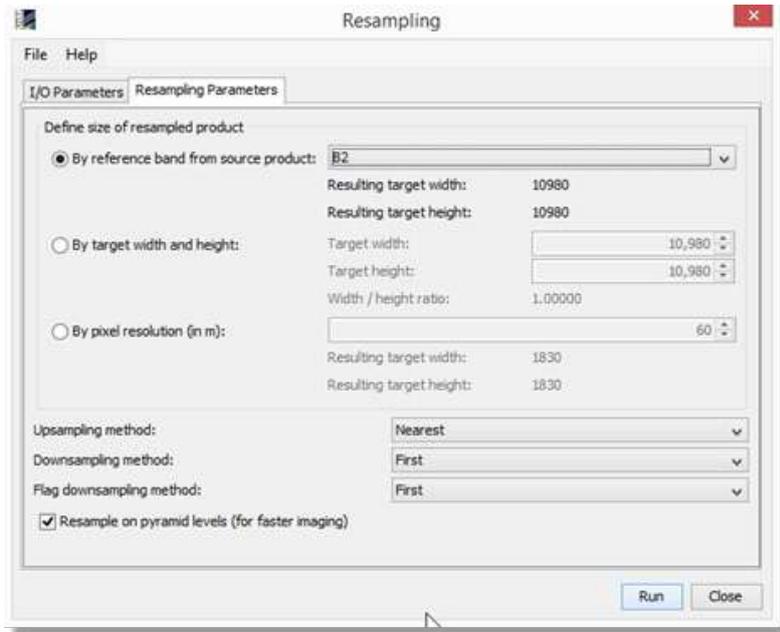
Seleccione la opción **SAVE AS: BEAM-DIMAP**, como formato de almacenamiento de la nueva imagen.



Formato en que se guarda la nueva imagen

Directorio donde se guarda la nueva imagen

En la lengüeta **RESAMPLING PARAMETERS**, cambiar el parámetro del tamaño del píxel, tomando como referencia la banda 2, que tiene un tamaño de píxel de 10m x 10m.



Data Type	uint16
Raster size	1830 x 1830

Tamaño de la banda original

Data Type	uint16
Raster size	10980 x 10980

Tamaño de la banda después del Resampling

6. VERIFICACIÓN DE LA REFERENCIACIÓN

Para realizar la verificación de la referenciación de las imágenes SENTINEL 2A, se empleará el programa **QGIS y SNAP**.

Para la verificación de la referenciación, se procederá de la siguiente **manera**

6.1. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

Los puntos de control se utilizarán para verificar que las imágenes SENTINEL 2A se encuentren bien referenciadas, tomando como base un sistema de coordenadas previamente establecido.

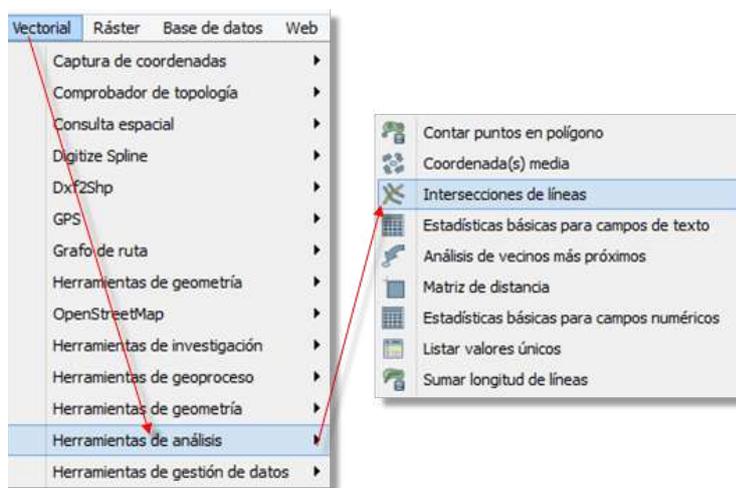
Los puntos de control deberán cumplir las siguientes características:

- Fácil de localizar.
- Perdurables en el tiempo.
- Difícil de alterar por acciones naturales.

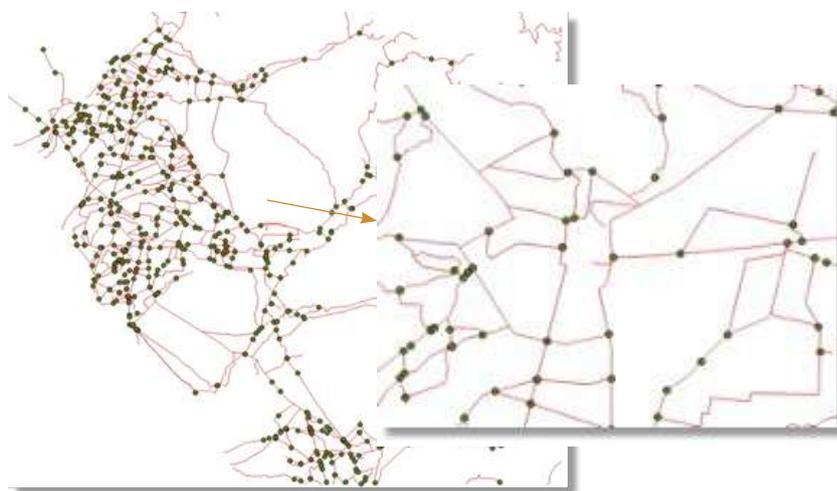
Para el área de estudio, se seleccionará las intersecciones de las vías terrestres (nacionales, departamentales y vecinales) como puntos de control para la verificación de la referenciación.

6.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

Para identificar los puntos de control (intersección de vías terrestres), se usará el programa **QGIS**, la opción **VECTORIAL** ▶ **HERRAMIENTA DE ANÁLISIS** ▶ **INTERSECCIONES DE LÍNEAS**.



Al ejecutar esta herramienta se generará un **shapefile** de puntos en aquellos lugares donde se intercepta dos o más vías terrestres.



6.3. OBTENCIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS

Al ejecutar la herramienta **INTERSECCIONES DE LÍNEAS** se obtendrá una gran cantidad de puntos, de los cuales se tiene que obtener una muestra representativa para usar dichas muestras como puntos de control de la referenciación.

Para obtener el número de muestras, se empleará la siguiente **formula**,

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:

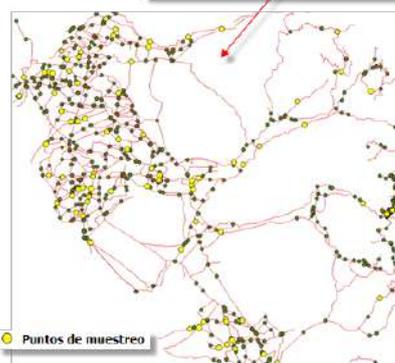
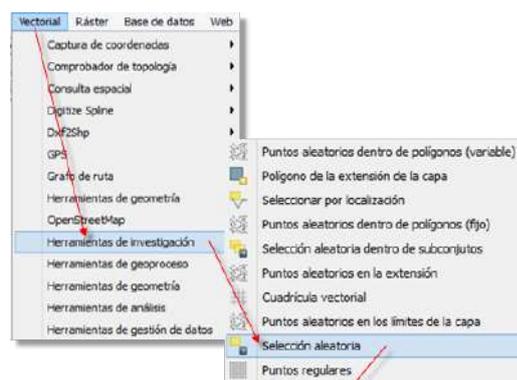
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALOR
n	Tamaño de muestra	
N	Tamaño de población	¿?
Σ	Desviación estándar de la población	0.5
E	Límite aceptable del error muestral	0.1
Z	Nivel de confianza	1.96

Al ejecutar la fórmula, se obtendrá como tamaño de n muestra, los cuales servirán para verificar si la referenciación es la correcta tomando como base las vías terrestres.

6.4. SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

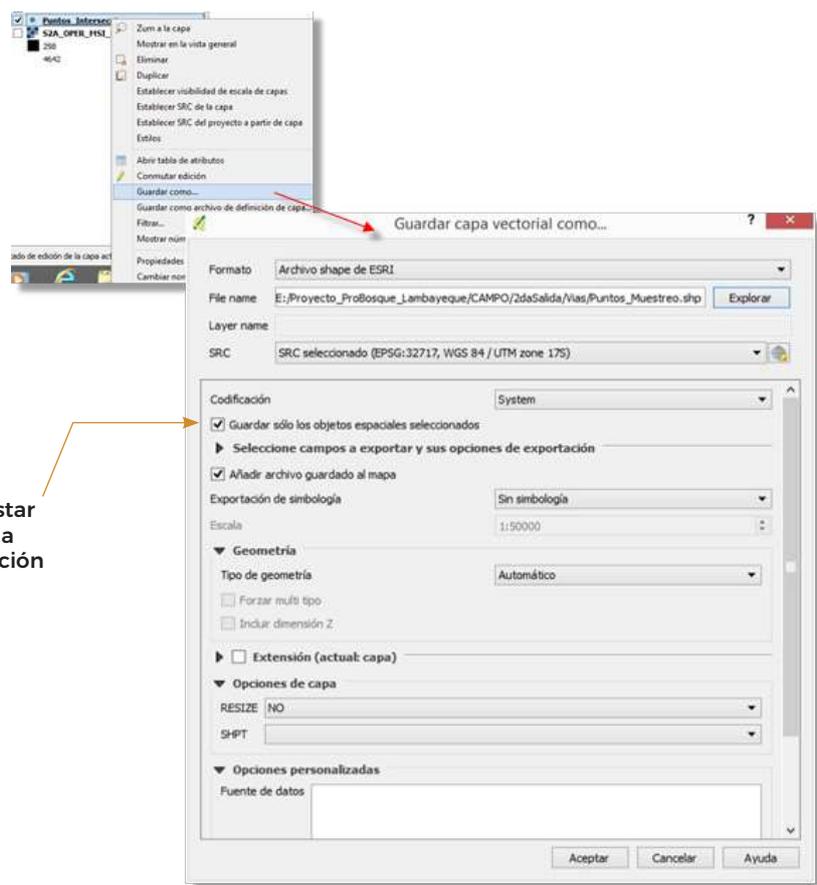
Para seleccionar los n puntos de control de la población total N, se definirá **que** método de selección se aplicará, se recomienda el método al azar.

Para seleccionar al azar estos puntos, se usará el programa **QGIS**, la opción **VECTORIAL** **▶ HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN** **▶ SELECCIÓN ALEATORIA**.



6.5. EXPORTACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Una vez identificado (en forma al azar) los n puntos de control, deben ser exportados usando la opción **GUARDAR COMO...**

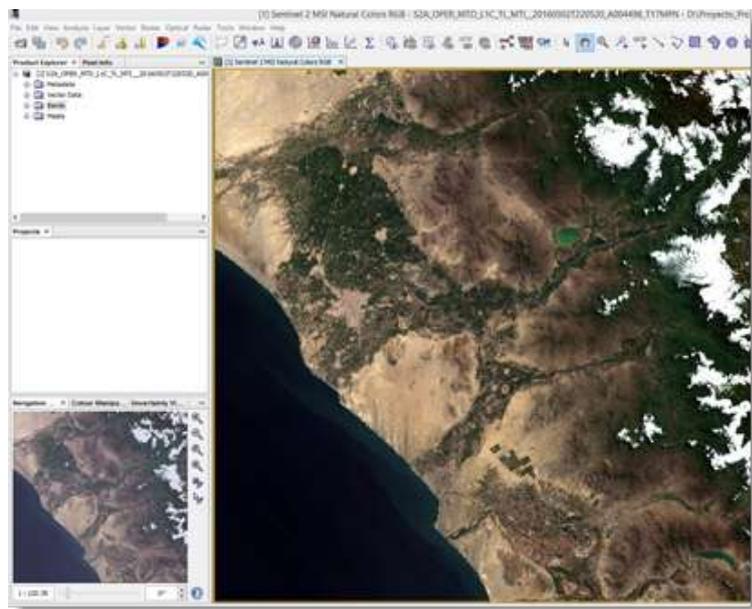


Debe estar marcada esta opción

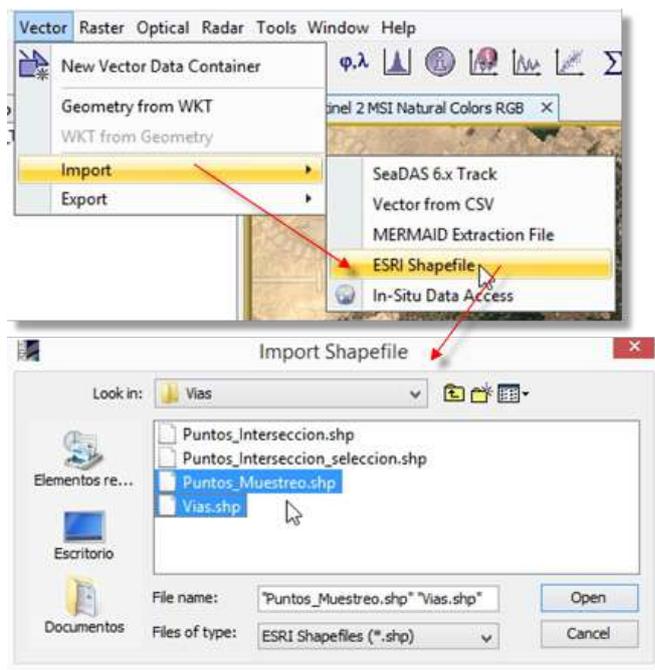
6.6. IMPORTACIÓN DE LAS VÍAS TERRESTRES Y PUNTOS DE MUESTREO EN EL PROGRAMA SNAP

Se debe ejecutar el programa **SNAP** y visualizar la imagen (una banda o composición RGB) a la que se desea verificar la referenciación.

Una vez desplegada la imagen (una banda o composición RGB), el programa mostrará la siguiente ventana.



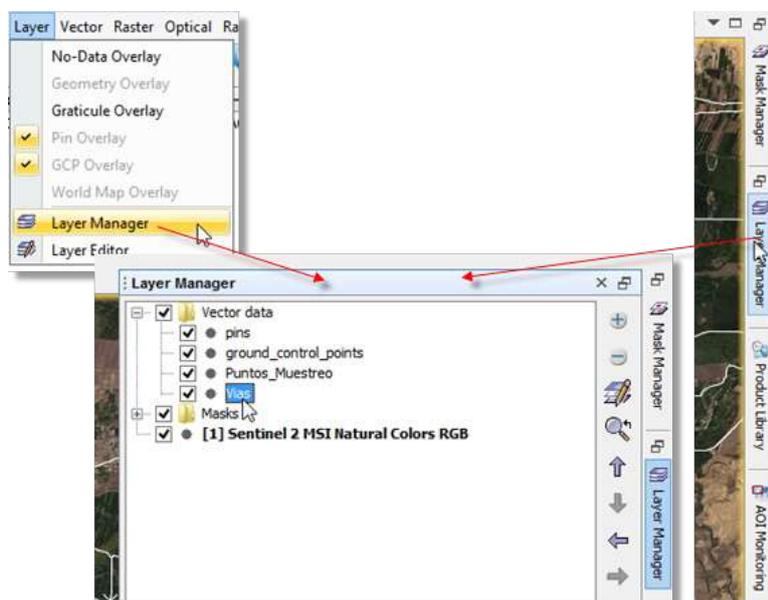
Se debe utilizar la opción **VECTOR ► IMPORT ► ESRI SHAPEFILE** para importar las vías terrestres y los puntos de muestreo.



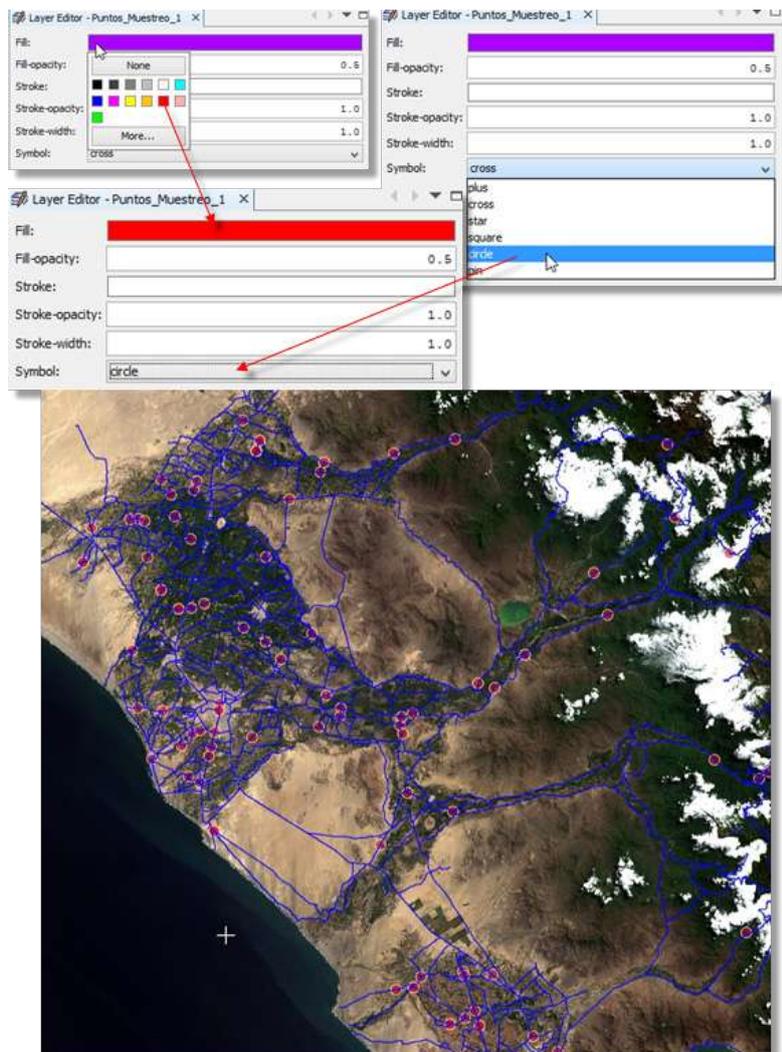
Después de la importación, el programa mostrará la siguiente ventana.



Para cambiar los colores y la simbología, se utilizará la opción **LAYER ► LAYER MANAGER ► LAYER EDITOR**, o se seleccionará la opción **LAYER MANAGER** de la barra de herramienta horizontal.



Una vez cambiados los colores y la simbología, el programa mostrará la siguiente ventana.



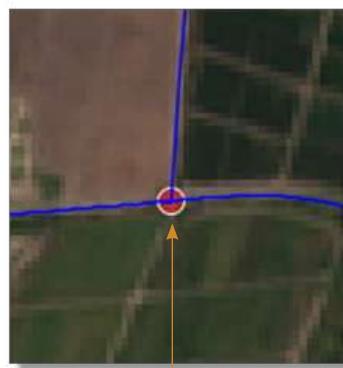
6.7. VERIFICACIÓN DE LA REFERENCIACIÓN

Para verificar si la imagen SENTINEL 2A está bien referenciada, se debe seguir los siguientes pasos:

- Localizar los puntos de control en la imagen SENTINEL.
- Identificar visualmente la intersección de las vías en la imagen SENTINEL.
- Verificar que la intersección de las vías identificadas visualmente en la imagen SENTINEL coincida con la intersección de las vías terrestres (shapefile).



Identificación del punto de intersección de vías

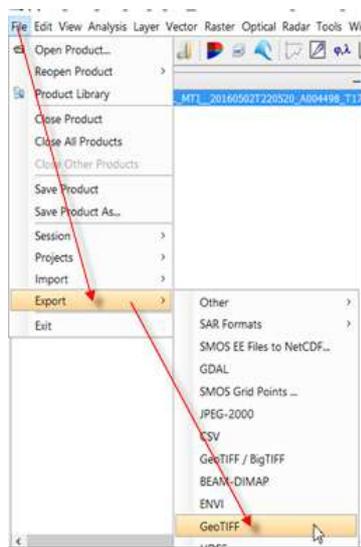


Verificación del punto de intersección de vías

7. EXPORTACIÓN

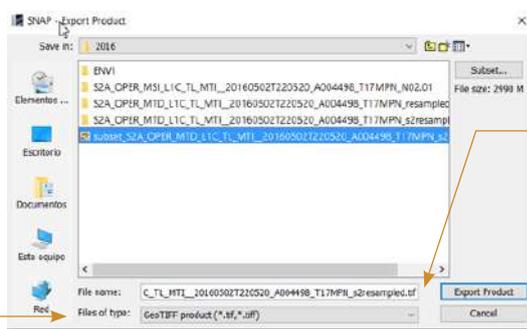
Para realizar la exportación de la imagen SENTINEL 2A al formato **GeoTIFF**, se procederá de la siguiente manera.

Se utilizará la opción **FILE** **▶ EXPORT ▶ GeoTIFF**. Se exportará a este formato ya que el proceso de clasificación y edición, se realizará en el programa **QGIS**



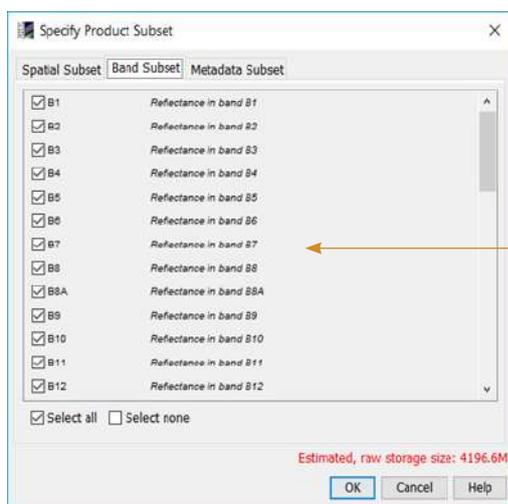
Una vez seleccionada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana.

Formato de salida de la nueva imagen



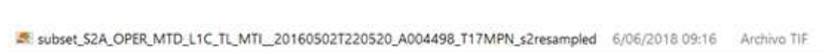
Nombre de salida de la imagen

Se debe especificar qué bandas se desea exportar, empleando la opción **SUBSET**, ya que la exportación al formato **GeoTIFF** creará un archivo raster multiespectral.



Bandas seleccionadas que serán exportadas

Después de ejecutar la opción de exportación, el programa SNAP creará un archivo raster multiespectral.

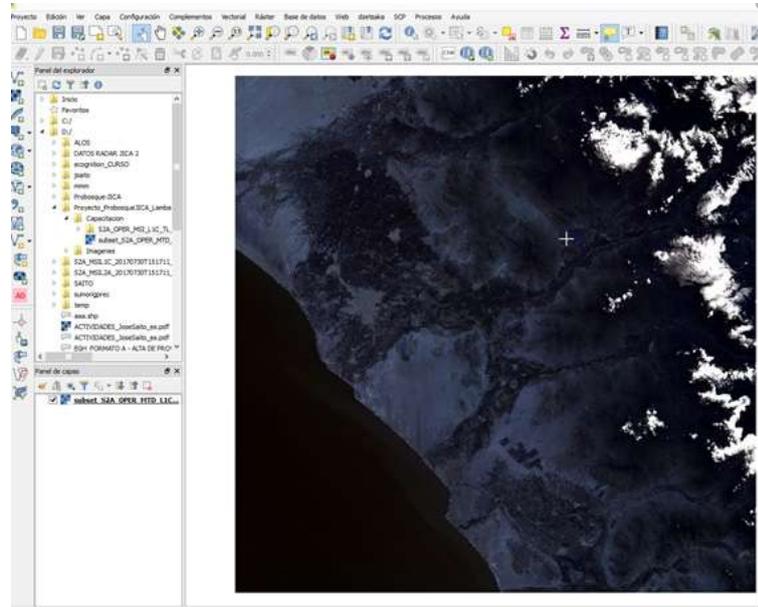


Archivo raster multiespectral

8. DESPLIEGUE DE LA IMAGEN

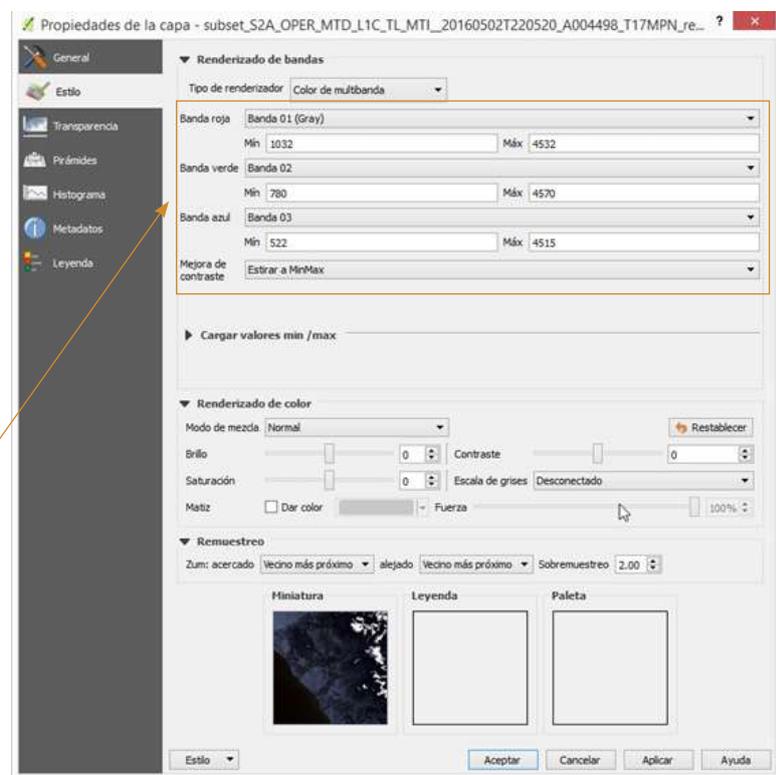
El despliegue de la imagen se realizará en el programa **QGIS**.

