

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

Radares de Apertura Sintética y su sinergia con datos ópticos

Curso 9

Maestría Profesional aplicada a la Gestión de Riesgos Ambientales

Héctor F. del Valle

Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (IPEEC)

Centro Nacional Patagónico (CENPAT)

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

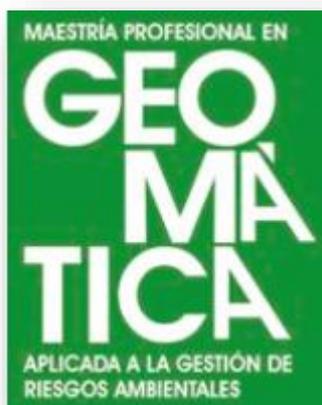
Centro Regional de Geomática (CEREGEO), Facultad de Ciencia y Tecnología

Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER)

Diamante, Entre Ríos, 14 al 18 de agosto de 2017.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons*
Atribución No comercial Sin Obra Derivada 4.0 Internacional



Esta Guía de Trabajos Prácticos debe ser citada como:

del Valle H.F. 2017. Radares de Apertura Sintética (SAR) y su sinergia con datos ópticos. Guía de Trabajos Prácticos. Curso 9 de la Maestría Profesional aplicada a la Gestión de Riesgos Ambientales. Centro Regional de Geomática (CEREGEO), Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT), Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER). Centro de Investigaciones Científicas y Transferencia de Tecnología a la Producción (CICYTTP), CONICET. *Creative Commons* Atribución No comercial Sin Obra Derivada 4.0 Internacional. Diamante, Entre Ríos, 14 al 18 de agosto de 2017, 114 pp.

INDICE

1.	PROGRAMAS DE TELEDETECCIÓN DE DISTRIBUCIÓN LIBRE	8
1.1	SNAP (<i>SENTINELS APPLICATION PLATFORM</i>)	12
1.2	SAGA (<i>SYSTEM FOR AUTOMATED GEOSCIENTIFIC ANALYSES</i>)	14
1.3	POLSARPRO (<i>POLARIMETRIC SAR PROCESSING</i>)	15
2.	MODELOS DIGITALES DE SUPERFICIE Y TERRENO	17
2.1	Características de los datos	17
2.1.1	Acceso a los modelos digitales	18
2.1.2	Materiales	19
2.2	Trabajo Práctico 1: Comparación de atributos DSM versus DTM	19
2.2.1	Objetivos	19
2.2.2	Área de la Práctica	19
2.2.3	Desarrollo e Informe	20
3.	IMÁGENES COSMO SKYMED (BANDA X= 3 cm)	24
3.1	Características de los datos	24
3.1.1	Convención de la nomenclatura de los archivos	27
3.1.2	¿Cómo acceder a las imágenes?	28
3.1.3	Materiales	30
3.2	Trabajo Práctico 2: Análisis de una imagen Ping Pong (PP)	30
3.2.1	Objetivos	30
3.2.2	Área de la Práctica	30
3.2.3	Desarrollo e Informe	30
3.3	Trabajo Práctico 3: Procesamiento de imágenes Himage (Hi)	42
3.3.1	Objetivos	42
3.3.2	Área de la Práctica	42
3.3.3	Desarrollo e Informe	42
4.	IMÁGENES SENTINEL-1 (BANDA C= 5,9 cm)	52
4.1	Características de los datos	52
4.1.1	Convención de la nomenclatura de los archivos	55
4.1.2	Formato del archivo SENTINEL-SAFE	55
4.1.3	¿Cómo acceder a las imágenes?	56
4.1.3.1	Crear una cuenta de usuario	56
4.1.3.2	Seleccione su área de interés	57
4.1.3.3	Descarga de datos	57

4.1.4	Materiales	59
4.2	Trabajo Práctico 4: Procesamiento básico de imágenes GRDH	59
4.2.1	Objetivo	59
4.2.2	Área de la Práctica	59
4.2.3	Desarrollo e Informe	60
4.3	Trabajo Práctico 5: Procesamiento básico de imágenes SLC	70
4.3.1	Objetivo	70
4.3.2	Área de la Práctica	70
4.3.3	Desarrollo e Informe	71
5.	IMÁGENES ALOS PALSAR 1 y 2 (BANDA L= 23,5 cm)	75
5.1	Características de los datos	75
5.1.1	Convención de la nomenclatura de los archivos	77
5.1.2	¿Cómo acceder a las imágenes?	78
5.1.3	Materiales	79
5.2	Trabajo Práctico 6: Evaluación de productos ASF RTC FBD y PLR	79
5.2.1	Introducción	79
5.2.2	Objetivos	81
5.2.3	Áreas de la Práctica	81
5.2.4	Desarrollo e Informe	86
6.	INTRODUCCIÓN A LA POLARIMETRÍA	98
6.1	Trabajo Práctico 7: Descomposición, parámetros, segmentación y clasificación polarimétricas	98
6.1.1	Objetivos	98
6.1.2	Área de la Práctica	98
6.1.3	Desarrollo e Informe	100

FIGURAS

1A-D	Modelos Digitales de Superficie (DSM), ópticos , 1A (ASTER) y 1B (ALOS PRISM), de 30-m de resolución espacial. Modelos Digitales de Elevación (DEM), radar (SRTM), de banda C , de 30-m (1C) y el mismo DEM re-escalado a 12,5 m por JAXA (1D)	18
2	Sector del Paraná Medio	19
3	Relleno de vacíos y depresiones	21
4	<i>Flat detection</i>	21
5	<i>Terrain Ruggedness Index</i> (TRI)	23
6	Adquisición multi-modos de las imágenes COSMO SkyMed	24
7	Número de adquisiciones por día con la operación de la constelación de 4 satélites CSK	25
8	<i>Website</i> e-geos, catálogo de imágenes COSMO SkyMed	29
9	Imagen CSK PP al noreste de Bahía Blanca (Bs.As.), del 17/07/2017, de órbita derecha-descendente, polarización dual VV-VH	30
10	<i>Izquierda:</i> Imágenes Stripmap Himage (HI) COSMO SkyMed (CSK) originales (1 y 2). <i>Derecha:</i> Recortes para el ejercicio (3)	42
11	Recorte de una imagen Hi CSK, 5-m de resolución espacial, X_{HH} , valores en decibeles (<i>backscattering</i>)	47
12	Recorte de una imagen Hi CSK, 5-m de resolución espacial, X_{VV} , valores en decibeles (<i>backscattering</i>).	48
13	Ampliación de un sector de una imagen Hi CSK RGB X_{HH} - X_{VV} - X_{HH}	49
14	Ampliación de un sector de una imagen Hi CSK RGB X_{HH} - X_{VV} - ratio .	50
15	Modos de adquisición del SENTINEL-1	52
16	<i>Superior:</i> Tres sub-franjas (IW1, IW2 e IW3) con mínima superposición. <i>Inferior:</i> Producto IW fusionado	54
17	Nomenclatura de los archivos SENTINEL-1	55
18	Formato SENTINEL-SAFE	56
19	Sitio oficial de los satélites SENTINELS	57

20	<i>Alaska Satellite Facility</i> (ASF)	58
21	Santa Fe-Entre Ríos, imágenes S1A, de órbitas derecha ascendente	59
22	Santa Fe-Entre Ríos, recortes de imágenes S1A, de órbitas derecha ascendente	60
23A-D	Sigma cero en decibeles (19A-C). 19D . Composición multitemporal S1A, C_{VV} , RGB , 21May2015-05Oct2014-02Feb2015	66
24	Detalles de la Composición multitemporal S1A (sector sureste), polarización simple C_{VV} , RGB , 21May2015-05Oct2014-02Feb2015	68
25	Detalles de la Composición multitemporal S1A (sector noreste), polarización simple C_{VV} , RGB , 21May2015-05Oct2014-02Feb2015	69
26	<i>Superior</i> : Imagen original S1A IW SLC, de dual polarización C_{VV} y C_{VH} , órbita derecha-descendente. <i>Inferior</i> : Recorte de la imagen original para el Trabajo Práctico 5	70
27	Imagen IW2 SLC, del 19 de junio de 2017, composición RGB normalizada, C_{VV}-C_{VH}-ratio , derecha-descendente	73
28	Detalle (sector sur) de la imagen IW2 SLC, del 19 de junio de 2017, composición RGB normalizada, C_{VV}-C_{VH}-ratio , derecha-descendente	74
29	Seis (6) imágenes de productos FBD RTC, de la zona del Paraná Medio. Combinación RGB , L_{HH}-L_{HV}-ratio	81
30	Quince (15) imágenes de productos PLR RTC, de la zona del Paraná Medio	82
31	Imágenes LANDSAT 8 OLI TIRS, RGB 754 , <i>Path-Row</i> 226-082, del 6 de septiembre de 2017 y <i>Path-Row</i> 227-082 del 9 de noviembre de 2017	83
32	Recorte del mosaico realizado de las dos imágenes LANDSAT 8 OLI TIRS, RGB 754	83
33	Imágenes SENTINEL-2. 27 de enero de 2017. RGB 432	84
34	Recorte de la imagen no calibrada y calibrada en decibeles	93

35	Imagen LANDSAT 8 y complementariedad de su banda 7 (SWIR) con la banda L, polarizaciones HH y HV	94
36	Combinaciones RGB entre LANDSAT 8 y ALOS PALSAR-1 FBD	95
37	Imágenes ALOS PALSAR-1 PLR (cuádruple polarización) formato nivel 1.1 aptas para realizar análisis polarimétricos	98
38	Detalle del área demostrativa de la imagen PLR seleccionada para ilustrar el ejercicio 7	99
39	Descomposición de Freeman-Durden (dispersiones de dobles rebote , de volumen , y de superficie)	102
40	Entropía (H), Anisotropía (A) y Ángulo alfa (α) en grados	103
41	Grafico Entropía (H)- Ángulo alfa (α)	104
42	<i>Span, Pedestal Height, Radar Vegetation Index (RVI), y Radar Forest Degradation Index (RFDI)</i>	108
43	<i>Canopy Structure Index (CSI), Volume Scattering Index (VSI) y Biomass Index (BMI)</i>	109
44	Clasificación H Alpha Wishart	113

TABLAS

1	Criterios de selección de los programas SAR.	11
2	Polarización de los modos de adquisición CSK	25
3	Nomenclatura del archivo COSMO-SkyMed	27
4	Principales características de los modos de adquisición S1	53
5	Productos ALOS 1 PALSAR CEOS	75
6	Productos ALOS 2 PALSAR CEOS	76
7	Características principales de los satélites ALOS 1 y 2	76
8	Composición de registros de cada archivo ALOS PALSAR	77
9	Comparación entre bandas del LANDSAT 7 ETM+ vs LANDSAT 8 OLI-TIRS	85
10	Características espaciales y espectrales del SENTINEL-2	85

1. PROGRAMAS DE TELEDETECCIÓN DE DISTRIBUCIÓN LIBRE

La mayoría de los programas informáticos empleados para el análisis de datos de Teledetección funcionan principalmente bajo el sistema operativo Windows, que son los que se muestran más adelante en esta Guía, aunque muchos tienen versiones para otros sistemas (Linux, Mac). Algunos programas más especializados (ejemplo para interferometría radar) lo hacen únicamente bajo Linux.

Si se planea emplear estos sistemas, existen tres diferentes opciones posibles: (1) disponer de un equipo informático con un sistema operativo Linux instalado, (2) instalar dos sistemas operativos en el mismo equipo informático, y (3) instalar un sistema operativo virtual.

La primera opción es la ideal, pero requiere disponer de dos equipos. En cambio, las dos últimas opciones son más económicas porque sólo requieren uno. La diferencia de ellas radica en que la opción segunda puede generar ciertos problemas de compatibilidad de los sistemas operativos y sólo se puede utilizar un sistema operativo cada momento, mientras que, con la tercera opción, aunque se puede perder algo de velocidad de procesamiento, es posible trabajar con ambos sistemas operativos a un mismo tiempo, haciendo que el equipo procese datos en el sistema operativo virtual, mientras se realizan otras tareas con el equipo.

El mantener en perfectas condiciones un equipo informático que sirve como laboratorio, conectado a Internet y posiblemente con diferentes usuarios, hace necesario tener en cuenta las condiciones de seguridad. Para ello, lo primero es disponer de un programa para la realización de copias de seguridad de datos y documentos. El programa **AOEMI Backup** (<http://www.backup-utility.com/free-backup-software.html>) u otros similares permiten realizar dichas copias de seguridad de manera automática. Por otra parte, es necesario mantener la integridad de los datos e información y evitar la presencia de virus en el sistema, algo que se puede conseguir con la versión gratuita del programa **AVIRA** (<https://www.avira.com/es/index>) o similares (**AVG**, **AVAST**, etc.).

Para el sistema operativo actual de Windows 10 se recomienda visitar la guía de programas indispensables: <http://www.emezeta.com/articulos/guia-programas-imprescindibles-windows-10>.

El uso de los programas informáticos para Teledetección también requiere de las necesarias actualizaciones de seguridad del sistema operativo, y en algunos casos de disponer de los entornos **.Net Framework** y **Java Runtime Environment** instalados y debidamente actualizados. También se debe tener instalado el **Google Earth Pro** (versión gratuita, previa registración) que puede encontrarse en: <https://support.google.com/earth/answer/176160?hl=es-419>.

Se define como *Freeware* todo aquel programa que se distribuya gratuitamente, con ningún costo adicional. Existe una diferencia notable entre el *Software Libre* y el *Freeware*. El conflicto nace en el significado de la palabra *free* en inglés, que significa tanto libre como gratuito.

El *software libre* implica que puede ser usado, copiado, modificado y redistribuido libremente, siendo requisito para ello imprescindible al acceso al código fuente. El *Software Libre* no tiene por qué ser gratuito, del mismo modo en que el *Freeware* no tiene por qué ser libre.

En la actualidad existe una organización llamada *Free Software Foundation* (<http://www.fsf.org>) que introdujo el concepto de licencia GPL (*General Public License, Licencia Pública General*) y que establece los derechos de uso del *Software Libre*.

La Agencia Espacial Europea (ESA) distribuye diferentes programas de distribución gratuita, aunque no de código totalmente abierto. De ellos, tres programas son los más recomendables:

1. **SNAP** (<http://step.esa.int/main/download/>),
2. **SAGA GIS**, (<https://sourceforge.net/projects/saga-gis/files/>), y
3. **POLSARPRO** (<https://www.ietr.fr/polsarpro/>).

Estos dos programas generan muchos archivos y consumen gran cantidad de memoria caché. La memoria cache es la respuesta al problema de rendimiento de la memoria RAM. Es muy pequeña y está incluida en el interior del microprocesador. Su función es sencilla, conseguir que los accesos se hagan de la manera más eficiente posible. De acuerdo con ello, se deberá tener en cuenta las características técnicas del equipo informático y sus periféricos a utilizar.

Es en este sentido también necesario considerar los **programas para optimizar memoria RAM**, o lo que es lo mismo, **liberar RAM** para obtener un mayor rendimiento en nuestro PC.

Hay tres programas gratuitos que se pueden recomendar:

1. **RAMRush** (<http://www.fcleaner.com/ramrush.htm>): Es una aplicación diseñada por los creadores de **FCleaner**, competidor de **CCleaner** y tiene el objetivo de liberar memoria RAM cuanto la PC esté sobrecargada, mejorando y/o acelerando su rendimiento. Su uso es bastante intuitivo, es más hasta no se tiene que hacer nada, puesto que el programa libera RAM de manera automática cuando así lo considere necesario, aunque si se prefiere se puede hacerlo manualmente con las teclas abreviadas Ctrl+Alt+O (configurable).
2. **ExtraRAM** (<http://extra-ram.software.informer.com/>): es bastante sencilla de usar, al alcance de un clic con el botón *Optimize Now*. Muestra una gráfica de monitorización de la RAM en todo momento, trabaja desde el área de notificaciones y puede ser configurada según nuestras necesidades.
3. **CleanMem** (<https://cleanmem.uptodown.com/windows>): La herramienta más completa y avanzada para optimizar memoria RAM. Cada 30 minutos finaliza los procesos innecesarios (inútiles), y acelera el rendimiento de aquellas que sí son necesarias para un buen rendimiento del PC.

Algo que se debe evitar en los programas SNAP, SAGA GIS y POLSARPRO (incluido los subprogramas como el Tcl, Gimp, etc., de este último) es que se sitúen encabezando el *path* de las variables de entorno del sistema,

anteponiéndose al sistema operativo Windows, por lo cual esto significará que, si bien los programas tendrán un acceso más rápido a internet, el sistema operativo comenzará a deteriorarse, y facilitará también la entrada de virus y de los hackers. La recomendación consiste en reeditar el path colocando los ejecutables de los programas al final.

Leyendo entre líneas en las publicaciones de los Foros y Blogs de todos estos programas, y desde mi propia experiencia, yo diría que el uso de los mismos se trata de ensayo y error. **En estos programas se tiene que encontrar el propio flujo de trabajo que proporcione el resultado más satisfactorio que uno necesite.**

Para la evaluación de los programas aplicados principalmente para teledetección radar, se deben considerar criterios técnicos y funcionales. Los criterios técnicos deben hacer referencia a características operativas adecuadas de desarrollo del software, en tanto que los criterios funcionales a las diferentes capacidades potenciales de manejo y procesamiento de la información que posea éste (**Tabla 1**).

Tabla 1. Criterios de selección de los programas SAR

Criterios Técnicos	Criterios Funcionales
✓ Facilidad de instalación	✓ Importación y exportación de datos
✓ Documentación comprensible y actualizada	✓ Visualización
✓ Multiplataforma e integración con los sistemas ópticos	✓ Automatización de procesos
✓ Desarrollo y estabilidad de la versión	✓ Georeferenciación, ortorectificación y coregistro
	✓ Preprocesamiento
	✓ Polarimetría
	✓ Interferometría

1.1 SNAP (*SENTINELS APPLICATION PLATFORM*) v5.0



El SNAP es un programa de código abierto (licencias GNU-GPL) para la lectura, visualización, análisis y procesamiento de archivos de datos de misiones espaciales de distintas agencias espaciales y principalmente de la ESA (Agencia Espacial Europea).

La Arquitectura del programa reúne las siguientes potencialidades:

- ✓ Herramienta de visualización y análisis: Interfaz gráfica integrada.
- ✓ Procesamiento gráfico: Definidos por el usuario.
- ✓ Ejecución gráfica o de línea de comandos.
- ✓ Gestión de memoria de procesamiento para trabajar con los productos de datos de gran tamaño.
- ✓ Abstracción de modelos de datos para manejar todas las búsquedas.
- ✓ Diseño modular para mejoras y modificaciones accesibles.
- ✓ Los usuarios pueden añadir sus propios módulos a través de las API (interfaz Java).
- ✓ Procesador multi-lectura y soporte multi-núcleo.
- ✓ Visualización integrada a *WorldWind*.

Las características principales del programa se pueden resumir en:

- ✓ Organización a través de un Proyecto, en estructura de árbol.
- ✓ Librería del producto para la digitalización y catalogación de archivos de tamaños grandes.
- ✓ Calibración absoluta.

- ✓ Edición y reemplazo de metadatos.
- ✓ Modelos gráficos y automatización de procesos en cadena.
- ✓ "*Multilooking*" y filtrado del moteado ("*speckle*") simple y multi-temporal.
- ✓ Manipulación precisa de la órbita: SENTINEL, ERS, ENVISAT ASAR (Doris, PRARE y Delft orb.).
- ✓ Co-registro automático de productos complejos.
- ✓ Corrección de terreno: *Range-Doppler* y *SAR Simulation*.
- ✓ Normalización radiométrica durante la corrección del terreno.
- ✓ Corrección por elipsoide, reproyección y construcción de mosaicos.
- ✓ Estadística y análisis de datos.
- ✓ Exportación a formatos GeoTiff, HDF 4 y 5, NetCDF, PolSARPro, Envi, etc.
- ✓ Recortes (*subset*) y álgebra (*bands maths*) de imágenes.
- ✓ Gestión de capas (*layers*) y del color, *Look-Up-Table* (LUT).
- ✓ Descarga automática de Modelos Digitales de Elevación, DEMs (SRTM, ASTER, etc.).
- ✓ "*Debursting*" de ASAR WSS.
- ✓ Herramientas oceanográficas: rutinas básicas para máscaras, detección de derrames de petróleo, detección de buques y la estimación de viento.
- ✓ Procesador interferométrico.
- ✓ Compatibilidad polarimétrica con *PolSARpro Torvos* (*Reader, Writer*).

Los módulos de mayor relevancia corresponden a los modelos gráficos, automatización de procesos, edición y manejo de los metadatos, análisis interferométrico, herramientas ópticas (terrestres/oceanográficas), y vinculación con el entorno del análisis polarimétrico conformado por el programa PolSARpro. El programa presenta un despliegue principal de tres ventanas: Productos/Resultados, Navegación y de Visualización Principal.

La importación de productos DEM, formatos genéricos, sensores radar y ópticos es muy variada y completa.

Cuando se despliegan las imágenes hay que tener en claro las siguientes definiciones:

- ✓ **Metadatos (*Metadata*)**: del producto original, el cual es contenido en el Resumen (*Abstracted_Metadata*) utilizados por los operadores en un

formato común y la historia gráfica del procesamiento de la grabación de la transformación que se ha hecho. Los grupos anidados de elementos de metadatos son necesarios para procesamientos posteriores. Las codificaciones *flag* son un tipo especial de metadatos que describen las etiquetas cualitativas o de clasificación almacenadas en este tipo de bandas. Las bandas *flag* permiten la exclusión de valores geofísicos en las estadísticas o la superposición de máscaras de bits creadas a partir de los valores de estas bandas.

- ✓ **Datos vectoriales (*Vector Data*):** sin información. Estos se definen cuando se crea un vector / máscara o se superpone una capa vectorial.
- ✓ **Red de puntos (*Tie-Points Grids*):** cuadrículas temáticas (latitud, longitud, ángulo de incidencia, ángulo de elevación, etc.) creadas a partir de la interpolación de la información de puntos de enlace dentro del producto.
- ✓ **Bandas (*Bands*):** proporcionan valores de muestra, valores de los parámetros geofísicos o etiquetas cualitativas como funciones de la posición del píxel. Las bandas reales dentro del producto y bandas virtuales (**V**) creadas sobre la marcha de las expresiones SNAP.

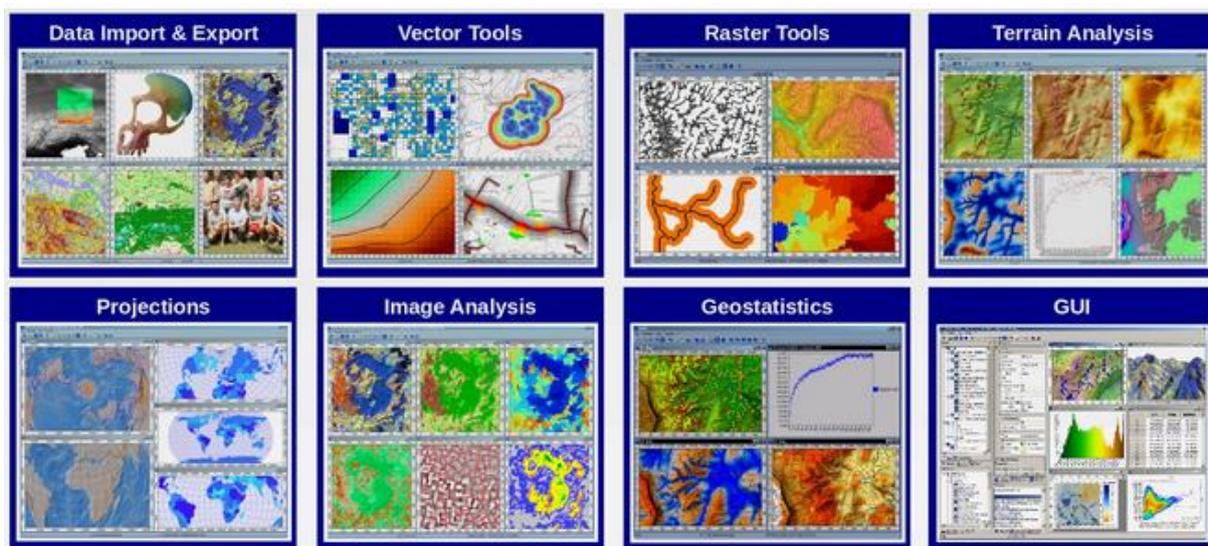
1.2 SAGA GIS (*System for Automated Geoscientific Analyses*)

SAGA es un software multiplataforma cuyas siglas corresponden al acrónimo de *System for Automated Geoscientific Analyses* (Sistema para Análisis Geocientíficos automatizados) y que suministra una interface amigable, con muchas opciones de visualización, para ser usado con Sistemas de Información Geográfica (GIS).

SAGA presenta varias características que pueden ser consideradas ventajas a la hora de trabajar con el mismo:

- ✓ Es un software libre con licencia GPL (*General Public Licence*).
- ✓ Actualmente tiene dos versiones (para sistema operativo: Windows y linux).
- ✓ SAGA está desarrollado en el lenguaje de programación C++.
- ✓ SAGA cuenta con una *Graphical User Interface* (GUI) y una *Application Programming Interface* (API) lo cual permite al usuario interactuar con las diferentes funciones del software fácilmente.

- ✓ Tiene una estructura modular que permite el uso de diferentes funciones.
- ✓ Tiene la posibilidad de ser ejecutado sin necesidad de instalación directamente de una *Memory Stick* (portable).
- ✓ Software abierto y de libre distribución (*Free and Open Source Software FOSS*).
- ✓ Se pueden ejecutar *scripts* a través de la línea de comandos en lenguaje Python, Java, R.
- ✓ Mas de 450 funciones de análisis de datos geoespaciales, georeferenciación, y proyecciones cartográficas.



1.3 POLSARPRO (*POLARIMETRIC SAR PROCESSING*)

El PolSARpro es una herramienta especialmente diseñada para la accesibilidad y exploración de datos polarimétricos SAR, aerotransportados y satelitales. Esta aplicación fue desarrollada por la Universidad de Rennes, y financiada por la Agencia Espacial Europea (ESA).

Los algoritmos del software realizan una serie de análisis cualitativos, cuantitativos y procesamientos obtenidos como firmas, descomposiciones, segmentaciones y clasificaciones polarimétricas.

La capacidad de los satélites de medir las propiedades polarimétricas del terreno permiten interpretar de una manera innovadora los datos que ellos adquieren. Los radares polarimétricos de la nueva generación ofrecen mejores capacidades para

la obtención de información sobre las propiedades físicas del terreno comparados con los sensores que operan en una única polarización.

Un radar polarimétrico mide la amplitud y la fase de las ondas retro-dispersadas en las cuatro polarizaciones (HH, HV, VV y VH).

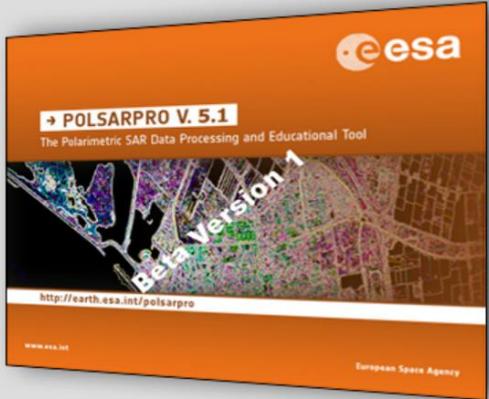
PolSARpro

[Download](#) • [Screenshot](#)

The Polarimetric SAR Data Processing and Educational Tool
PolSARpro version 5.1.0 released

→ Download [PolSARpro V. 5.1](#) (Windows 64 bits)
→ Download PolSARpro V. 5.1 (Linux)
(Under construction)

Visit the [IETR](#) and [esa](#) websites



PIWIK Analytics

En los diferentes estudios de polarimetría reportados en la literatura, es de gran importancia extraer información física a partir de la retrodispersión por superficie o por volumen. Se distinguen dos tipos de blancos: los puros y los distribuidos, para estos últimos se calculan mecanismos de dispersión promedios o dominantes, con fines de clasificación. Existen diversos métodos de descomposición basados en la disgregación de la matriz de dispersión, en la matriz de covarianza o matriz de coherencia, y principalmente en el análisis de los autovalores/autovectores de la matriz de covarianza o matriz de coherencia.

2. TRABAJO PRÁCTICO CON MODELOS DIGITALES DE TERRENO

2.1 Características de los datos

En la mayoría de los modelos digitales de terreno globales (ópticos y radares), los generadores de los datos proporcionan a los usuarios información solamente sobre la tecnología de producción, fecha de adquisición, y la resolución, pero sólo con medidas de precisión de escaso detalle que **no logran captar las variaciones locales en la calidad de los datos.**

Un Modelo Digital de la Superficie (MDS)/*Digital Surface Model* (DSM) se define como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altura de la superficie donde, además del terreno, se consideran también los elementos enlazados a él (edificios, vegetación, etc.).

A su vez, un Modelo Digital del Terreno (MDT)/*Digital Terrain Model* (DTM) se identifica como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altura de una variable cuantitativa y continua del terreno (si no se especifica ninguna variable concreta, la denominación MDT se entiende referida al terreno desnudo, sin árboles o edificios). En algunos países se entiende como sinónimo de Modelo Digital de Elevaciones (MDE)/*Digital Elevation Model* (DEM).

En la revisión de la literatura, se recomienda continuar con el desarrollo de métodos para evaluar la incertidumbre de los DTM, principalmente en:

- ✓ métodos que consideren la información de subgrilla que se pierde cuando los DEM se agregan a partir de datos de puntos de alta precisión, e identificar las fuentes de error presentadas por algoritmos de interpolación,
- ✓ identificar algoritmos adecuados para la derivación de parámetros topográficos dadas la resolución de la celda y la complejidad del relieve,
- ✓ métodos para cuantificar el impacto de la modificación de la superficie (por ejemplo, relleno de vacíos) e integrar estos en la incertidumbre.

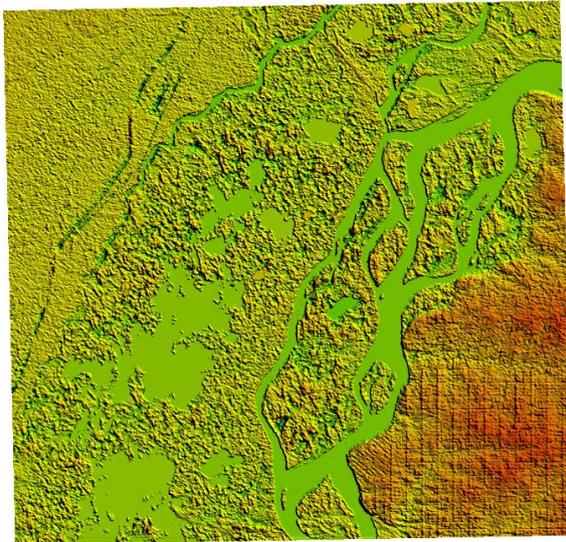
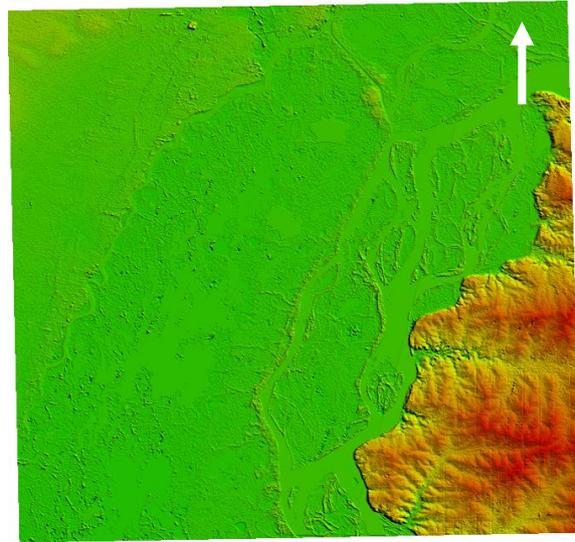
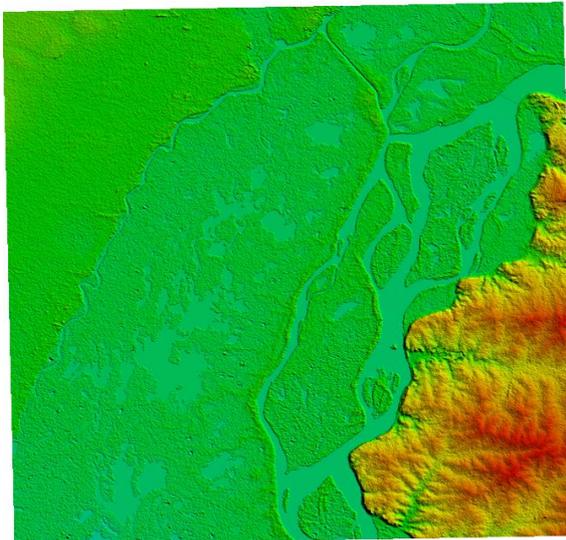
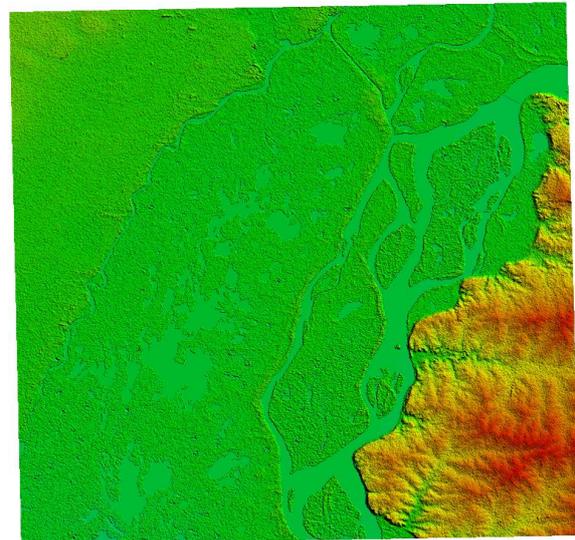
**A. DSM ASTER GDEM-2 METI NASA 30 m.****B. DSM ALOS 3D WORLD JAXA 30 m.****C. DEM SRTM-C USGS 30 m.****D. DEM SRTM-C JAXA 12,5 m.**

Figura 1A-D. Modelos Digitales de Superficie (DSM), **ópticos**, **1A** (ASTER) y **1B** (ALOS 1 PRISM), de 30-m de resolución espacial. Modelos Digitales de Elevación (DEM), **radar** (SRTM), de **banda C**, de 30-m (**1C**) y el mismo DEM re-escalado a 12,5 m por JAXA (**1D**).

2.1.1 Acceso a los modelos digitales

- ✓ ASTER GDEM-2 y SRTM-C (USGS): <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- ✓ AW3D30 (JAXA):
http://global.jaxa.jp/press/2015/05/20150518_daichi.html
- ✓ DEM SRTM-C JAXA: extraídos de los productos RTC (*Radiometric Terrain Corrected*) de las imágenes ALOS PALSAR 1 (FBS, FBD, PLR):
<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>

2.1.2 Materiales

Los materiales para la práctica son los referidos en la **Figura 1A-D**. Para el desarrollo del ejercicio se utilizará el software SAGA GIS.

2.2 Trabajo Práctico 1: Comparación de atributos derivados del terreno utilizando modelos digitales de superficie y de elevación

2.2.1 Objetivos: 1) Analizar y comparar los productos de MDT para comprender las ventajas y limitaciones, a la hora de utilizarlos en la derivación de parámetros de superficie, en modelos hidrológicos y/o geomorfológicos, y para ortorectificar imágenes satelitales, tanto ópticas como radar. 2) Adiestrar en lo básico del procesamiento digital con el software SAGA GIS.

2.2.2 Área de la Práctica

El Área de la Práctica se muestra en la **Figura 2**, recuadro amarillo.

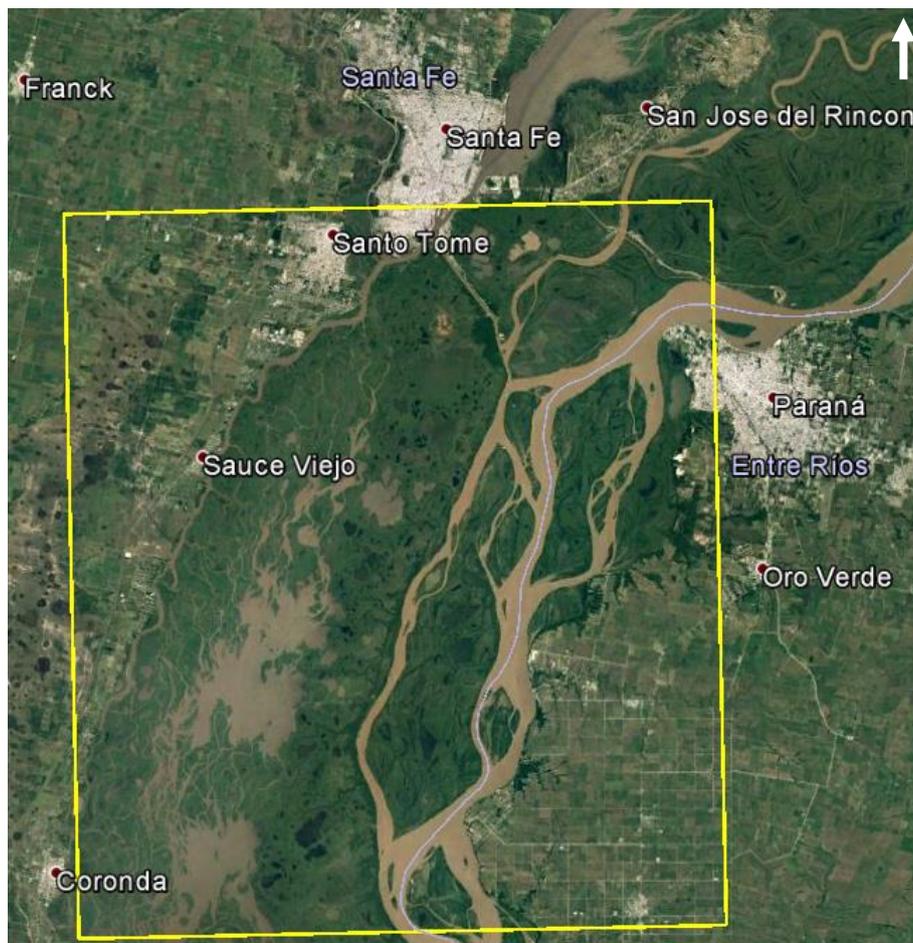


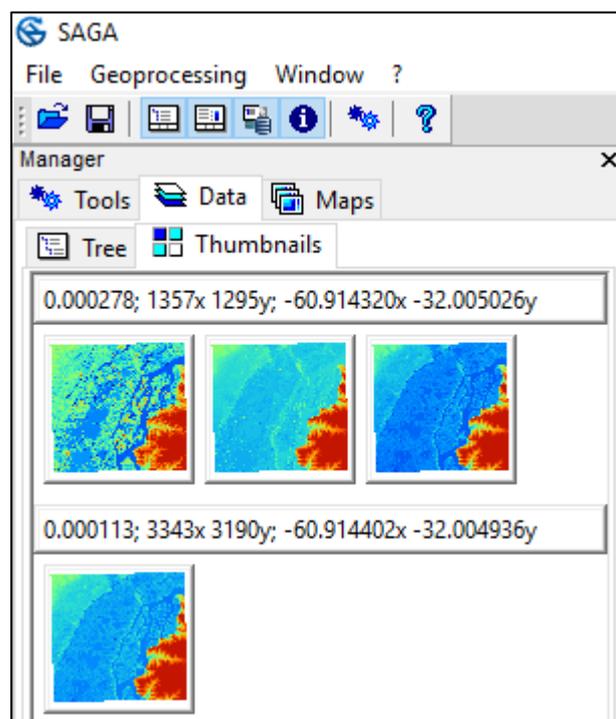
Figura 2. Sector del Paraná Medio.

2.2.3 Desarrollo e Informe

Repita para cada uno de los archivos DSM y DEM ubicados en el directorio: **\Curso9\DTM**, los siguientes pasos:

1. Abrir SAGA GIS y cargar los archivos

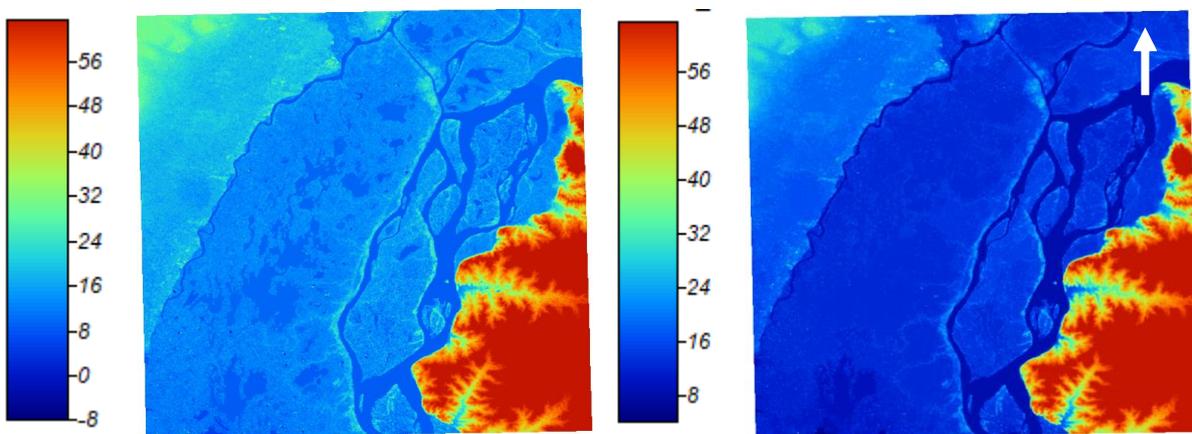
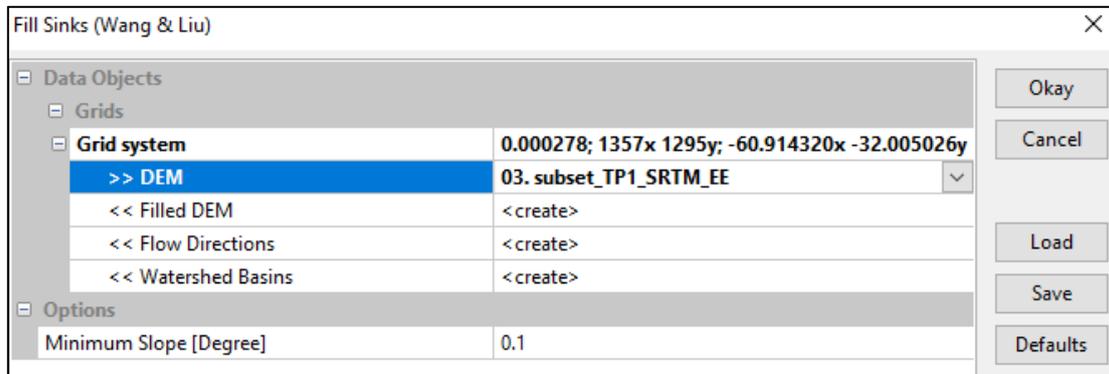
Con el SAGA abierto vaya a: *File / Grid / Load*. Diríjase al fólder donde están sus raster y desplieguelos. Otra forma, es directamente ir a *File / Open* y desplegar los archivos en su formato original (*.tif). Luego de hacer click sobre el icono *Data / Thumbnails*, usted debería tener desplegado todos los archivos, como se muestra en la captura de pantalla:



2. Rellenar los vacíos y depresiones

Para que SAGA GIS pueda interpretar y delimitar la cuenca y la red hídrica, el raster debe ser "hidrológicamente correcto", es decir que todas elevaciones sean continuamente decrecientes y que no haya sumideros. Nuestro raster se tiene que corregir para poder delimitar las cuencas, para lo cual usamos el comando: *Geoprocessing / Terrain Analisis / Preprocessing / Fill Sinks (Wang Liu)*. Se selecciona el *Grid System* que es único disponible y el DEM que es el nombre del archivo como se ve en la captura de pantalla próxima. Se pone "Okay" y el software

genera tres raster (*Filled DEM, Flow Directions, Watershed Directions*), incluyendo el raster hidrológicamente corregido "No Sinks" (**Figura 3**).



m s.n.m. "Con vacíos y depresiones". m s.n.m. "Sin vacíos y depresiones".

Figura 3. Relleno de vacíos y depresiones.

También en el menú preprocesamiento puede ejecutar el algoritmo *Flat detection*, que realiza una discriminación de áreas no planas y planas en función de la altitud.

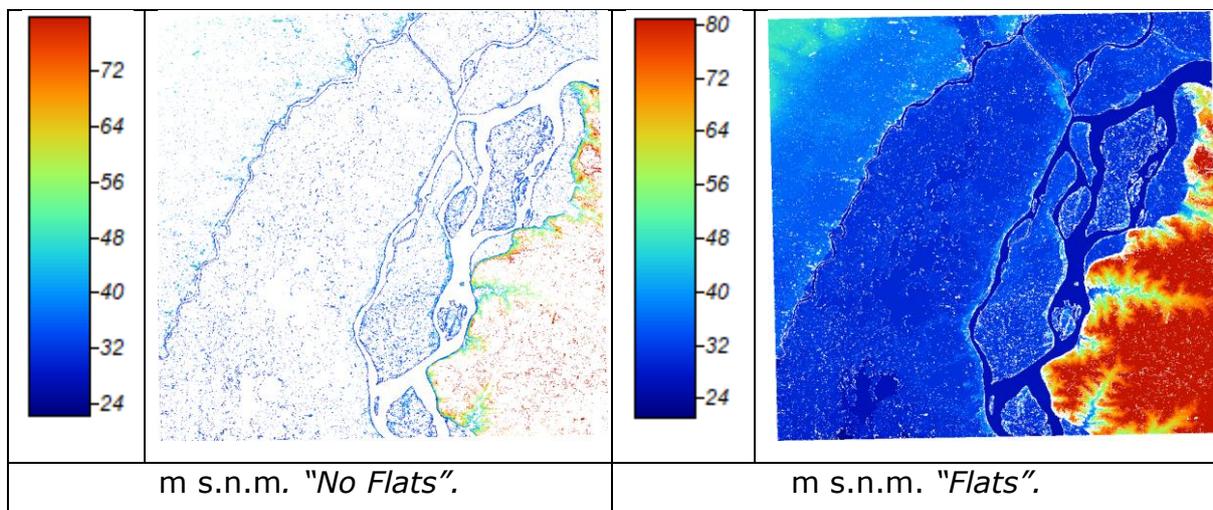
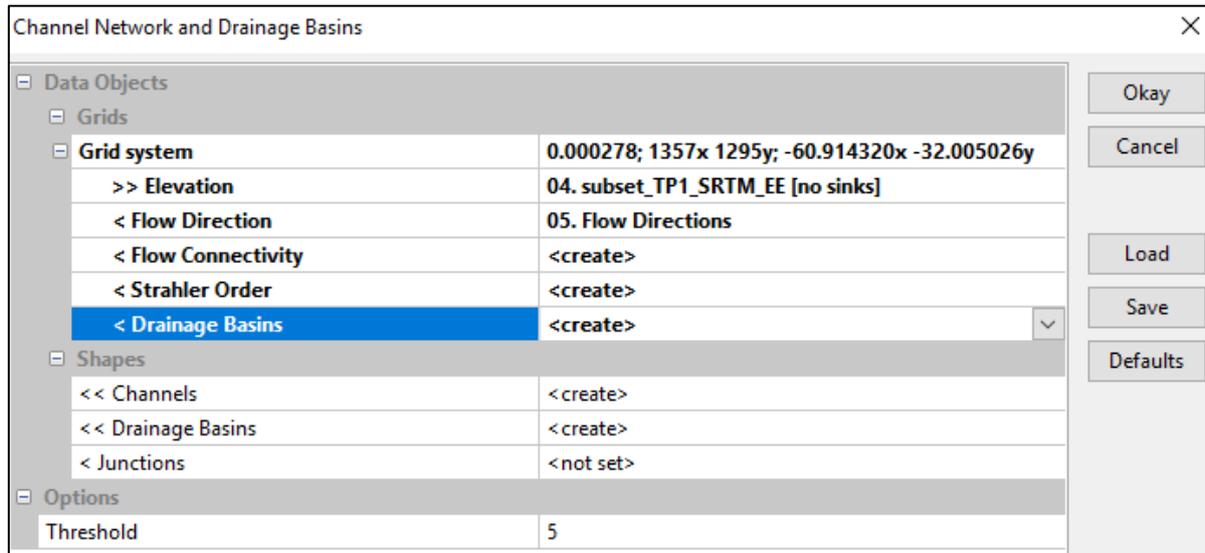


Figura 4. Flat detection

3. Generar las cuencas y las redes hídricas

Con el raster corregido, se selecciona lo siguiente: *Geoprocessing / Terrain Analysis / Channels / Channel Network and Drainage Basins*. Se indica el *Grid System* y el grid "No Sinks" en *Elevation* tal y el *Flow Directions* calculado como se muestra en la captura de pantalla:



Los archivos de SAGA GIS son temporales, para grabarlos se presiona el click derecho y se escoge la opción "Save As" a la ubicación que usted elija.

[Haga un directorio para cada modelo, por separado, para hacer luego una comparación y evaluación de la calidad de los mismos.](#)

Puede investigar otros algoritmos, **pero tenga en cuenta el limitado tiempo disponible en el ejercicio, ya que los procesos demandan mucho tiempo de cálculo.**

Un algoritmo interesante de evaluar es el *Terrain Ruggedness Index* (TRI). Este índice proporciona una medida rápida y objetiva de la heterogeneidad del terreno. El algoritmo calcula el cambio de suma en elevación entre una celda de la cuadrícula y sus ocho celdas de cuadrícula vecinas. Por lo tanto, un TRI incrementado muestra mayor heterogeneidad del relieve local (**Figura 5**).

La rugosidad es por tanto una característica diferente de la altitud y con una distribución espacial sustancialmente distinta. La conclusión básica es que el índice de rugosidad calculado resume una característica útil del paisaje, aunque sea predominantemente un terreno muy plano, de llanura.

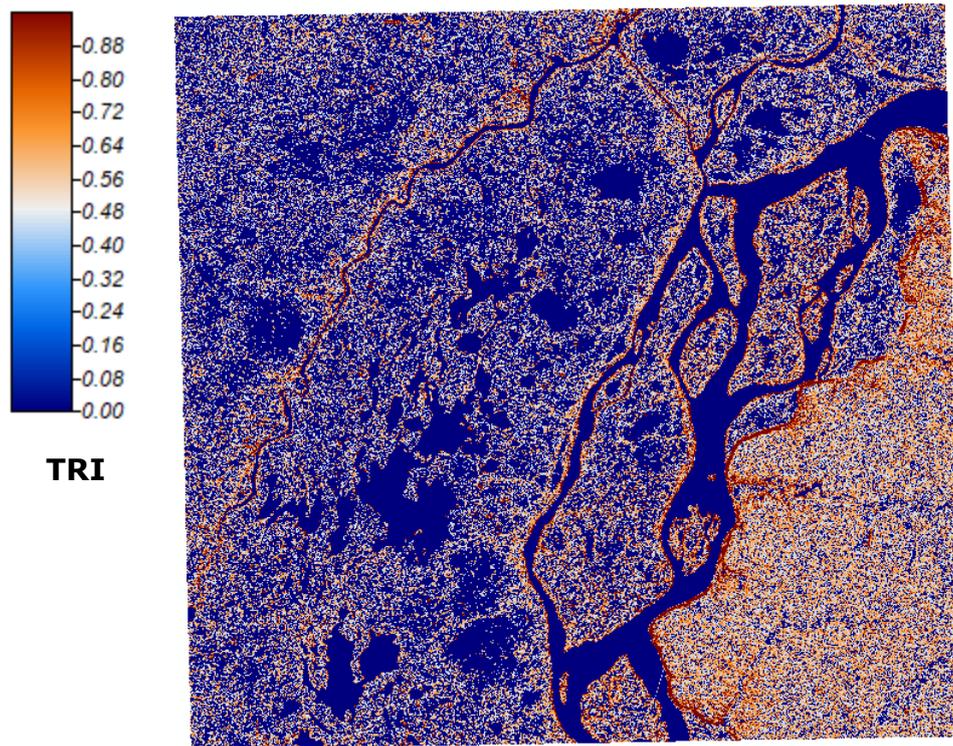


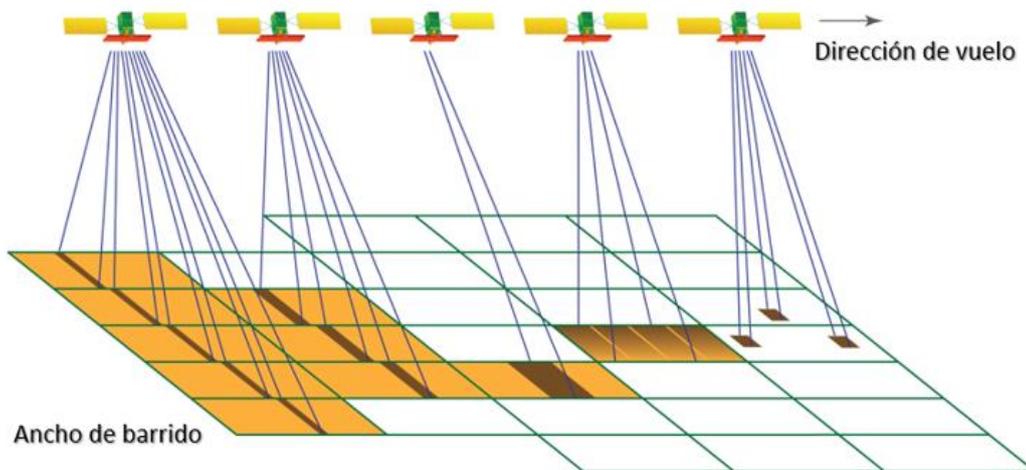
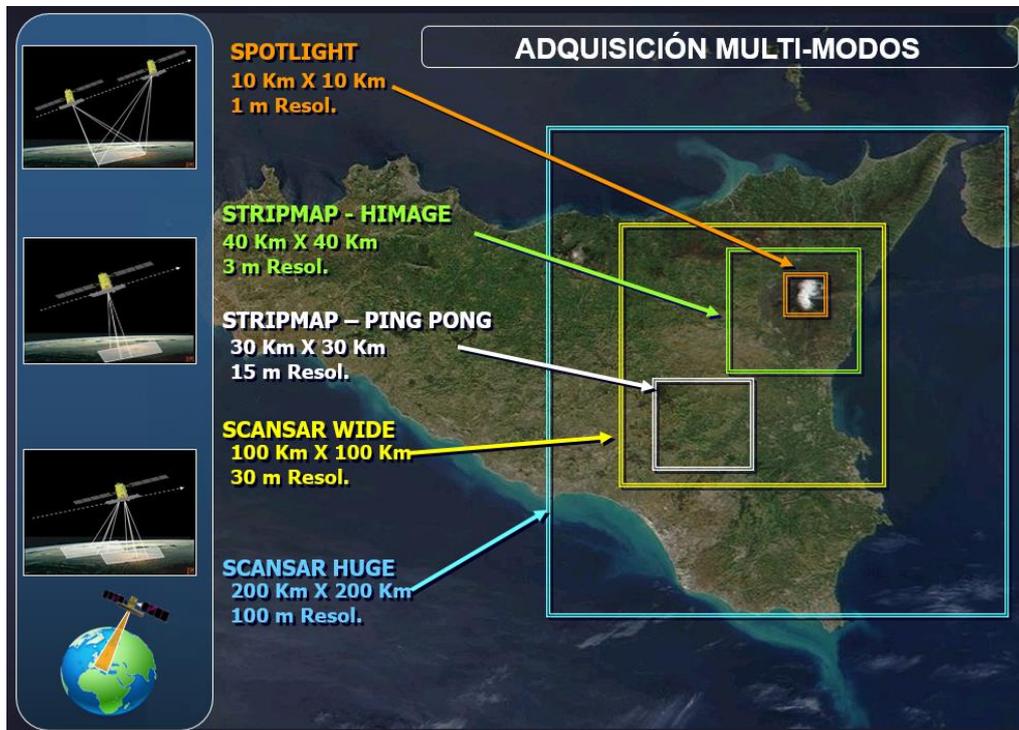
Figura 5. *Terrain Ruggedness Index (TRI).*

HAGA UN REPORTE EN WORD OFFICE, DE NO MENOS DE 6 (CARILLAS), CON TIPO DE LETRA VERDANA 11, ESPACIO 1,5 cm, página A4, CON MÁRGENES SUPERIOR E INFERIOR (2,5 cm), E IZQUIERDO Y DERECHO (3 cm).

NO SE OLVIDE DE CONSIGNAR NOMBRE Y APELLIDO E INSTITUCIÓN QUE REPRESENTA.

3. TRABAJO PRÁCTICO CON IMÁGENES SAR COSMO SKYMED (BANDA X)

3.1 Características de los datos



	HUGEREGION	WIDEREGION	HIMAGE	PINGPONG	MOD0 2
Resolución – single look	30 m	15 m	3 m	15 m	1 m
Resolución – multi-look	100 m	30 m	5 m	20 m	
Ancho de barrido	200 km	100 km	40 km	30 km	10 x 10 km
Longitud de la franja	>2.000 km	>2.000 km	>2.000 km	>2.000 km	
	SCANSAR		STRIPMAP		SPOTLIGHT

Figura 6. Adquisición multi-modos de las imágenes COSMO-SkyMed (CSK). Tomado de: COSMO-SkyMed SAR Products Handbook (2009).

Modo	Cobertura espacial km	Resolución espacial m	Resolución temporal	Rango de ángulos de incidencia	Polarización
Spotlight	10	1	<12horas (constelación)	20°-60°	Single HH o VV
Stripmap Himage	40	3			Single HH o HV o VH o VV
Stripmap Ping Pong	30	15			Dual HH-VV o HH-HV o VV-VH
ScanSar Wide Region	100	30			Single HH o HV o VH o VV
ScanSar Huge Region	200	100			

Tabla 2. Polarización de los modos de adquisición CSK.

COSMO-SkyMed (*CO*nstellation of small *Sat*ellites for the *Med*iterranean basin *Ob*servation) es una constelación de cuatro satélites SAR. El sistema está patrocinado por la Agencia Espacial Italiana (ASI) y el Ministerio de defensa de dicho país.

La constelación de satélites y el segmento terrestre están diseñados para proporcionar una cobertura global y continua de la superficie terrestre, siendo capaces de obtener imágenes estereoscópicas.

Los satélites están estabilizados en los tres ejes y disponen de dos paneles solares y una antena de radar que apunta en una dirección a 38° del sentido de desplazamiento del satélite. La órbita de los satélites es heliosincrónica. Se puede visitar una misma localización en unas pocas horas (**Figura 7**). El sistema tiene la posibilidad de operar por pares para realizar mediciones interferométricas.

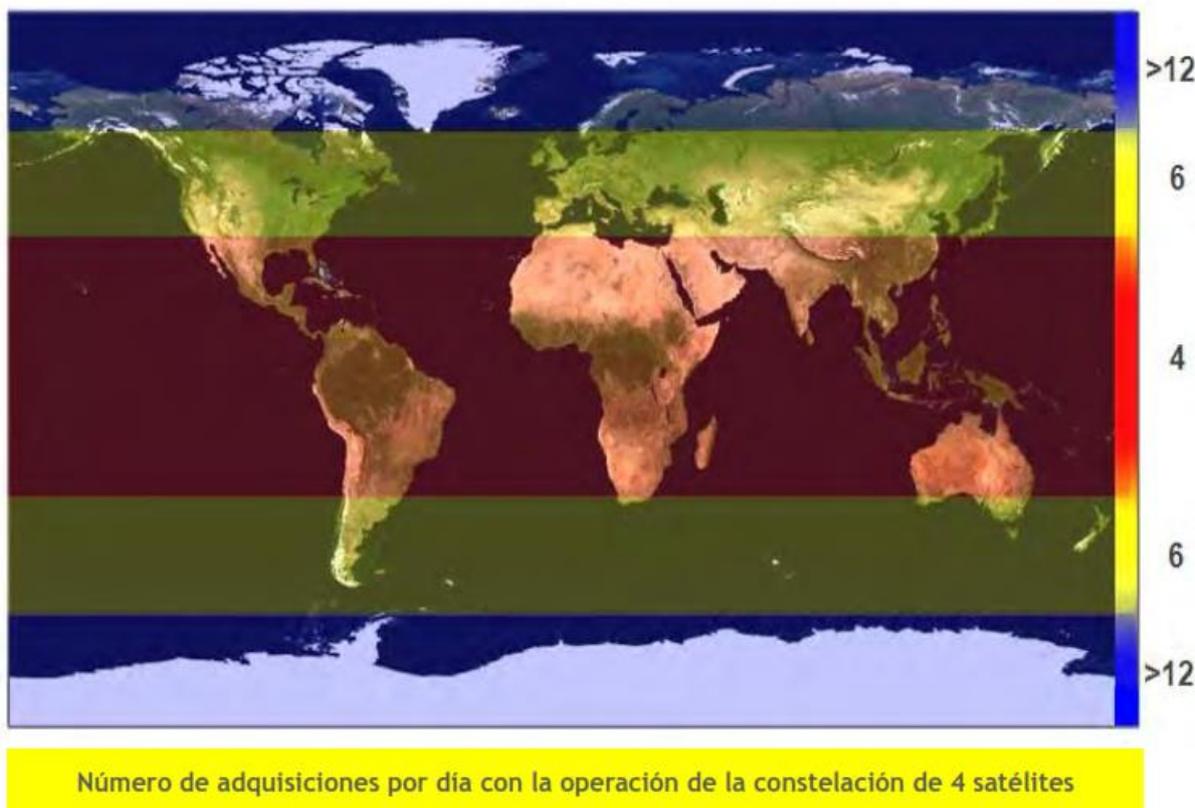


Figura 7. Tomado de: COSMO-SkyMed SAR Products Handbook (2009).