Una vez ejecutado el programa **QGIS** y cargada la imagen satelital, el programa mostrará la siguiente ventana.

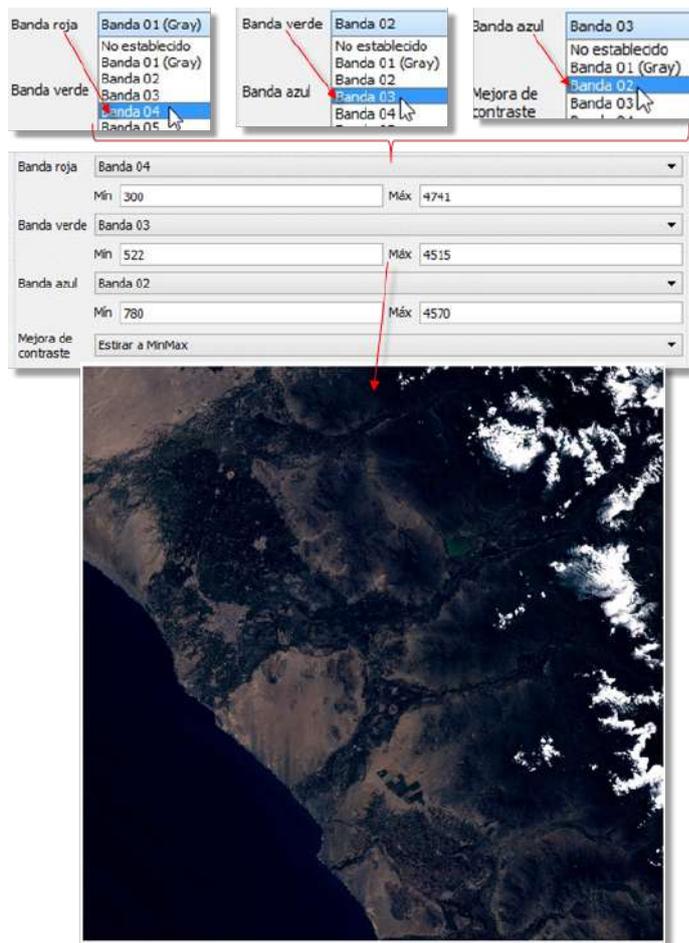


Seleccione la opción **PROPIEDADES ▶ ESTILOS**, para seleccionar la mejor combinación de bandas para la visualización de la imagen. Una vez seleccionada la opción **ESTILOS**, el programa mostrará la siguiente ventana.

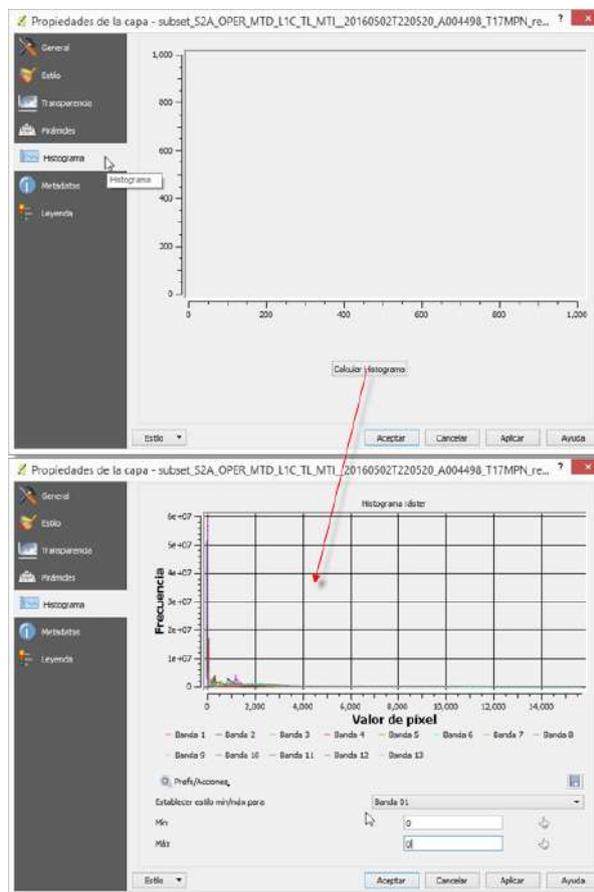
Combinación de bandas por defecto



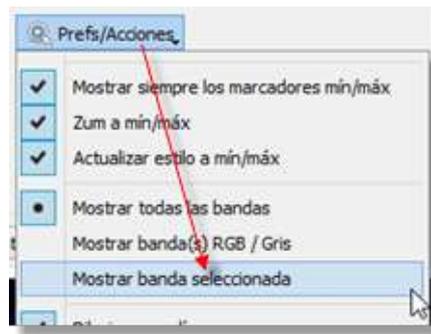
Cambie la combinación de bandas a **4,3,2** o **4,8,3** en los canales **RGB** respectivamente.



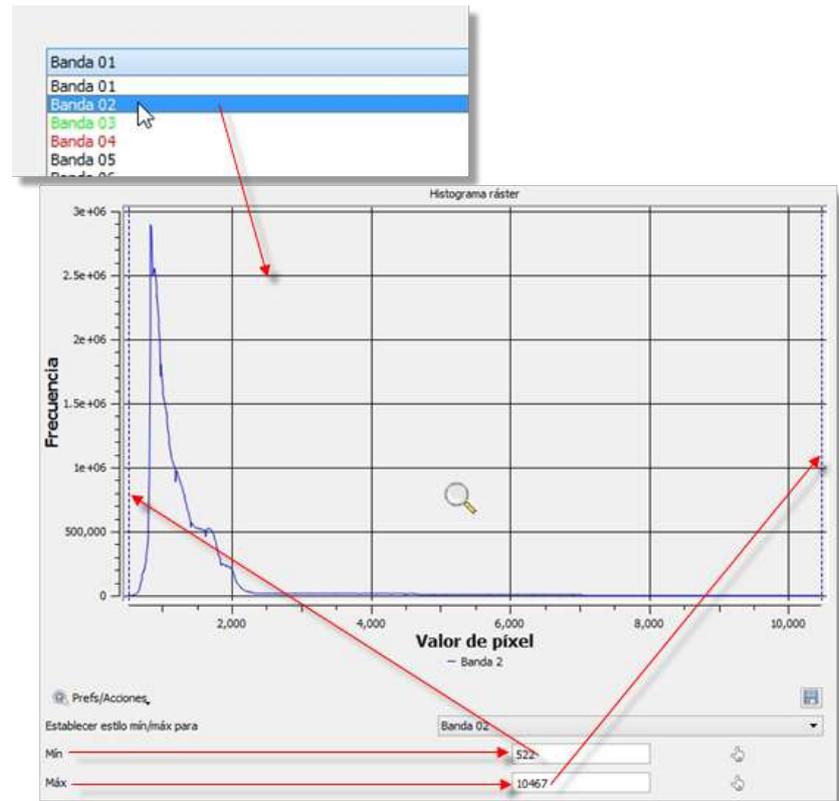
Para mejorar la vista de la imagen desplegada, se debe trabajar con los valores **Máximos y Mínimos** del histograma de cada banda **selecciónándolo**. **PROPIEDADES > HISTOGRAMA**. Una vez seleccionada la opción **HISTOGRAMA**, el programa mostrará la siguiente ventana.



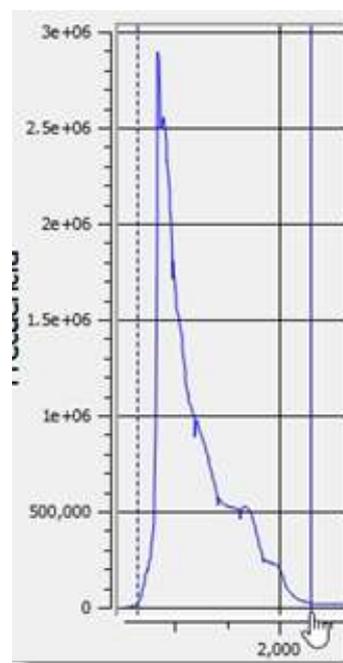
Seleccionar **PREFS / ACCIONES**, y seleccionar **MOSTRAR BANDA SELECCIONADA**



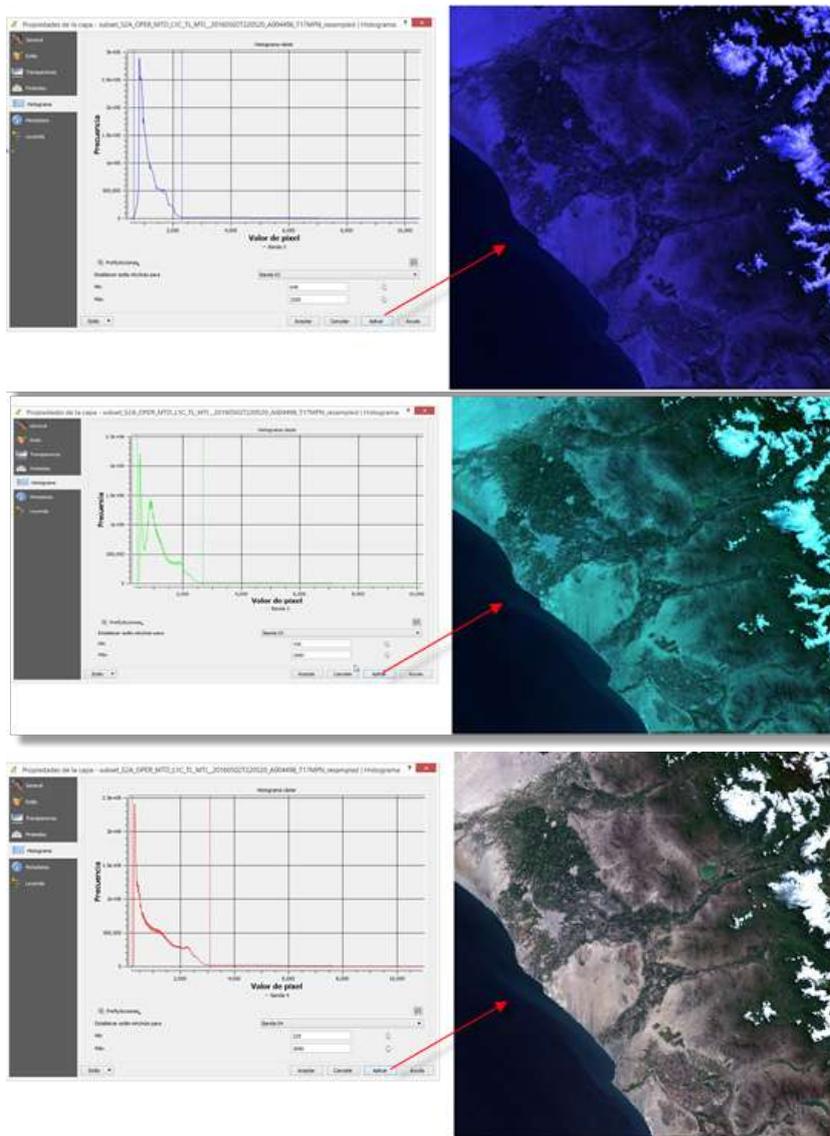
Seleccione la banda 2 y se mostrará el histograma de dicha banda.



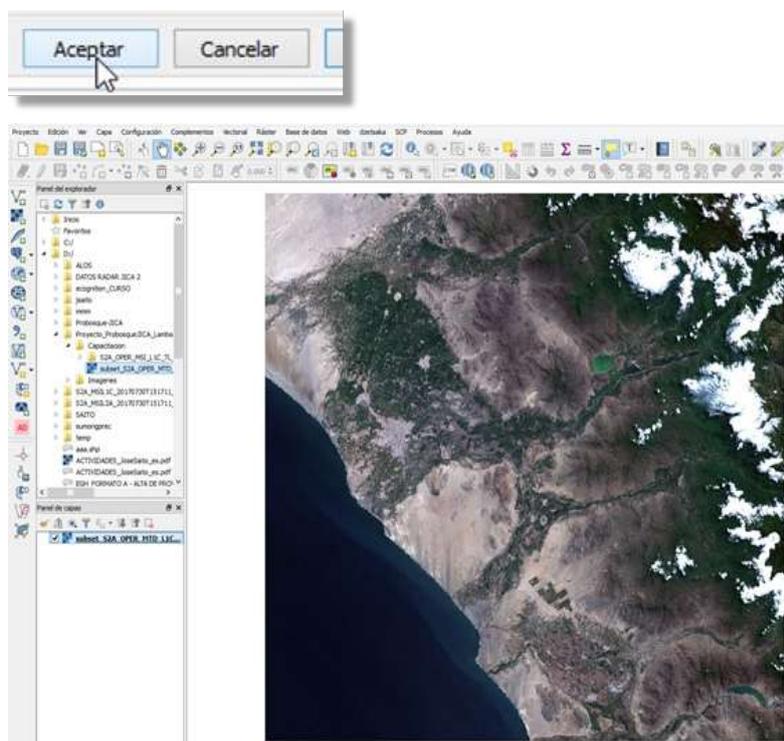
Con el icono de la mano, arrastre la línea del valor mínimo y máximo.



Presione el botón **APLICAR** para que se muestre los cambios. Repetir la misma operación para cada una de las bandas a visualizar..



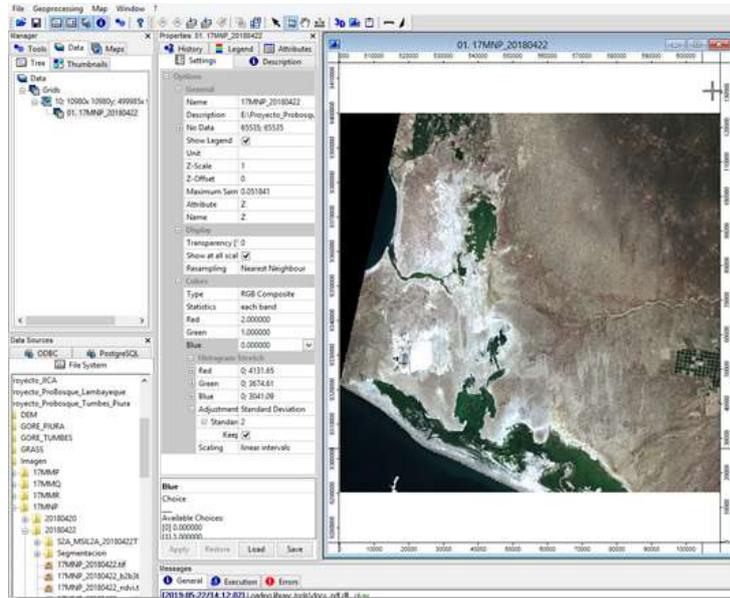
Una vez satisfecho con el resultado, presionar el botón **ACEPTAR** y el programa mostrará la siguiente ventana.



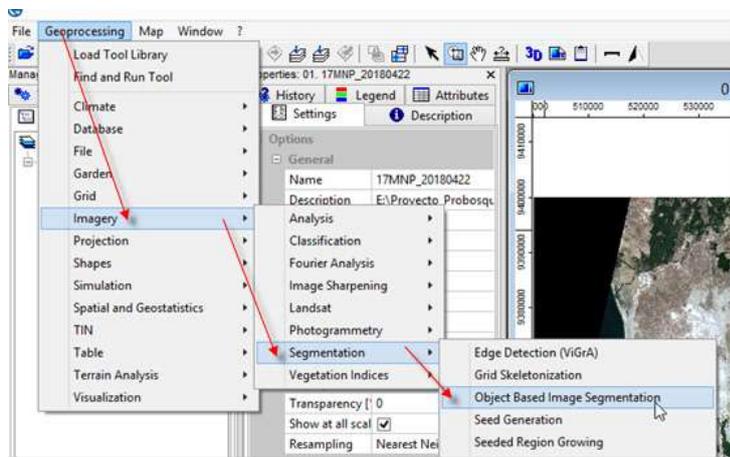
9. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA

La identificación de las actividades antrópicas, se realizará empleando los programas **QGIS** y **SAGA-GIS**.

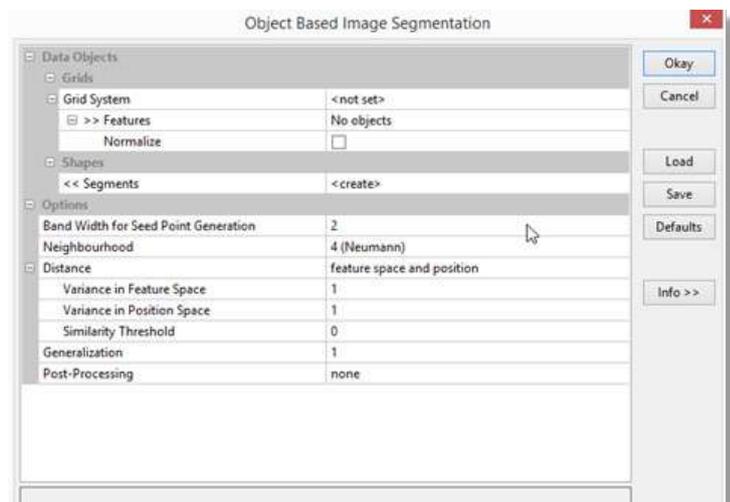
Una vez ejecutado el programa **SAGA-GIS**, se deberá cargar la imagen satelital y el programa mostrará la siguiente ventana.



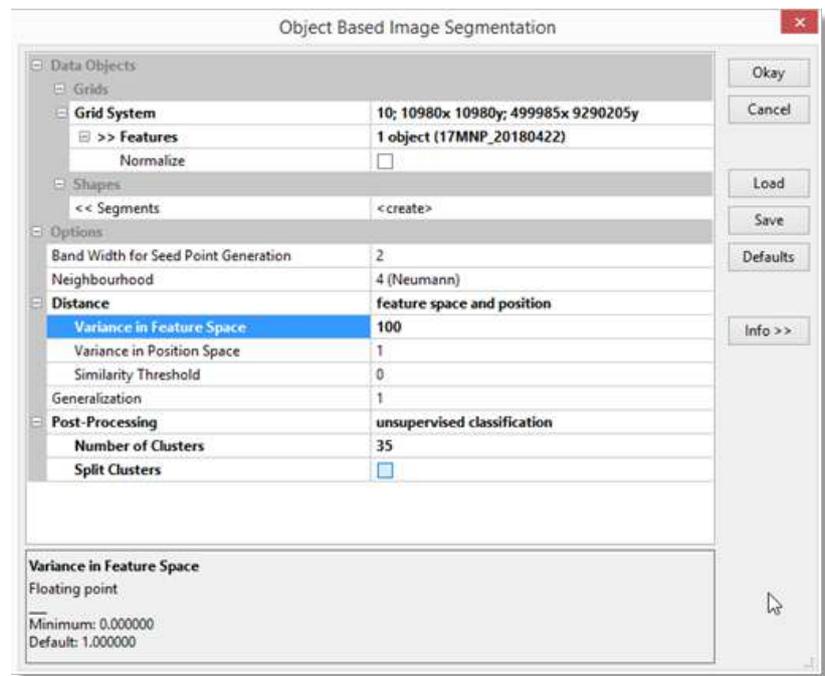
Seleccione la opción **GEOPROCESSING** ► **IMAGEY** ► **SEGMENTATION** ► **OBJECT BASED IMAGE SEGMENTATION**.



Después de seleccionar esta opción, el programa **mostrara** la siguiente ventana



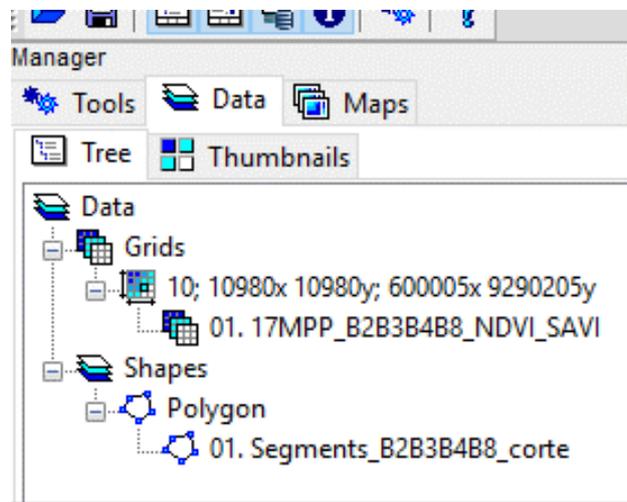
En esta se debe indicar el nombre del **GRID SYSTEM**, **FEATURES**, así mismo se debe indicar los parámetros indicados en la opción **OPTIONS**.



Después de indicar todos los parámetros, presionar el botón **OKAY** para ejecutar el algoritmo de segmentación.

Nota: dependiendo los parámetros de configuración, el proceso puede demorar más de 12 horas

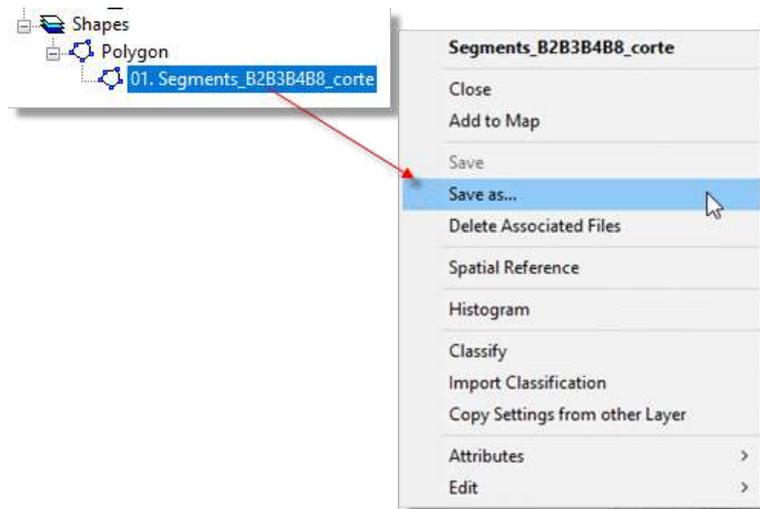
Una vez terminado el algoritmo de segmentación, el programa mostrará la siguiente ventana.



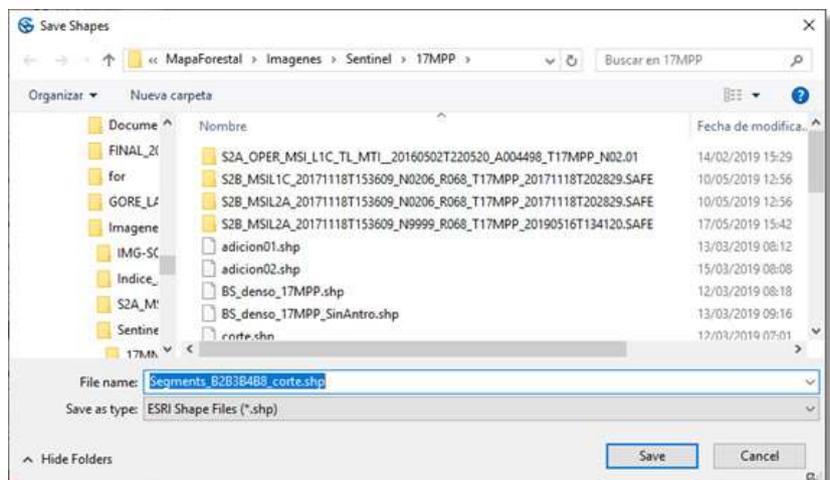
Muestre la segmentación resultante sobre la imagen.