De acuerdo con el nivel de procesamiento, los productos pueden adquirirse en cinco niveles diferentes; **en color azul se señala el que trabajaremos en los ejercicios:**

- ✓ **Nivel 0, datos crudos (RAW):** definido como datos crudos (después del descifrado y antes del desempaquetamiento) asociados con datos auxiliares incluyendo datos de calibración requeridos para producir productos de niveles mayores. Los datos son números complejos de fase y cuadratura (I y Q). En el contexto de SAR, un número complejo está representado por un par de números: el componente en fase real (I) y el componente de cuadratura imaginario (Q). Este nivel tiene el siguiente procesamiento en los datos originales: eliminación del protocolo de transmisión, descompresión de datos, estimación de estadísticas y formateo de datos.

- ✓ **Nivel 1A, producto *Single-look Complex Slant (SCS)*:** definido como datos crudos enfocados en formato complejo, y en proyección *slant range-azimuth* (proyección de adquisición natural del sensor). El procesamiento aplicado es: compensación de la ganancia del receptor, calibración interna, enfoque de datos, estimación de estadísticas de los datos de salida y formateo de datos de salida.

- ✓ **Nivel 1B, producto *Detected Ground Multi-look (DGM)*:** obtenido mediante la detección, el multilooking y la proyección sobre una grilla regular de los datos *Single-look Complex Slant*. Este producto, consiste en datos enfocados SAR, ecualizados radiométricamente de manera interna, sin speckle, detección en amplitud. Tiene el siguiente procesamiento: reducción del ruido speckle mediante *multilooking*, detección de imagen (amplitud, que remueve la información de fase del archivo de datos), proyección elipsoide, evaluación de estadística y formateo de datos.

- ✓ **Nivel 1C (GEC) y 1D (GTC):** producto geocodificado, obtenido mediante la proyección del producto 1A sobre una grilla regular en un determinado sistema de referencia cartográfico. En el caso del nivel 1C la superficie es el elipsoide terrestre, mientras que en el nivel 1D un DEM es utilizado para aproximar la superficie terrestre real.

3.1.1 Convención de la nomenclatura de los archivos

CSKS<i>_<YYY_Z>_<MM>_<SS>_<PP>_<s><o>_<D><G>_<YYYYMMDDhhmmss>_<YYYYMMDDhhmmss>.h5

Tabla 3. Nomenclatura del archivo COSMO-SkyMed

Sub-string code	Meaning	Allowed values
<i>	Identifier of the satellite within the SAR constellation that acquired the scene	1 2 3 4
<YYY_Z>	Product Type	Standard Products: RAW_B SCS_B SCS_U DGM_B GEC_B GTC_B
<MM>	Instrument Mode used during the acquisition	HI (Himage) PP (PingPong) WR (WideRegion) HR (HugeRegion) S2 (Spotlight 2)
<SS>	Identifier of the swath (or subswath combination in the case of ScanSAR mode) used for the data acquisition	[0A-0B-01-...-24] for Himage Mode [0A-0B-01-...-23] for PingPong Mode [00-...-07] for WideRegion Mode [00-...-05] for HugeRegion Mode [0A-...-0D-01-...-33] for Enhanced Spotlight Mode
<PP>	Polarizations used during the acquisition	HH = Horizontal Tx/Horizontal Rx for Himage, ScanSAR and Spotlight modes VV = Vertical Tx/ Vertical Rx for Himage, ScanSAR and Spotlight modes HV = Horizontal Tx/ Vertical Rx for Himage, ScanSAR VH = Vertical Tx/ Horizontal Rx for Himage, ScanSAR CO = Co-polar acquisition (HH/VV) for PingPong mode CH = Cross polar acquisition (HH/HV) with Horizontal Tx polarization for PingPong mode CV = Cross polar acquisition (VV/VH) with Vertical Tx polarization for PingPong mode
<s>	Identifier of the Look Side	L = LEFT R = RIGHT
<o>	Identifier of the Orbit Direction	A = Ascending D = Descending
<D>	Delivery Mode	F = Fast Delivery mode S = Standard Delivery mode

<G>	State of the Selective Availability during the acquisition, affecting Orbital Data derived by GPS Instrument	N = ON F = OFF
<YYYYMMDDhhmmss>	Sensing Start Time rounded to the closest integer second	YYYY = year MM = month DD = day of the month hh = hour mm = minute ss = second
<YYYYMMDDhhmmss>	Sensing Stop Time rounded to the closest integer second	As for sensing start time

La extensión del archivo es *.h5 (hdf5, hierarchical data format).

Tomado de: COSMO-SkyMed SAR Products Handbook (2009).

3.1.2 ¿Cómo acceder a las imágenes?

- ✓ Ingresar a la página web del catálogo: <http://www.e-geos.it/products/cosmo.html> y ahí al link *Catalogue of COSMO-SkyMed imagery* (**Figura 8**).
- ✓ Es necesario loguearse con usuario y clave. Si no se tiene usuario y clave debe seguirse el proceso de registración.
- ✓ Una vez dentro del catálogo, clicar en alguna de las opciones de búsqueda (por mapa, por coordenadas, por archivo KML, etc.).
- ✓ Si se usa la opción de búsqueda por mapa, navegar hasta el área de interés y cambiar, debajo del mapa a la opción *Trace Search Area* para dibujar un polígono de búsqueda.
- ✓ Clicar en la opción *Advanced Search*. Se despliega un menú de opciones que incluyen: fecha inicial y final de la búsqueda, Modo del sensor, Polarización, dirección de pasada y ángulo de incidencia.
- ✓ Setear la fecha, y el modo del sensor a: SP_ENHANCED (modo *spotlight*) o STR_HIMAGE (*stripmap*), que son los modos más convenientes para encontrar posibles **pares interferométricos**.
- ✓ Clicar en el botón *Search*.
- ✓ El catálogo arroja un listado en el que es posible visualizar información detallada de las imágenes disponibles, exportar los resultados a archivos KML o *Shape*, etc.

The image displays two screenshots of the e-geos website. The top screenshot shows the 'COSMO-SkyMed' page, which features a navigation bar with 'HOME', 'INDUSTRY', 'GOVERNMENT', and 'SATELLITE DATA'. A sidebar on the left contains a 'How to Order' section with 'CATALOGUE' and 'Price List' highlighted in red. The main content area includes a header for 'COSMO-SKYMED', an image of four satellites, and descriptive text about the system's capabilities and applications. The bottom screenshot shows the website's login interface, with the 'Login' button highlighted in red. The ASI logo and 'e-geos AN ASI / TELESPIAZIO COMPANY' branding are visible in both screenshots.

Figura 8. Website e-geos, catálogo de imágenes COSMO SkyMed.

3.1.3 Materiales

Imágenes COSMO SkyMed (CSK) de moderada a alta resolución espacial, Ping Pong (PP) e Himage (Hi), pixel de 15 y 3 m, respectivamente. Las imágenes se encuentran en los directorios `\Curso9\CSK-PP` y `\CSK-Hi`. Para el preprocesamiento digital se usará el software SNAP (*SENTINELS APPLICATION PLATFORM*) v5.0.0 (05.12.2016 14:40). Las imágenes de la práctica se encuentran en el formato de este software (*.dim).

3.2 Trabajo Práctico 2: Análisis de una imagen Ping Pong (PP) CSK

3.2.1 Objetivos

Los objetivos de este ejercicio son: 1) Comprender el preprocesamiento básico de **imágenes PP CSK** de una zona agrícola, dentro del esquema de un proyecto; y 2) Aprender a usar el álgebra de bandas para realizar la **normalización radiométrica** y **combinaciones RGB**.

3.2.2 Área de la Práctica

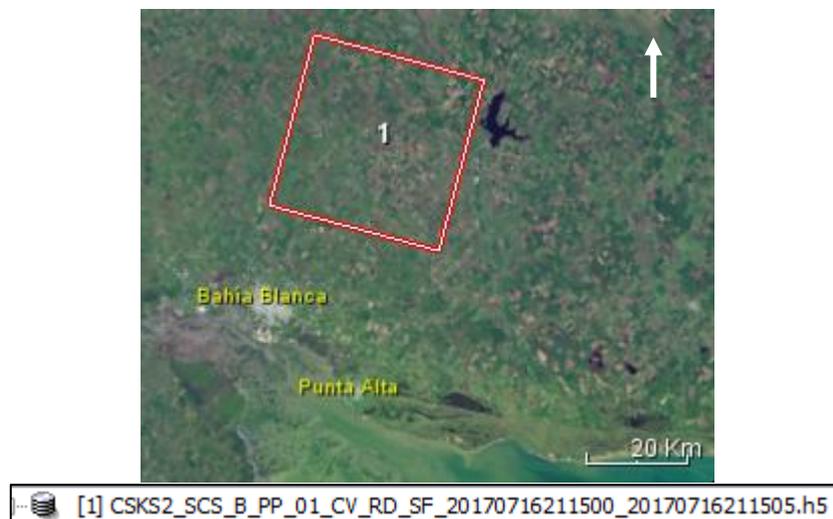


Figura 9. Imagen CSK PP al noreste de Bahía Blanca (Bs.As.), del 17/07/2017, de órbita derecha-descendente, polarización dual VV-VH. *Fuente: CONAE. Prohibido su uso fuera de la utilización del presente Curso.*

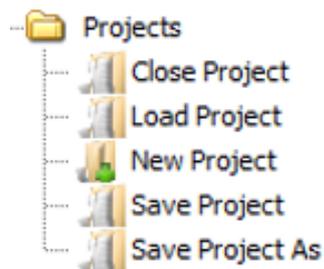
3.2.3 Desarrollo e Informe

Los pasos principales para seguir en el presente ejercicio comprenden:

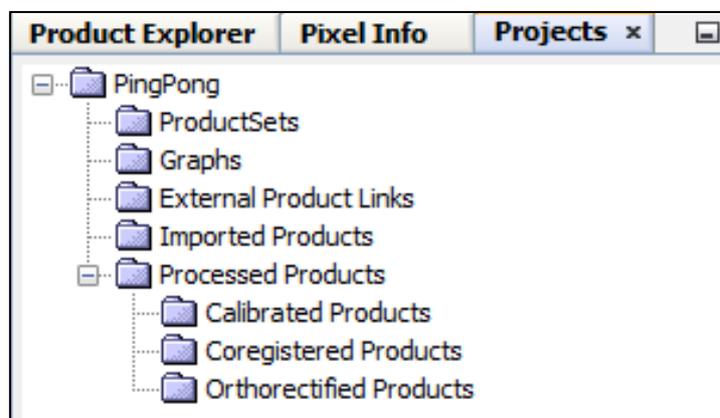
1. Crear un Proyecto (`PingPong.xml`).

2. Importar la imagen PP CSK SCS.
3. Integración de píxeles (*Multilooking, ML*).
4. Calibración (*Calibration, Cal*).
5. Filtrado del moteado (*Speckle Filtering, Spk*).
6. Simulación geométrica (*SAR Simulation, Sim*).
7. Corrección geométrica del terreno (*Terrain Correction, TC*).
8. Uso del álgebra de bandas (*Band Maths*) para la normalización radiométrica (*Radar backscatter: Slope Normalisation, Norm*) y cálculo de distintos índices.
9. Visualice en una data *display (RGB)* los resultados y exporte dichas combinaciones al *Google Earth (Export to Google Earth)*.

Primeramente, vamos a crear un Proyecto. En la barra de herramientas del menú vaya a `\View\Toolbars` y tilde el sub-menú *Projects*, esto habilitará 3 de los íconos correspondientes (*Projects, New Project* y *Load Project*):



Haga clic en el ícono *New Project* y coloque el nombre PingPong (extensión *.xml) al proyecto de trabajo, en la carpeta `\LAB\COSMO-SKYMED\RESULTS`.



Para que aparezca en la ventana del Producto (*Product Explorer* y *Pixel Info*), haga clic en el ícono *Projects*.

Luego, vaya a `\File\Import\SAR Sensors\Cosmo-SkyMed` e importe la imagen PP (*.h5) del directorio:

✓ `\Curso9\CSK-PP`

Una vez importada la imagen aparecerá en la carpeta *External Products Links* (formato *.dim).

Luego vaya a `\Radar\Multilooking` y en el directorio *Target Product* modifique el nombre del archivo de salida (*output*), dejando el satélite CSK (*CSK2*), el formato (*Single-look Complex Slant, SCS*), el modo (*PingPong, PP*), la polarización dual (*CV*), la observación y la órbita (*RD*, derecha descendente) y la fecha (año, mes, día).

En forma automática el programa agregará un subfijo del proceso que se vaya haciendo, *ML (Multilooking)*, en este caso.

El producto de salida se guardará en la carpeta *Processed Products*. Antes, especifique los parámetros del proceso, como se indica en el cuadro adjunto.

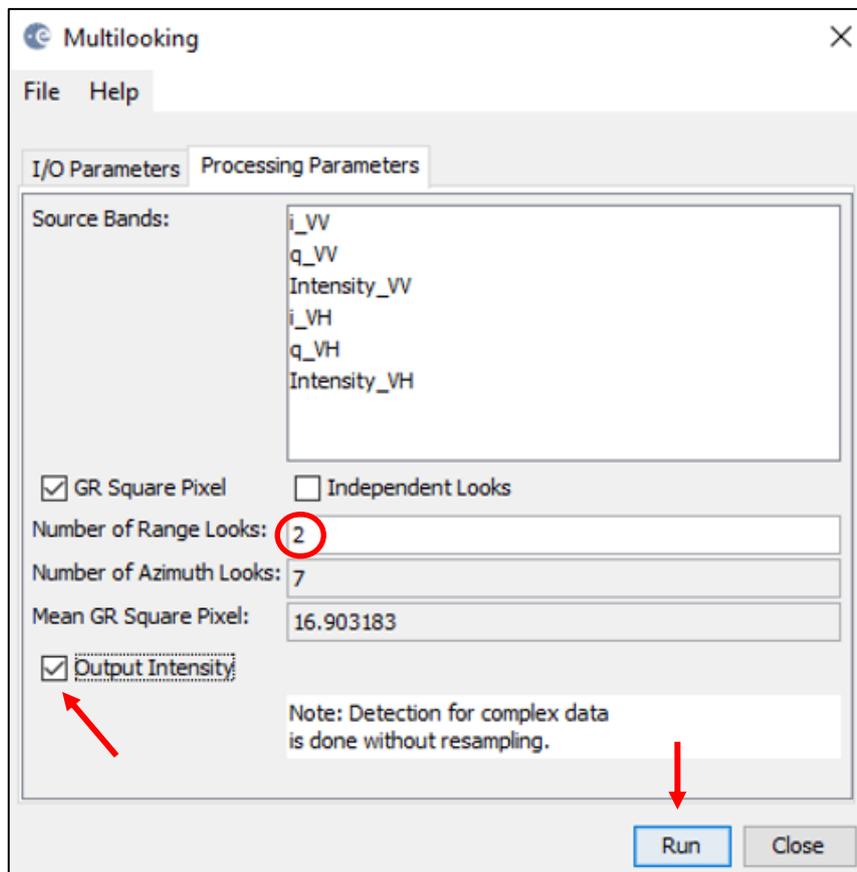
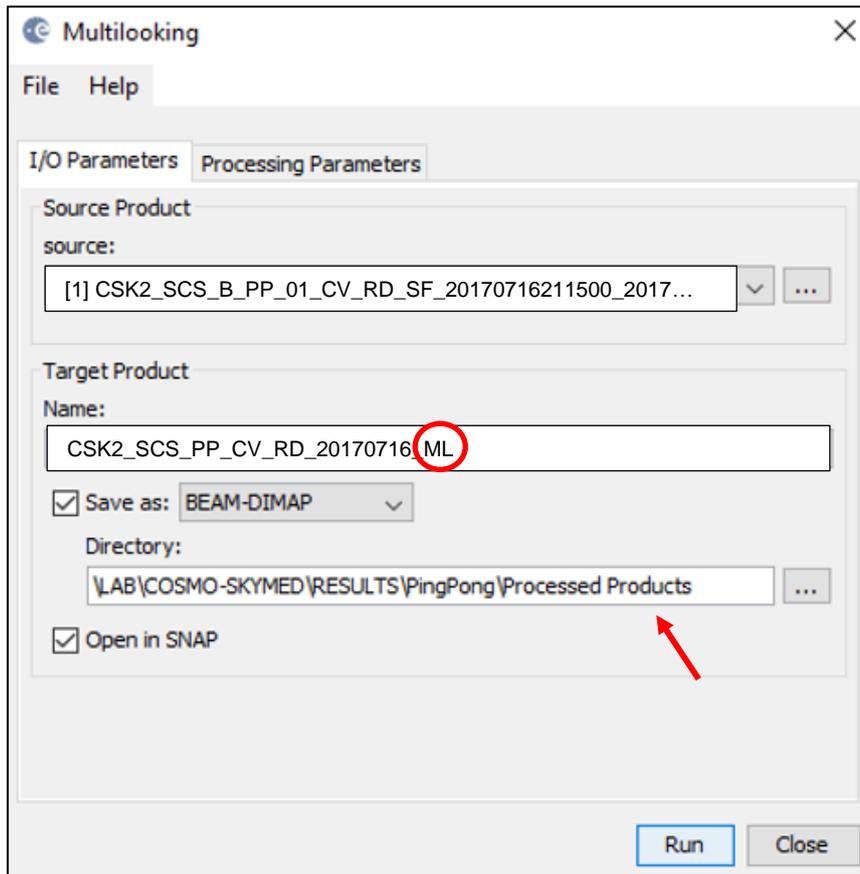
Después realice los procesos de calibración, *speckle* (reducción del moteado), [simulación](#) y corrección geométrica (ortorectificación). En los parámetros de la ortorectificación tilde la obtención del DEM, la proyección del ángulo incidente sobre el ángulo local y el ángulo del elipsoide.

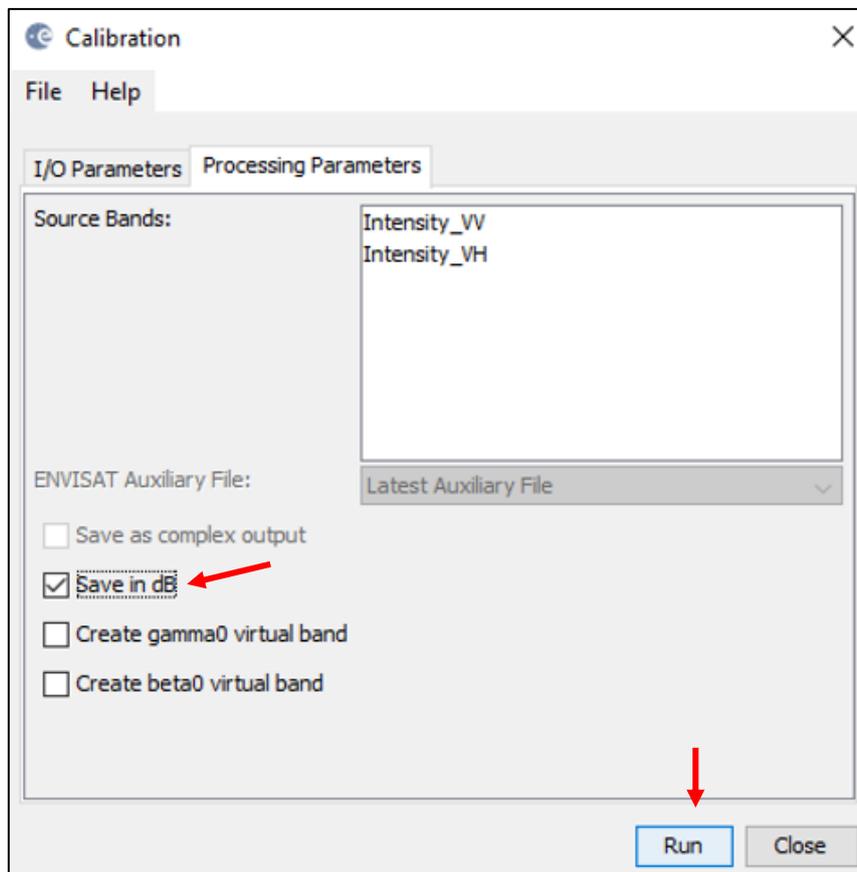
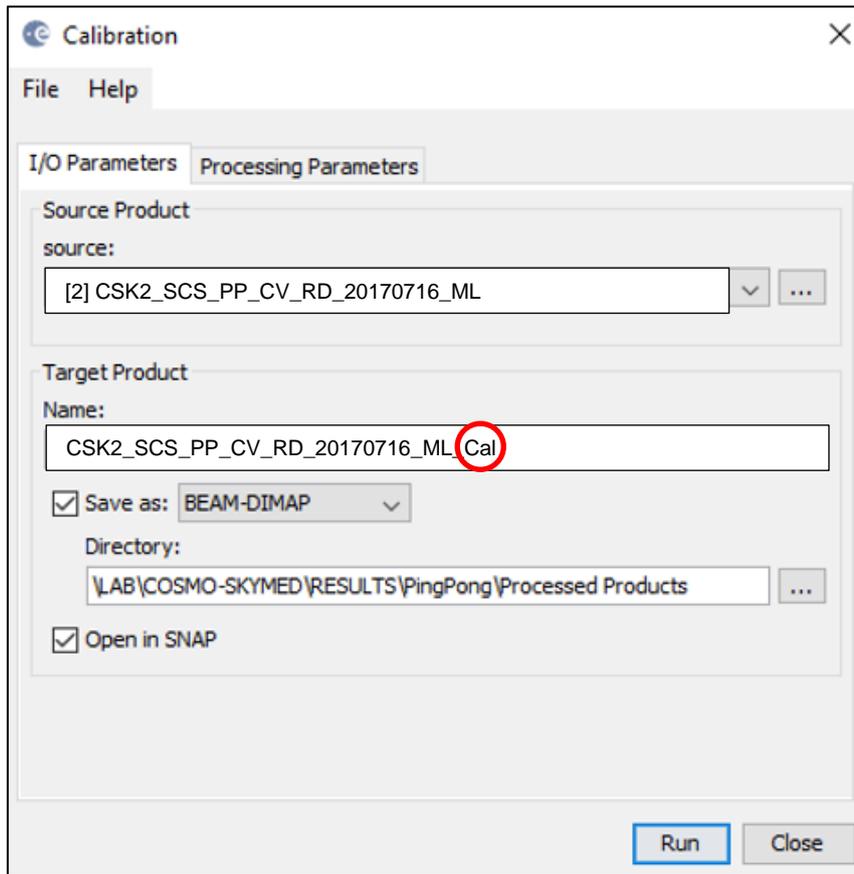
El operador de la [simulación](#) genera una imagen SAR simulada usando el DEM (SRTM 1sec HGT). Este algoritmo utiliza la codificación geográfica, los datos de la órbita y la modelización matemática de la geometría en la formación de la imagen SAR. Como datos significativos el proceso de simulación genera la intensidad de la señal simulada y una máscara de las correcciones geométricas de la inversión del relieve (*layover*) y de las sombras (*shadow*).

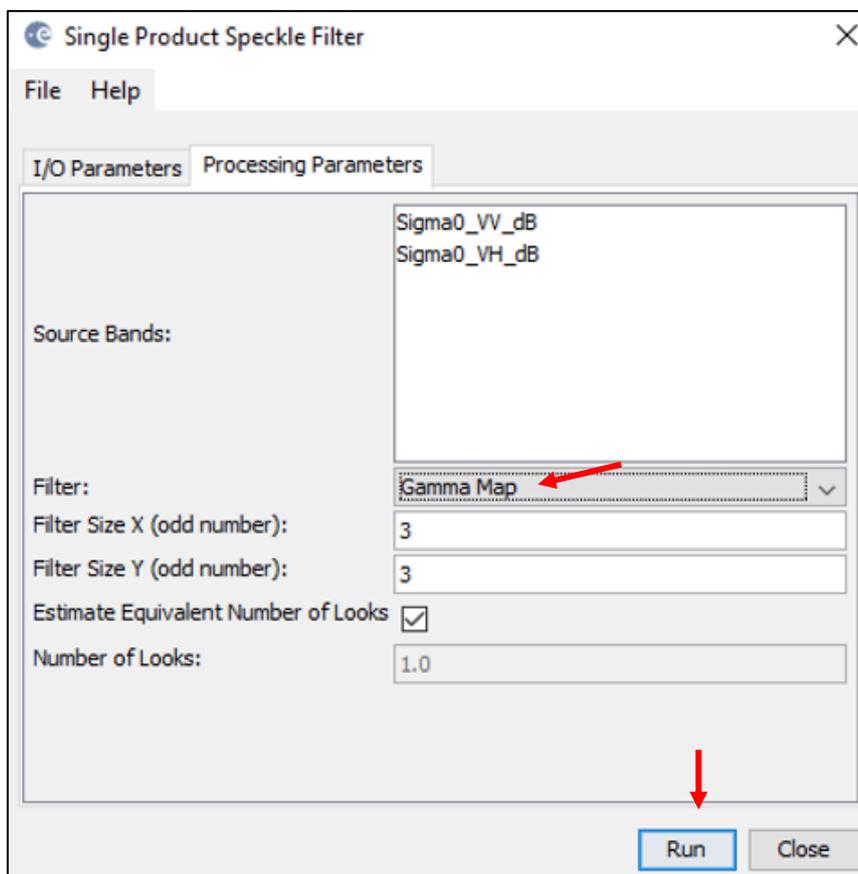
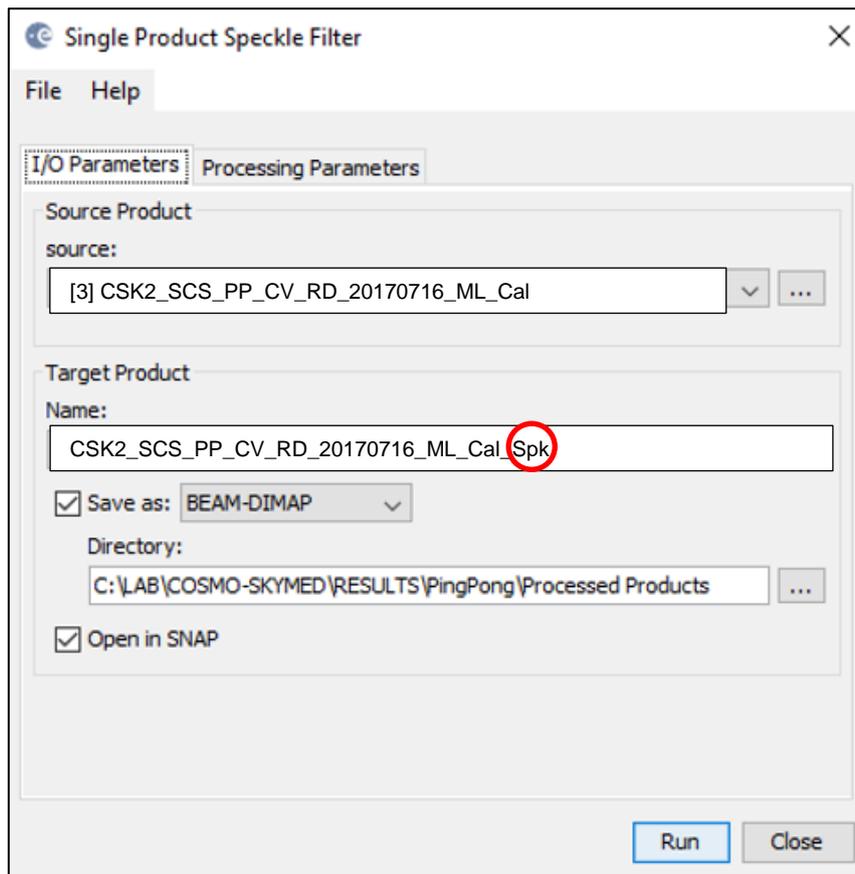
[Después del proceso de corrección geométrica \(Terrain Correction\) se debe realizar la normalización radiométrica \(Radar backscatter: Slope normalization\) con el esquema de Kelldorfer et al. \(1998\), explicado en clase.](#)

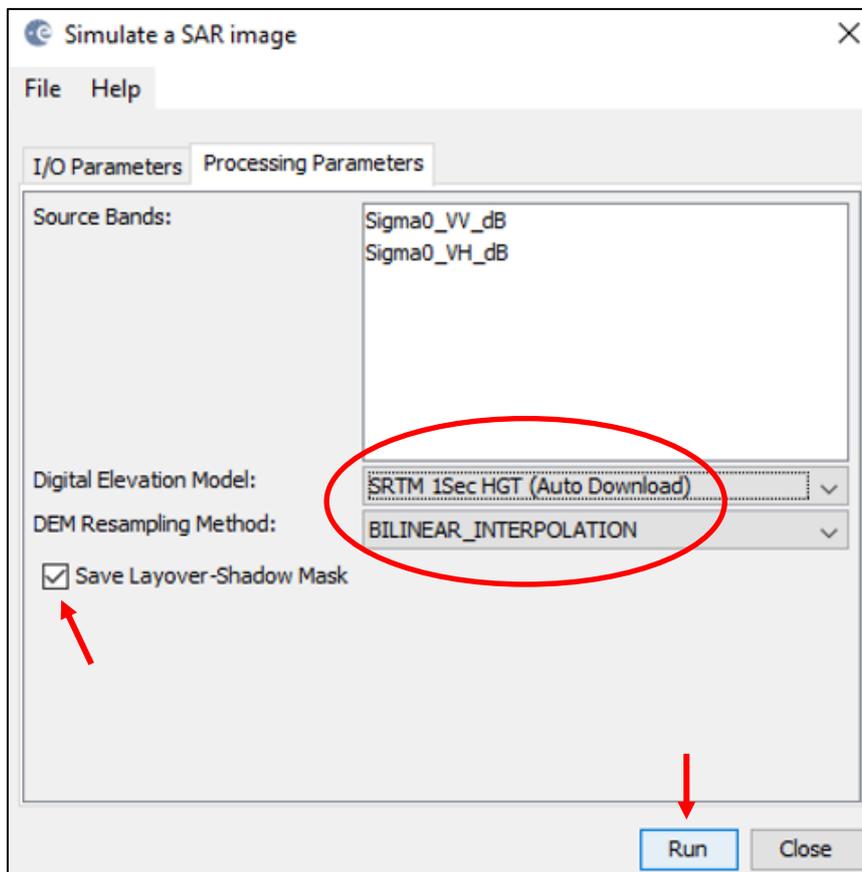
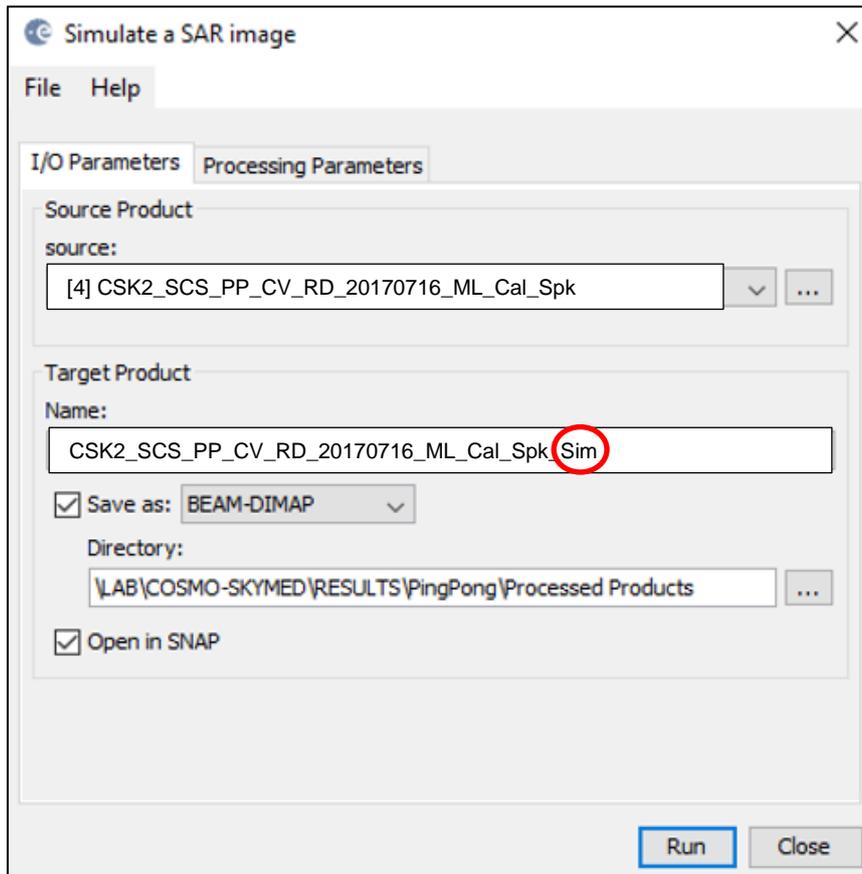
Las representaciones RGB e HSV se consideran sólo para fines de realce visual, a través de la combinación de las polarizaciones (X_{VV} - X_{VH}) y de transformaciones al espacio de color.

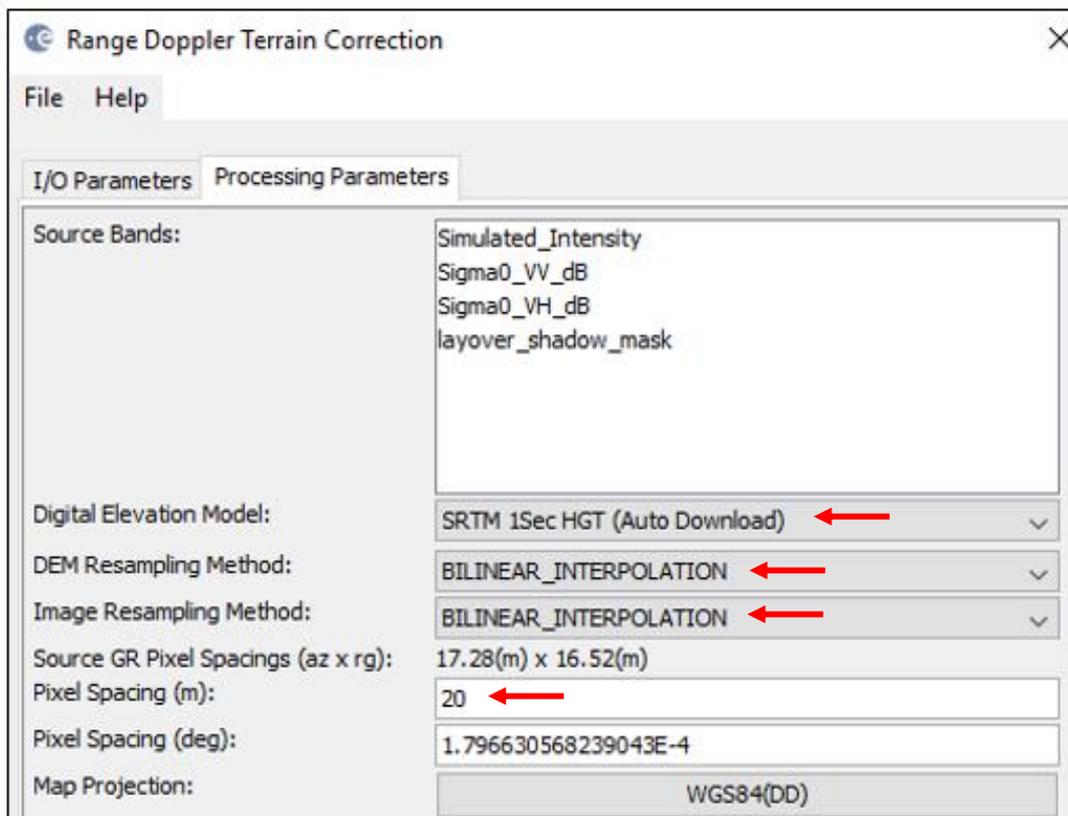
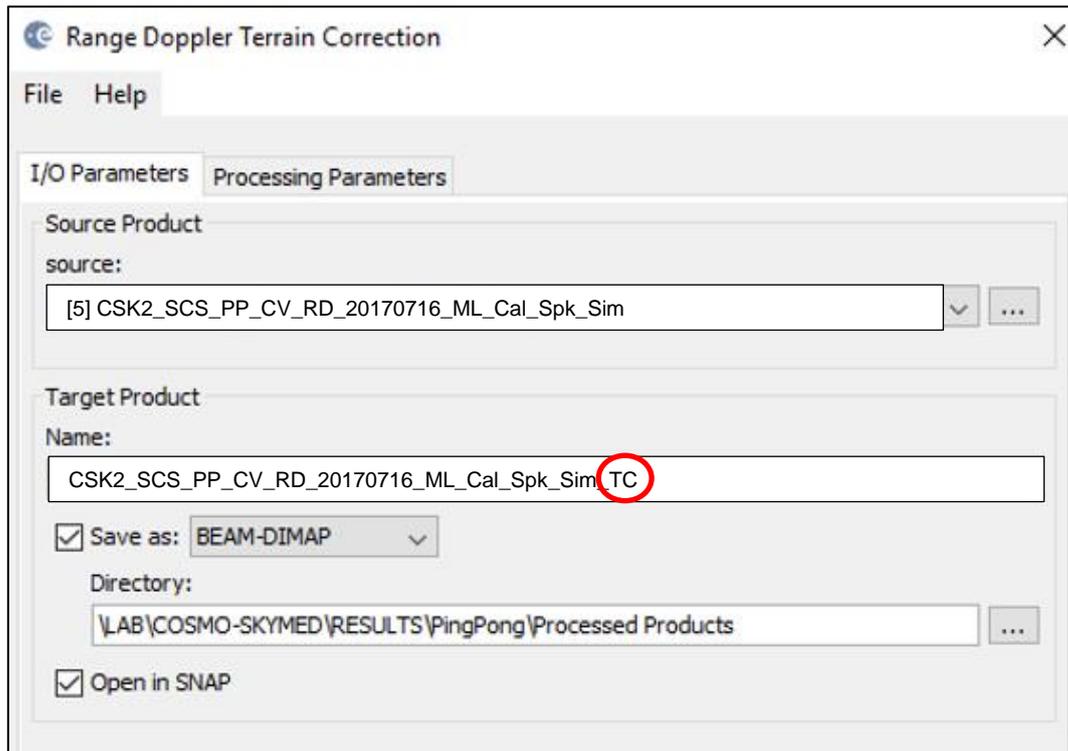
Para cada polarización separadamente, puede utilizar la escala de colores en el Navegador (*Spectrum, Colour manipulation*) y exportar al *Google Earth*.

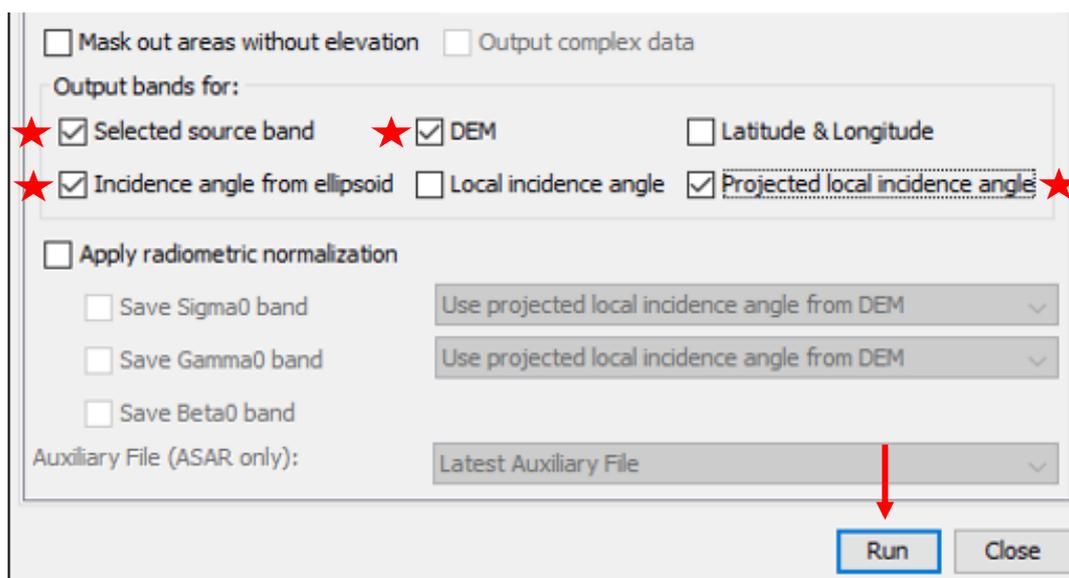












La normalización radiométrica para las variaciones locales del área de dispersión la tomamos de [Kellndorfer et al. \(1998\)](#) *:

$$\sigma^0_{Norm} = \sigma^0_{Elipsoide} \times \frac{\text{sen}^\theta_{MDE}}{\text{sen}^\theta_{Elipsoide}}$$

* [Kellndorfer, J.M., L.E. Pierce, M.C. Dobson, y F.T. Ulaby. 1998. Toward consistent regional-to-global-scale vegetation characterization using orbital SAR systems. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 36:1396-1411.](#)

Del Modelo Digital de Elevación (SRTM 1sec HGT) obtenemos los ángulos de incidencia local proyectado y del elipsoide ([Terrain Correction, paso 7](#)), para realizar la normalización radiométrica en: `\Raster\Band Maths`.

Las fórmulas para escribir (*Edit Expression*) son las siguientes:

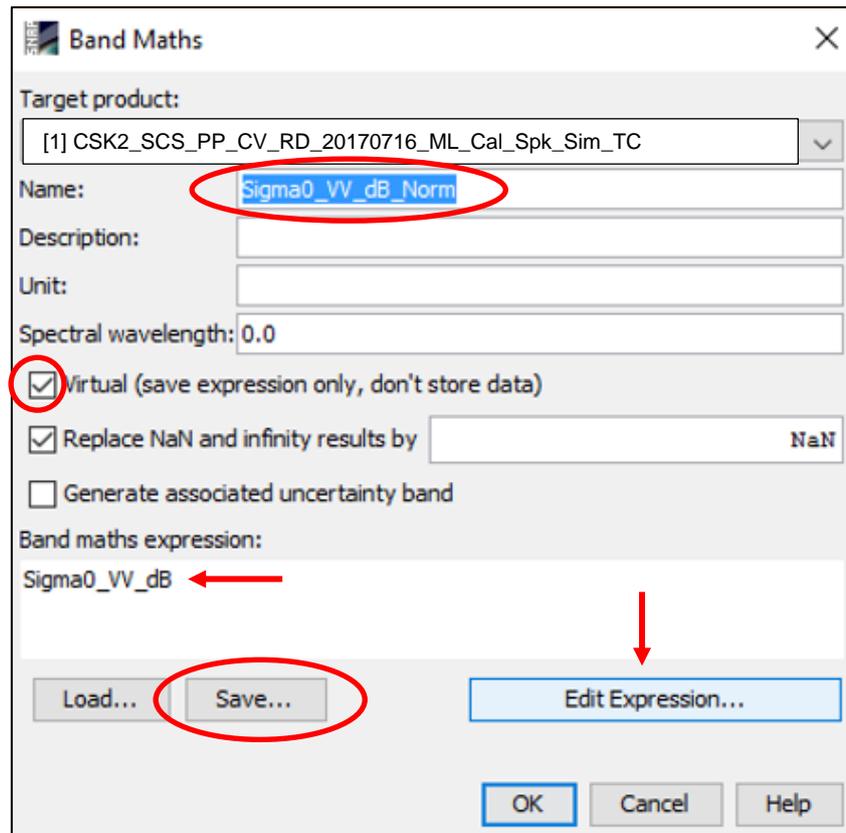
Sigma0_VV_dB_Norm = (Sigma0_VV_dB * sin(PI*projectedLocalIncidenceAngle/180)) / sin(PI*incidenceAngleFromEllipsoid/180)

Sigma0_VH_dB_Norm = (Sigma0_VH_dB * sin(PI*projectedLocalIncidenceAngle/180)) / sin(PI*incidenceAngleFromEllipsoid/180)

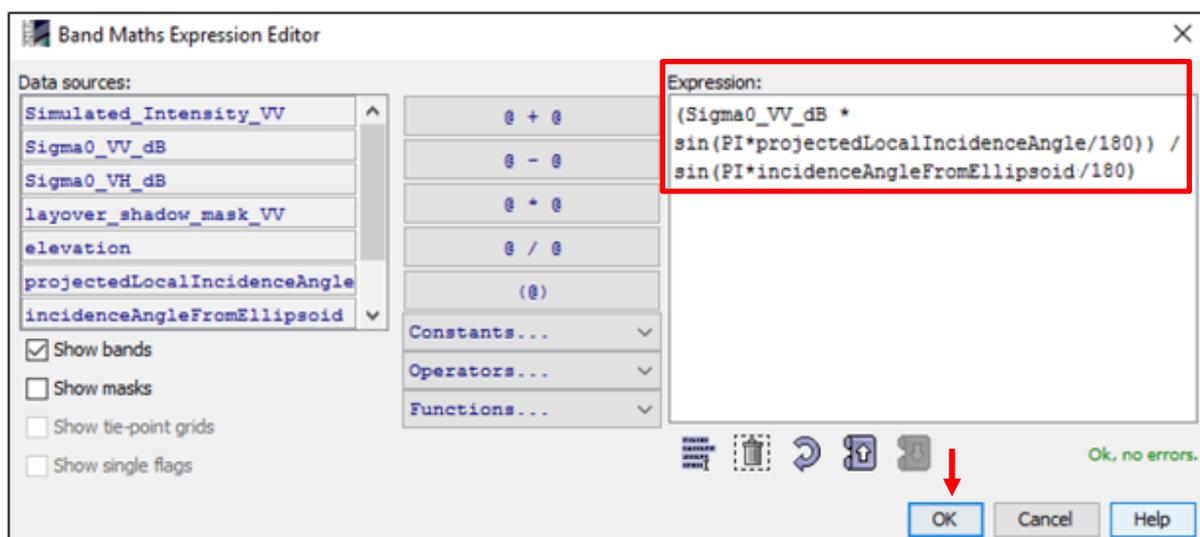
Guarde en la carpeta *Processed Products* del proyecto PingPong las dos fórmulas como archivo de texto (*.txt).

Una vez obtenidas las bandas virtuales hay que convertirlas en bandas permanentes en `\Raster\Convert Band`, o directamente posicionado sobre la

banda, haciendo clic con el botón derecho del *mouse* se activa dicha opción. Finalmente, salve el Producto (*\File\Save Product*).



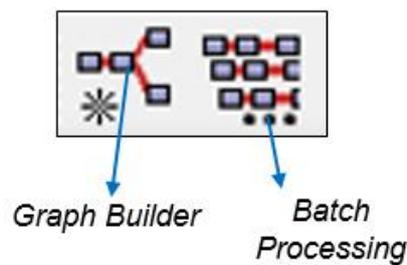
Se puede des-tildar *Virtual* para que se guarde de manera permanente la banda. Lo mismo haga para la banda *Sigma0_VH_dB*; puede llamar el algoritmo de *Band Maths*, cargar (*Load*) el archivo *Sigma0_VV_dB_Norm.txt* y reemplazar por la banda *VH* en la *Expression*. No se olvide de salvar el archivo *.txt como *Sigma0_VH_dB_Norm*.



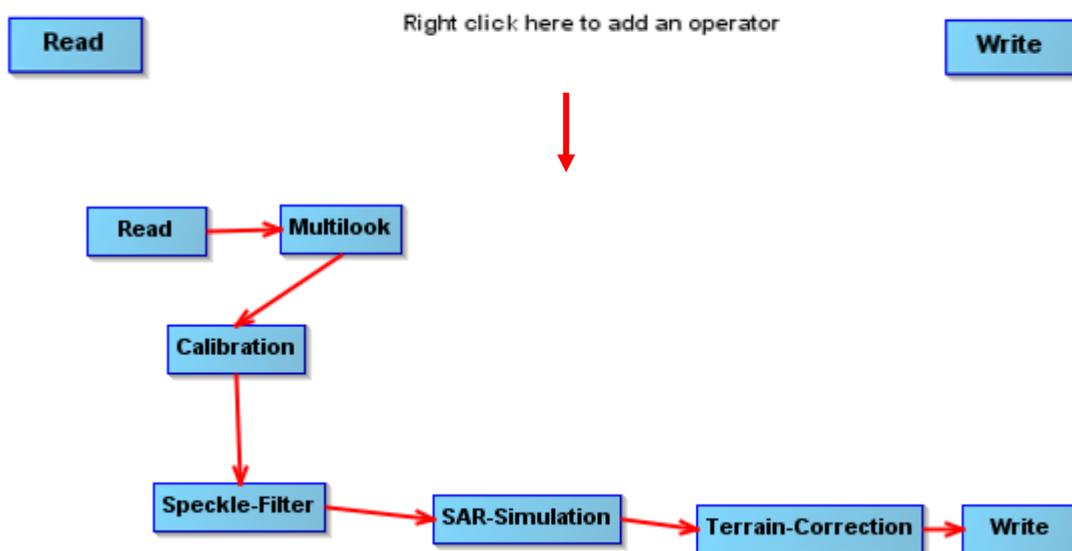
Luego, convierta las bandas virtuales (V) a permanentes como se ha explicado anteriormente y salve el producto.

En la etapa final del ejercicio, puede construir un modelo para realizar la automatización del proceso realizado anteriormente para procesar varias imágenes:

Los dos íconos para utilizar en la barra del menú son: el *Graph Builder* primero, y el *Batch Processing*, a posteriori:



Al abrir el *Graph Builder* tendrá que ir construyendo el modelo haciendo clic con el botón derecho del *mouse* sobre cada etapa y adicionando el algoritmo (*operator*) a ejecutar:



Conecte el gráfico con el botón derecho del *mouse* (*Connected Graph*) y coloque el nombre PingPong.xml, y guardelo en la carpeta Graph.

Haciendo clic con el botón derecho del *mouse* sobre cada celda puede ir a las distintas herramientas del sub-menú y **especificar los parámetros ya conocidos.**

Cuando termine, para conectar las celdas del modelo, aplique el botón derecho del *mouse* (*Connected Graph*). Salve el gráfico con el nombre *PingPong_orbits* (tiene una extensión *.xml) y guárdelo en la carpeta *\Graphs*.

Haga clic en el ícono de la automatización de procesos en cadena (*Batch Processing*), cargue el producto original (la imagen importada) y luego abra el gráfico (*Load Graph*), y ejecute (*Run*). Se hará el mismo proceso, pero en un solo paso, y si tuviera varias imágenes, éste procedimiento es muy útil.

Por último, exporte las bandas en el *Google Earth* en los modos individual o **RGB** (**Red, Green, Blue**) o HSV (*Hue, Saturation, Value*).

HAGA UN REPORTE EN WORD OFFICE, DE NO MENOS DE 6 (CARILLAS), CON TIPO DE LETRA VERDANA 11, ESPACIO 1,5 cm, página A4, CON MÁRGENES SUPERIOR E INFERIOR (2,5 cm), E IZQUIERDO Y DERECHO (3 cm).

COMENTE BREVEMENTE LA UTILIDAD COMPARATIVA DE LO QUE SE OBSERVA EN LA VISIÓN ÓPTICA DE LAS IMÁGENES DEL *GOOGLE EARTH* Y EN LA IMAGEN CSK; ASI COMO TAMBIÉN LAS DIFERENCIAS ENTRE EL ALGEBRA DE BANDAS Y LOS PRODUCTOS DESPLEGADOS PRINCIPALMENTE EN RGB.

NO SE OLVIDE DE CONSIGNAR NOMBRE Y APELLIDO E INSTITUCIÓN QUE REPRESENTA.

3.3 Trabajo Práctico 3: Análisis de imágenes Himage (HI) CSK

3.3.1 Objetivos

Los objetivos de este ejercicio son: 1) Realizar el procesamiento básico para la visualización de las **imágenes CSK de alta resolución espacial (5 m)** principalmente con relación a la composición y coregistración de bandas; y 2) Aprender a usar e interpretar el análisis de textura.

3.3.2 Área de la Práctica



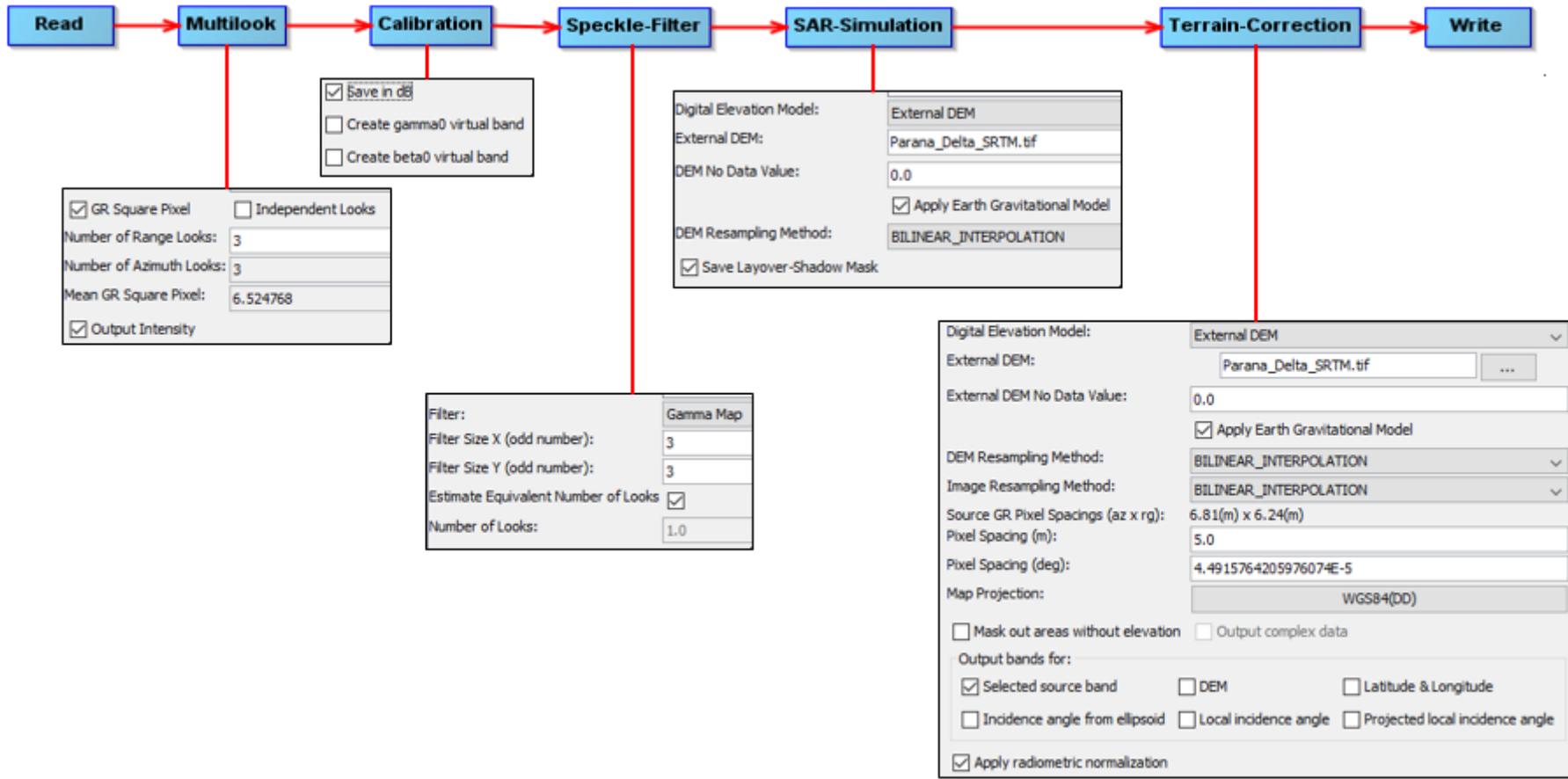
Figura 10. Izquierda: Imágenes Stripmap Himage (HI) COSMO SkyMed (CSK) originales (1 y 2). Derecha: Recortes para el ejercicio (3). **Fuente: CONAE. Prohibido su uso fuera de la utilización del presente Curso.**

3.3.3 Desarrollo e Informe

Los pasos principales para seguir en el presente ejercicio comprenden construir un *Graph Builder* para procesar las imágenes Hi, donde conste:

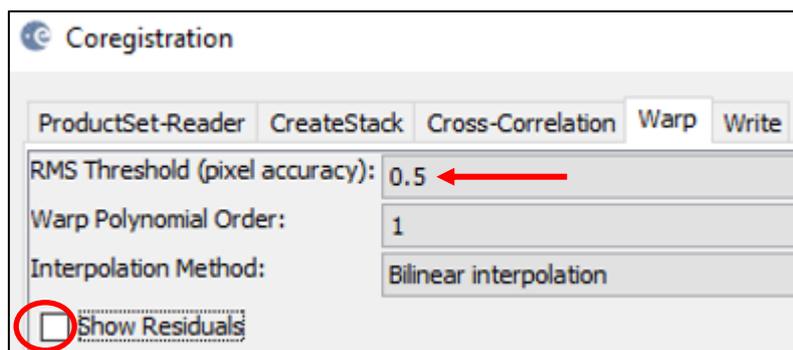
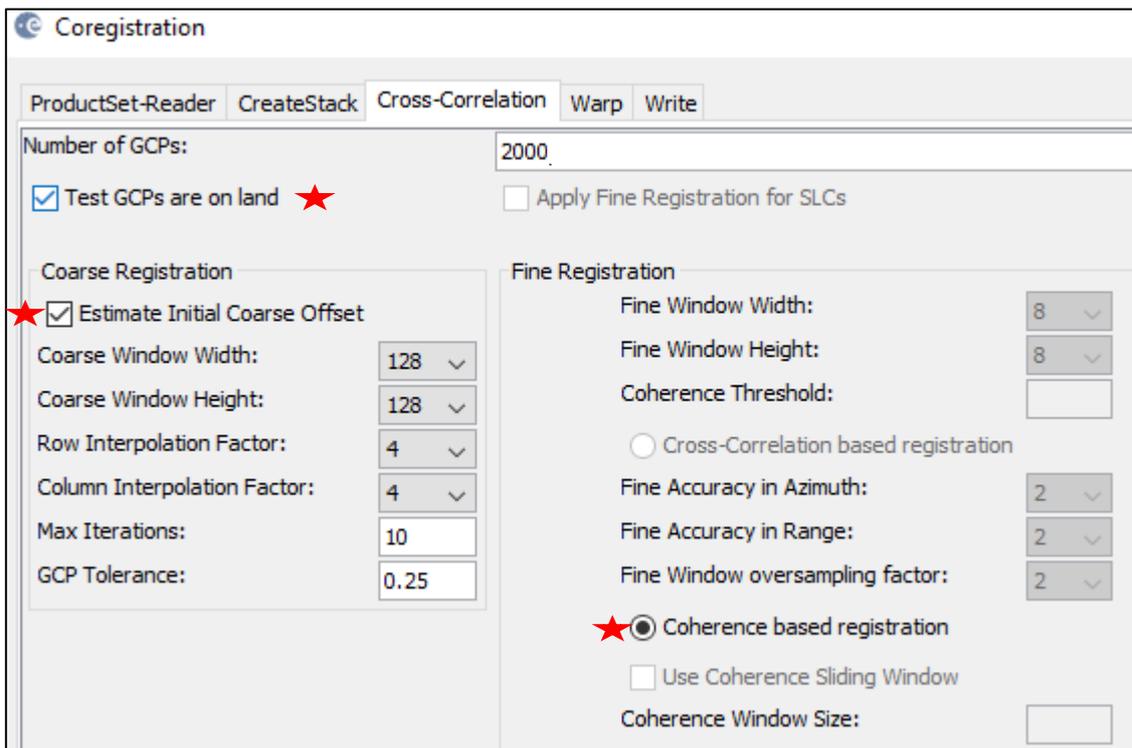
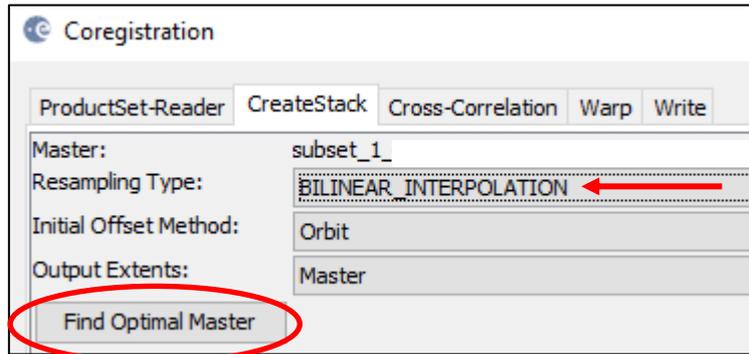
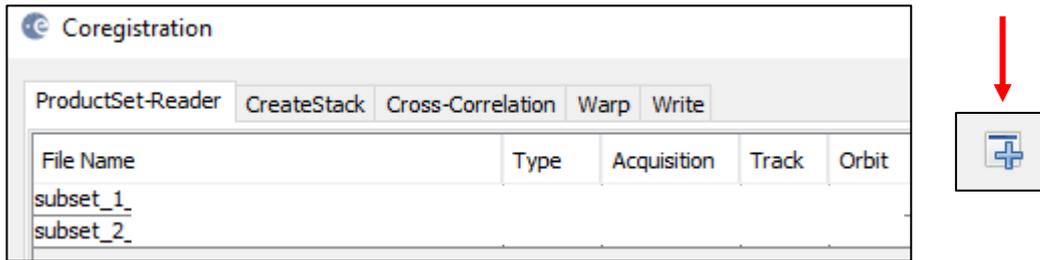
1. Integración de píxeles (*Multilooking, ML*).
2. Calibración (*Calibration, Cal*).