Si está de acuerdo con los resultados de la segmentación, seleccione el polígono resultante de la segmentación y presione el botón **DERECHO** del **mouse** y seleccione la opción **SAVE AS**.



Al seleccionar esta opción, el programa le pedirá la ubicación y el nombre del archivo **SHAPEFILE** que se va a guardar.



Ejecute el programa **QGIS** y cargue la imagen y el **shapefile** resultado de la segmentación.



Cuando tenga la segmentación que considera más adecuada, borre los polígonos que no pertenezca a las actividades antrópicas y una el resto de los polígonos para formar los polígonos de las actividades antrópicas que conformarán el **MAPA DE ACTIVIDADES ANTRÓPICAS**.



10. CONVERSIÓN DE VALORES DE REFLECTANCIA ESCALADA TOA Y BOA, A VALORES DE REFLECTANCIA NORMAL

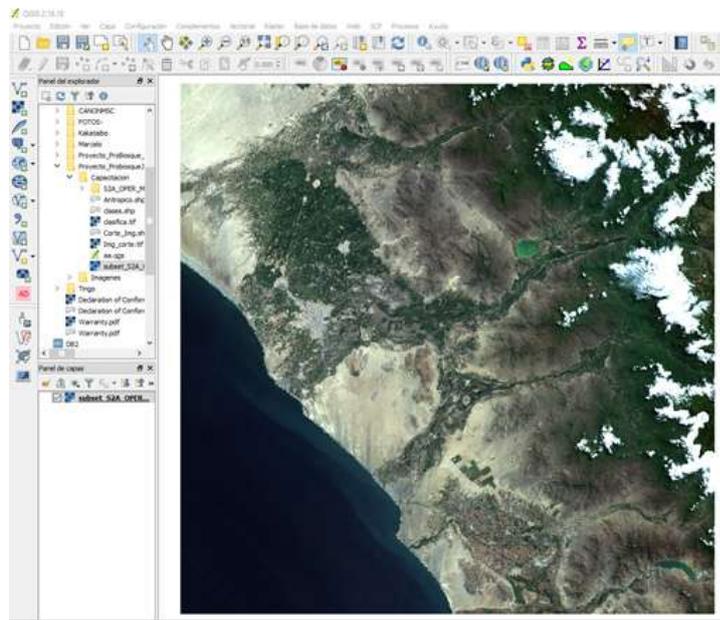
La conversión de los valores de reflectancia escalada ToA y BoA, a valores de reflectancia normal, se realizará en el programa **QGIS**, empleando **Orfeo ToolBox (OTB)**.

Para convertir los valores, se usará la **formula** provista en la documentación de la ESA, 2015 Sentinel-2 User Handbook el cual se obtiene en esta dirección: https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook.

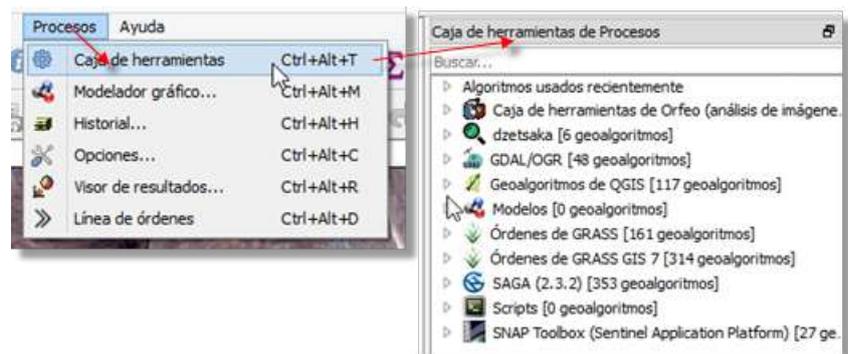
$$\text{Reflectance (float)} = \frac{\text{DN (16-bit integer)}}{\text{Quantification Value}}$$

Para ejecutar dicha fórmula, se usará el programa **QGIS** con la opción **Orfeo ToolBox** ▶ **BAND MATH X**.

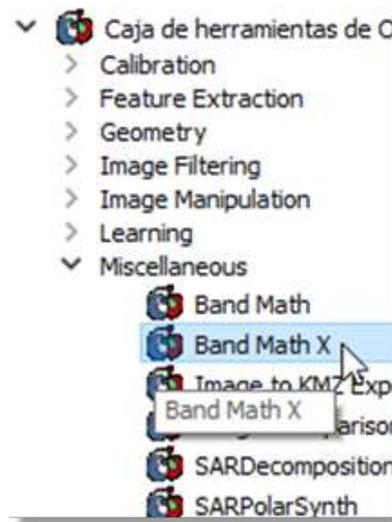
Una vez ejecutado el programa **QGIS** y cargado la imagen satelital, el programa mostrará la siguiente ventana.



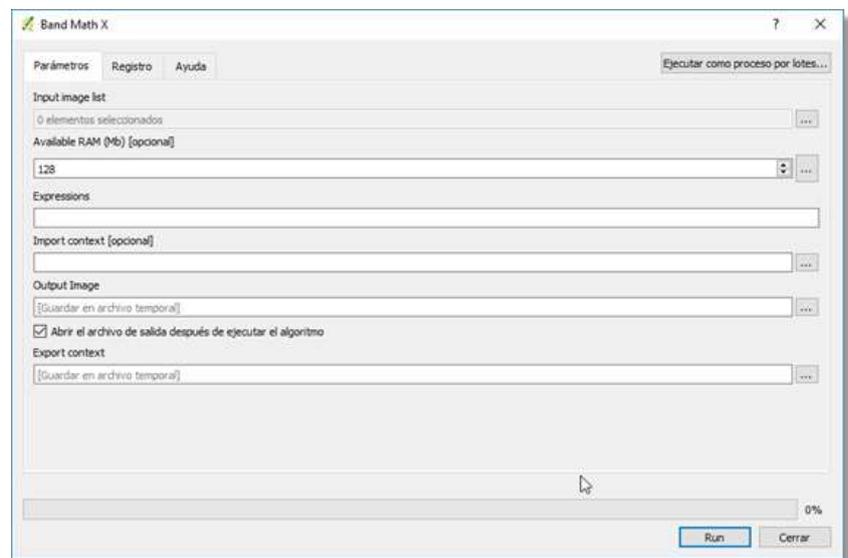
Seleccione la opción **PROCESOS** ▶ **CAJA DE HERRAMIENTAS** y el programa mostrará la caja de herramientas en la parte derecha del programa **QGIS**.



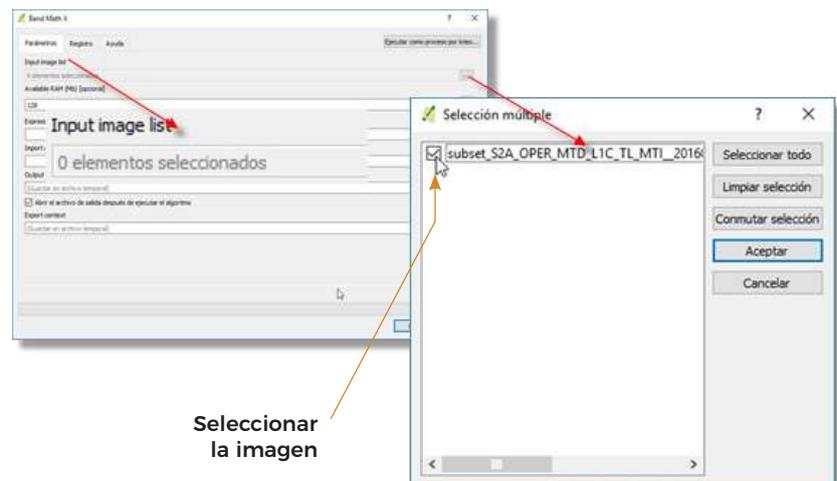
Seleciones la opción (dentro de la caja de herramientas) **CAJA DE HERRAMIENTA DE ORFEO MICELLANEOUS BAND MATCH X**



Una vez seleccionada la opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



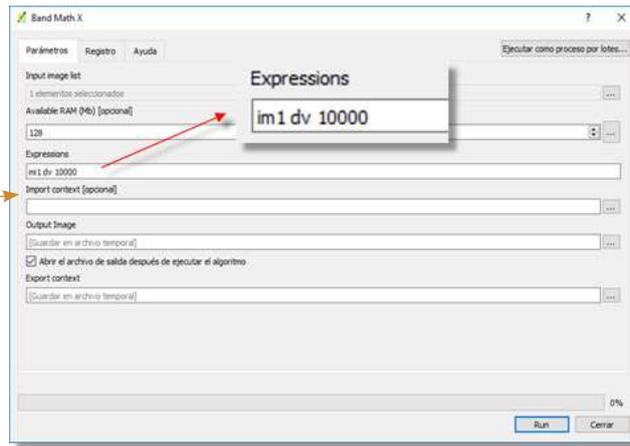
Seleccione la imagen empleando la opción **INPUT IMAGE LIST.**



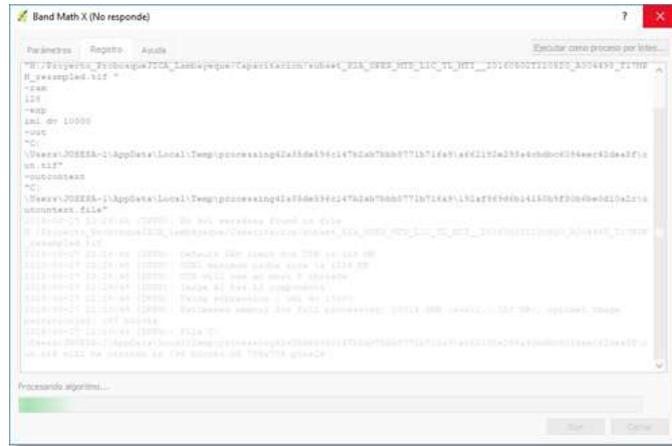
Seleccionar la imagen

Una vez seleccionada la imagen, se debe escribir la siguiente expresión en la opción **EXPRESSIONS**.

im1 dv 10000



Al presionar el botón **RUN**, el programa ejecutará el algoritmo, elaborando una nueva imagen con los valores normales de reflectancia de ToA o de BoA



Objeto espacial	Valor
0	IMG_Corte
Banda 01	1641
Banda 02	1777
Banda 03	1841
Banda 04	2193
Banda 05	1808
Banda 06	2317
Banda 07	2654
Banda 08	2641
Banda 09	2838
Banda 10	307
Banda 11	6
Banda 12	2745
Banda 13	2054

Valores originales

Objeto espacial	Valor
0	Output Image
Banda 01	0.1641
Banda 02	0.1777
Banda 03	0.1841
Banda 04	0.2193
Banda 05	0.1808
Banda 06	0.2317
Banda 07	0.2654
Banda 08	0.2641
Banda 09	0.2838
Banda 10	0.0307
Banda 11	0.0006
Banda 12	0.2745
Banda 13	0.2054

Valores transformados

11. OBTENCIÓN DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN

El análisis de la vegetación, suelo y contenido de agua son claves para la evaluación y el monitoreo de recursos naturales, es por ello que la evaluación cuantitativa, a través de la obtención de diversos índices, es una de las aplicaciones de la teledetección para la toma de decisiones.

Los índices son combinaciones de bandas espectrales que tienen como función realzar la contribución de la vegetación, suelo o agua en la respuesta espectral de una superficie y atenuar la de otros factores, como las condiciones de iluminación y la atmósfera, que pueden producir interferencias en la señal radiométrica.

11.1. VEGETATION RADIOMETRIC INDICE: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

El rango de valores del NDVI se encuentra entre el 0 y el 1, ya que, tanto la reflectividad del infrarrojo cercano como la del rojo, son cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral. El cálculo e interpretación directa del NDVI tiene la ventaja de ser muy sencillo, además permite la comparabilidad entre datos obtenidos por diferentes investigadores. Sin embargo, tiene el inconveniente de que posee poca capacidad de minimizar la influencia del suelo, que en el caso de los **Bosques Estacionalmente Secos**, representa un problema.

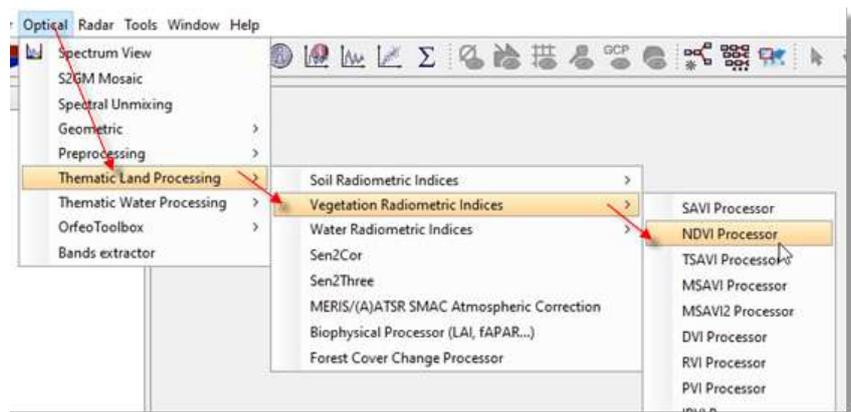
Para obtener el índice NDVI, se usará la fórmula obtenida en <https://www.indexdatabase.de/>:

$$\text{NDVI} = \frac{B_8 - B_4}{B_8 + B_4}$$

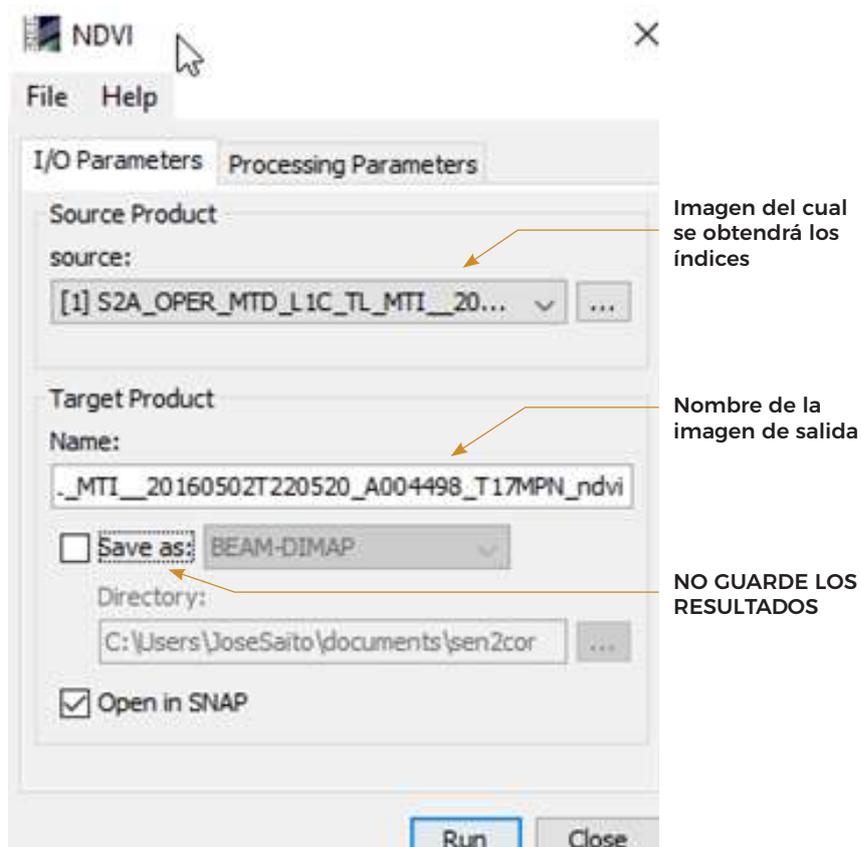
Cálculo de NDVI

usando SNAP

Para el cálculo del NDVI, con el programa **SNAP**, se deberá usar la opción **OPTICAL** ▶ **THEMATIC LAND PROCESSING** ▶ **VEGETATION RADIOMETRIC INDICE** ▶ **NDVI PROCESSOR**.

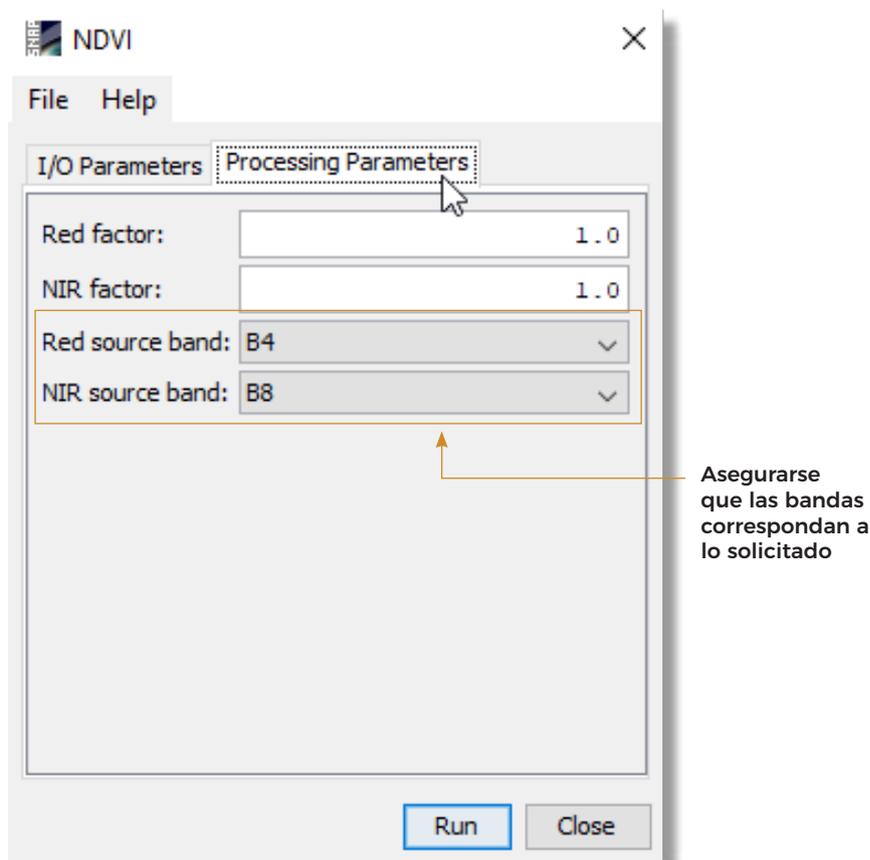


Una vez **seleccionad** la opción, el programa mostrará la siguiente ventana de configuración.

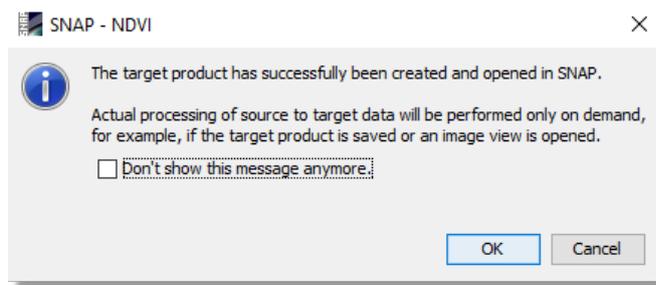


En la lengüeta **PROCESSING PARAMETERS**

Después de tener todos los parámetros configurados, presionar el botón **RUN**, para ejecutar el algoritmo.



Una vez ejecutado el algoritmo, el programa mostrará la siguiente ventana que informa la culminación del proceso.

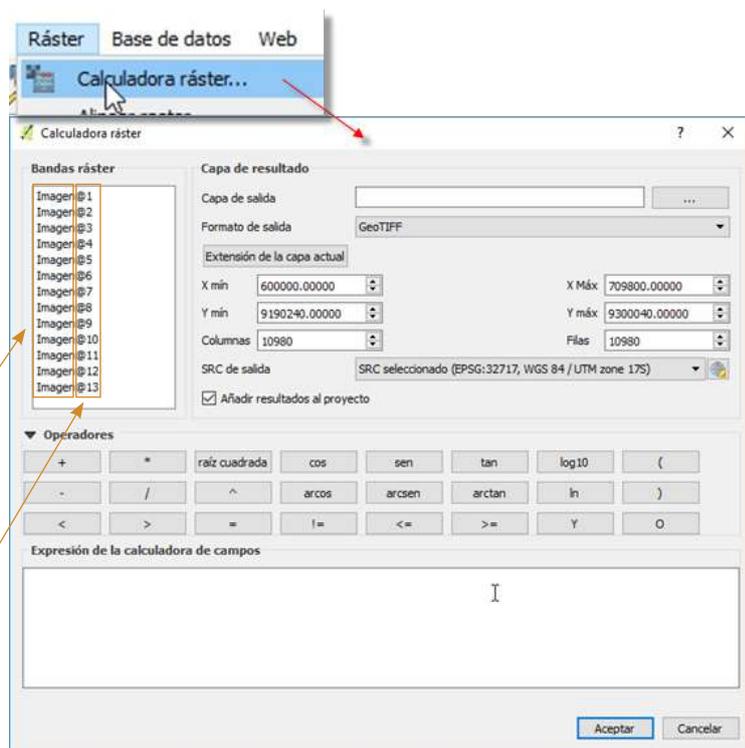


Cálculo de NDVI usando QGIS

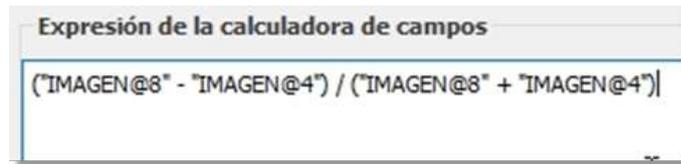
Para el cálculo del NDVI, con el programa **QGIS**, se deberá usar la opción **RASTER** **Calculadora Raster**, y el programa mostrará la siguiente ventana

Número de las Bandas que conforman la imagen

Nombre de la imagen



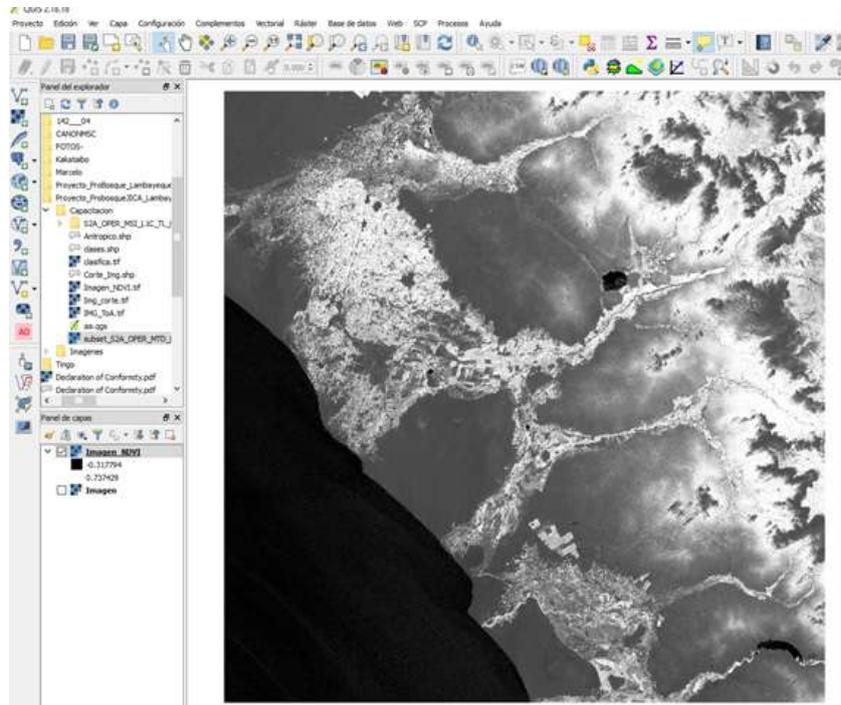
En la **EXPRESIÓN DE LA CALCULADORA DE CAMPOS**, se debe escribir la siguiente expresión.



En el campo **CAPA DE SALIDA**, poner el nombre de la imagen de salida.



Al presionar el botón **ACEPTAR** el programa ejecutará la fórmula del **ÍNDICE** y mostrará el resultado en la vista general del programa.



11.2. VEGETATION RADIOMETRIC INDICE: Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

El uso del índice NDVI, en áreas con baja densidad de vegetación, presenta un problema debido a la alta sensibilidad a la reflectividad del suelo, dando como resultado que, en zonas con una densidad baja de vegetación, el valor de NDVI es muy similar a las zonas de suelo desnudo.