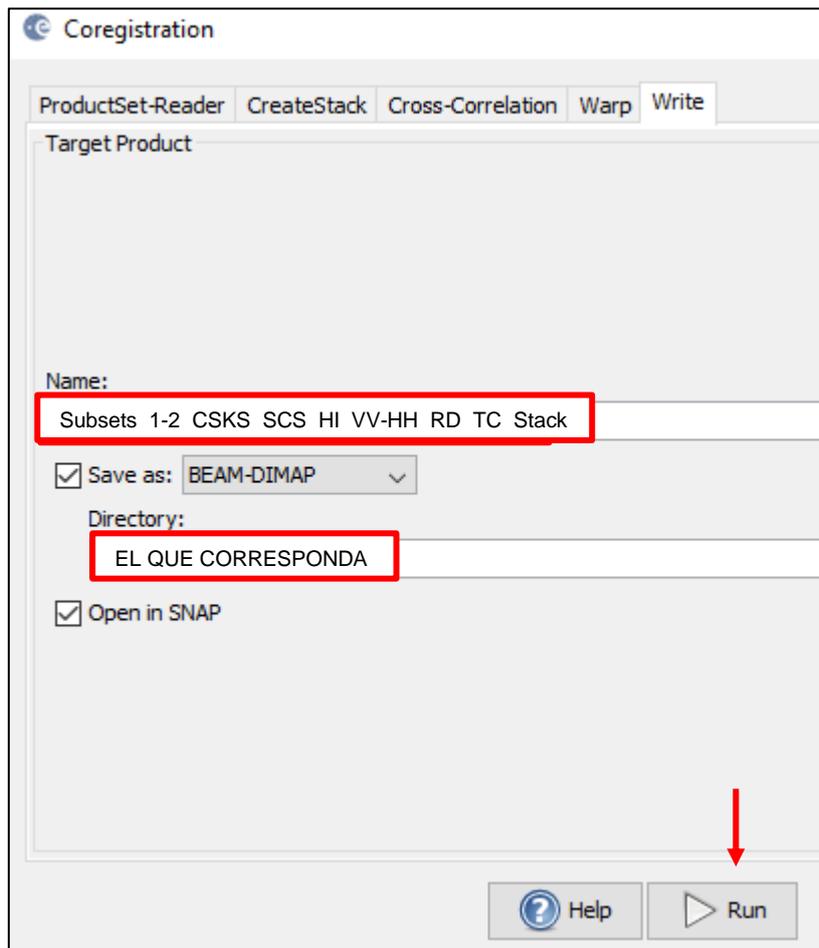
3. Supresión del moteado (*Speckle*, **Spk**).
4. Simulación geométrica (*SAR Simulation*, **Sim**).
5. Corrección geométrica del terreno (*Terrain Correction*, **TC**).
6. Realice la coregistración (*Coregistration*, **Stack**).
7. Visualice en una data *display* (**RGB**) los resultados y exporte las combinaciones al *Google Earth* (*Export to Google Earth*).



Esquema de desarrollo para procesar las imágenes Strimap Himage CSK; a diferencia del TP1, sí se aplica la normalización radiométrica automática (el DEM de referencia no es tan detallado para este tipo de resoluciones).

Luego, vaya a `\Radar\Coregistration`:





Seleccionando las dos bandas VV y HH se puede hacer índices (cociente, suma, diferencia) con el álgebra de bandas. Exporte al *Google Earth* como **RGB** $X_{HH}-X_{VV}$ - X_{HH} . Haga un recorte.

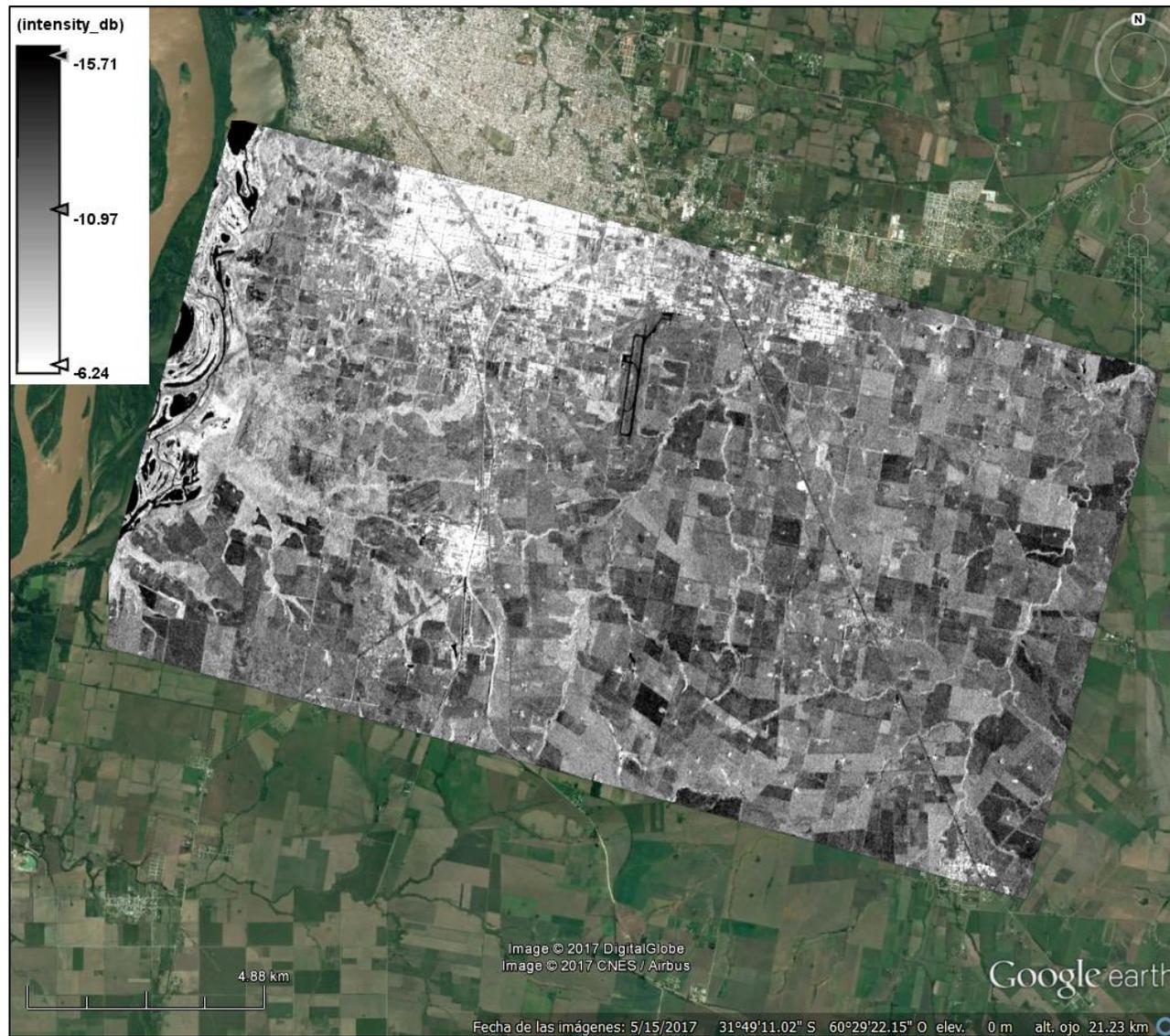


Figura 11. Recorte de una imagen Hi CSK, 5-m de resolución espacial, X_{HH} , valores en decibeles (*backscattering*).

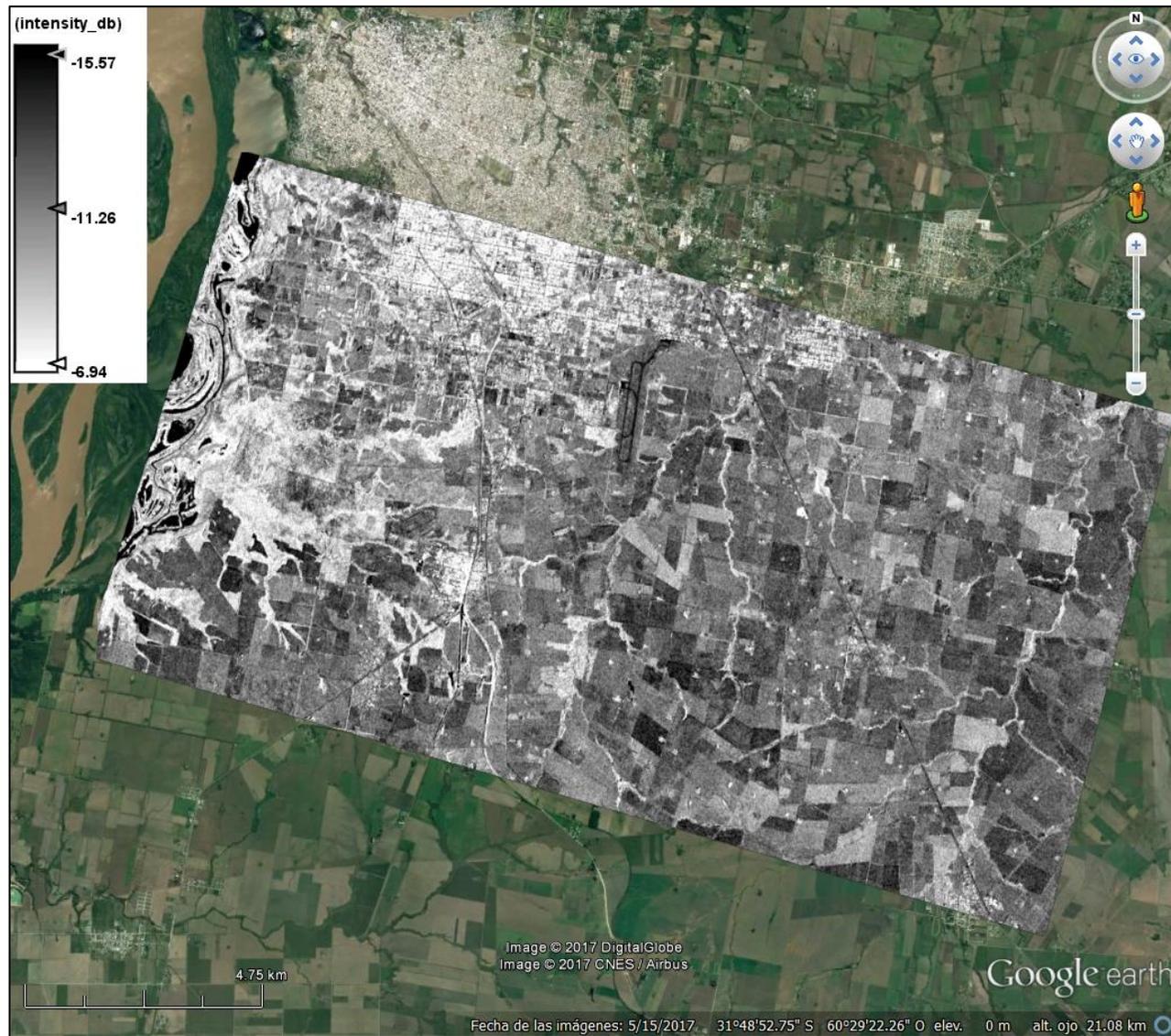


Figura 12. Recorte de una imagen Hi CSK, 5-m de resolución espacial, X_{VV} , valores en decibeles (*backscattering*).



Figura 13. Ampliación de un sector de una imagen Hi CSK **RGB XHH-XVV-XHH**.

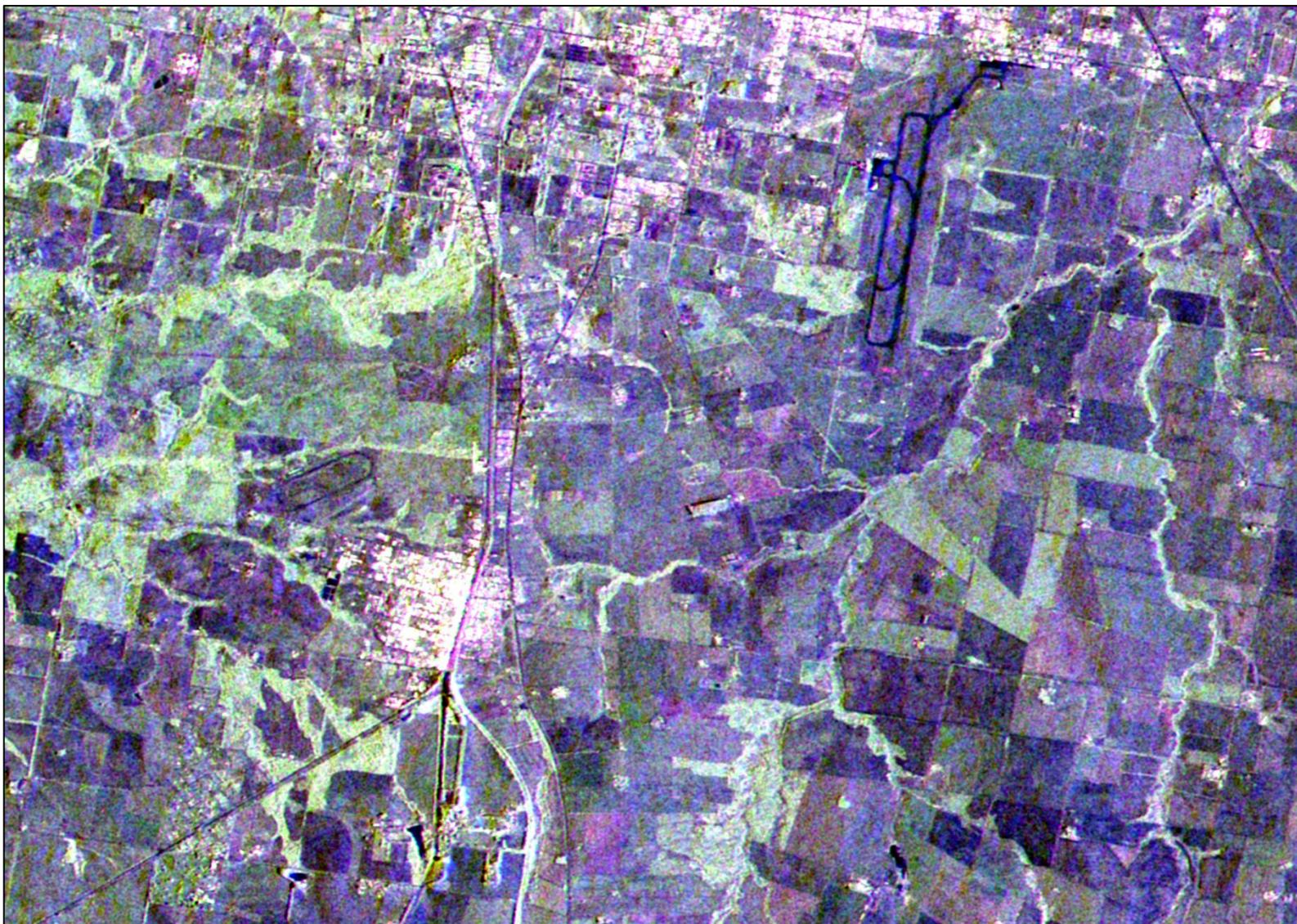


Figura 14. Ampliación de un sector de una imagen Hi CSK **RGB** X_{HH} - X_{VV} -ratio.

HAGA UN REPORTE EN WORD OFFICE, DE NO MENOS DE 6 (CARILLAS), CON TIPO DE LETRA VERDANA 11, ESPACIO 1,5 cm, página A4, CON MÁRGENES SUPERIOR E INFERIOR (2,5 cm), E IZQUIERDO Y DERECHO (3 cm).

NO SE OLVIDE DE CONSIGNAR NOMBRE Y APELLIDO E INSTITUCIÓN QUE REPRESENTA.

4. TRABAJOS PRÁCTICOS CON IMÁGENES SAR SENTINEL-1 (BANDA C)

4.1 Características de los datos

Son dos satélites A y B, con una cobertura global de 12 días, que se reduce a 6 días en el ecuador.

Los modos de adquisición son los que se muestran en la **Figura 15** y **Tabla 4**.

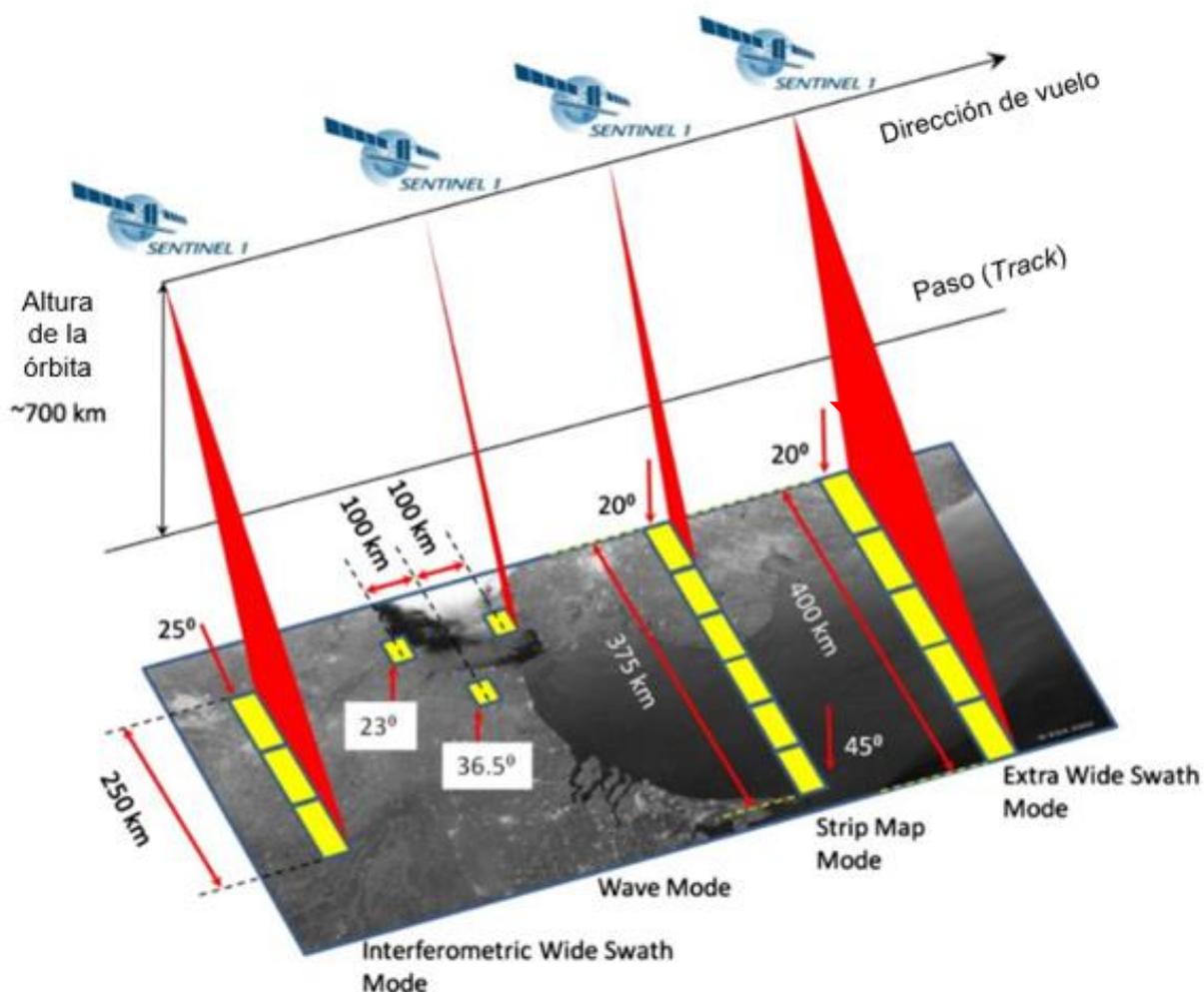


Figura 15. Modos de adquisición del SENTINEL-1. Tomado de: <https://sentinel.esa.int/>:

- ✓ *StripMap (SM)* – por pedido especial y nada más en circunstancias especiales.
- ✓ *Interferometric Wide swath (IW)* – recolección continua sobre Tierra.
- ✓ *Extra Wide swath (EW)* – principalmente para el monitoreo de las costas y mares.
- ✓ *Wave (WV)* – recolección continua sobre el mar.

Tabla 4. Principales características de los modos de adquisición S1

Modo	Ángulo grados	Resolución m		Ancho de barrido km	Polarización
		Alcance (Range)	Acimut (Azimuth)		
SM	20-45	5		>80	HH o VV o
IW	>25	5	20	>250	HH+HV o
EW	>20	20	40	>400	VV+VH
WV	23 & 36.5	5 (TBC)		>20x20	HH o VV

El modo Interferométrico de Franja Ancha (*Interferometric Wide Swath*) es el principal modo de adquisición terrestre.

Este modo captura información de tres sub-franjas del terreno (**Figura 16**) escaneando desde atrás hacia adelante mediante una observación progresiva de barrido (TOPSAR), con una relación señal-ruido uniforme y ambigüedades distribuidas del objeto.

Cada sub-franja consiste en una serie de ráfagas de medida (*bursts*), donde cada ráfaga se ha procesado como una imagen *Single Look Complex* separada.

Las imágenes de ráfaga enfocadas individualmente se incluyen, en orden de tiempo del acimut, dentro de una única imagen con una demarcación en negro (superposición en acimut con lo suficiente para proporcionar una cobertura terrestre adyacente).

Las imágenes de todas las ráfagas en todas las sub-franjas se vuelven a muestrear a una grilla de separación de píxeles común en distancia y acimut, preservando la información de la fase, fusionándose.

Los productos disponibles para los usuarios son:

- ✓ **Nivel 0:** datos crudos (raw data) comprimidos, sin procesar, con anotaciones adicionales e información auxiliar para apoyar el procesamiento.
- ✓ **Nivel 1:** Se diferencian dos subproductos. 1) **Slant-Range Single-Look Complex Products (SLC):** Datos focalizados en la geometría oblicua del alcance (*range*), mirada única, que contiene información de amplitud y fase. 2) **Ground Range Detected Geo-referenced Products (GRD):** Focalizado en los datos proyectados al alcance del terreno (*ground range*),

enfocados y multi-observados (*multilooking*). Los datos se proyectan a tierra utilizando un modelo elipsoidal terrestre, manteniendo la dirección del recorrido del satélite e incluyendo información completa de referencia geográfica.

- ✓ **Nivel 2:** Productos del mar. Campos de vientos de los océanos, y espectros de olas derivados de los datos SAR.

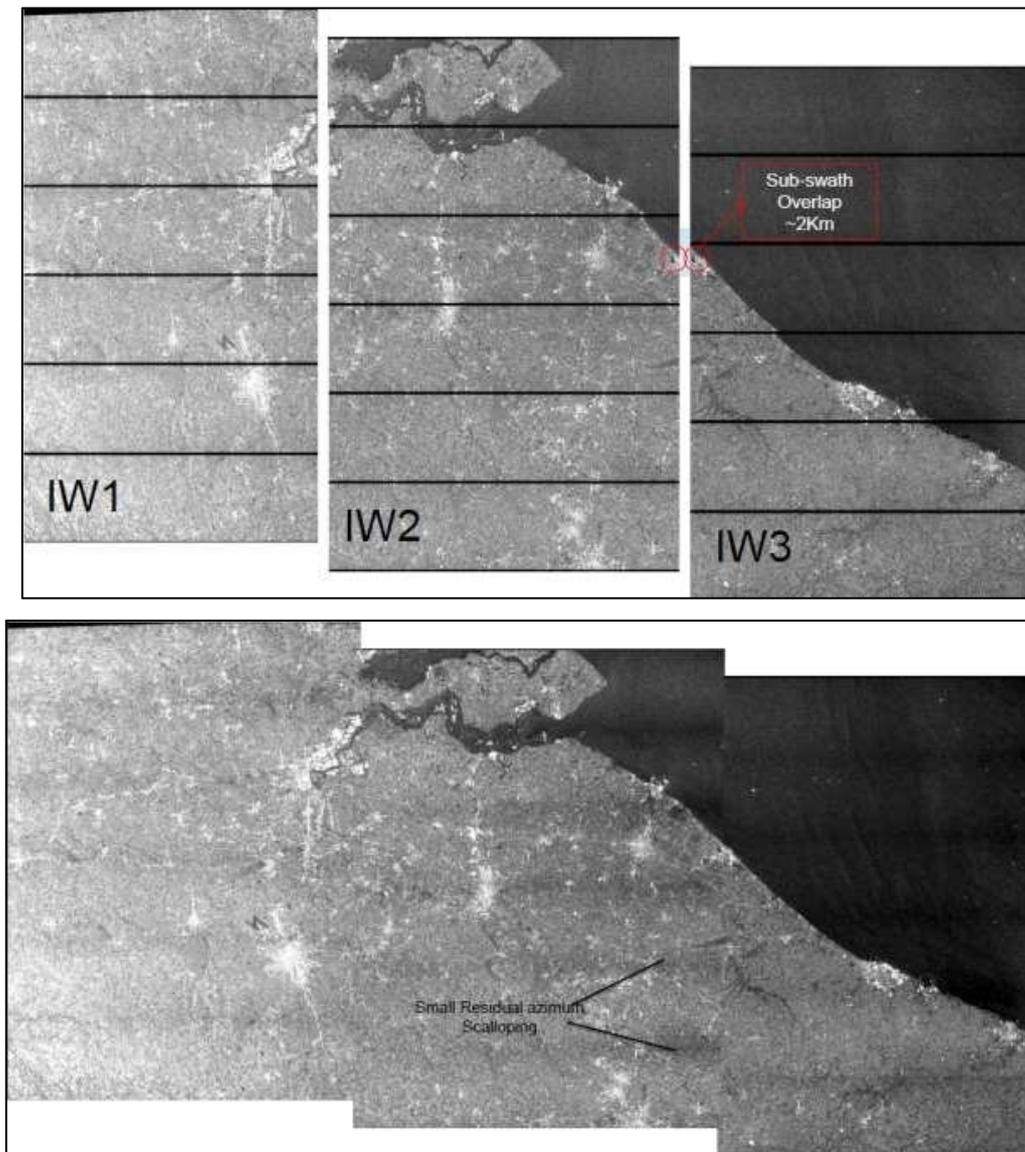


Figura 16. *Superior:* Tres sub-franjas (IW1, IW2 e IW3) con mínima superposición. *Inferior:* Producto IW fusionado. Tomado de: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/acquisition-modes/interferometric-wide-swath>

4.1.1 Convención de la nomenclatura de los archivos

En la **Figura 17**, se presenta la nomenclatura de los archivos de las imágenes SENTINEL-1.

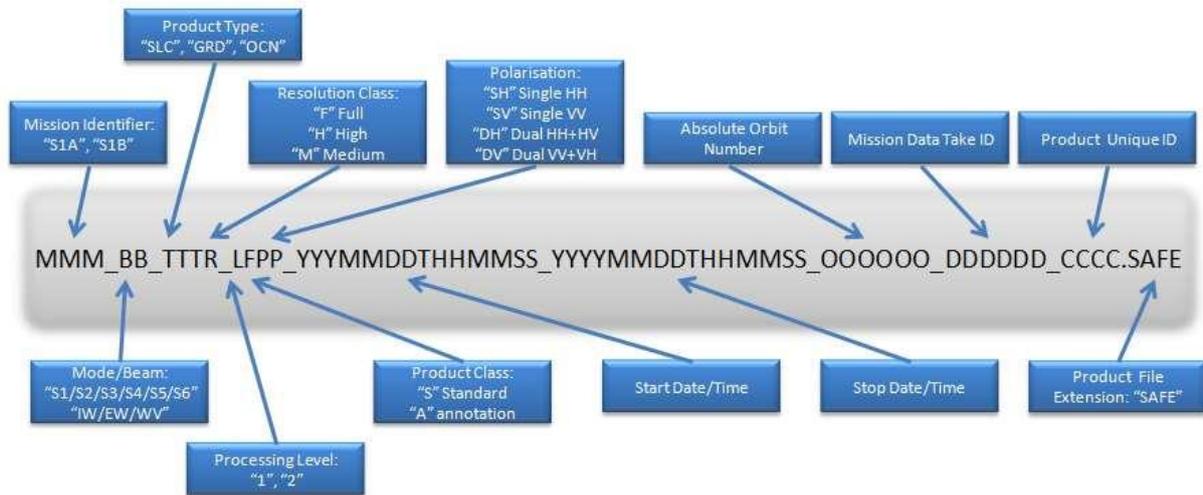


Figura 17. Nomenclatura de los archivos SENTINEL-1.

Tomado de: <https://sentinel.esa.int/>

4.1.2 Formato del archivo SENTINEL-SAFE

El formato SENTINEL-**SAFE** comprende una carpeta que contiene los datos de la imagen en un formato binario y metadatos del producto en XML (**Figura 18**).

Entonces, el producto SENTINEL se refiere a una carpeta de directorio que contiene una colección de información, incluyendo:

1. Un archivo "*manifest.safe*", conteniendo la información general de los productos en XML.
2. Subcarpetas para los conjuntos de datos que contienen información en distintos formatos binarios.
3. Una carpeta que contiene previsualizaciones ("*quicklooks*") en formato PNG, superposiciones de *Google Earth* en formato KML y vista previa de archivos HTML.
4. Una carpeta de anotación que contiene los metadatos producto en XML, así como datos de calibración, y
5. Una carpeta de soporte que contiene los esquemas XML.

Para mayor información ver:

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/data-formats/safe-specification>

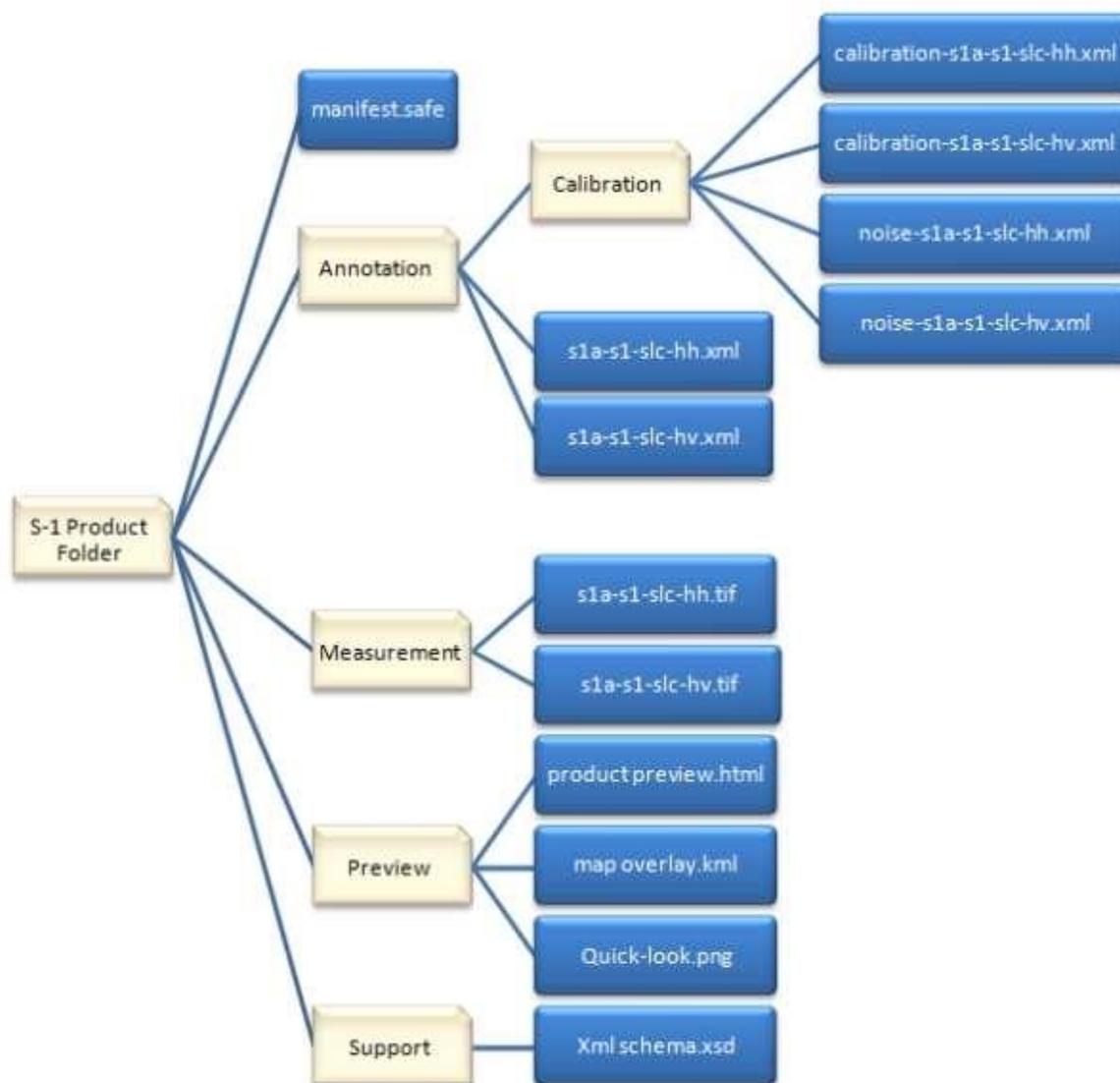


Figura 18. Formato SENTINEL-SAFE.

4.1.3 ¿Cómo acceder a las imágenes?

Para bajar las imágenes gratuitamente se debe **registrar** previamente en los sitios que se mencionan a continuación.

El sitio oficial de los SENTINELS, actualmente no sólo para los SAR (A y B), sino también para los ópticos como los SENTINEL-2 y 3, por el momento, corresponde a la página: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (**Figura 19**).

Los pasos para bajar imágenes de este sitio son los siguientes:

4.1.3.1 Crear una cuenta de usuario

- ✓ En la parte superior derecha del *web mapping*, haga clic en el botón **SIGN UP** (registro).

- ✓ Ingrese su nombre, usuario, correo electrónico y la Área de la Práctica. Haga clic en **REGISTER**. Posteriormente valide el registro en su correo electrónico.

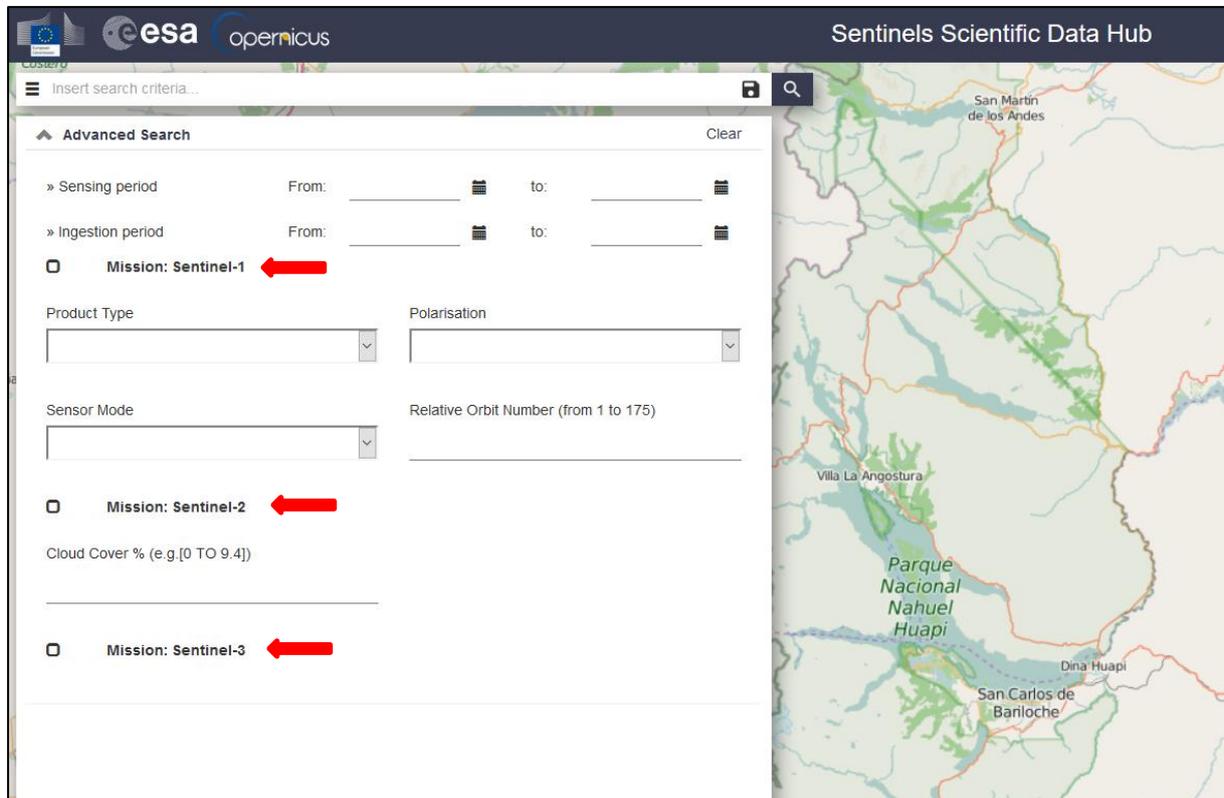


Figura 19. Sitio oficial de los satélites SENTINELS.

- ✓ Inicie sesión con la cuenta ya creada con el botón **LOGIN** (iniciar sesión).

4.1.3.2 Seleccione su Área de Interés

- ✓ Utilizando la barra INSERT SEARCH CRITERIA (criterios de búsqueda) en el cuadro de texto en la parte superior izquierda, escriba su área de interés.
- ✓ Como ejemplo Bariloche, Río Negro, Argentina. Haga clic en el icono buscar. A partir de aquí su búsqueda arrojará resultados para todos los datos de los satélites Sentinel disponibles (S1, S2 y S3, por el momento).

4.1.3.3 Descarga de datos

- ✓ Ahora, que tenemos nuestra cuenta de usuario creada y nuestra área de estudio definida todo lo que tenemos que hacer es seleccionar a través de los resultados y descargar las imágenes elegidas.

- ✓ Seleccione el producto que desea descargar. Por debajo de la imagen del producto tiene el URL y el icono de descarga.

La otra página disponible es la de *Alaska Satellite Facility (ASF)*, **Figura 20**.

The screenshot shows the Alaska Satellite Facility (ASF) website interface. At the top, there is a navigation bar with 'EARTHDATA', 'Data Discovery', 'DAACs', 'Community', and 'Science Disciplines'. Below this is the 'ALASKA SATELLITE FACILITY' header and 'ASF Datapool' and 'Help' buttons. A sidebar on the left contains filters for 'Geospatial', 'Granule', and 'Missions', with 'Geographic Region', 'Date', and 'Platform' selected. A table lists various satellite platforms and their coverage periods. The main area displays a topographic map of a mountainous region in Chile, with labels for 'Parque Nacional Nahuel Huapi', 'San Carlos de Bariloche', and other locations. A NASA logo is visible at the bottom left of the map area.

Platform	Coverage
✓ Sentinel-1A	2014-now...
AIRMOSS	2012-now...
UAVSAR	2008-now...
SMAP	2015-now...
ALOS PALSAR	2006-2011...
RADARSAT-1	1995-2008...
ERS-2	1995-2011...
JERS-1	1992-1998...
ERS-1	1991-1997...
AIRSAR	1990-2004...
SEASAT	1978-1978...

Figura 20. Alaska Satellite Facility (ASF). <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>

En este sitio el procedimiento de registro es el mismo que el del sitio oficial del SENTINEL. Aquí se pueden bajar también imágenes gratuitas ALOS PALSAR (ALOS1) y JERS-1, de banda L, para los años 2006 al 2011 y 1992-1998, respectivamente.

4.1.4 Materiales

Utilizaremos recortes de imágenes Sentinel (S1A) en formato DIM (SNAP) para los productos GRDH (*Ground Range Detected Geo-referenced Products*) y SLC (*Slant-Range Single-Look Complex Products*). Esto se hace para facilitar el procesamiento digital, dado el tamaño de los archivos, ~ 1 Gb (GRDH) y > 4 Gb (SLC).

Las imágenes se encuentran en el directorio `\Curso9\S1`. Para el procesamiento digital se usará el software SNAP (*SENTINELS APPLICATION PLATFORM*) v5.0.0 (05.12.2016 14:40).

4.2 Trabajo Práctico 4: Procesamiento básico de imágenes S1 GRDH

4.2.1 Objetivo

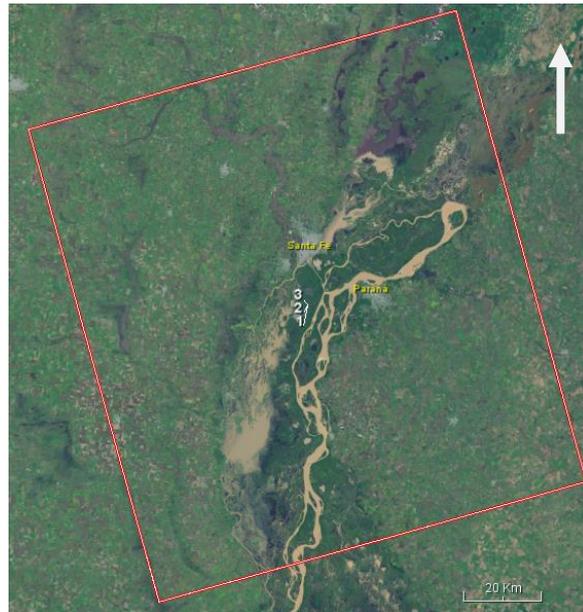
El objetivo de este ejercicio es proporcionar **instrucciones generales** (procesamiento básico) de cómo trabajar con datos radar (SAR) del satélite Sentinel-1A (banda C), en productos GRDH.

4.2.2 Área de la Práctica



- [1] S1A_IW_GRDH_1SSV_20141005T224652_20141005T224721_002700_003046_4C85
- [2] S1A_IW_GRDH_1SSV_20150202T224650_20150202T224719_004450_005738_B584
- [3] S1A_IW_GRDH_1SSV_20150521T224652_20150521T224721_006025_007C63_4F1A

Figura 21. Santa Fe-Entre Ríos, imágenes S1A, de órbitas derecha-ascendente, producto IW GRDH.



- ... [1] subset_S1A_IW_GRDH_1SSV_20141005_4C85
- ... [2] subset_S1A_IW_GRDH_1SSV_20150202_B584
- ... [3] subset_S1A_IW_GRDH_1SSV_20150521_4F1A

Figura 22. Santa Fe-Entre Ríos, recortes de imágenes S1A IW GRDH, de órbitas derecha-ascendente para el Trabajo Práctico 4.

4.2.3 Desarrollo e Informe

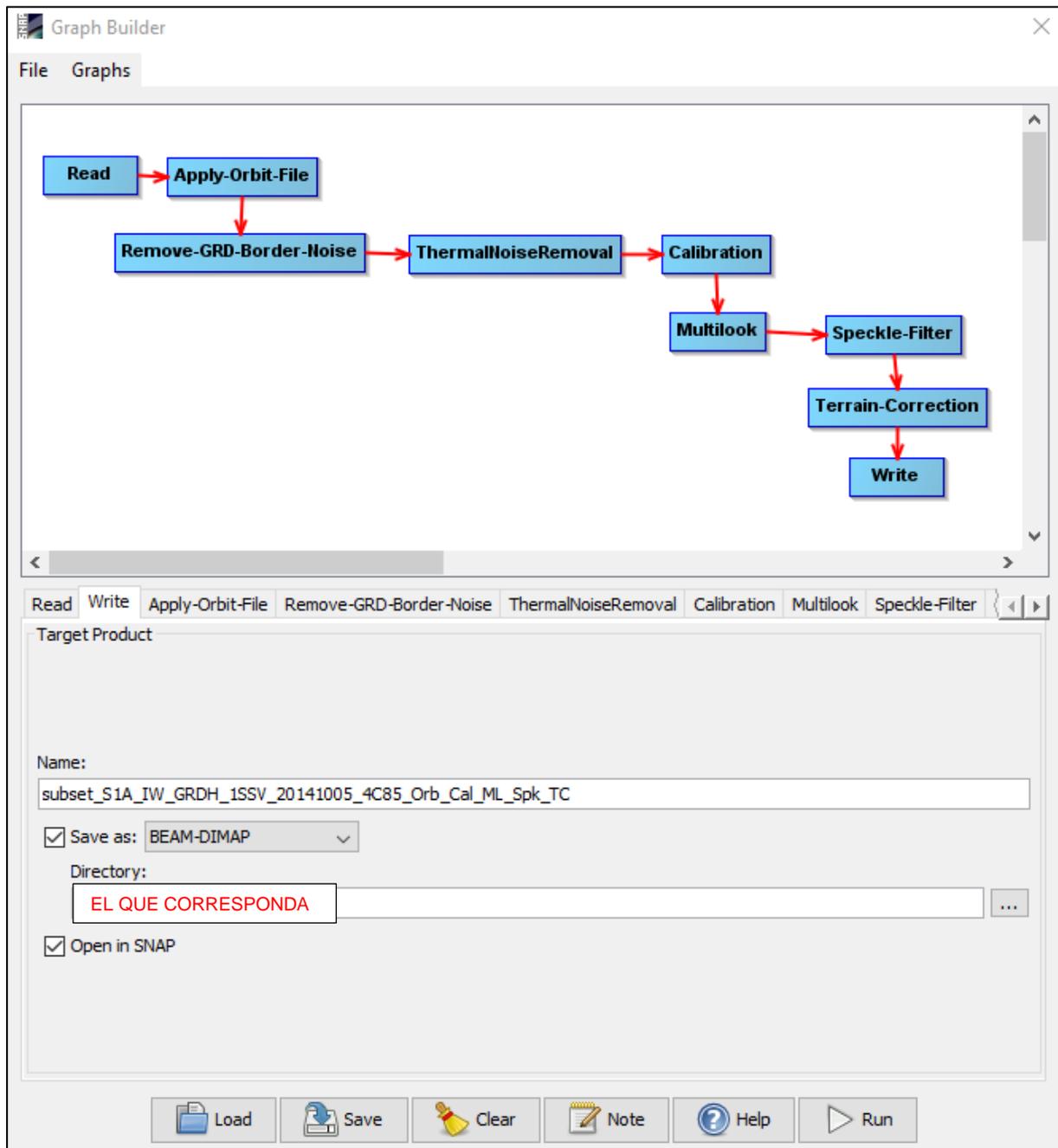
Productos GRDH 1SSV, de órbita ascendente, polarización simple (Cvv):

- ... [1] subset_S1A_IW_GRDH_1SSV_20141005_4C85
- ... [2] subset_S1A_IW_GRDH_1SSV_20150202_B584
- ... [3] subset_S1A_IW_GRDH_1SSV_20150521_4F1A

Realice la construcción de un *Graph Builder* (observe la captura de pantalla más abajo), tomando el primer *subset* [1]:

1. Abrir (*\File\Open Product*) las imágenes Sentinel-1A GRDH 1SSV.
2. Aplicar la órbita precisa (*\Radar\Apply Precise Orbit File, Orb*).
3. Remoción del borde de la imagen (*\Radar\Sentinel-1 TOPS\S1 Remove GRD Border Noise, Bdr*).
4. Remoción del ruido térmico (*\Radar\Radiometric\S1 Thermal Noise Removal, Noise-Cor*).

5. Calibración (\Radar\Radiometric\Calibrate, **Cal**).
6. Integración de píxeles (\Radar\Multilooking, **ML**).
7. Filtrado del moteado (\Radar\Speckle Filtering, **Spk**).
8. Corrección geométrica del terreno (\Radar\Geometric\Terrain Correction\Range-Doppler Terrain Correction, **TC**).



Los parámetros por fijar corresponden a las siguientes capturas de pantalla:

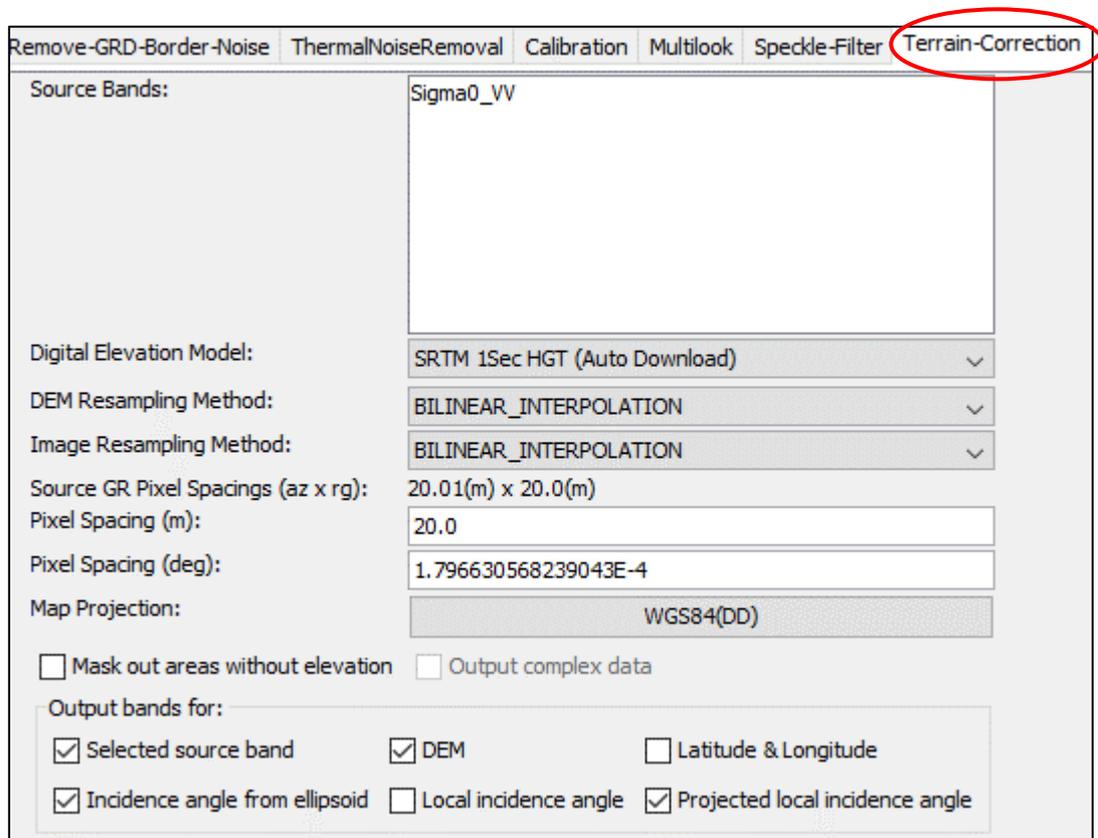
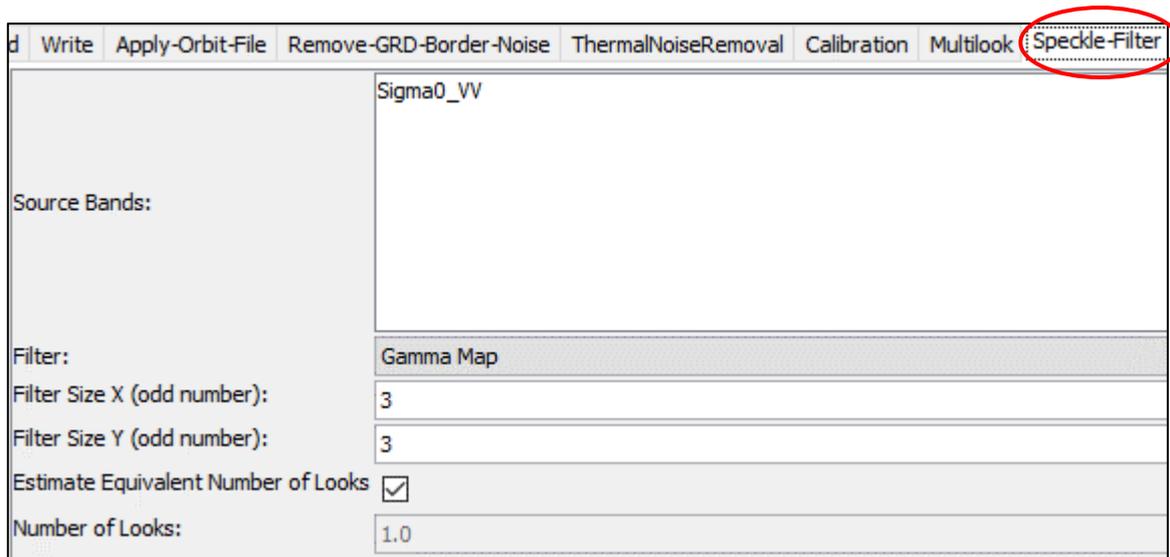
Read	Write	Apply-Orbit-File
Orbit State Vectors:	Sentinel Precise (Auto Download)	
Polynomial Degree:	3	
<input checked="" type="checkbox"/> Do not fail if new orbit file is not found		

Read	Write	Apply-Orbit-File	Remove-GRD-Border-Noise
Polarisations:	VV		
Border margin limit [pixels]:	500		
Threshold:	0.5		

Read	Write	Apply-Orbit-File	Remove-GRD-Border-Noise	ThermalNoiseRemoval
Polarisations:	VV			
<input checked="" type="checkbox"/> Remove Thermal Noise				
<input type="checkbox"/> Re-Introduce Thermal Noise				

Read	Write	Apply-Orbit-File	Remove-GRD-Border-Noise	ThermalNoiseRemoval	Calibration
Polarisations:	VV				
<input type="checkbox"/> Save as complex output					
<input checked="" type="checkbox"/> Output sigma0 band					
<input type="checkbox"/> Output gamma0 band					
<input type="checkbox"/> Output beta0 band					

Read	Write	Apply-Orbit-File	Remove-GRD-Border-Noise	ThermalNoiseRemoval	Calibration	Multilook
Source Bands:	Sigma0_VV					
<input checked="" type="checkbox"/> GR Square Pixel		<input type="checkbox"/> Independent Looks				
Number of Range Looks:	2					
Number of Azimuth Looks:	2					
Mean GR Square Pixel:	20.00331					
Note: Detection for complex data is done without resampling.						