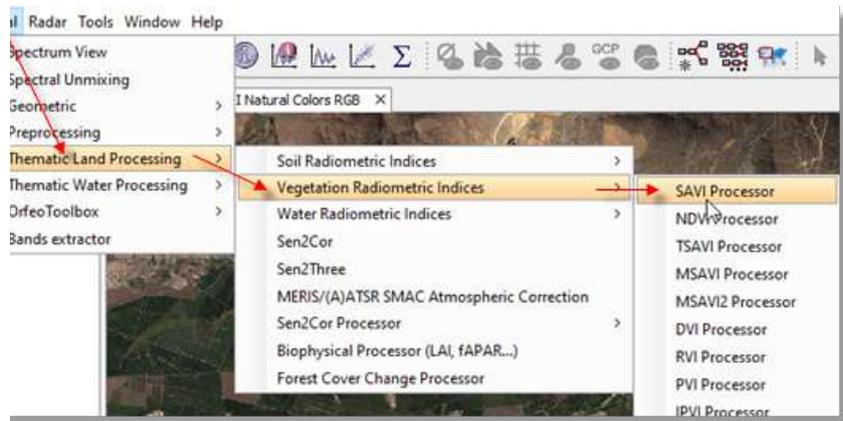
El índice SAVI, es menos susceptible a la reflectividad del suelo y por lo tanto sus valores para una cubierta vegetal dada son más bien independientes al reflejo del suelo.

Para obtener el índice SAVI, se usará la fórmula obtenida en <https://www.indexdatabase.de/>:

$$SAVI = \frac{1 + 0.5 \left(\frac{B_8 - B_4}{B_8 + B_4 + 0.5} \right)}{1}$$

Cálculo de SAVI usando SNAP

Para el cálculo del SAVI, con el programa **SNAP**, se deberá usar la opción **OPTICAL > THEMATIC LAND PROCESSING > VEGETATION RADIOMETRIC INDICE > SAVI PROCESSOR**.



Una vez **seleccionada** esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana de configuración.

NO GUARDE LOS RESULTADOS

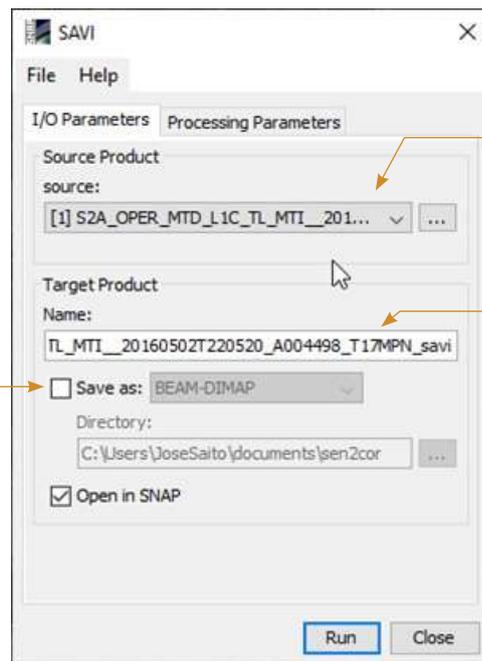
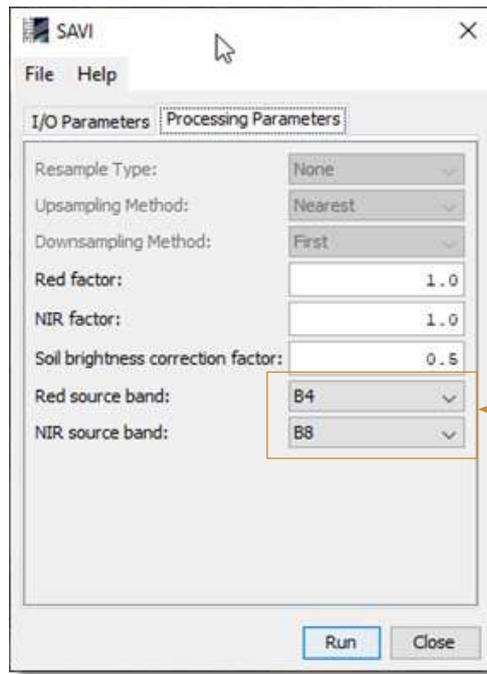


Imagen del cual se obtendrá los índices

Nombre de la imagen de salida

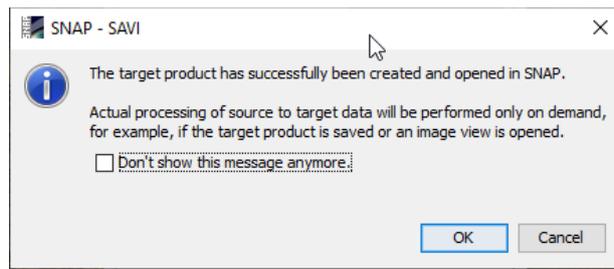
En la lengüeta **PROCESSING PARAMETERS**

Después de tener todos los parámetros configurados, presione el botón **RUN**, para ejecutar el algoritmo.



Asegurarse que las bandas correspondan a lo solicitado

Una vez ejecutado, el programa mostrará la siguiente ventana que informa la culminación del proceso.

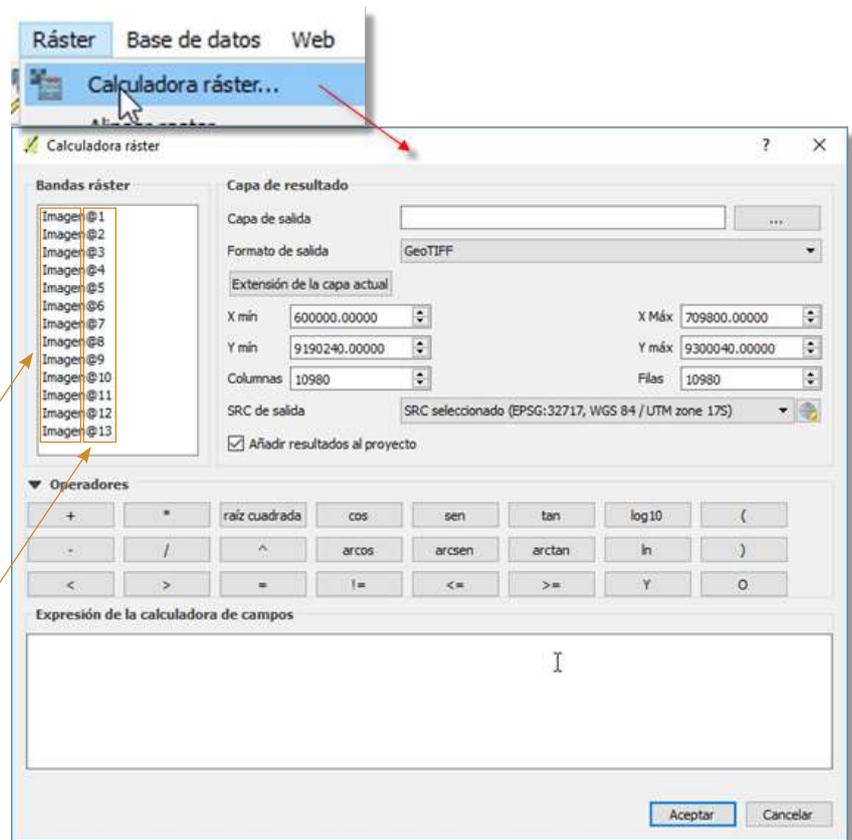


Cálculo de SAVI usando QGIS

Para el cálculo del SAVI, con el programa **QGIS**, se deberá usar la opción **RASTER** ▶ **Calculadora Raster**; el programa mostrará la siguiente ventana.

Número de las Bandas que conforman la imagen

Nombre de la imagen



En la **EXPRESIÓN DE LA CALCULADORA DE CAMPOS**, se debe escribir la siguiente expresión.

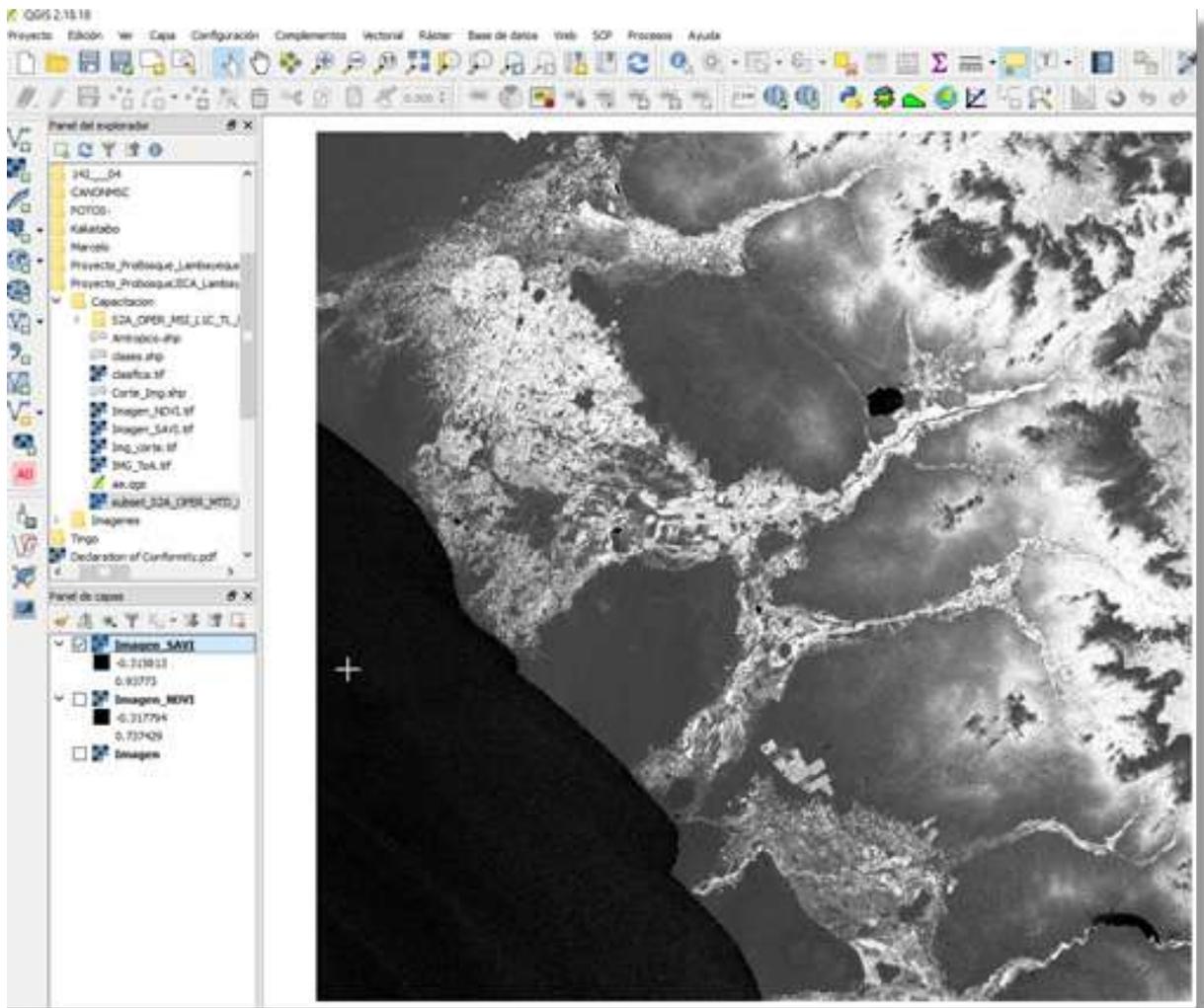
Expresión de la calculadora de campos

```
(1+0.5)*(( "Imagen@8" - "Imagen@4" ) / ( "Imagen@8" + "Imagen@4" + 0.5 ) )
```

En el campo **CAPA DE SALIDA**, coloque el nombre de la imagen de salida.



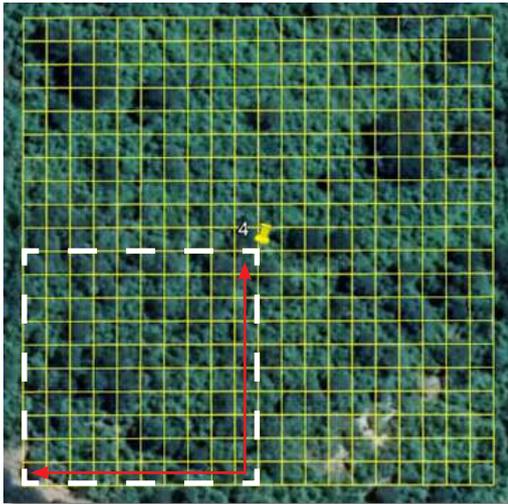
Al presionar el botón **ACEPTAR** el programa ejecutará la fórmula del **ÍNDICE** y mostrará el resultado en la vista general del programa.



12. DEFINICIÓN DE BOSQUE SECO

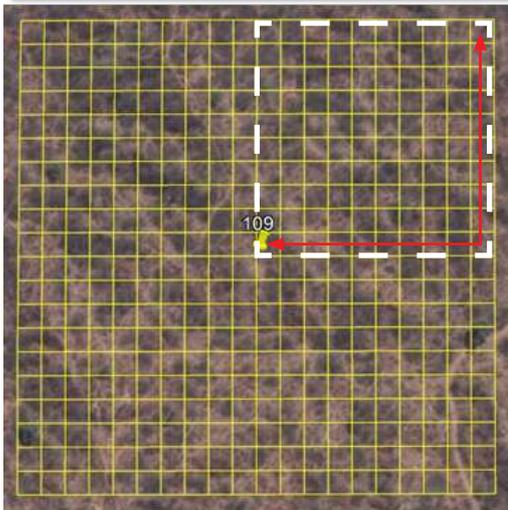
Después de las reuniones de coordinación con las diversas instituciones, así como con los diversos especialistas, se llegó a una definición consensuada de **Bosque Seco**.

“Ecosistema conformado por árboles en asociación con arbustos, matorrales, cactáceas y herbazales efímeros, donde en 1 hectárea, los árboles presentan una cobertura de copa igual o mayor al 10%, y una altura igual o superior a 2m”.



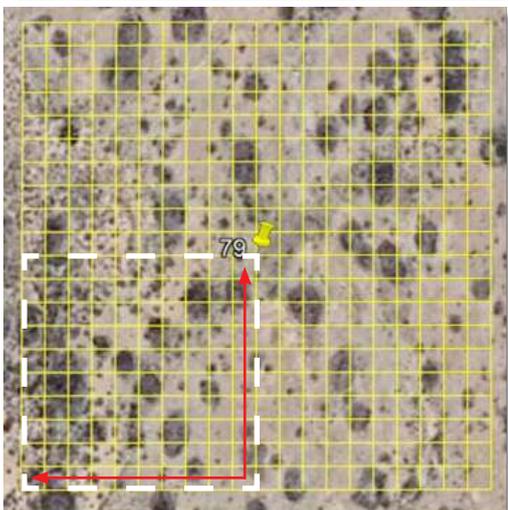
BOSQUE SECO DENSO

En 1ha que representa 10 x 10 cuadrados de 10 x 10 metros cada cuadrado. Las copas de los árboles deben cubrir como mínimo 10 cuadrados para que sea considerado un **Bosque Seco**.



BOSQUE SECO RALO

En 1ha que representa 10 x 10 cuadrados de 10 x 10 metros cada cuadrado. Las copas de los árboles deben cubrir como mínimo 10 cuadrados para que sea considerado un **Bosque Seco**.



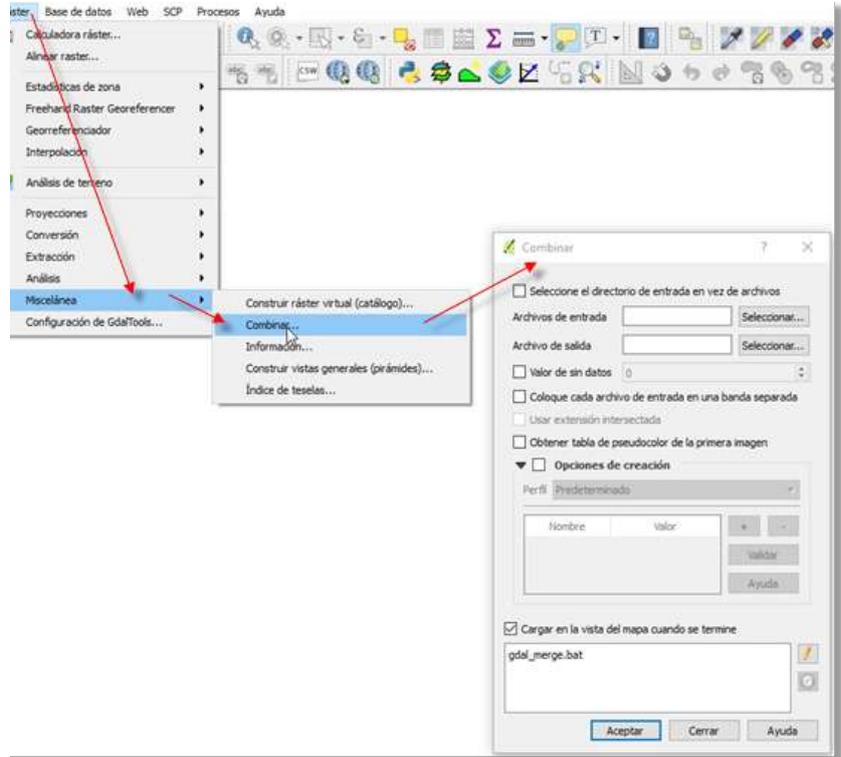
BOSQUE SECO MUY RALO

En 1ha que representa 10 x 10 cuadrados de 10 x 10 metros cada cuadrado. Las copas de los árboles deben cubrir como mínimo 10 cuadrados para que sea considerado un **Bosque Seco**.

13. UNIÓN DE ÍNDICES A LA IMAGEN MULTIESPECTRAL

Para mejorar la interpretación de los diferentes componentes del paisaje, se realizará una combinación de los índices **NDVI y SAVI** a la imagen multispectral.

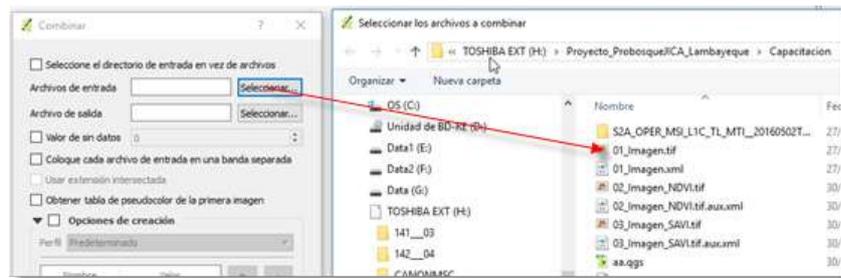
Para realizar esta combinación, se utilizará el programa **QGIS** y la opción **RASTER ► MICELANEA ► COMBINAR**. Una vez seleccionada la opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



Hay que tener en cuenta el orden de las imágenes, se recomienda el siguiente:

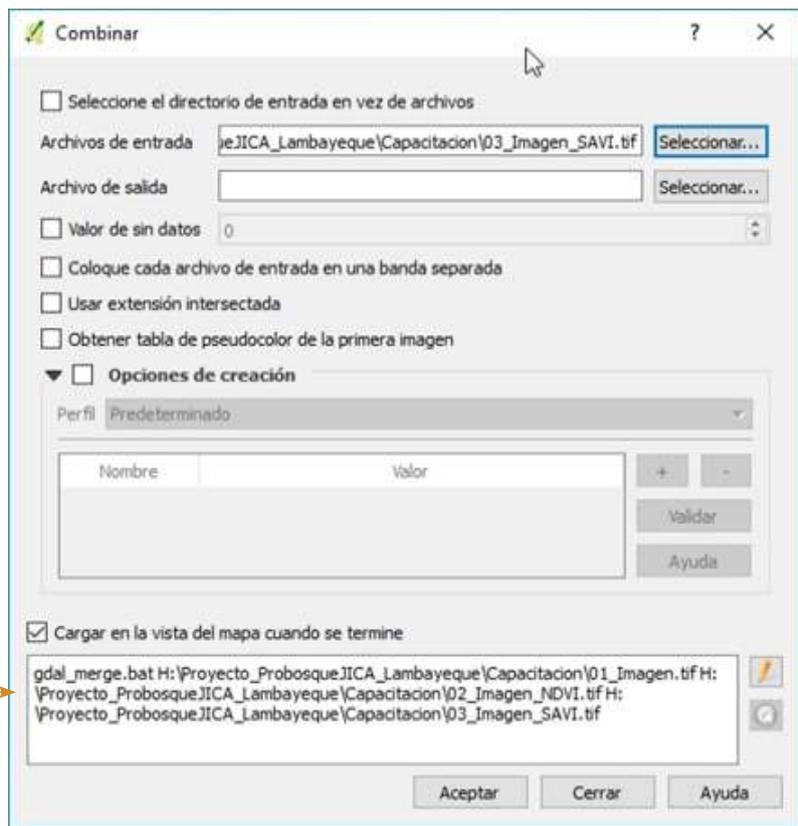
- Imagen Multiespectral
- Imagen NDVI
- Imagen SAVI

Se debe seleccionar los archivos que se van a combinar.



Una vez seleccionados los archivos **EN EL ORDEN RECOMENDADO y/o ESTABLECIDO POR EL USUARIO**, el programa mostrará la siguiente ventana donde se debe verificar el orden de las imágenes.

ORDEN de las imágenes a ser unidas

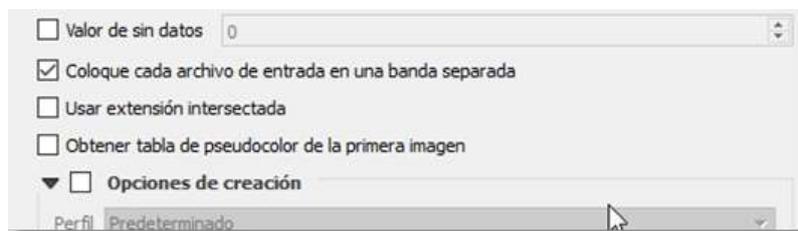


NOTA: Las imágenes se ordenarán en FORMA ALFABÉTICA, por ende, hay que asegurarse que la imagen y los índices tengan el ORDEN adecuado.

En el campo **ARCHIVO DE SALIDA**, debe introducir el nombre de la imagen combinada.



Debe marcar la opción **COLOQUE CADA ARCHIVO DE ENTRADA EN UNA BANDA SEPARADA**. Deje el resto de las opciones por **DEFAULT**.



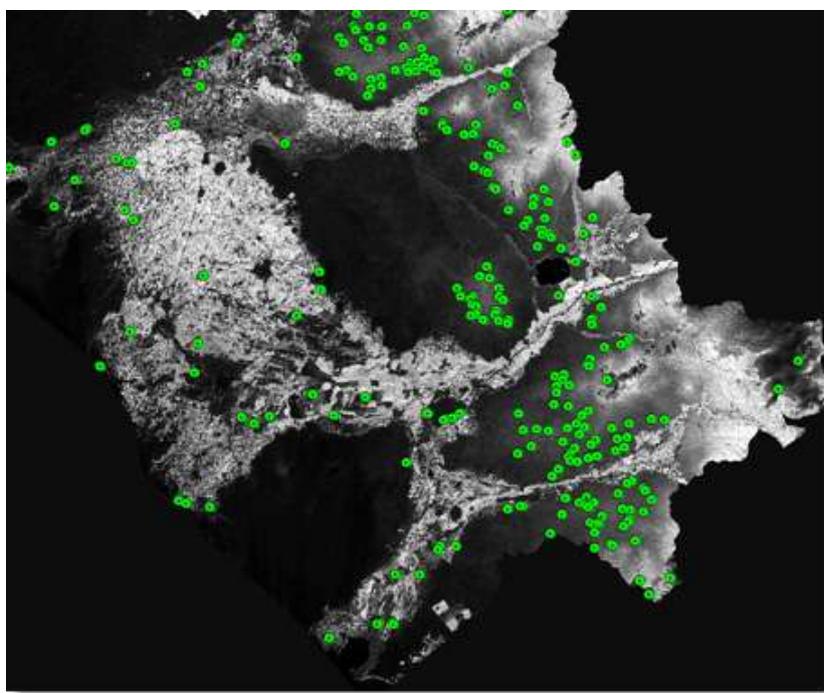
Al presionar el botón **ACEPTAR**, el programa empezará a unir la imagen y los índices en una sola imagen multiespectral.

14. IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS DEL BOSQUE SECO

I. La identificación de los puntos de muestreo o también llamados puntos de control (ROIs), se seleccionaron en base a la identificación de las posible distribución del bosque seco. Una vez identificadas, se tomaron puntos sobre dichas ubicaciones, las cuales presentaron las siguientes características:

- El área donde se ubica el punto, debe tener como mínimo 50m x 50m, es decir 25 píxeles como mínimo, que representa 0.25 ha.
- El polígono identificado debe ser lo más representativo posible.
- El punto seleccionado debe estar (en lo posible) al centro del polígono identificado.
- Tomar como mínimo 50 puntos por tipo de fisiografía (montañas, colinas, lomadas, llanuras) o formación vegetal.

Estos puntos de control fueron seleccionados en forma aleatoria.



14.1. DETERMINACIÓN DE UMBRALES

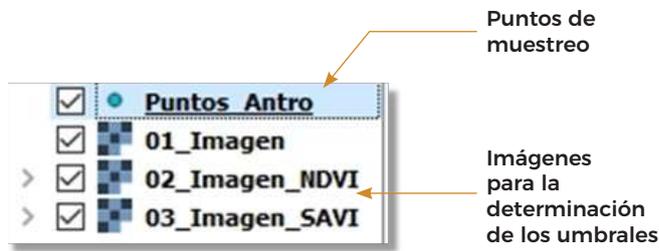
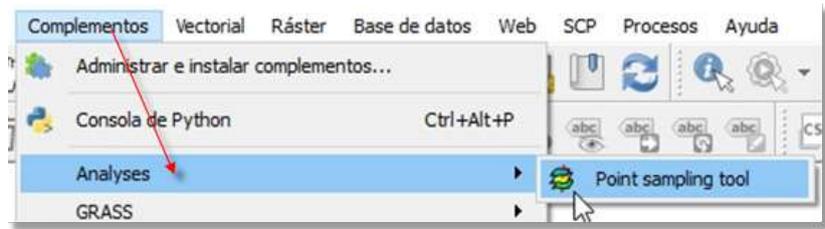
Para la determinación de los Bosques Estacionalmente Secos, se deben determinar los umbrales o los rangos de los valores de la imagen multispectral, así como de los raster de los diferentes índices de las diferentes formaciones vegetales. Se puede emplear los siguientes complementos:

14.1.1. Complemento: Point Sampling Tools

Para emplear este complemento, se deberá tener un shapefile de puntos de la formación vegetal de la que se desea obtener sus umbrales. En otras palabras, se tendrá tantos shapefile de puntos como formaciones vegetales se desea identificar.

Los puntos deben ser representativos de la formación vegetal que se desea obtener los umbrales.

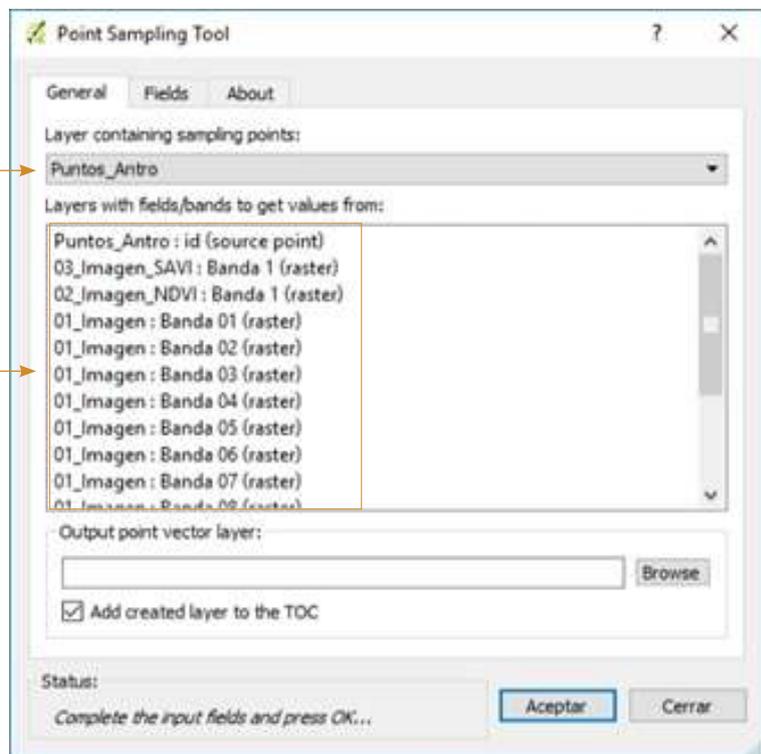
Una vez obtenido el **shapefile** de puntos, se debe interceptar (el **shapefile** de puntos) con los raster de los diversos índices, así como con la imagen multispectral, empleando el complemento **POINT SAMPLING TOOL**, del programa **QGIS**.



Una vez seleccionado el complemento **POINT SAMPLING TOOL**, el programa mostrará la siguiente ventana.

Puntos de muestreo

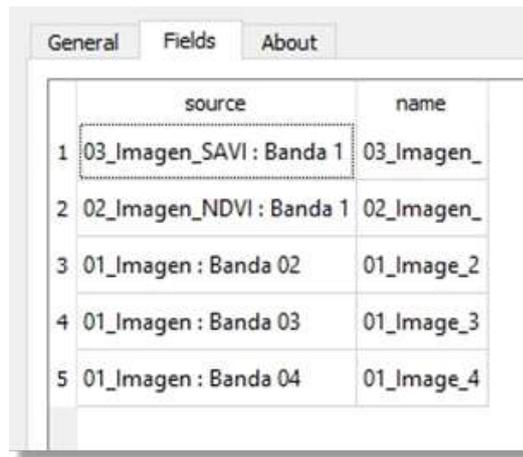
Imágenes y bandas para la determinación de los umbrales



En la opción **LAYER WITH FIELDS/BANDS TO GET VALUES FROM**, seleccionar el **shapefile** de puntos de muestreo y las imágenes y/o bandas de las **cueles** se quiere obtener los valores para la determinación de los umbrales.



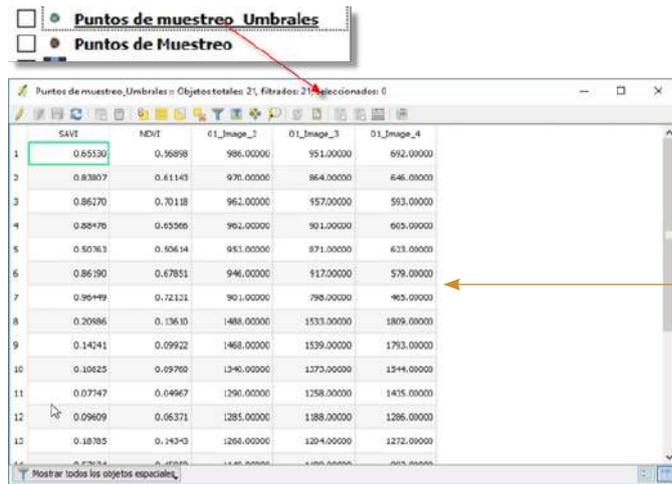
En la lengüeta **FIELDS**, se muestra las bandas y el nombre del campo asociado a la banda que se generará con los datos obtenidos.



En la opción **OUTPUT POINT VECTOR LAYER**, coloque el nombre de salida del **SHAPEFILE** con los datos obtenidos.

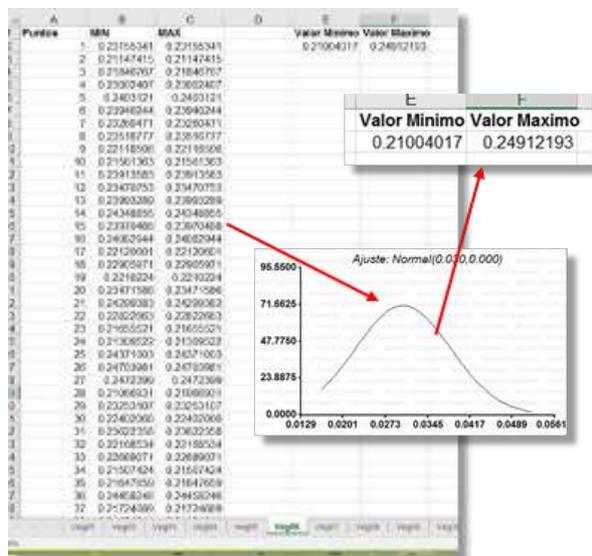


Al presionar el botón **ACEPTAR**, el programa obtiene los valores de cada uno de los puntos y generará un nuevo **SHAPEFILE**.



Valores de los puntos de muestreo para la obtención de umbrales

Con los valores que se obtendrán, se obtiene las estadísticas de todos los puntos de muestreo por formación vegetal.



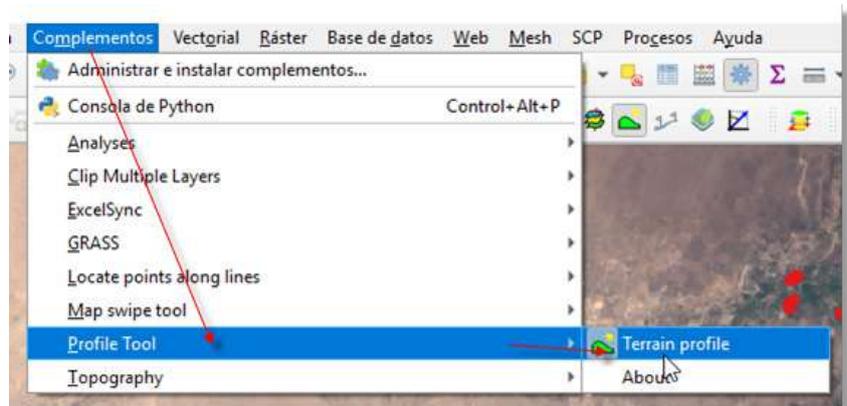
14.1.2. Complemento: terrain profile

Para emplear este complemento, se recomienda tener un **shapefile** de líneas que sean representativas de cada una de las formaciones vegetales de las que se desea obtener sus umbrales. En otras palabras, se tendrá tantos **shapefile** de líneas como formaciones vegetales se desea identificar.

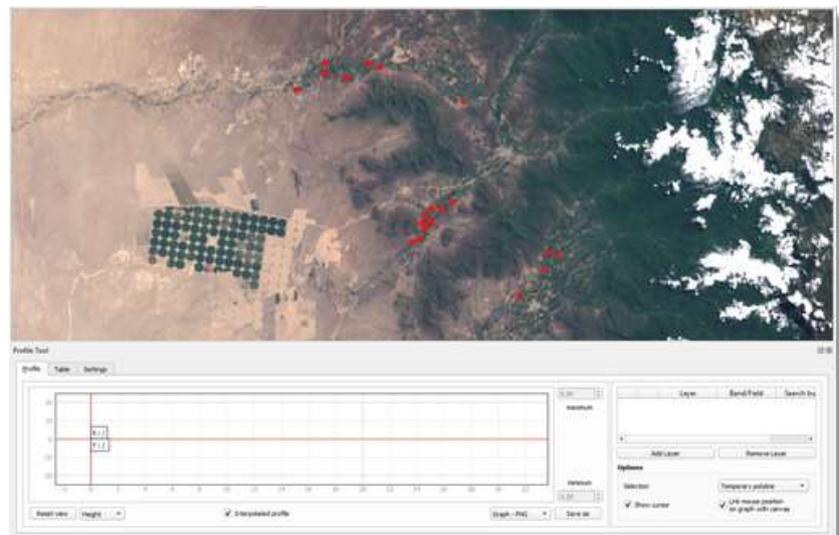


También se puede utilizar la opción de **TEMPORARY POLYLINE** como alternativa al **shapefile** de líneas.

Para emplear este complemento, se deberá emplear la opción **COMPLEMENTOS > PROFILE TOOL > TERRAIN PROFILE**



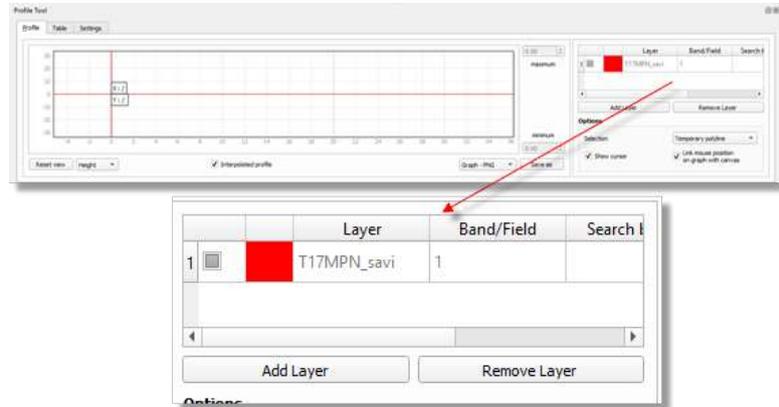
Una vez seleccionada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



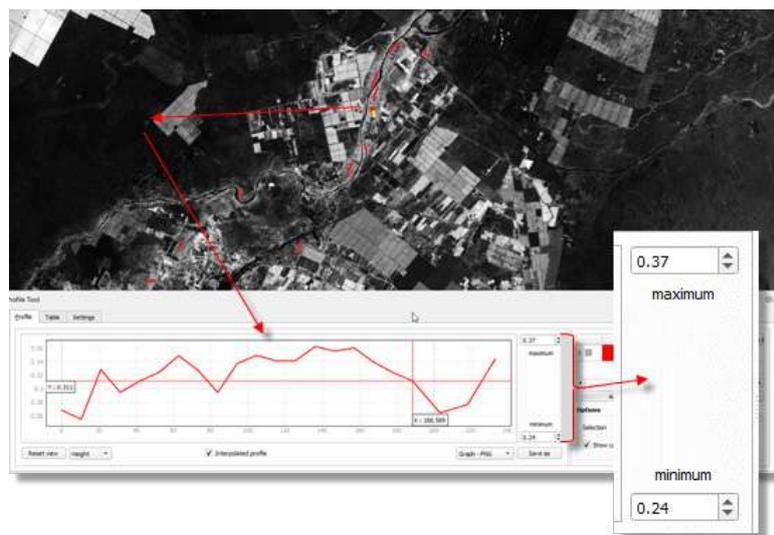
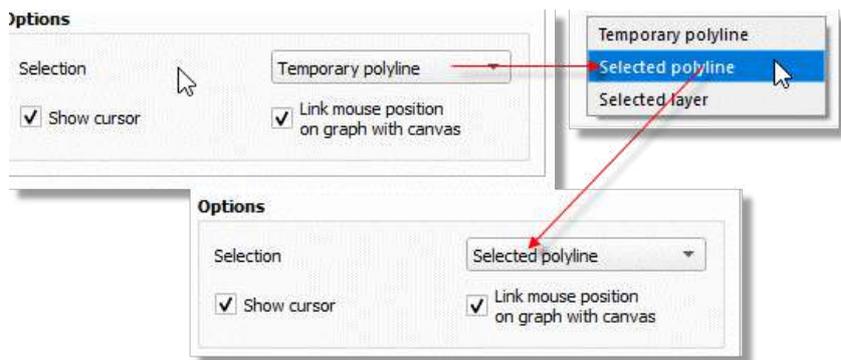
Seleccione el raster del índice que desea obtener los valores máximos y mínimos (**Umbral**) y presione el botón **ADD LAYER**.



Una vez presionado el botón **ADD LAYER**, el programa mostrará la siguiente ventana.



Seleccione la opción **SELECTED POLYLINE**. Seleccionando la capa raster, seleccione una polilínea (POLYLINE) y el complemento mostrará la curva y los valores **máximos y mínimos** del valor del índice seleccionado (con el botón **ADD LAYER**).



Los valores máximos y mínimos son 0.37 y 0.24, esto quiere decir que el umbral para esa polilínea es de 0.24 a 0.37. Repetir la misma operación para todas las polilíneas del **shapefile** y determinar el umbral de la formación. Repetir el mismo procedimiento para todas las formaciones vegetales.

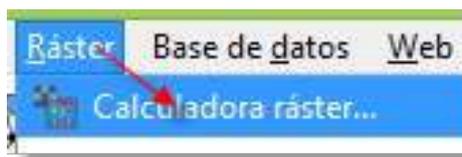
15. DETERMINACIÓN DE LAS FORMACIONES VEGETALES

Para la determinación de las diversas formaciones vegetales, se empleará una clasificación en base a **DECISION TREE**.

NOTA: Para usar **DECISION TREE** debe tener los rangos de cada uno de las diversas formaciones vegetales.

15.1. SINTÁXIS DE LA ESCRITURA DE DECISION TREE: Calculadora raster del QGIS

La sintáxis de la fórmula para la escritura de **DECISION TREE**, empleando la opción **RASTER** ► **CALCULADORA RASTER** del programa **QGIS** es:

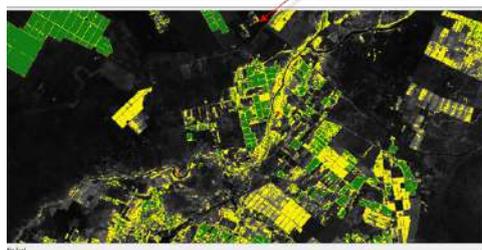
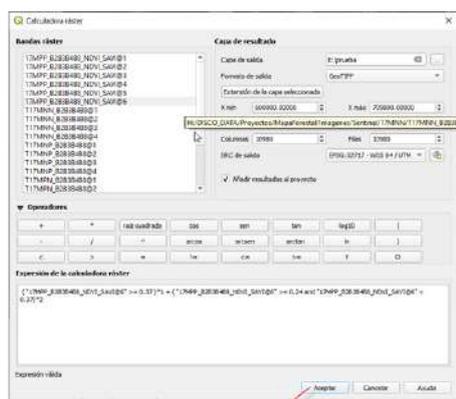


(“nombre del raster” >= “valor1” and “nombre del raster” < valor2)* n

Valor1	Valor mínimo del raster
Valor2	Valor máximo del raster
n	Valor numérico que se le asigna al raster resultante de la clasificación

Si desea obtener varias formaciones en una misma clasificación usando **DECISION TREE**, adicione otra secuencia de comandos antecedida por el signo **(+)**

**(“nombre del raster” >= “valor1” and “nombre del raster” < valor2)* n
+ (“nombre del raster” >= ...)**

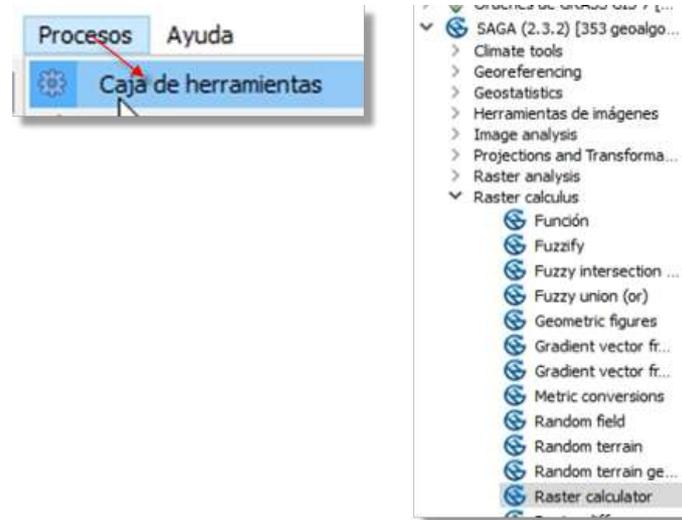


1: Formación Tipo 01
2: Formación tipo 02

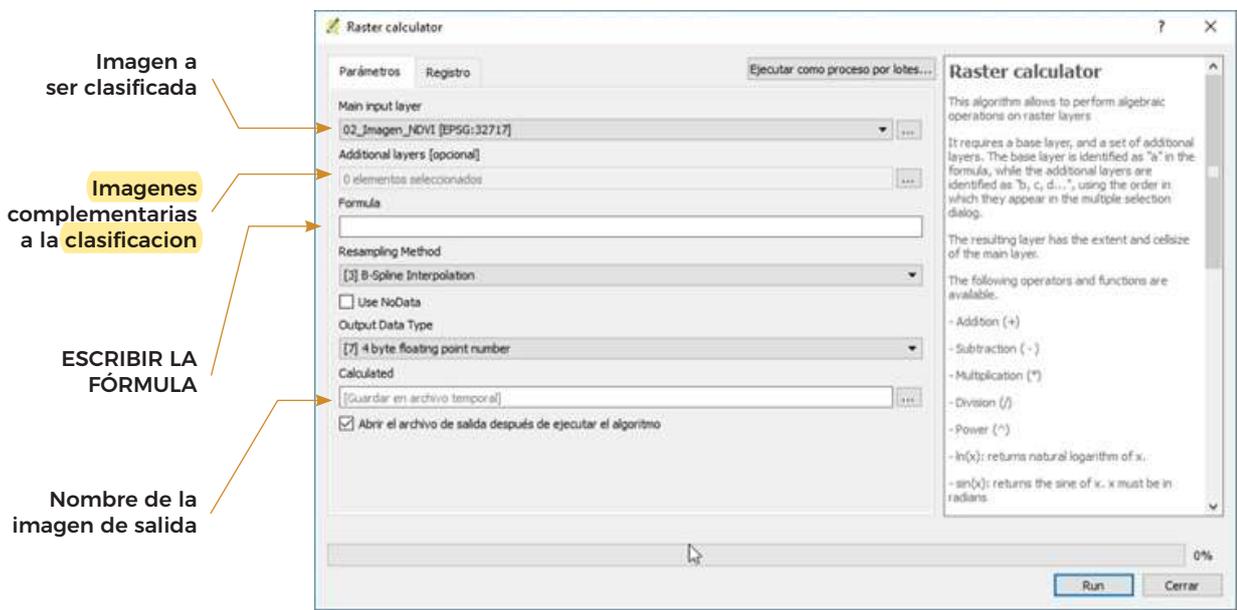
15.2. SINTÁXIS DE LA ESCRITURA DE DECISION TREE

La sintáxis de la fórmula para la escritura de **DECISION TREE**, empleando la opción **PROCESOS** > **CAJA DE HERRAMIENTAS** > **SAGA** > **RASTER CALCULUS** > **RASTER CALCULATOR** es:

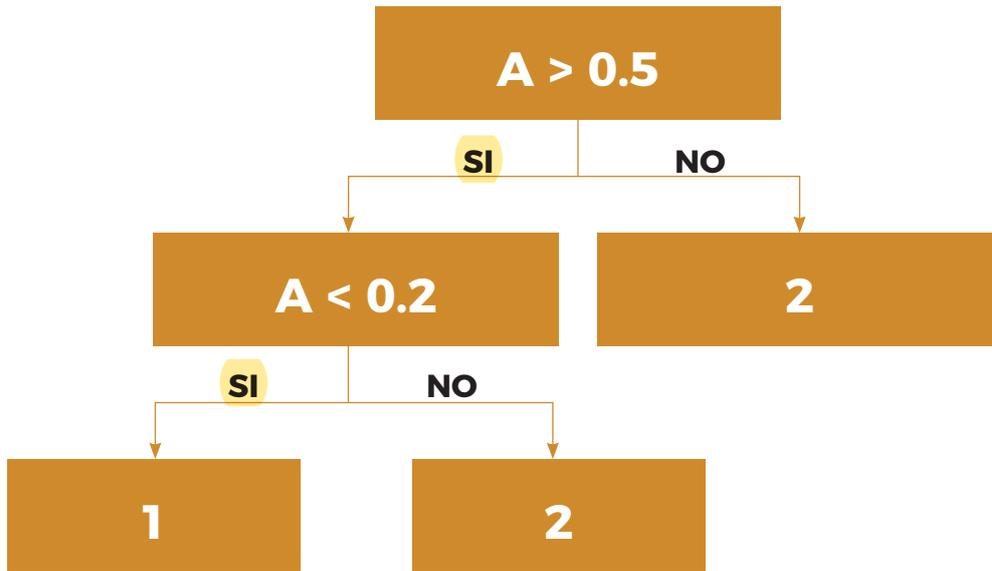
IFELSE (Condición, Valor Verdadero, Valor Falso)



Una vez seleccionada la opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



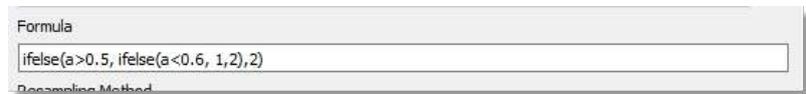
Ejemplo: Se desea clasificar una imagen cuyos valores de los píxeles están entre 0.5 y 0.6. El resultado de la clasificación tendrá valor 1 y el resto valor 2.