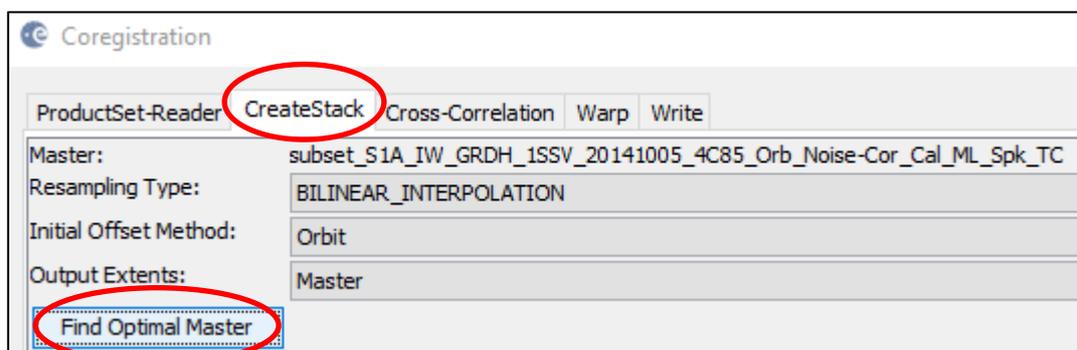
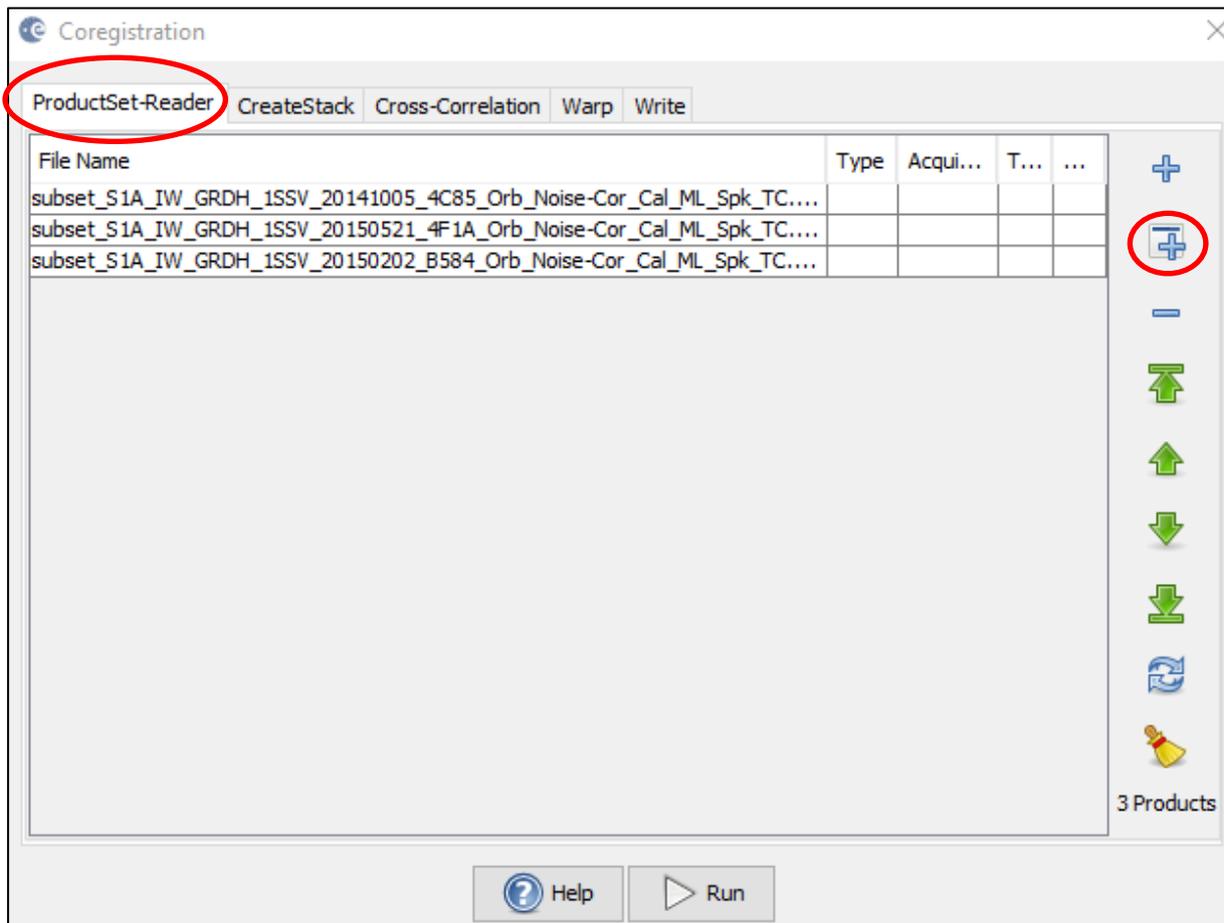
Los pasos siguientes corresponden a:

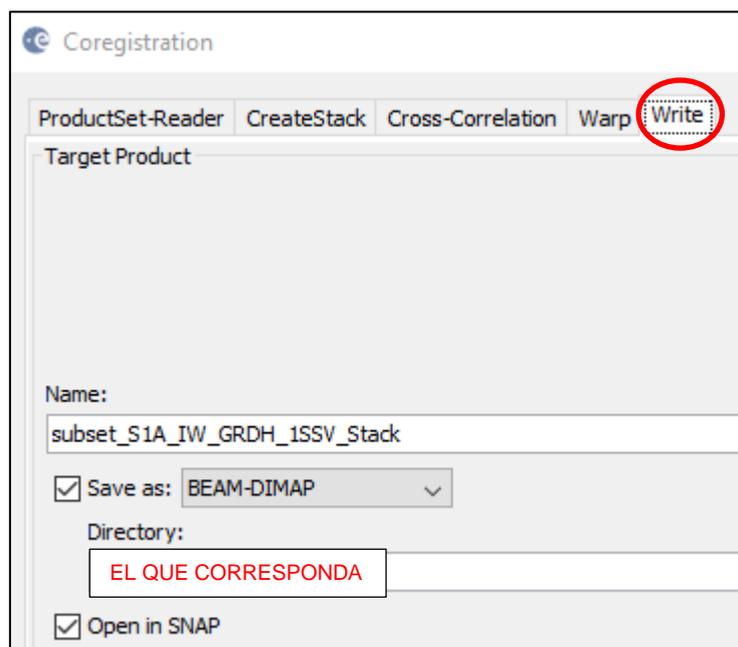
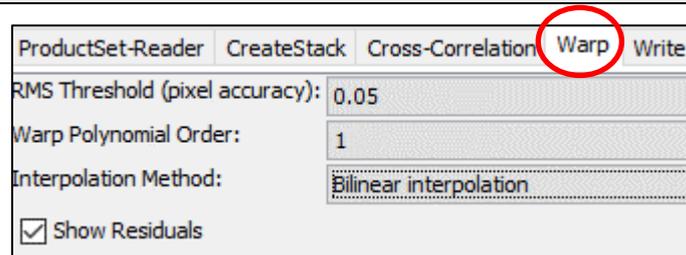
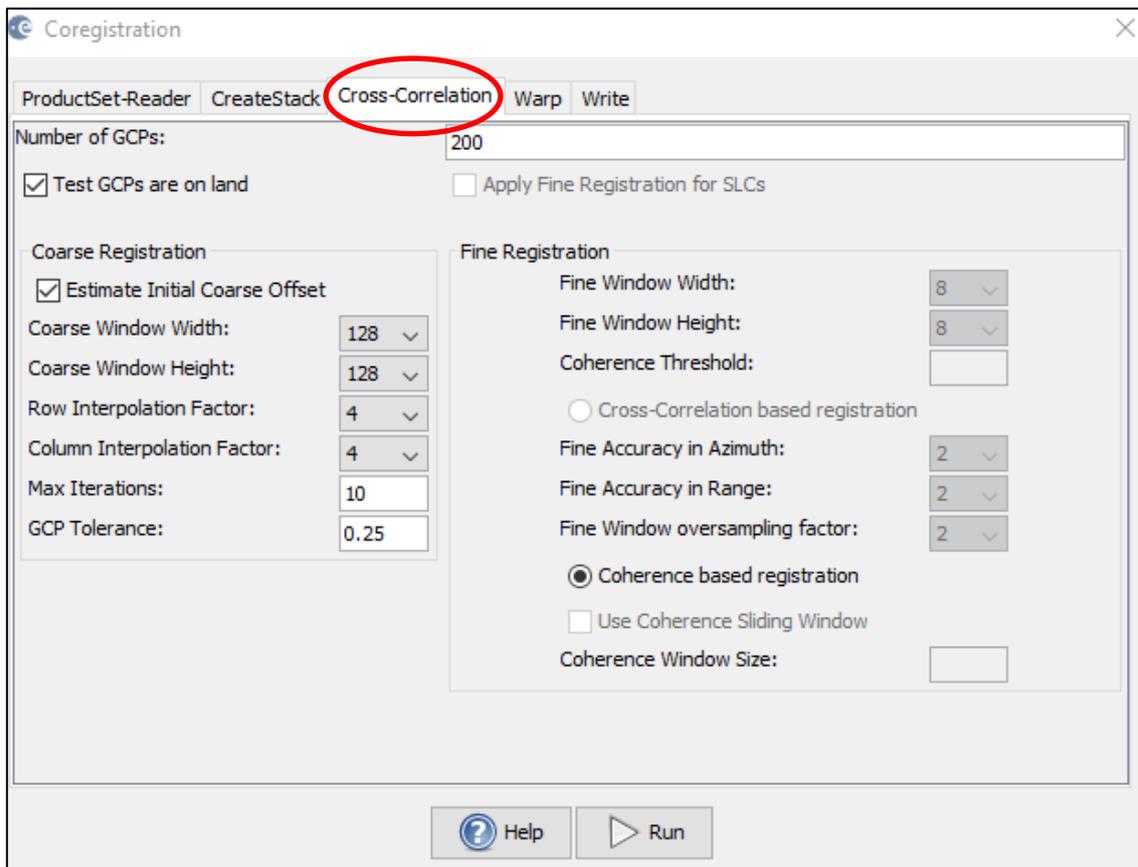
9. Normalización radiométrica manual usando `\Raster\Band Maths (Radar backscatter: Slope Normalisation, Norm)`. El mismo procedimiento realizado en los prácticos con las imágenes COSMO SkyMed.

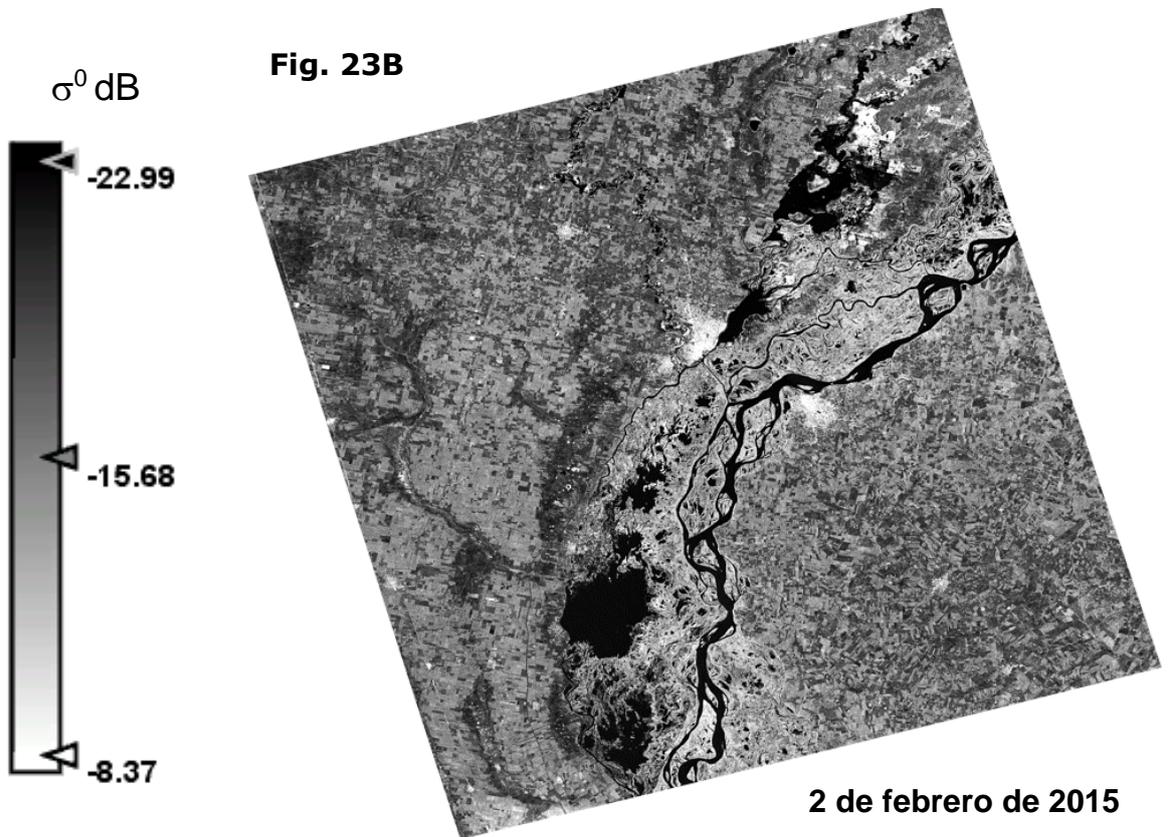
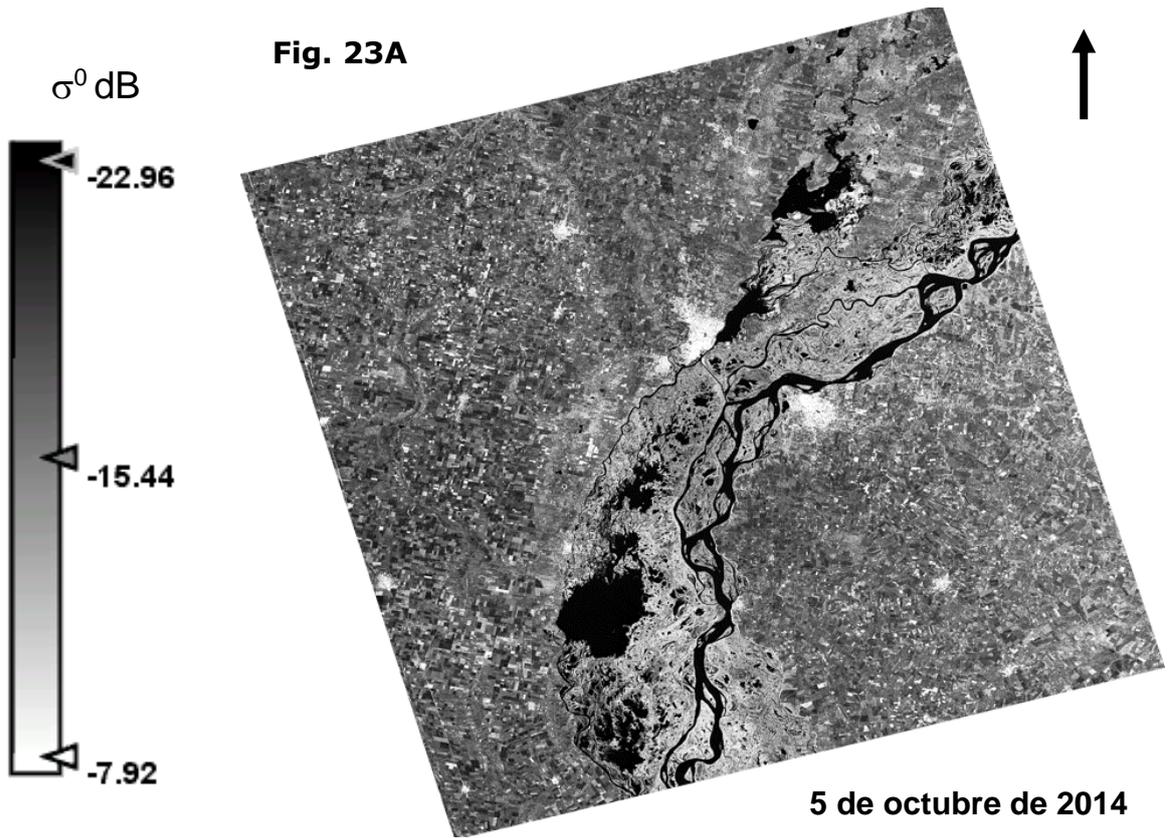
10. Co-registración (`\Radar\Coregistration, Stack`).

- Visualice en un data *display* \Window\Open **RGB** Image Window las tres imágenes de distintas fechas y exporte dicha combinación al *Google Earth* (*Export to Google Earth*).

Las capturas de pantalla que muestran los parámetros a consignar son las siguientes:







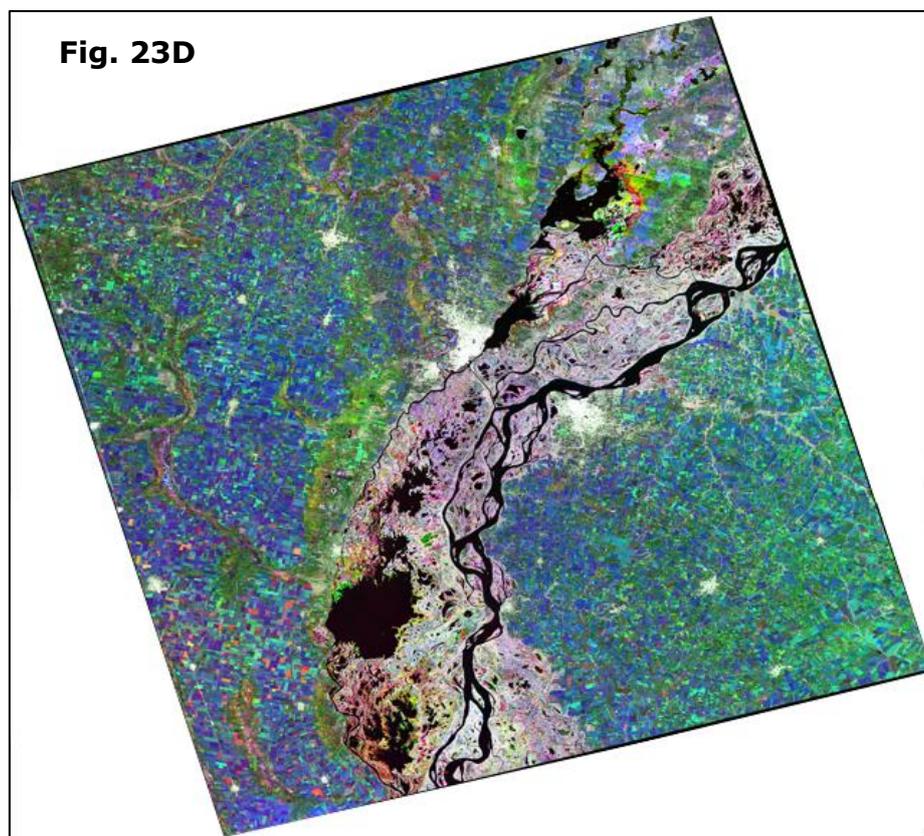
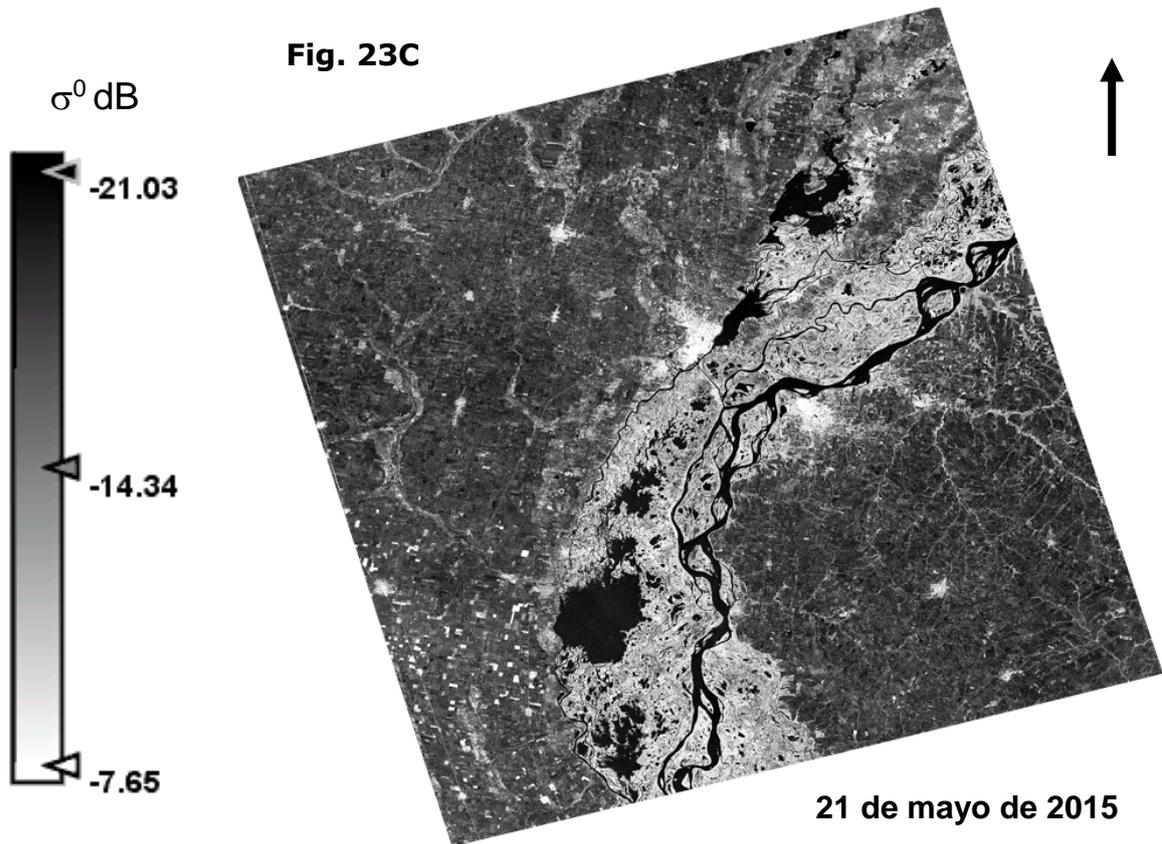


Figura 23A-D. Sigma cero en decibeles (23A-C). 23D. Composición multitemporal S1A, Cvv, RGB, 21May2015-05Oct2014-02Feb2015.

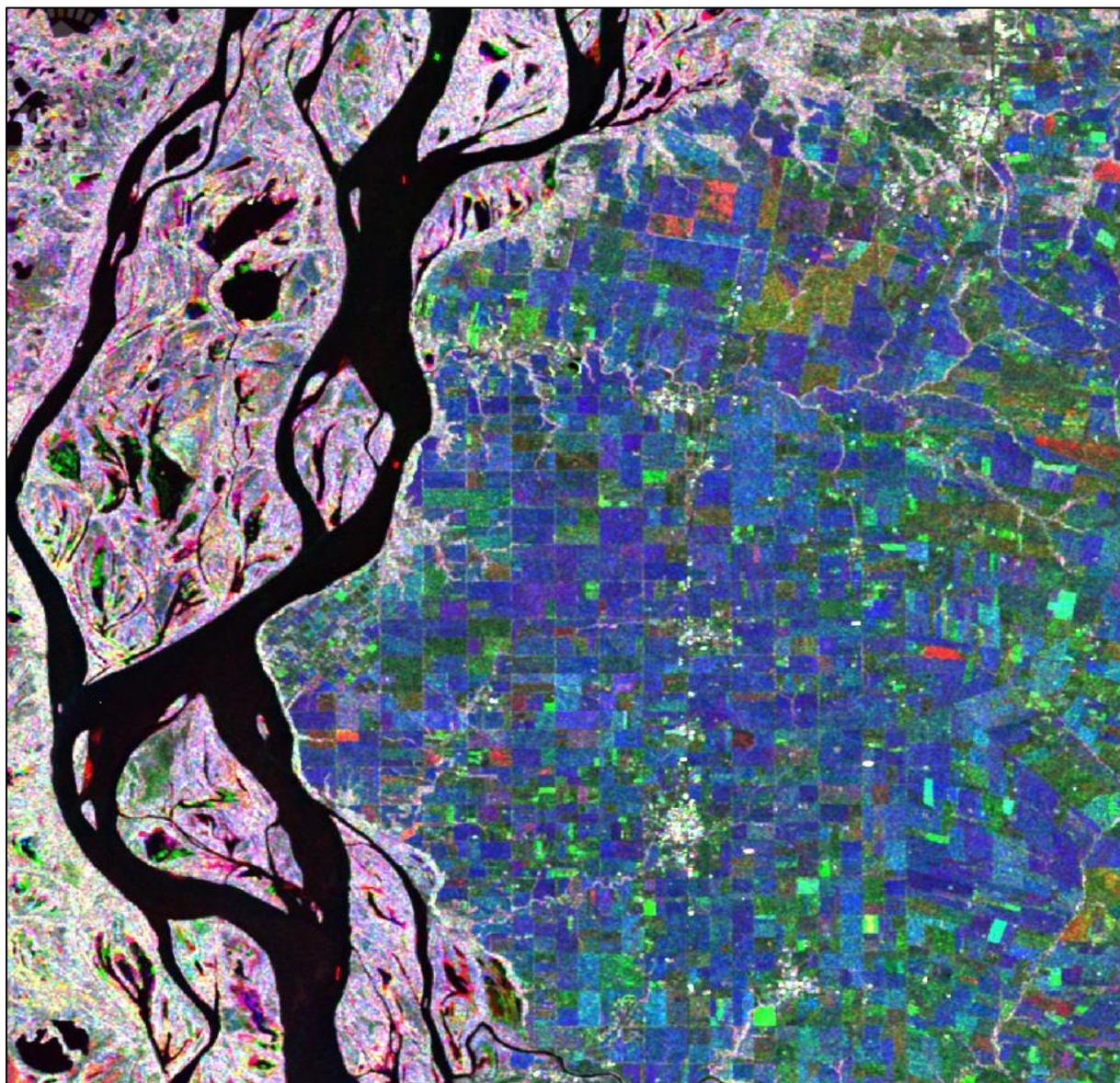


Figura 24. Detalles de la Composición multitemporal S1A (sector sureste), polarización simple C_v, RGB, 21May2015-05Oct2014-02Feb2015.

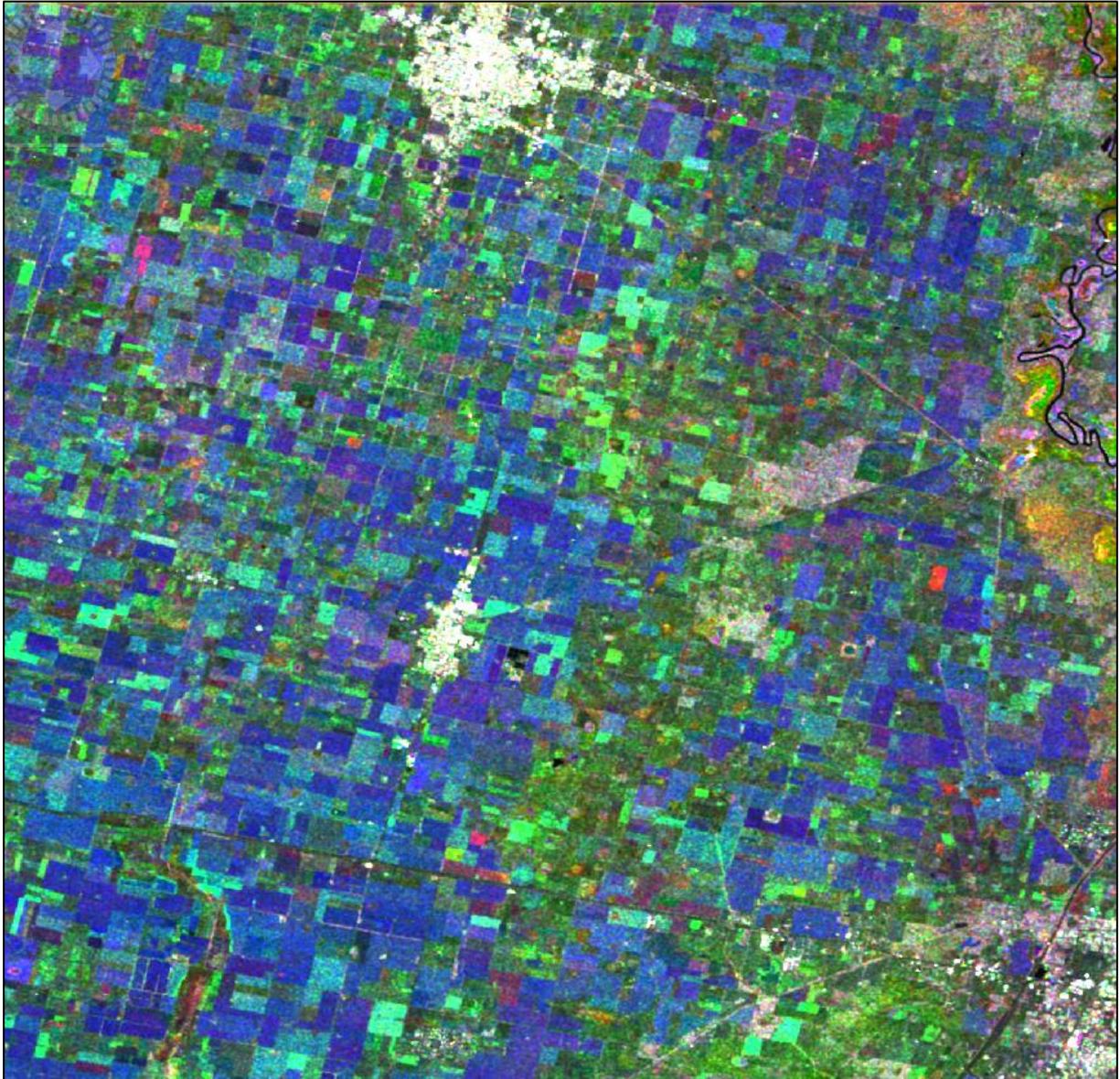


Figura 25. Detalles de la Composición multitemporal S1A (sector noroeste), polarización simple C_{VV}, RGB, 21May2015-05Oct2014-02Feb2015.

HAGA UN REPORTE EN WORD OFFICE, DE NO MENOS DE 6 (CARILLAS), CON TIPO DE LETRA VERDANA 11, ESPACIO 1,5 cm, página A4, CON MÁRGENES SUPERIOR E INFERIOR (2,5 cm), E IZQUIERDO Y DERECHO (3 cm).

COMENTE BREVEMENTE LA UTILIDAD COMPARATIVA DE LO QUE SE OBSERVA EN LA VISIÓN ÓPTICA DE LAS IMÁGENES DEL GOOGLE EARTH Y EN LA IMAGEN RGB S1A. NO SE OLVIDE DE CONSIGNAR NOMBRE Y APELLIDO E INSTITUCIÓN QUE REPRESENTA.

4.3 Trabajo Práctico 5: Procesamiento básico de imágenes S1 SLC

4.3.1 Objetivos

El objetivo de este ejercicio es proporcionar **instrucciones generales** (procesamiento básico) de cómo trabajar con datos radar (SAR) del satélite Sentinel-1A (banda C), en productos SLC.

4.3.2 Área de la Práctica

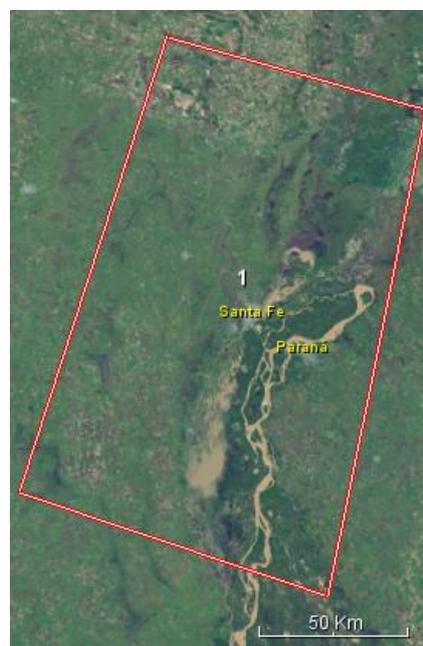
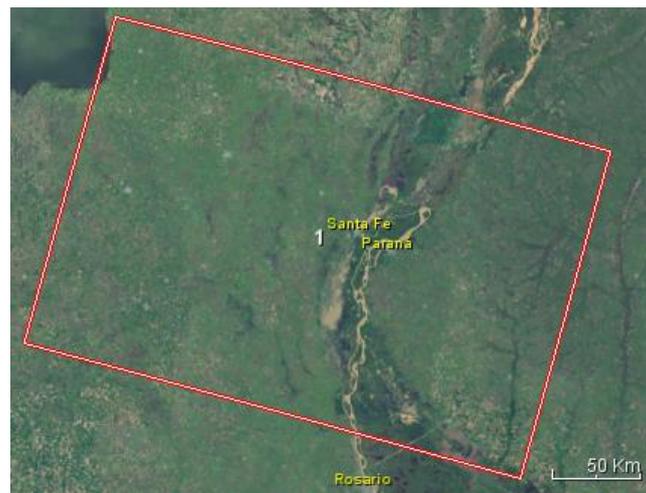
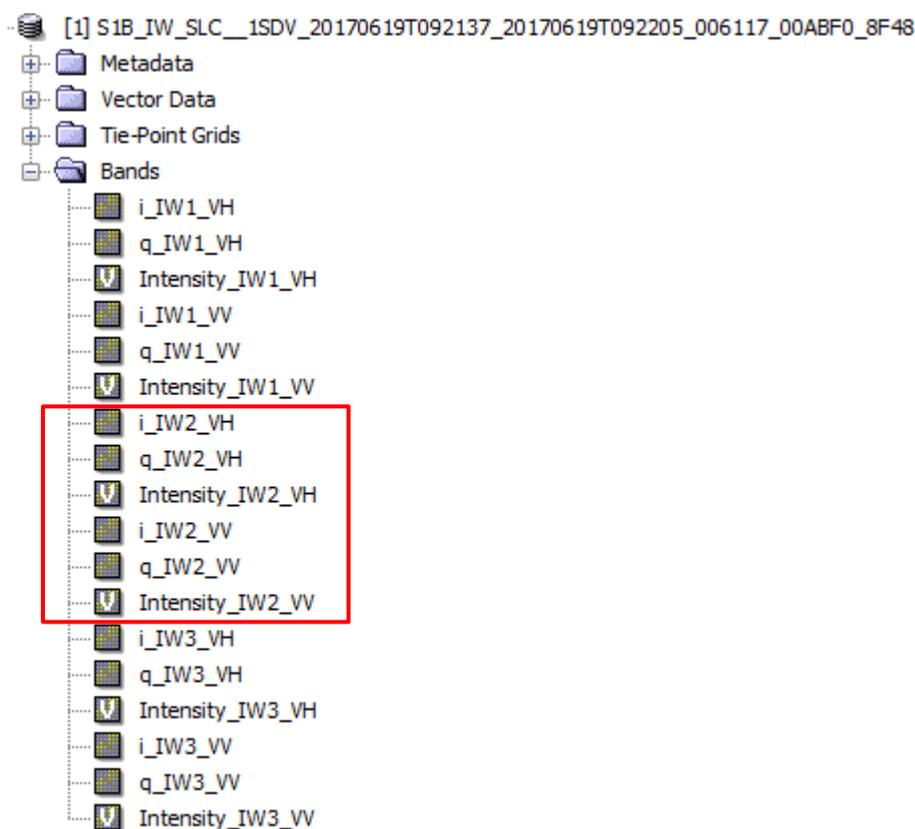
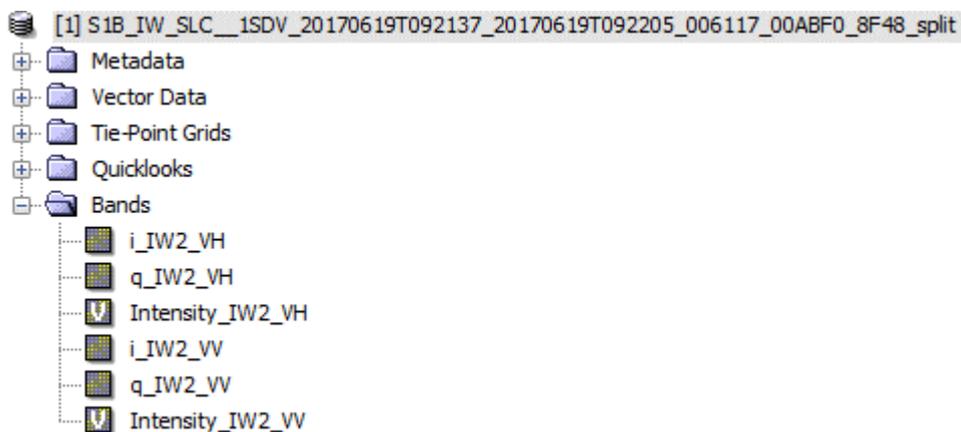


Figura 26. *Superior:* Imagen original S1A IW SLC, de dual polarización C_{VH} y C_{VV} , órbita derecha-descendente. *Inferior:* Recorte de la imagen original para el Trabajo Práctico 5. *Proceso aplicado:* `\Radar\Sentinel-1 TOPS\S1 TOPS Split`. Se decidió dividir los IW por el IW2 (centro de la imagen original).