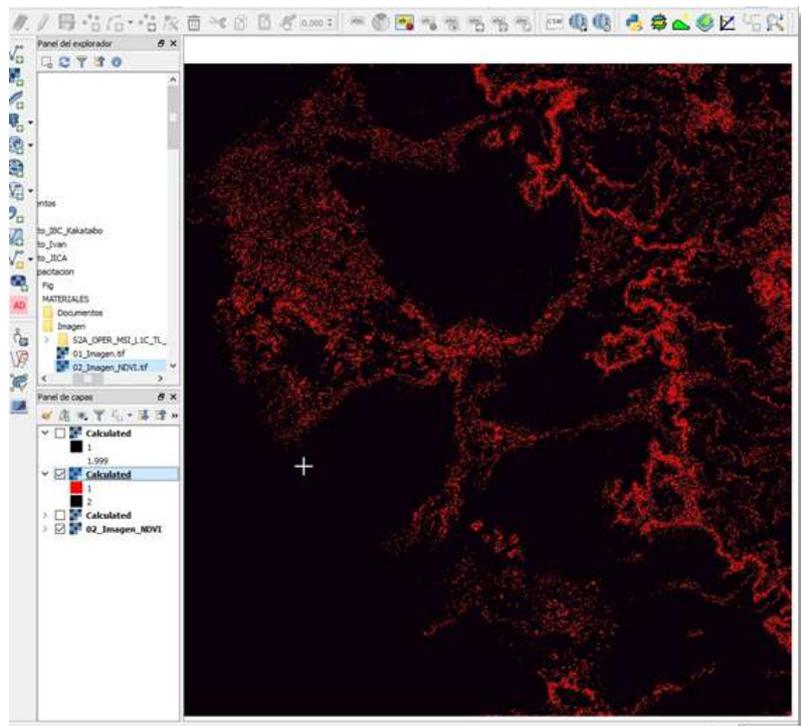
La fórmula sería:

ifelse(a>0.5, ifelse(a<0.6, 1,2), 2)

Escriba la **formula** en la opción FORMULA.



Presione el **BOTÓN RUN** y el programa ejecutará la fórmula de **DECISIÓN TREE**.



Para ayudar en la elaboración del árbol de decisión, se puede emplear las siguientes **formulas**, que están basadas en la sintaxis de la clasificación de árbol de decisión.

CONSIDERACIONES GENERALES

- Cambiar la palabra "valor", por el valor numérico de la condición.
- Las condiciones tienen que ponerse de mayor a menor.
- Para valores negativos, el valor número debe estar **entre ()**.

1 condición

```
ifelse(a>valor,1,2)
```

2 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2,3))
```

3 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3,4)))
```

4 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3,ifelse(a>valor,4,5))))
```

5 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3, ifelse(a>valor,4, ifelse(a>valor,5,6))))))
```

6 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3, ifelse(a>valor,4, ifelse(a>valor,5, ifelse(a>valor,6,7))))))
```

7 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3, ifelse(a>valor,4, ifelse(a>valor,5, ifelse(a>valor,6, ifelse(a>valor,7,8))))))
```

8 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3, ifelse(a>valor,4, ifelse(a>valor,5, ifelse(a>valor,6, ifelse(a>valor,7, ifelse(a>valor,8,9))))))
```

9 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3, ifelse(a>valor,4, ifelse(a>valor,5, ifelse(a>valor,6, ifelse(a>valor,7, ifelse(a>valor,8, ifelse(a>valor,9,10))))))
```

10 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3, ifelse(a>valor,4, ifelse(a>valor,5, ifelse(a>valor,6, ifelse(a>valor,7, ifelse(a>valor,8, ifelse(a>valor,9, ifelse(a>valor,10,11))))))
```

11 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3, ifelse(a>valor,4, ifelse(a>valor,5, ifelse(a>valor,6, ifelse(a>valor,7, ifelse(a>valor,8, ifelse(a>valor,9, ifelse(a>valor,10, ifelse(a>valor,11,12))))))
```

12 condiciones

```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3, ifelse(a>valor,4, ifelse(a>valor,5, ifelse(a>valor,6, ifelse(a>valor,7, ifelse(a>valor,8, ifelse(a>valor,9, ifelse(a>valor,10, ifelse(a>valor,11, ifelse(a>valor,12,13))))))
```

13 condiciones

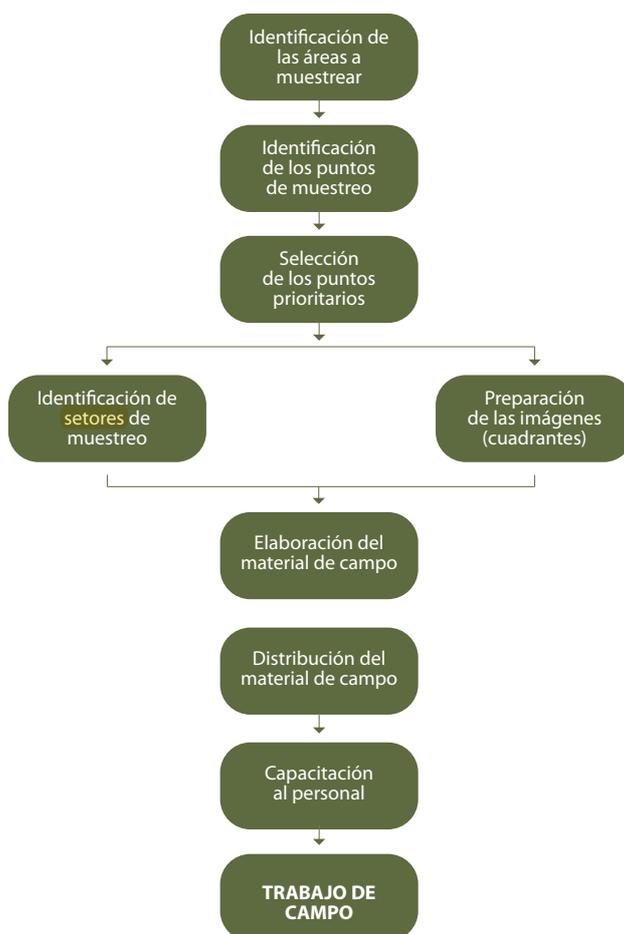
```
ifelse(a>valor,1, ifelse(a>valor,2, ifelse(a>valor,3, ifelse(a>valor,4, ifelse(a>valor,5, ifelse(a>valor,6, ifelse(a>valor,7, ifelse(a>valor,8, ifelse(a>valor,9, ifelse(a>valor,10, ifelse(a>valor,11, ifelse(a>valor,12, ifelse(a>valor,13,14))))))
```

El árbol de decisión se debe construir para cada una de las escenas del área de estudio, utilizando la variable altura (DEM) en aquellos lugares donde el tipo de vegetación solo se presenta en determinados pisos altitudinales. Una vez **obtenidos** las clasificaciones, se obtiene las diversas formaciones que conformarían el mapa fisonómico.

16. TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo tiene el objetivo de verificar los resultados de la clasificación de los Bosques Estacionalmente Secos y No Bosques Estacionalmente Secos.

La metodología para el trabajo de campo se puede ver en la siguiente figura que es parte de la secuencia metodológica general (ver página 27).



16.1. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE MUESTREO

La selección de las áreas de muestreo se basó en los siguientes criterios:

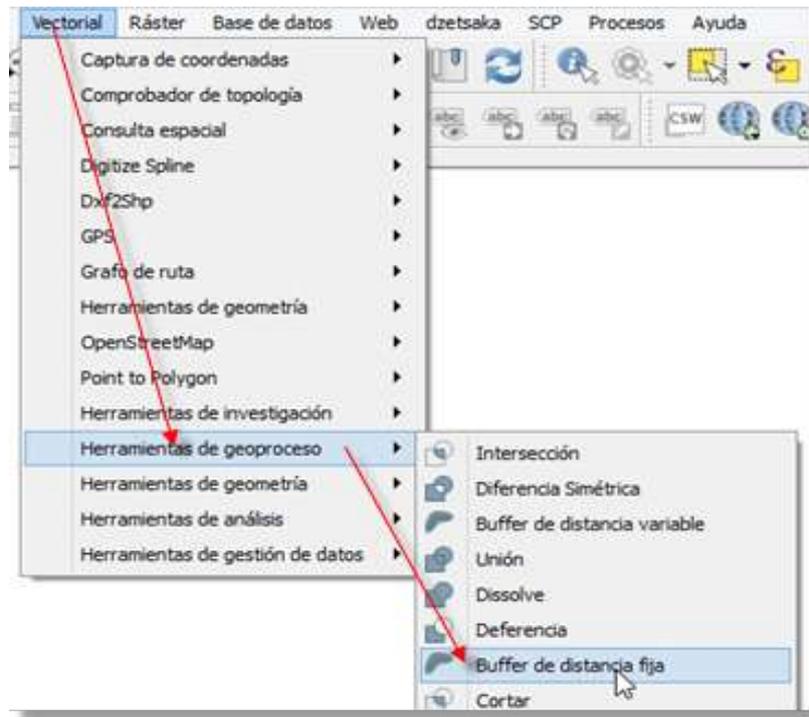
- Que sean representativas de las diversas formaciones vegetales.
- Que sean de fácil acceso.

Para cumplir con el segundo criterio de la selección de las áreas de muestreo, se utilizará la distribución de las vías terrestres (nacionales, departamentales y vecinales), proporcionadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y el GORE Lambayeque.

A las vías de comunicación terrestres se le adicionará un Buffer de 2,000 m a cada lado de la vía, el cual será el área potencial de muestreo.

Para realizar el buffer, se usará la opción **BUFFER DE DISTANCIA FIJA** del programa **QGIS**.

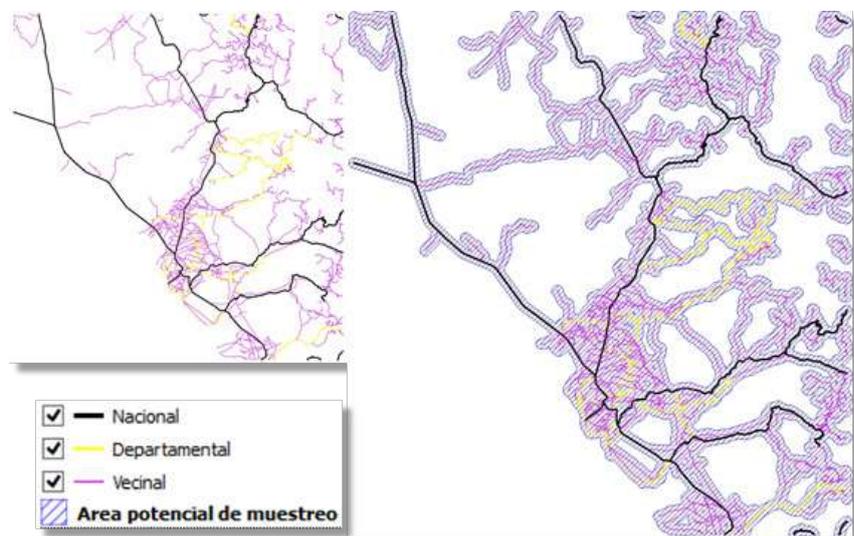
Seleccionar la opción
VECTORIAL ▶
HERRAMIENTAS DE
GEOPROCESO ▶ **BUFFER**
DE DISTANCIA FIJA.



Una vez seleccionada la opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



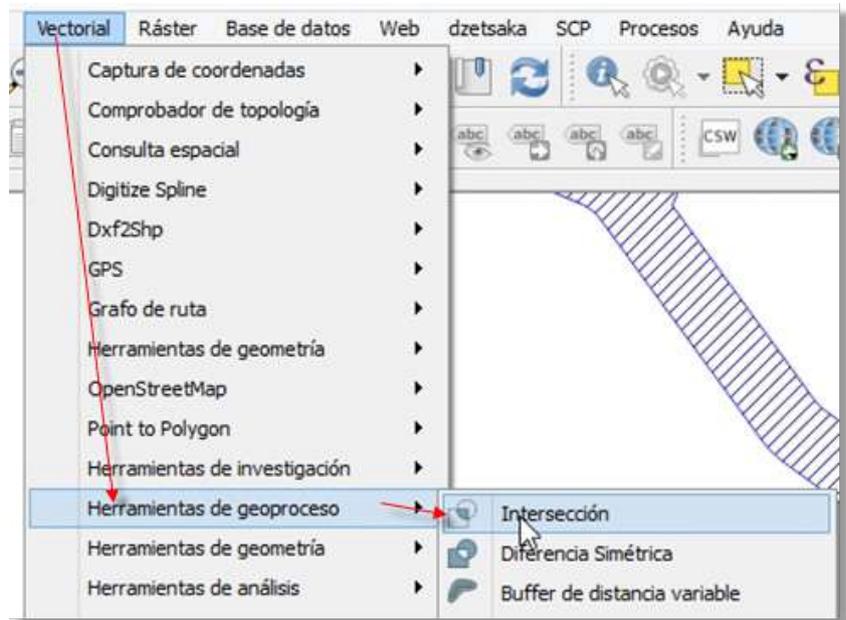
Al **presione** el botón **RUN**, el programa generará el **buffer** a las vías terrestres mostrando la siguiente ventana.



16.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Para determinar los puntos de muestreo, se interceptará el área potencial de muestreo con el resultado de la clasificación, para determinar los puntos de muestreo en base a las diversas formaciones vegetales.

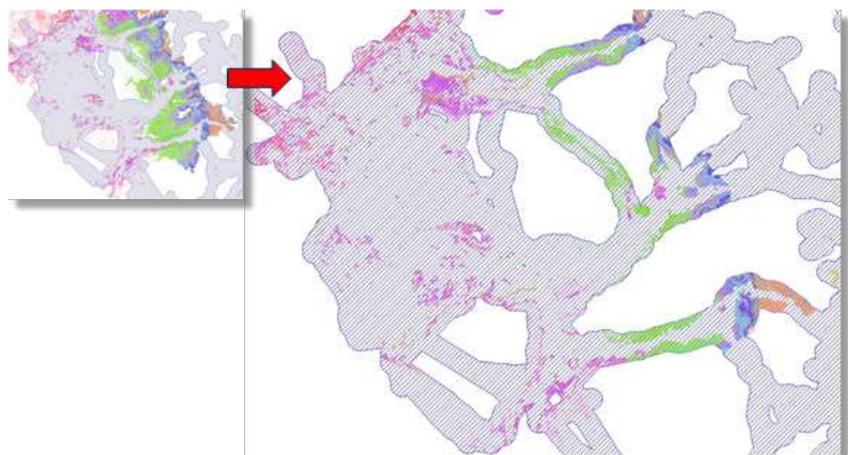
Para interceptar el área potencial de muestreo con el resultado de la clasificación, se empleará la opción **VECTORIAL** **▶ HERRAMIENTAS DE GEOPROCESO ▶ INTERSECCIÓN..**



Una vez seleccionada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



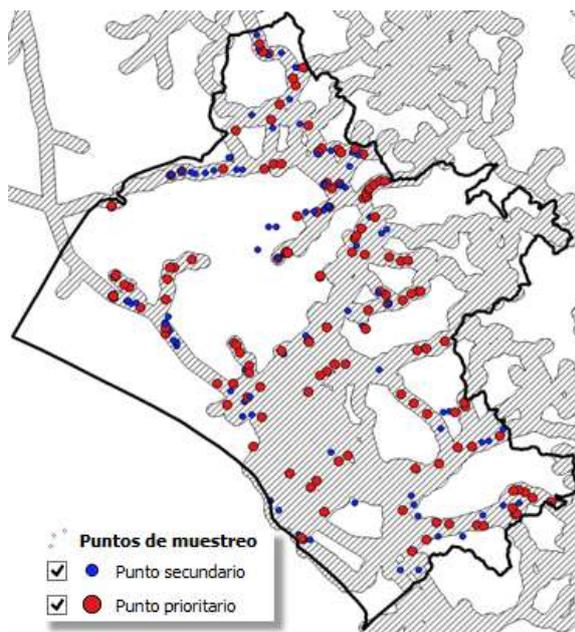
Al presione el botón **RUN**, el programa realizará la intersección de las dos capas mostrando el resultado como un **shapefile** independiente.



La ubicación de los puntos de muestreo debe seguir los siguientes criterios:

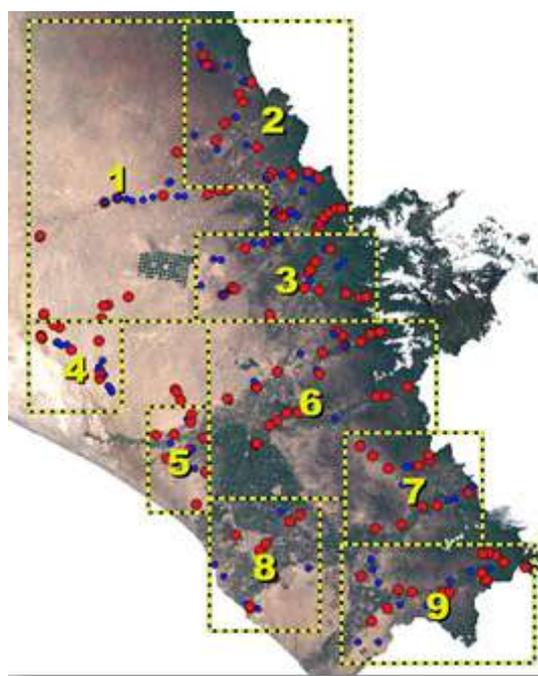
- El área donde se ubica el punto **deba** tener como mínimo 50m x 50m, o sea, 25 píxeles como mínimo.
- El polígono identificado (donde se ubicará el punto de muestreo), debe ser lo más representativo posible.
- Debe ser de fácil acceso.
- El punto debe estar (en lo posible) dentro del área potencial de muestreo.
- No debe estar en una propiedad privada.
- Si en el transcurso del trabajo de campo identifican alguna formación vegetal que merece ser muestreada, se tomará dicho punto como un punto alternativo.

Sobre el **shapefile** resultante, se ubican los puntos de muestreo (sobre cada una de las formaciones), siguiendo los criterios mencionados.



16.3. IDENTIFICACIÓN DE SECTORES DE MUESTREO

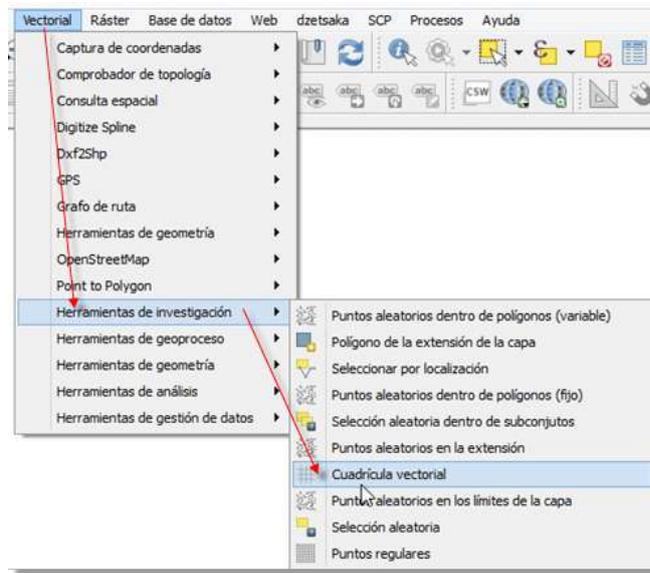
En base a la distribución y concentración de puntos de muestreo, a la localización de los principales centros poblados, así como a la logística, se identificarán los sectores de muestreo.



16.4. RECORTE DE LAS IMÁGENES (CUADRANTES)

Para facilitar el despliegue y visualización de las imágenes en las laptops y tablets, estas fueron cortadas en cuadrantes.

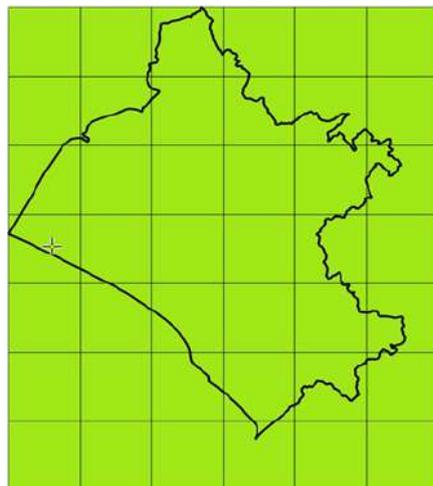
Para cortar las imágenes en cuadrantes, se elaborará una cuadrícula de 30 x 30 km utilizando la opción **VECTORIAL** **► HERRAMIENTA DE INVESTIGACIÓN** **► CUADRÍCULA VECTORIAL** del programa **QGIS**.



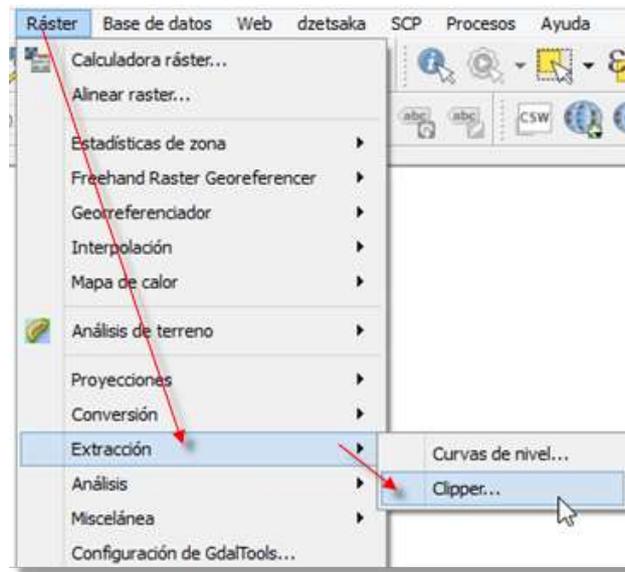
Una vez seleccionada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



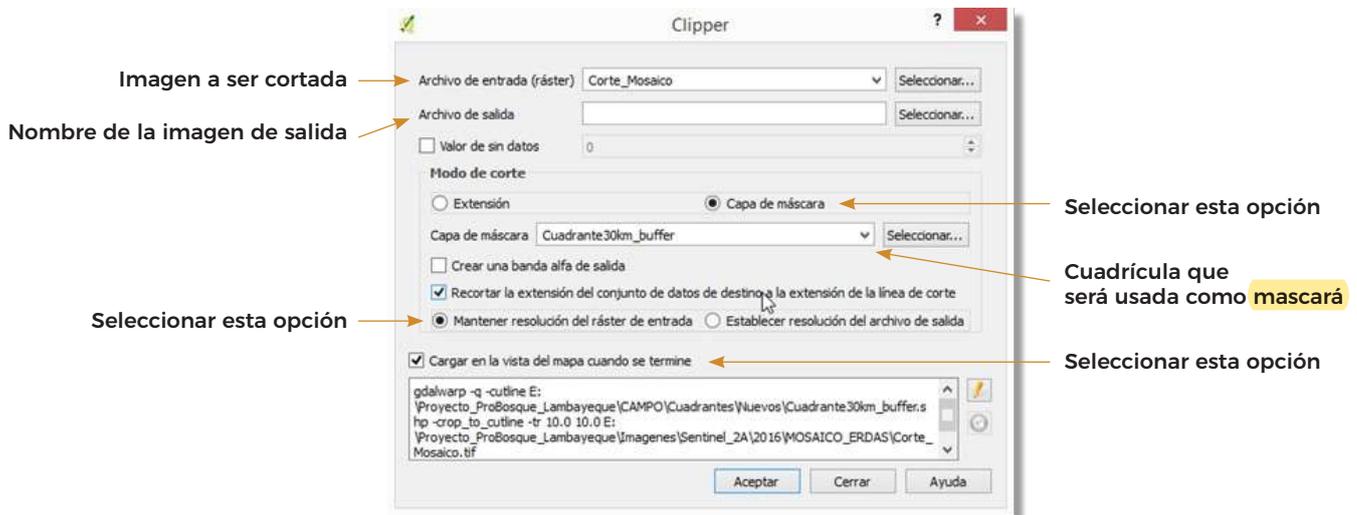
Al presione el **BOTÓN RUN**, el programa elaborará la cuadrícula de 30 x 30 km.



Para realizar el corte de las imágenes en función a los cuadrantes generados, se usará la opción **RASTER** > **EXTRACCIÓN** > **CLIPPER** (se realizará este procedimiento para cada cuadrante).

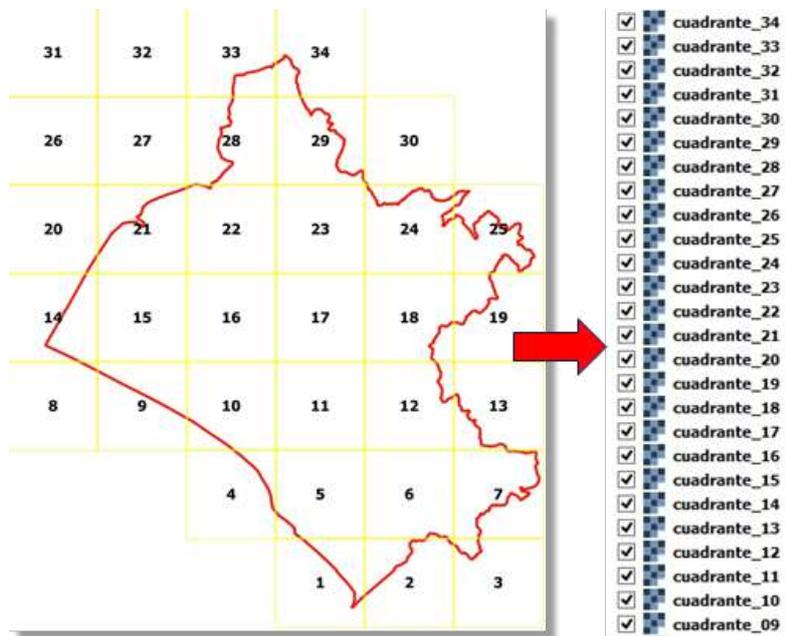


Una vez seleccionada esta opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



Después de presionar el botón **ACEPTAR**, el programa cortará la imagen en función al cuadrante seleccionado.

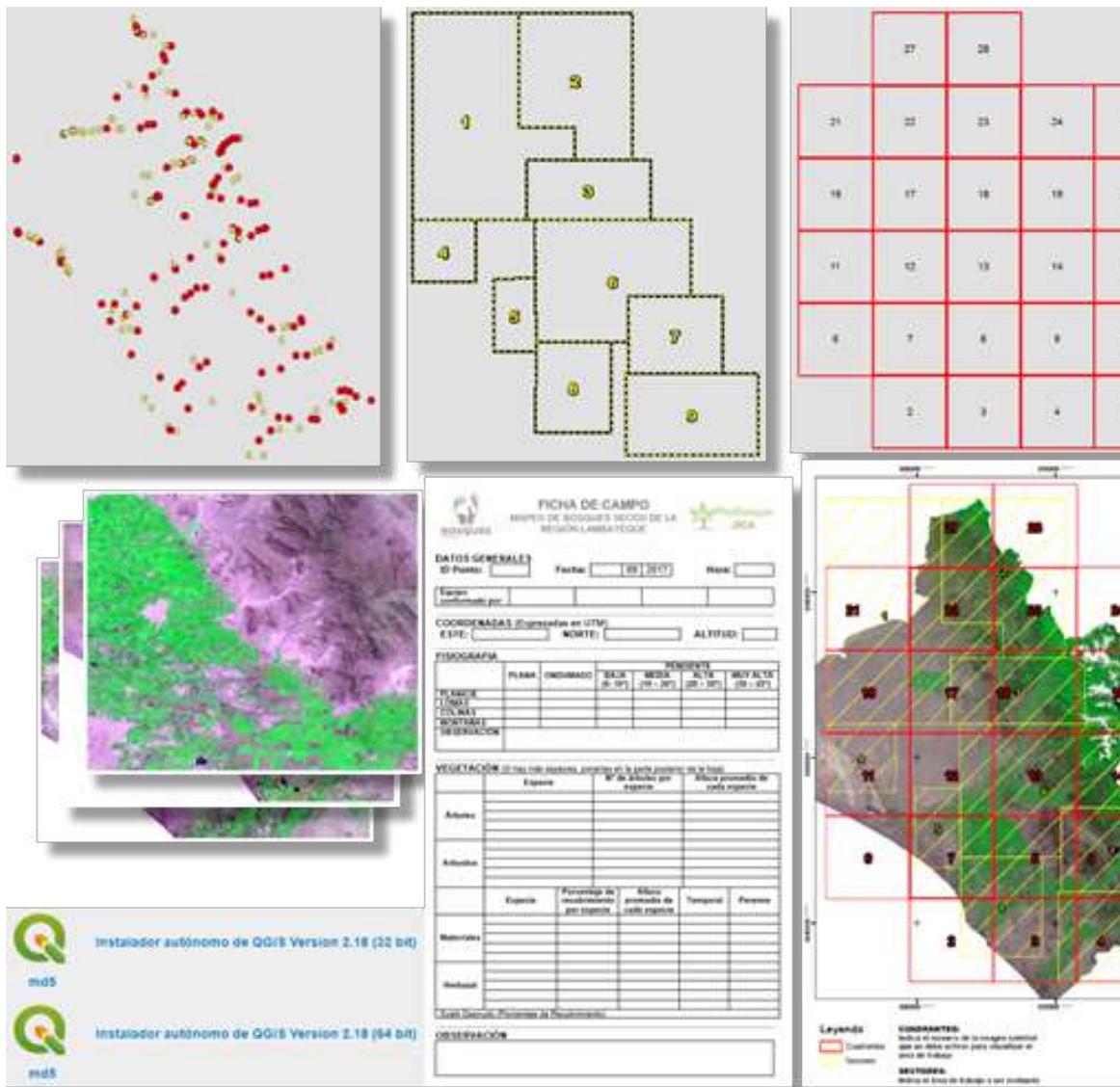
Al final de las operaciones, se tendrá tantas imágenes como cuadrantes obtenidos.



16.5. DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL DE CAMPO

El material de campo que se entregará a las diferentes brigadas será:

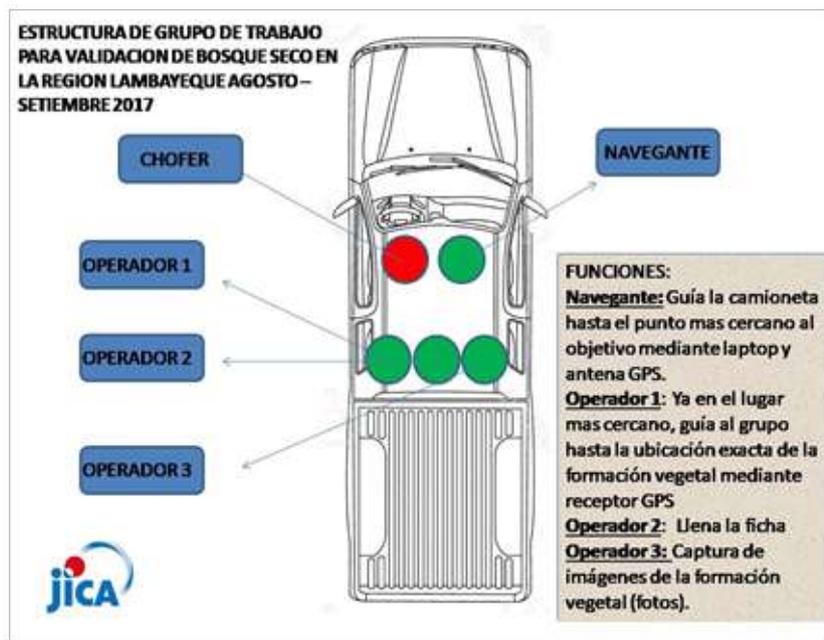
- Puntos de muestreo: **Shapefile** de los puntos a muestrear, indicando **que** puntos son los prioritarios y **cuales** los secundarios.
- Sectores: **Shapefile** de los sectores a muestrear.
- Cuadrantes: **Shapefile** de los cuadrantes de las imágenes satelitales.
- Imágenes satelitales: 34 imágenes satelitales con un área de 30 x 30 km.
- Ficha de campo: en la cual se recabará información sobre las coordenadas, altitud del punto muestreado, fisiografía y vegetación.
- Mapa IMG: que muestra la distribución de los sectores y cuadrantes sobre la imagen satelital.
- Instalador del programa Qgis.



16.6. CAPACITACIÓN DEL PERSONAL DE CAMPO

Se debe realizar una capacitación al personal de campo para uniformizar criterios en:

- Empleo y navegación hacia los puntos seleccionados.
- Criterios a ser tomados para el llenado de la ficha de campo.
- Ubicación de los participantes en la camioneta.



16.7. TRABAJO DE CAMPO

Para la verificación de la clasificación **y levantamiento** de la información de los puntos seleccionados, se debe considerar un polígono imaginario de 50m x 50m cuyo centroide sería la coordenada del punto a verificar.

Una vez que se ubique el punto y delimitado imaginariamente el polígono, se debe llenar las fichas de campo y tomar fotografías del área evaluada.

17. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La sistematización de la información, consistirá en ordenar, agrupar o clasificar las fichas de campo, material fotográfico y conocimientos adquiridos en el trabajo de campo.

17.1. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO: Ficha de campo

La información recolectada en campo debe ser sistematizada en un archivo u hoja de cálculo, ya que existe la posibilidad que los GOREs no cuenten con un manejador de base de datos.

En base a la ficha de campo, se deben elaborar cuatro (4) hojas relacionadas por el ID del punto de muestreo.

ID	000077	924429	J00
76	663143	9292098	221

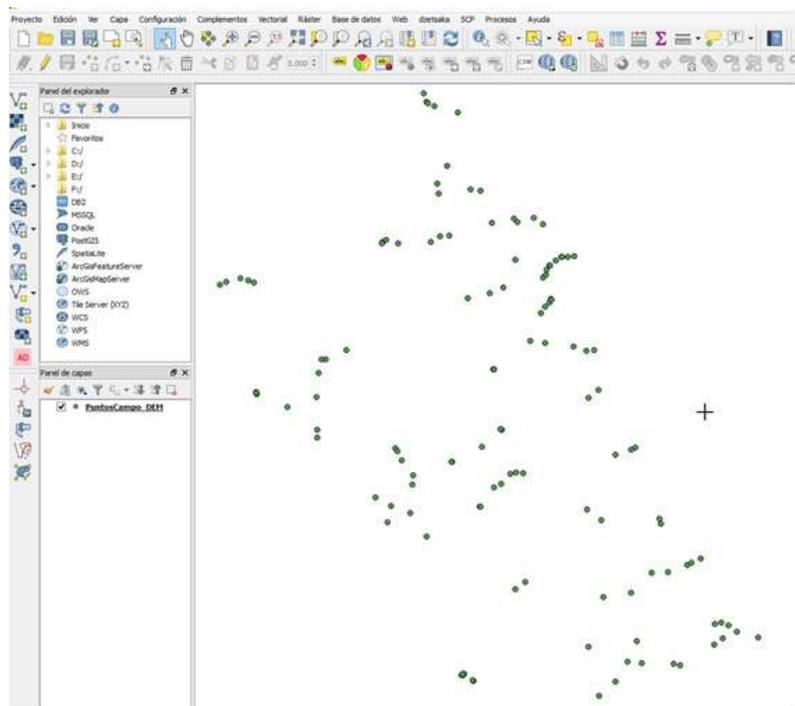
OBJETO	TIPO	RELEV	PENDIENTE	OBSERVACION
3	Lomas	Plana	Medio (10° - 20°)	
4	Planicie	Plana	Baja (0° - 10°)	
7	Planicie	Ondulado	Baja (0° - 10°)	
8	Lomas	Plana	Medio (10° - 20°)	
11	Lomas	Plana	Medio (10° - 20°)	
12	Lomas	Plana	Medio (10° - 20°)	
13	Lomas	Plana	Baja (0° - 10°)	
14	Colinas	Plana	Alta (20° - 30°)	
15	Lomas	Ondulado	Alta (20° - 30°)	
16	Lomas	Ondulado	Alta (20° - 30°)	
17	Lomas	Ondulado	Alta (20° - 30°)	
20	Planicie	Plana	Baja (0° - 10°)	
21	Planicie	Plana	Baja (0° - 10°)	

OBJETO	VEGETACIÓN	ESPECIE	N° de árboles por especie	Porcentaje de recubrimiento por especie	Altura promedio de cada especie	Escasez	Observaciones
3	Arbol	Algarrobo	79			4	
3	Arbol	Sapote	48		77		
3	Arbolito	Gichallo	77				
3	Herbacea	Jalisco		20			
4	Arbol	Pino Verde	70			3	
4	Arbol	Sapote	19				
4	Herbacea	??					
7	Arbol	Palo Verde	10		30		3
7	Arbol	Algarrobo	11				3
7	Arbol	Sapote	77		77		
7	Arbolito	Oromo	77		77		
7	Arbolito	Chichalo	77		77		
7	Herbacea	??		80	77		

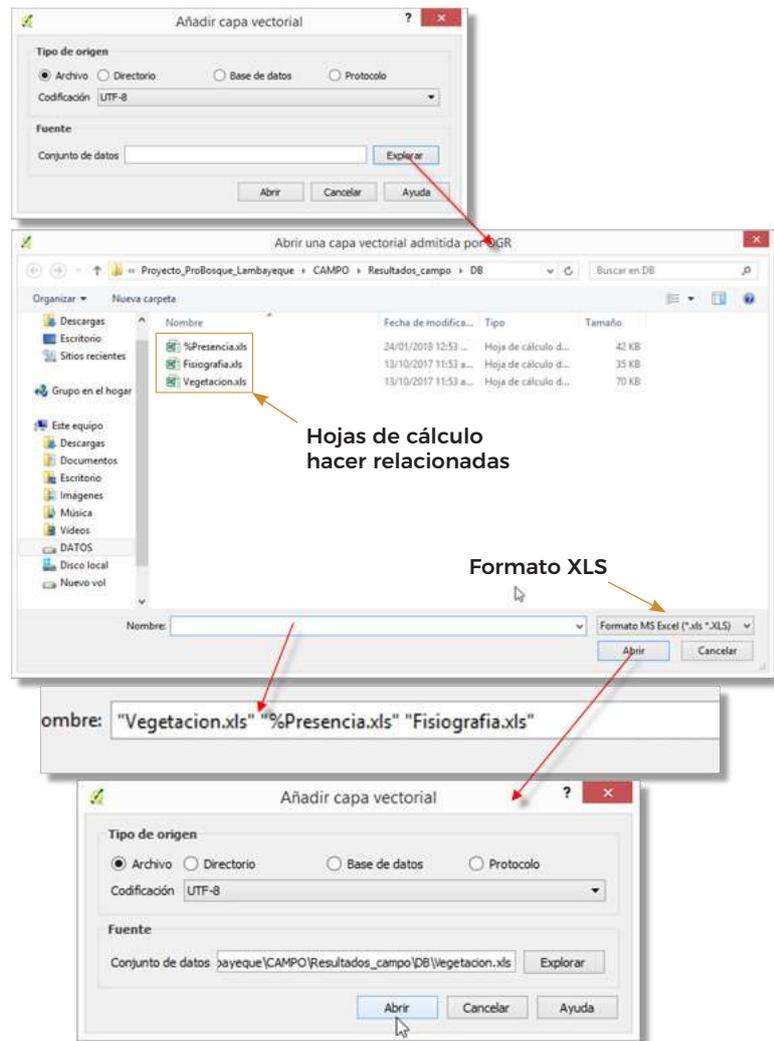
Objeto	Área	Árboles	Cactáceas	Herbáceas	Matorral	Total general		
3	118	100.00	0	0.00	0.00	0.00	118	
4	80	100.00	0	0.00	0.00	0.00	80	
7	20	100.00	0	0.00	0.00	0.00	20	
8	30	100.00	0	0.00	0.00	0.00	30	
11	10	0.00	0	0.00	20	100.00	0.00	20
12	42	30.33	80	60.67	0.00	0.00	0.00	120
13	80	60.00	20	20.00	0.00	0.00	0.00	100
14	15	14.29	90	85.71	0.00	0.00	0.00	105

La información recolectada en campo y sistematizada en las 4 hojas (relacionadas por el ID del punto de muestreo), deben ser geoposicionadas usando el complemento **SELECT BY RELATIONSHIP** del programa **QGIS**. Con este complemento se podrá hacer búsquedas en cualquier campo de las 4 hojas relacionadas.

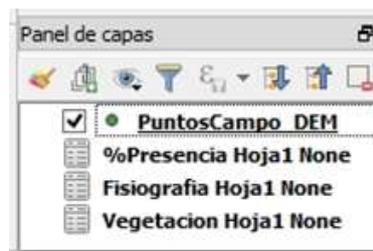
Para usar el complemento **SELECT BY RELATIONSHIP**, se debe tener el **shapefile** de puntos desplegado en el **QGIS**.



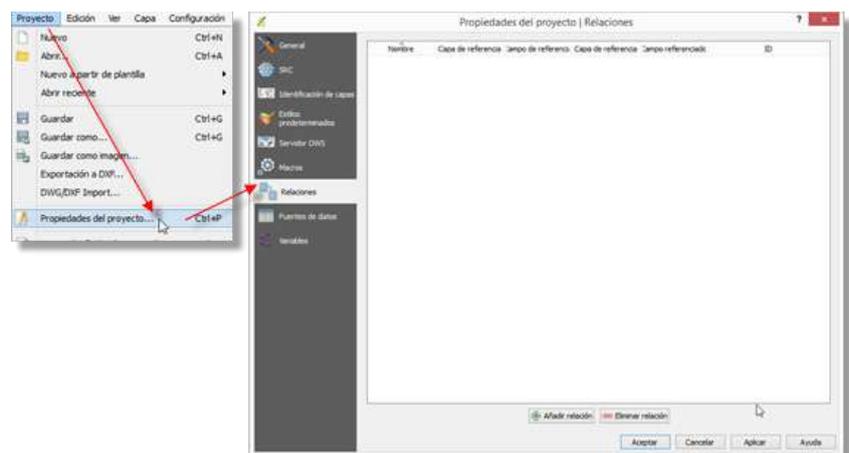
Una vez desplegado el **shapefile** de puntos, se debe adicionar al panel de capas las hojas de cálculo que se desean relacionar con el **shapefile** de puntos.



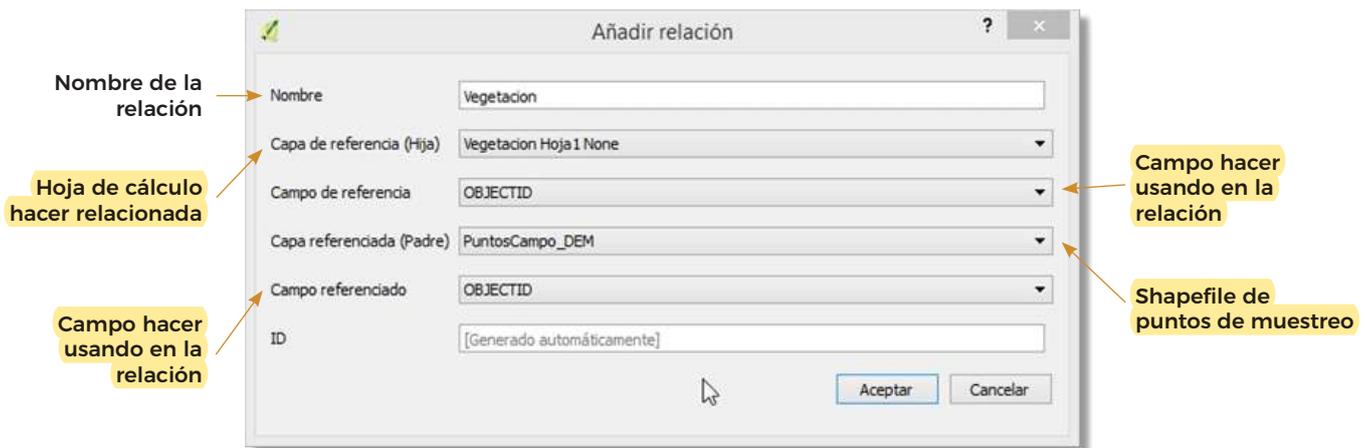
Al seleccionar el botón **ABRIR**, el programa adicionará las hojas de cálculo al panel de capas.



Una vez que se tenga las hojas de cálculo adicionadas en el panel de capas, se deben relacionar entre sí usando la opción **PROYECTO** > **PROPIEDADES DEL PROYECTO** > **RELACIONES**.



En la ventana de **RELACIONES**, se debe presionar el botón **AÑADIR RELACIÓN**, y el programa mostrará la siguiente ventana.



Al presionar el botón **ACEPTAR**, el programa mostrará la siguiente ventana.

	Nombre	Capa de referencia	Campo de referencia	Capa de referencia	Campo referenciado	ID
1	Vegetacion	Vegetacion Hoja1 None	OBJECTID	PuntosCampo_DEM	OBJECTID	Vegetacion_OBJECTID_Pu...

Se debe repetir la misma operación para cada una de las hojas de cálculo que se desean relacionar.

	Nombre	Capa de referencia	Campo de referenci	Capa de referencia	Campo referenciado	ID
1	Fisiografía	Fisiografía	OBJECTID	PuntosCampo_DEM	OBJECTID	Fisiografía20171013142914064_OB3...
2	Presencia%	%Presencia	OBJECTID	PuntosCampo_DEM	OBJECTID	_Presencia_OBJECTID_PuntosCamp...
3	Vegetacion	Vegetacion	OBJECTID	PuntosCampo_DEM	OBJECTID	Vegetacion20171013142914079_OB3...

Una vez relacionadas todas las hojas de cálculo, el programa mostrará la siguiente ventana.

Para activar la relación de las hojas de cálculo con el **shapefile** de puntos, se debe activar el complemento **SELECT BY RELATIONSHIP**.



Una vez activado el complemento, se puede hacer una consulta por cualquier campo de las diferentes tablas y ver la localización de los resultados geoposicionados.

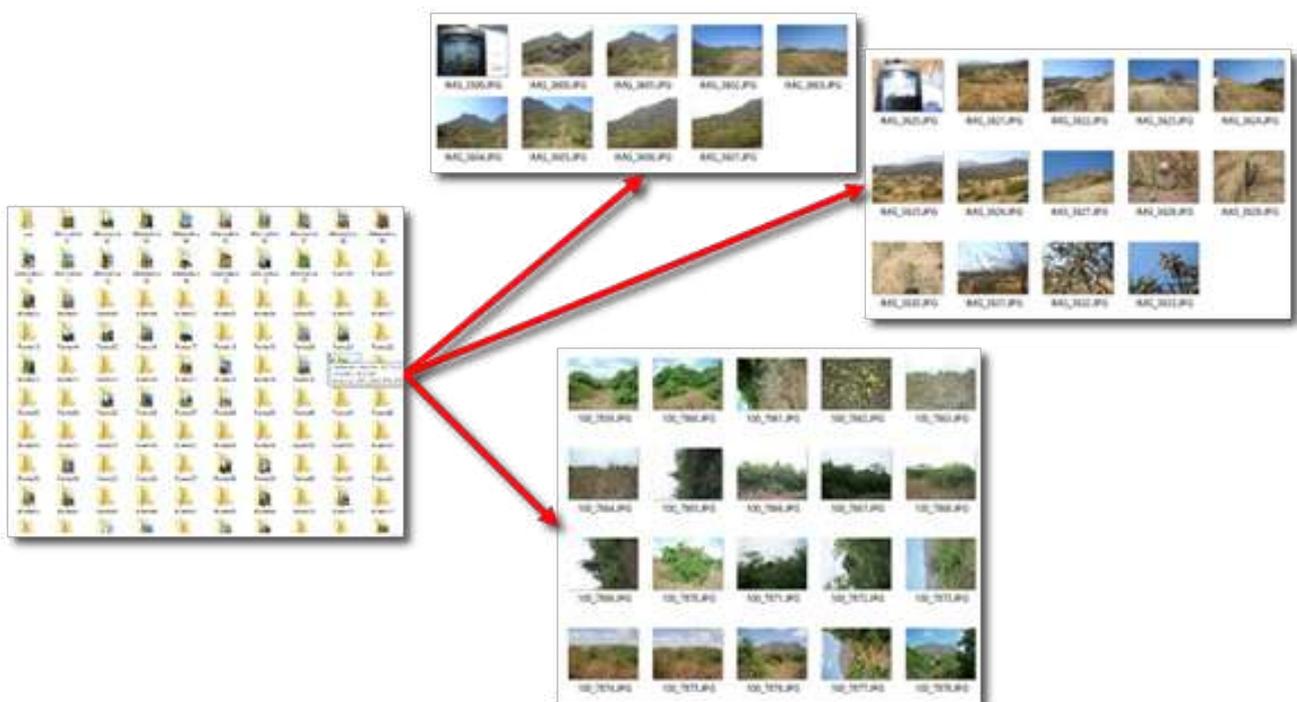
The screenshot shows a software interface with four data tables. On the left, four labels with arrows point to these tables:

- Datos de coordenadas** points to the top table with columns: OBJETO, ESTE, NORTE, ALTITUD, elev.
- Datos de la fisiografía** points to the second table with columns: OBJETO, TIPO, RELIEVE, PENDIENTE, OBSERVACION.
- Datos de la vegetación** points to the third table with columns: OBJETO, VEGETACION, ESPECIE, #ArbolP, %ArbolP, #PaloP, Estacionalidad, Observaciones.
- Datos del porcentaje de recubrimiento** points to the bottom table with columns: OBJETO, eleva, %Total_Ar, #Arbol, %Total_P, #Cubrase, %Total_Car, #Arbol, %Total_Ser, #Arbol, %Total, Total gener.

17.2. SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO: Material fotográfico

Para la sistematización del material fotográfico, se debe crear tantas carpetas como puntos de verificación existan.

En cada una de las carpetas creadas, se debe ubicar todas las fotografías que serán tomadas sobre dicho punto.



18. VERIFICACIÓN DE RESULTADOS

La verificación de los resultados consistirá en contrastar la información (punto por punto) que será recopilada en campo con los resultados que se obtenga de la clasificación.

The software interface displays the following data:

Fisografía

OBJETOID	TIPO	RELIEVE	PENDIENTE	OBSERVACION
1 76	Colinas		Muy Alta (D&A* - ...)	

Vegetación

OBJETOID	VEGETACION	ESPECIE	#ArbolSP	%Recu.SP	ArbolSP	Estacionalidad	Observaciones
1 76	Arbol	Palo Santo	70		4		
2 76	Arbol	Sapote	2		4		
3 76	Arbol	???????	3		10		
4 76	Arbusto	PAñon	1		3		
5 76	Arbusto	Divers	7		3		
6 76	Cactaceae	Cactus columnares	10		5		
7 76	Cactaceae	Cola de zorro	1				

Presencia%

OBJETOID	#Arbol	%Total_Ar	#Arbusto	%Total_arb	#Cactaceae	%Total_Cic	#Herbaceal	%Total_her	#Matorral	%Total	Total general
1 76	75	75.78723404255...	8	8.510638297872...	11	11.702127659557...		0		0	94

19. EDICIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE BOSQUE SECO Y NO BOSQUE SECO

En función a la verificación de los resultados, así como de las consultas que se deben hacer a los especialistas, se puede identificar como posibles errores los siguientes ejemplos:

- Zonas con sobredimensionamiento **el** sistema ecológico de bosque seco, debido a que se puede estar tomando parte del suelo como parte del bosque seco, esto se puede dar debido a que la respuesta espectral del suelo (en algunas partes), puede ser muy similar a la vegetación.
- Zonas que se pueden identificar como bosque seco y pueden ser actividades antrópicas.
- Zonas con rocas desnudas que pueden ser clasificadas como bosque seco.

A estas zonas, que serán identificadas, se debe hacer una edición y actualización del mapa de **Bosque Seco y No Bosque Seco**.

20. MAPA PRELIMINAR DE BOSQUE SECO Y NO BOSQUE SECO

Después de realizar la edición y actualización, se obtiene el mapa preliminar de **Bosque Seco y No Bosque Seco**.

21. VALIDACIÓN DEL MAPA DE BOSQUE SECO Y NO BOSQUE SECO

La validación del mapa de **Bosque Seco y No Bosque Seco**, consistirá en evaluar su exactitud, con la aplicación del índice de Kappa, el cual se basa en un test estadístico que indica la correlación entre lo identificado en gabinete (clasificación) con información tanto primaria (puntos de verificación) como secundaria.

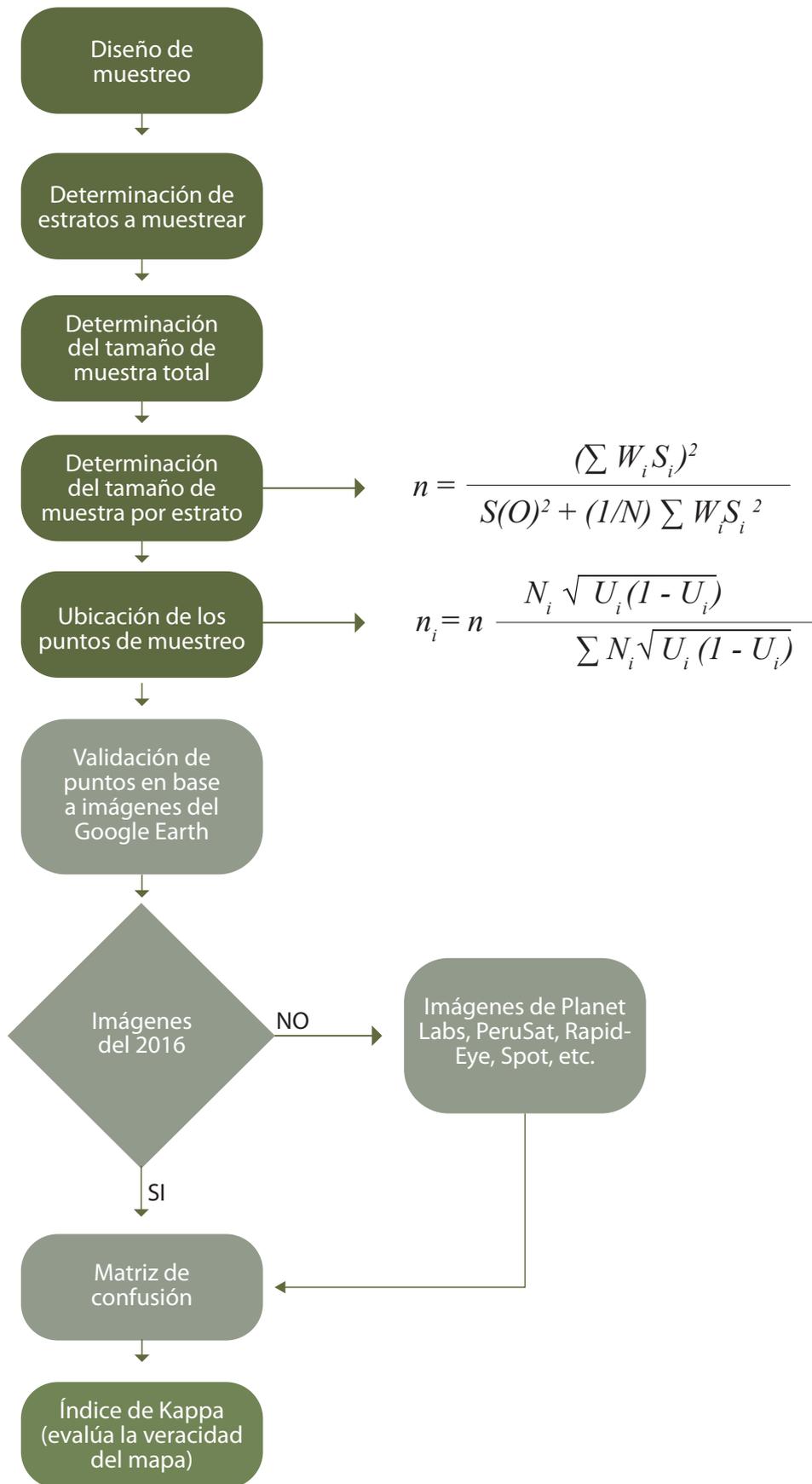
21.1. METODOLOGÍA

La metodología para la validación del mapa estará basada en la interpretación visual de muestras identificadas como actividades antrópicas, **Bosque Seco y No Bosque Seco** para el departamento de Lambayeque, sobre imágenes de satélite de alta resolución basada en la plataforma de geo-visualización del Google Earth. Esta metodología de validación puede ser aplicada a cualquier departamento de la costa norte.

La validación de las muestras debe hacerlas un equipo conformado, como mínimo, por tres especialistas (**2 verificadores y 1 revisor**).

La secuencia metodológica para la validación será la siguiente:

Secuencia metodológica para la validación del mapa de bosque seco / no bosque seco



Diseño de Muestreo

El diseño de muestreo será un muestreo aleatorio estratificado.

Determinación de estratos a muestrear

Se identificarán tres (3) estratos a muestrear para la validación del mapa de Bosque seco y No Bosque seco:

Bosque seco. Ecosistema conformado por árboles en asociación con arbustos, matorrales, cactáceas y herbazales efímeros, donde en 1 hectárea los árboles presentan una cobertura de copa igual o mayor al 10%, y una altura igual o superior a 2 m.

Formaciones naturales. conformadas por:

- Formación boscosa que no sea bosque seco, calificada como tamaño de dosel menor a 1 ha.
- Formación de matorrales homogéneos
- Formación de herbazales homogéneas
- Suelo desnudo
- Arena
- Roca expuesta
- Cuerpos de agua

Actividades antrópicas. Toda actividad antropogénica que altere la composición del paisaje y el uso del suelo.

Determinación del Tamaño de Muestra Total

Para la determinación del tamaño de muestra total (n), se empleará la metodología propuesta por el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCB), la cual se basa en la propuesta metodológica de Olofsson².

Se empleará la siguiente fórmula:

$$n = \frac{(\sum W_i S_i)^2}{S(O)^2 + (1/N) \sum W_i S_i^2} \approx n = \left[\frac{\sum W_i S_i}{S(\hat{O})} \right]^2$$

Donde:

W_i: Proporción de área mapeada de la clase i

S_i: Desviación estándar de la clase i

S(ô): Error estándar esperado de la exactitud general

n: Tamaño total de muestra

² Olofsson Pontus *et al.* 2014. *Good Practices for Assessing Accuracy and Estimating Area of Land Change.*

Determinación del Tamaño de Muestra por Estrato

Para determinar el tamaño de muestra por estrato, se empleará la siguiente **formula**³.

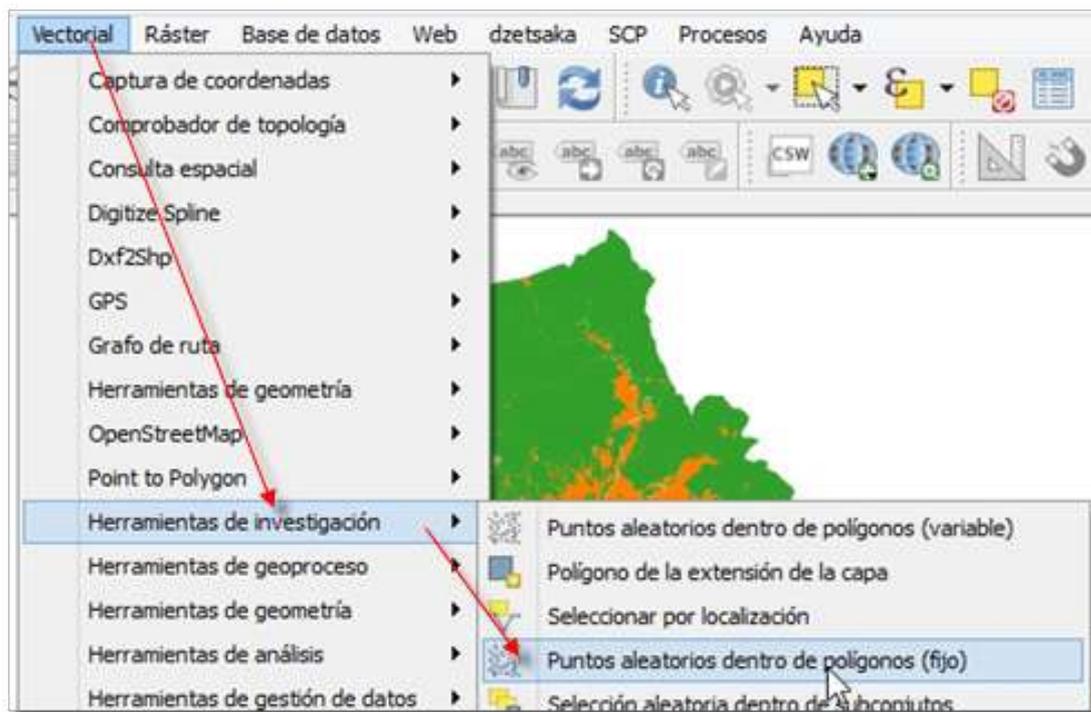
$$n_i = n \frac{N_i \sqrt{U_i(1 - U_i)}}{\sum N_i \sqrt{U_i(1 - U_i)}}$$

Donde:

- n_i : Tamaño de muestra del estrato i
- N_i : Área del estrato i
- n : Tamaño total de muestra
- U_i : Exactitud esperada del usuario para la clase i

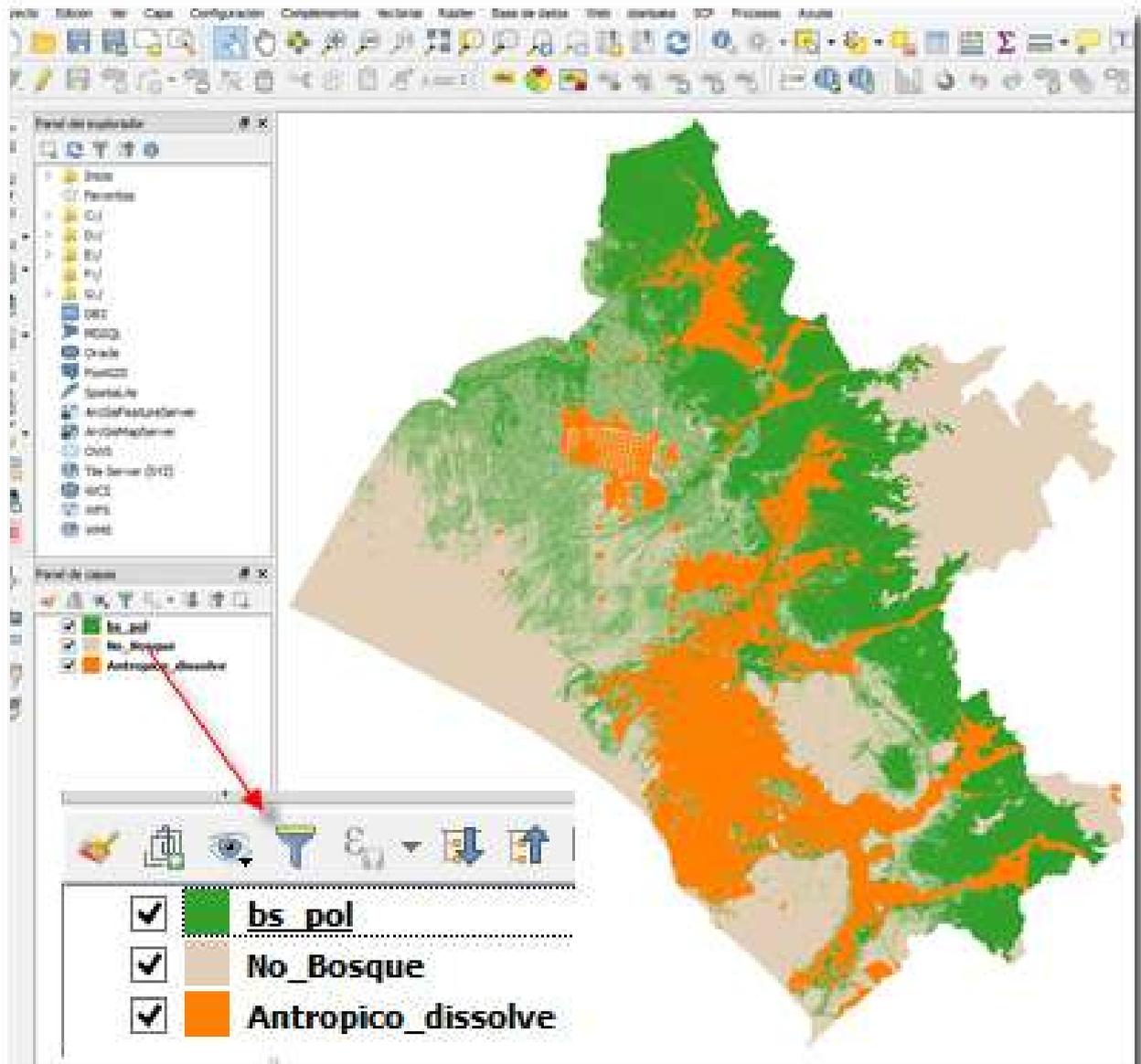
Ubicación de los Puntos de Validación

Para la ubicación de los puntos de validación, se empleará la opción: **VECTORIAL** ▶ **Herramientas de Investigación** ▶ **Puntos aleatorios dentro de polígonos**, del programa **QGIS**.

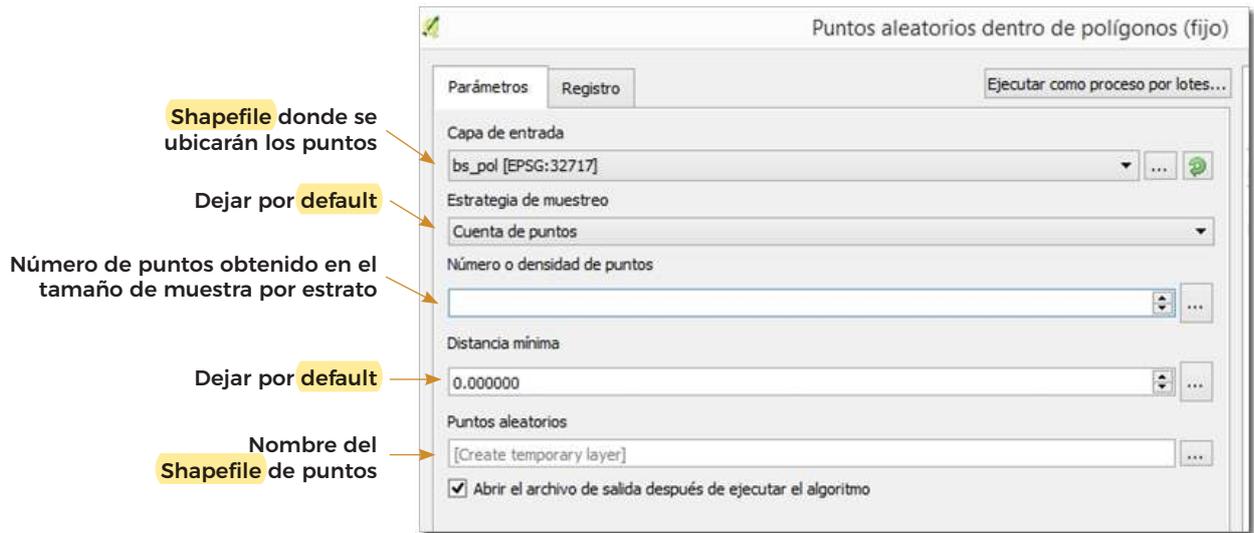


³ Olofsson Pontus et al. 2014. *Good Practices for Assessing Accuracy and Estimating Area of Land Change*.

Para emplear esta opción, se deberá tener cargados los shapefiles de Bosque Seco, No Bosque Seco y Actividades Antrópicas.



Una vez seleccionada la opción, el programa mostrará la siguiente ventana.



NOTA: Este proceso (dependiendo las características de la computadora), puede demorar mucho tiempo, inclusive días.

Este procedimiento se debe realizar para cada uno de los estratos a ser muestreados.

Validación de puntos en Base a Imágenes de Alta Resolución

La validación de los puntos será a través del empleo de imágenes de alta resolución, empleando la plataforma de Google Earth.

Para darle mayor confiabilidad en los resultados de la validación de los puntos usando imágenes de alta resolución, se recomienda el empleo como mínimo de tres (3) personas.

Cada uno de los tres integrantes evaluará la totalidad de los puntos. Si en algún punto en particular existiera una diferencia en la interpretación de la validación, el equipo evaluador se reunirá y el responsable tomará la decisión sobre dicho punto.

A continuación, se presenta un ejemplo de los posibles casos que se pudieran presentar en la validación de un punto cualquiera.

Punto	Responsable	Ayudante 1	Ayudante 2	Punto Validado
123	Bosque Seco	Bosque seco	Bosque Seco	Bosque Seco
123	No Bosque Seco	Bosque Seco	Bosque Seco	Se discute entre los integrantes y el responsable tomará la decisión.
123	No Bosque Seco	Bosque Seco	No Bosque Seco	Se discute entre los integrantes y el responsable tomará la decisión.
123	No Bosque Seco	Bosque Seco	Actividad antrópica	Se discute entre los integrantes y el responsable tomará la decisión. Si el caso lo amerita, se reunirán con la persona que elaboró el mapa.



Las imágenes de alta resolución de la plataforma Google Earth deben ser del mes y año de las imágenes con que se realizó el estudio. Esto se logra mediante la opción de mostrar por fecha las imágenes, si no existieran dichas imágenes, se recomienda el empleo de imágenes de RapidEye, Planet-Lab, Spot, etc

Matriz de Confusión

Una matriz de confusión es una tabla que indica las correspondencias entre las clases del producto a evaluar y el de referencia.

Las columnas señalan las coberturas de referencia y las filas las clases del mapa que se quiere validar. En la diagonal de la matriz se incluyen el número de píxeles correctamente asignados y los marginales son los errores de asignación. La relación entre el número de puntos correctamente asignados y el total expresa la fiabilidad global del mapa. Los residuales en columnas indican tipos de cubierta real que no se incluyeron en el mapa, es decir, los errores de omisión, mientras los residuales en filas corresponden con las cubiertas del mapa que no se ajustan a la realidad, dicho con otras palabras, los errores de comisión.

	MAPA (capa temática)							
Referencia	A	B	C	D	Total	Error de comisión (%)	Exactitud del usuario	
A	2	2	0	0	4	50.0	50.0	
B	1	2	0	0	3	33.3	66.7	
C	0	0	2	2	4	50.0	50.0	
D	0	0	0	4	4	0	100.0	
Total	3	4	2	6	15			
Error de comisión (%)	33.3	50.0	0	33.3		Exactitud global (%)		
Exactitud del usuario	66.7	50.0	100.0	66.7				

Índice Kappa

Con los datos de la matriz de confusión, se elaborará el índice de KAPPA para determinar la exactitud del mapa de Bosque seco y No Bosque seco. Se recomienda usar el siguiente cuadro

Índice de Kappa	Fuerza de la concordancia
0.00	Pobre (Poor)
0.01 - 0.20	Leve (Slight) 
0.21 - 0.40	Aceptable (Fair)
0.41 - 0.60	Moderada (Moderate)
0.61 - 0.80	Considerable (Substantial)
0.81 - 1.00	Casi perfecta (Almost perfect)

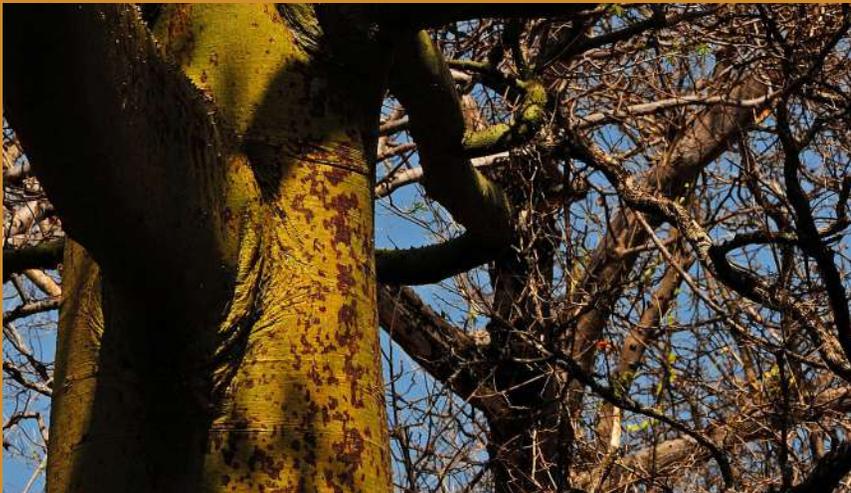




GUÍA METODOLÓGICA

Mapeo de los bosques estacionalmente secos y no bosque estacionalmente secos de la costa norte del Perú

Tumbes • Piura • Lambayeque



Agencia de Cooperación
Internacional del Japón