Archivo original:



Recorte (Split):



4.3.3 Desarrollo e Informe

Las imágenes adquiridas en modo IW se componen de 3 escenas o *subswath*, llamadas IW1 (*Interferometric Wide swath 1*), IW2 e IW3, que abarcan desde la escena más cercana al sensor hasta la más lejana respectivamente. A su vez, cada *subswath* se subdivide en franjas llamadas *Burst* (*ráfagas de medida*). [Para evitar demora de procesamiento la imagen se entrega con la subdivisión IW2, que abarca el área de interés.](#)

Realice la construcción de un *Graph Builder* de la misma manera que el ejercicio anterior, pero con el agregado del paso *Deburst*. Esta operación es utilizada para juntar cada franja *Burst* de cada *subswath* ya coregistrado en una sola imagen. La diferencia es clara y permite trabajar el producto de forma más compacta.

1. Abrir (*\File\Open Product*) las imágenes Sentinel-1A GRDH 1SSV.
2. Aplicar la órbita precisa (*\Radar\Apply Precise Orbit File, **Orb***).
3. Remoción del borde de la imagen (*\Radar\Sentinel-1 TOPS\S1 Remove GRD Border Noise, **Bdr***).
4. Remoción del ruido térmico (*\Radar\Radiometric\S1 Thermal Noise Removal, **Noise-Cor***).
5. Calibración (*\Radar\Radiometric\Calibrate, **Cal***).
6. *Deburst* (*\Radar\Sentinel-1 TOPS\S1 TOPS Deburst, **deb***).
7. Integración de píxeles (*\Radar\Multilooking, **ML***).
8. Filtrado del moteado (*\Radar\Speckle Filtering, **Spk***).
9. Corrección geométrica del terreno (*\Radar\Geométrico\Terrain Correcto\Range-Doppler Terrain Correction, **TC***).
10. Realice con *\Raster\Band Maths*, algunos índices entre las polarizaciones (VV y VH), como cociente, diferencia, suma, etc. en una tercera banda. Puede probar el índice similar al NDVI de los ópticos (según Addabbo et al., 2016): $(VV-VH) / (VV+VH)$. Visualice en un *data display \Window\Open **RGB** Image Window* y exporte las combinaciones más adecuadas a su interpretación al *Google Earth (Export to Google Earth)*. Para la interpretación puede utilizar las imágenes ópticas LANDSAT 8 y/o SENTINEL-2, aunque sean de fechas diferentes, y realizar una comparación de lo que observa cada sistema (sensibilidad física, radar, versus sensibilidad biológica, óptico).

Resultado del preprocesamiento del Trabajo Práctico 5:

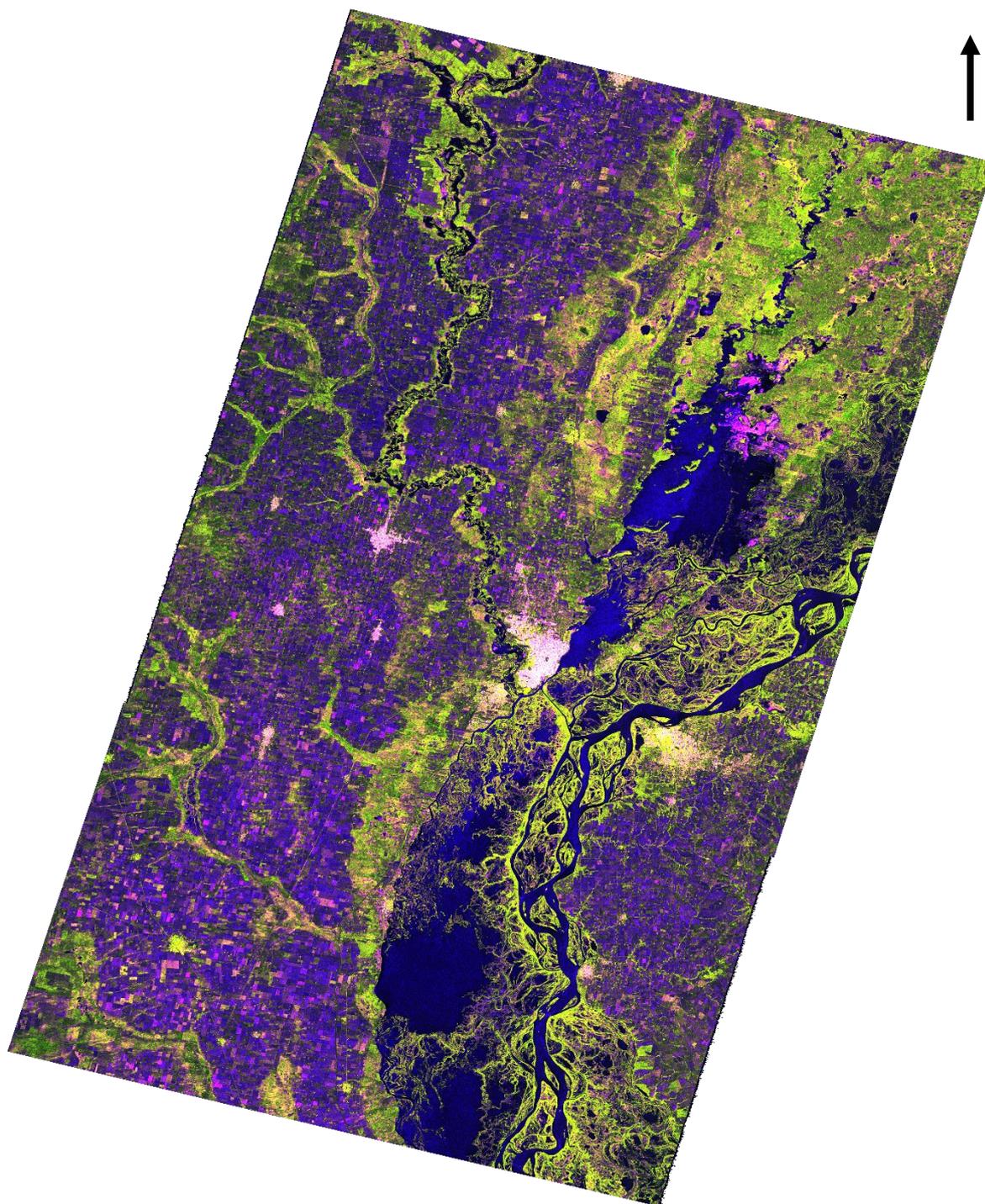


Figura 27. Imagen IW2 SLC, del 19 de junio de 2017, composición **RGB** normalizada, **Cvv-Cvh-ratio**, derecha-descendente.



Figura 28. Detalle (sector sur) de la imagen IW2 SLC, del 19 de junio de 2017, composición **RGB** normalizada, **Cvv-Cvh-ratio**, derecha-descendente.

HAGA UN REPORTE EN WORD OFFICE, DE NO MENOS DE 6 (CARILLAS), CON TIPO DE LETRA VERDANA 11, ESPACIO 1,5 cm, página A4, CON MÁRGENES SUPERIOR E INFERIOR (2,5 cm), E IZQUIERDO Y DERECHO (3 cm).

COMENTE BREVEMENTE LA UTILIDAD COMPARATIVA DE LO QUE SE OBSERVA EN LA VISIÓN ÓPTICA DE LAS IMÁGENES DEL GOOGLE EARTH Y EN LA IMAGEN RGB S1A. NO SE OLVIDE DE CONSIGNAR NOMBRE Y APELLIDO E INSTITUCIÓN QUE REPRESENTA.

5. TRABAJOS PRÁCTICOS IMÁGENES SAR ALOS PALSAR 1y 2 (BANDA L= 24 cm)

5.1 Características de los datos

El satélite ALOS 1 fue lanzado en enero del 2006 por la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) en enero del 2006 y su nombre japonés es "DAICHI". Este satélite durante su operación (16 de mayo del 2006 – 22 abril del 2011), colectó imágenes de radar en escenas de 50 km x 70 km de todo el planeta cada 45 días aproximadamente a través de su sensor PALSAR (*Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar*).

Las imágenes PALSAR están disponibles según tres niveles de procesamiento:

- ✓ 1.0-Imagen Cruda,
- ✓ 1.1-Datos comprimidos, y
- ✓ 1.5-Imagen expandida.

Todos estos niveles en formato CEOS con una resolución radiométrica de 16 bits (**Tabla 5**).

Tabla 5. Productos ALOS 1 PALSAR CEOS

Nivel	Definición
1.0	Los datos del área de una escena son extraídos de los datos recibidos. El tipo de dato es 8 bit. El número de los archivos SAR es el mismo que el número de polarizaciones y modos polarimétricos. Los datos en modo ScanSAR no se dividen en escaneos individuales.
1.1	En este nivel, los procesos de la compresión en el alcance y en el acimut se encuentran realizados. Los datos están en formato complejo en coordenadas del <i>Slant Range</i> . La historia de la fase está incluida.
1.5	Después de que la compresión en el alcance y en el acimut son realizadas, las correcciones radiométricas y geométricas se generan de acuerdo con las proyecciones del mapa. El espaciado del pixel puede ser seleccionado para el modo fino.

El satélite DAICHI-2 (ALOS-2) fue lanzado el 24 de mayo del 2014, y presenta otros niveles de productos (**Tabla 6**).

Tabla 6. Productos ALOS 2 PALSAR CEOS

Nivel	Definición	Formato
1.1	Son datos numéricos complejos en <i>slant range</i> con la compresión en el alcance (<i>range</i>) y en el acimut (<i>azimuth</i>). Es de 1 <i>look</i> e incluye información de la fase.	CEOS SAR/GeoTIFF
1.5	Este nivel es <i>multilook</i> en <i>slant range</i> con la compresión en el alcance (<i>range</i>) y en el acimut (<i>azimuth</i>).	
2.1	Datos geoméricamente corregidos (ortorectificados) usando los datos del modelo digital de elevación del nivel 1.1.	
3.1	Imagen de calidad, con correcciones en la remoción del ruido y otras mejoras derivadas de los datos del nivel 1.5.	

En la **Tabla 7** se presentan las características de los dos satélites DAICHI.

Tabla 7. Características principales de los satélites de banda L, ALOS 1 y 2

Satélite	Modo	Cobertura		Resolución		Ángulos (°)	Polarización
		Espacial (km)	Espacial (m)	Temporal (días)			
ALOS 1 PALSAR CEOS	Pol. Simple	70	10	46	8-60	HH o VV	
	Pol. Doble		20			HH-HV o VV-VH	
	ScanSAR	300	100		18-43	HH o VV	
	Polarimétrico	30	30		8-30	HH-HV-VH-VV	
ALOS 2 CEOS	SpotLight	25	1	14	8-70	HH o VV o HV	
	Stripmap Ultra Fine	50	3			HH o VV o HV o HH-HV o VV-VH	
			6			HH o VV o HV o HH-HV o VV-VH o HH-HV-VH-VV	
	Stripmap High Sensitive	70	10			HH o VV o HV o HH-HV o VV-VH o HH-HV-VH-VV	
	Stripmap Fine		350			100	HH o VV o HV o HH-HV o VV-VH
ScanSAR	350	100	HH o VV o HV o HH-HV o VV-VH				

5.1.1 Convención de la nomenclatura de los archivos

El formato del producto PALSAR se basa en las normativas del Comité de Satélites de Observación de la Tierra, para el formato de datos SAR. El volumen imagen existe como un volumen lógico y está compuesto por las siguientes cuatro clases de archivos:

1 archivo “*Volume Directory*” (VOL-SceneID-ProductID): almacena los formatos de los registros del descriptor del volumen, del archivo puntero y del texto.

1 archivo “*SAR Leader*” (LED-SceneID-ProductID): almacena los formatos de los registros de tipos de datos relacionados a la imagen.

Algunos archivos imagen “*SAR Data*” (IMG-XX-SceneID-ProductID): almacena los formatos de los registros de la imagen. La cantidad de archivos imagen depende del número de polarizaciones.

1 archivo “*SAR Trailer*” (TRL-SceneID-ProductID): almacena información final relacionada a la imagen.

La **Tabla 8** muestra la composición de registros de cada archivo:

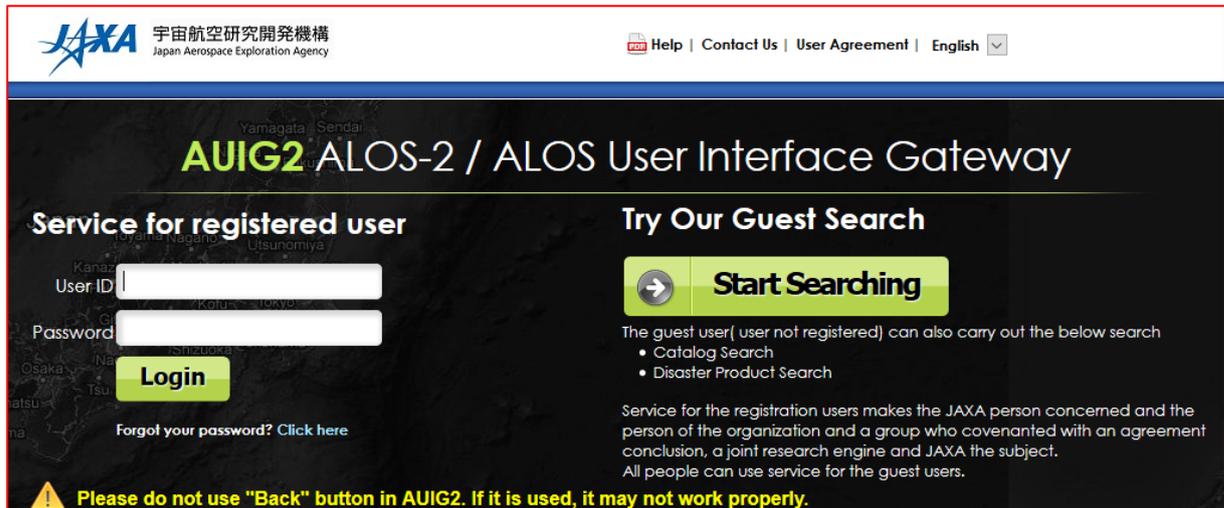
Archivo/nombre del registro	Nivel de procesamiento		
	1.0	1.1	1.5
Archivo “Volume directory”:			
1. descriptor del volumen	✓	✓	✓
2. puntero del archivo	✓	✓	✓
3. texto	✓	✓	✓
Archivo “SAR leader”:			
1. descriptor del archivo	✓	✓	✓
2. resumen del conjunto de datos	✓	✓	✓
3. datos de proyección de mapa	-	-	✓
4. datos de posición de plataforma	✓	✓	✓
5. datos de altitud	✓	✓	✓
6. datos radiométricos	-	✓	✓
7. resumen de la calidad de datos	-	✓	✓
8. datos de calibración	✓	-	-
9. datos relacionados a la facilidad	✓	✓	✓
Archivo “SAR Image”:			
1. descriptor del archivo	✓	✓	✓
2. datos de la señal:	✓	✓	-
3 datos procesados	-	-	✓
Archivo “Trailer”:			
1. descriptor del archivo	✓	✓	✓
2. datos de imagen de baja resolución	-	✓	✓

5.1.2 ¿Cómo acceder a las imágenes?

✓ Catálogo ALOS PALSAR (Agencia Espacial Japonesa, JAXA)

Ingresar en la página del catálogo:

http://auig2.jaxa.jp/openam/UI/Login?goto=https%3A%2F%2Fauig2.jaxa.jp%2Fips%2Fhome%3Flanguage%3Den_US&ipsLanguage=en_US




- Es necesario loguearse con usuario y clave. Si no se tiene usuario y clave debe seguirse el proceso de registración.
- Para ver el contenido de esta página debe instalar Microsoft Silverlight.
- En este sitio se encuentra principalmente la información del ALOS 2.

✓ Catálogo ALASKA FACILITY (URSA)

– Ingresar en la página del catálogo:

https://ursa.asfdac.alaska.edu/cgi-bin/geographic_search/guest/.

- Es necesario loguearse con usuario y clave. Si no se tiene esto debe seguirse el proceso de registración o entrar como invitado (*guest*).

- Una vez desplegado el mapamundi, llevar al área de interés y clicar *Show Options* y colocar las coordenadas geográficas en modo rectángulo.
- En *Select Data*, seleccionar distintas opciones de ALOS (PALSAR, AVNIR-2 y PRISM). Analice las descripciones de los datos, principalmente los de radar PALSAR (*Beam Modes, Faraday Rotation, etc.*).
- Seleccione un período de búsqueda y ejecute la orden. Analice algunas de las características de las imágenes encontradas (fecha de interés, polarización, ángulo de incidencia, etc.).

5.1.3 Materiales

- ✓ Productos RTC (*Radiometric Terrain Corrected*), imágenes de 12,5 m, en sus modos FBD (dual) y PLR (*full*).
- ✓ Imágenes ALOS 1 PALSAR en su modo PLR (*full*), en formato nivel 1.1.
- ✓ Imágenes ópticas LANDSAT 8 OLI-TIRS y SENTINEL-2.

Las imágenes se encuentran en el directorio [\Curso9\AP1 RTC \(ALOS PALSAR 1 FBD y PLR\)](#), y las imágenes ópticas en [\Curso9\L8 \(LANDSAT 8 OLI TIRS\)](#) y [\Curso9\S2 \(Sentinel-2\)](#). Para el procesamiento digital se usará el software SNAP (*SENTINELS APPLICATION PLATFORM*) v5.0.0 (05.12.2016 14:40).

5.2 Trabajo Práctico 6: Evaluación de productos *Alaska Satellite Facility (ASF) Radiometric Terrain Corrected (RTC)*

5.2.1 Introducción

Los productos *Radiometric Terrain Corrected*(RTC) de *Alaska Satellite Facility* (ASF) son de alta resolución (12,5 m) y de baja resolución (30 m).

Los de alta resolución (12,5 m) incluyen los siguientes archivos:

- ✓ Valores calibrados de potencia Gamma cero (γ_0), *floating point*.
- ✓ UTM GeoTIFF 12,5 m.
- ✓ Mapa del ángulo incidente en formato GeoTIFF, 32 bit *float radians*.
- ✓ Archivo DEM INT16 GeoTIFF 12,5 m (estos son los DEM que hay que extraer y usar, es el SRTM de 30-m re-escalado a 12,5 m).
- ✓ Imagen Geo-JPEG browse 1000 x 1000 (color para FBD y PLR).

- ✓ Archivo de la Norma ISO 19115 metadata compilado (*.xml).
- ✓ Archivo raster KMZ de 30-m.

 AP_08198_FBD_F6520_RT1.dem	Archivo TIF	 AP_20203_PLR_F6520_RT1.dem	Archivo TIF
 AP_08198_FBD_F6520_RT1.geo	Archivo JPG	 AP_20203_PLR_F6520_RT1.geo	Archivo JPG
 AP_08198_FBD_F6520_RT1.inc_map	Archivo TIF	 AP_20203_PLR_F6520_RT1.geo.jpg.aux	Documento XML
 AP_08198_FBD_F6520_RT1.iso	Documento XML	 AP_20203_PLR_F6520_RT1.geo.wld	Archivo WLD
 AP_08198_FBD_F6520_RT1	KMZ	 AP_20203_PLR_F6520_RT1.inc_map	Archivo TIF
 AP_08198_FBD_F6520_RT1.ls_map	Archivo TIF	 AP_20203_PLR_F6520_RT1.iso	Documento XML
 AP_08198_FBD_F6520_RT1_HH	Archivo TIF	 AP_20203_PLR_F6520_RT1	KMZ
 AP_08198_FBD_F6520_RT1_HV	Archivo TIF	 AP_20203_PLR_F6520_RT1.ls_map	Archivo TIF
		 AP_20203_PLR_F6520_RT1_HH	Archivo TIF
		 AP_20203_PLR_F6520_RT1_HV	Archivo TIF
		 AP_20203_PLR_F6520_RT1_VH	Archivo TIF
		 AP_20203_PLR_F6520_RT1_VV	Archivo TIF

FBD

PLR

Los de baja resolución (30 m) incluyen los siguientes archivos:

- ✓ Valores calibrados de potencia Gamma cero (γ_0), *floating point*. UTM GeotTIFF 30 m.
- ✓ Máscara Inversión de Relieve (*Layover*)/Sombra (*Shadow*), byte GeoTIFF 30 m.
- ✓ Mapa del ángulo incidente en formato GeoTIFF, 32 bit *float radians*.
- ✓ Archivo DEM INT16 GeoTIFF 90 m (SRTM).
- ✓ Imagen Geo-JPEG browse 1000 x 1000 (color para FBD y PLR).
- ✓ Archivo de la Norma ISO 19115 metadata compilado (*.xml).
- ✓ Archivo raster KMZ de 30-m.

La salida estándar del proceso RTC es una imagen de potencia gamma0. Este formato soporta las evaluaciones estadísticas de los datos. Sin embargo, cuando se muestra en los GIS Softwares, los datos en este tipo de formato son oscuros. Hay dos maneras resolver este problema en un entorno GIS: convertir la escala de potencia a amplitud o convertirla a decibeles (dB).

Para convertir a amplitud se estima la raíz cuadrada de [ejemplo, Gamma0_VV] y para convertir a decibeles (dB), se calcula con la siguiente fórmula: $10 \cdot \log_{10}[\text{ejemplo, Gamma0_VV} \text{ cero}]$.

5.2.2 Objetivos

Los objetivos de este ejercicio consisten en evaluar los productos RTC, en formatos FBD (dual polarización) y PLR (cuádruple polarización), completar su procesamiento (calibrado y cálculo de índices) y realizar fusiones (hibridación de datos) con imágenes Landsat y/o Sentinel-2.

PALSAR RTC y LANDSAT-SENTINEL-2 pueden utilizarse como productos complementarios o de fusión (hibridación) para la estimación de la biomasa, la evaluación de la diversidad biológica y la cartografía y/o monitoreo de las coberturas terrestres. El producto RTC de ASF aporta el radar ortorectificado. Las imágenes de fusión que reportan en la literatura demuestran la compatibilidad entre el producto RTC de ASF y tanto con LANDSAT 8 como con SENTINEL-2.

5.2.3 Áreas de la Práctica

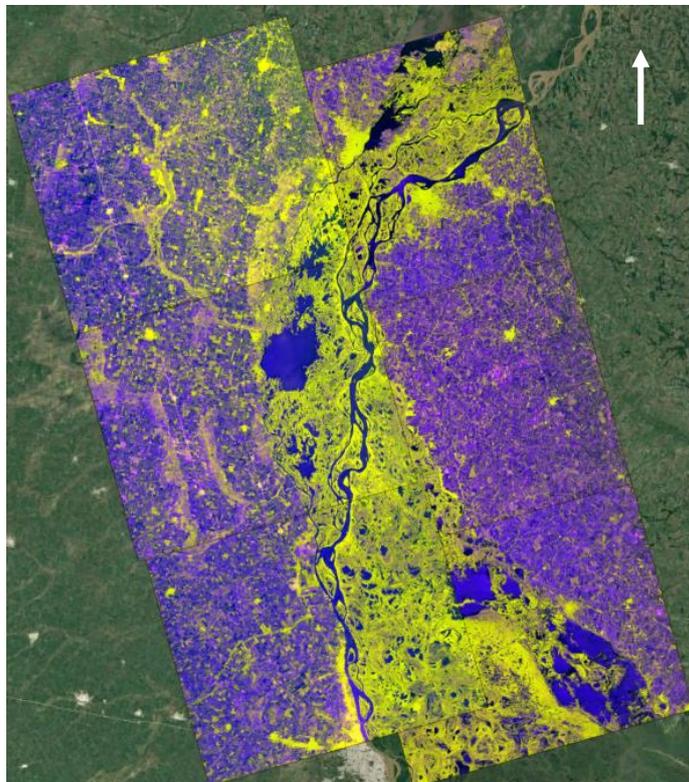


Figura 29. Seis (6) imágenes de productos FBD RTC, de la zona del Paraná Medio. Combinación **RGB**, **LHH-LHV-ratio**.

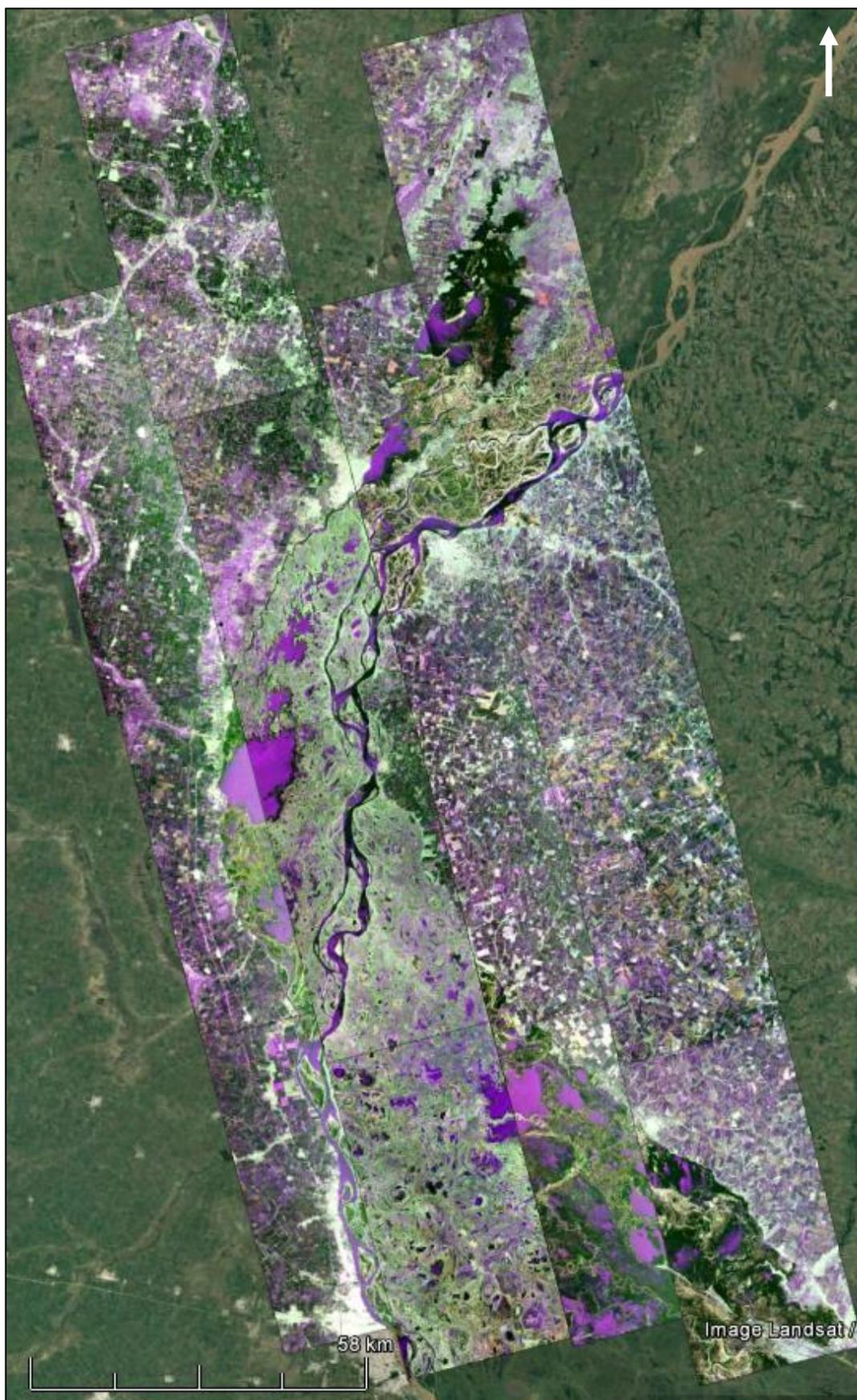


Figura 30. Quince (15) imágenes de productos PLR RTC, de la zona del Paraná Medio.

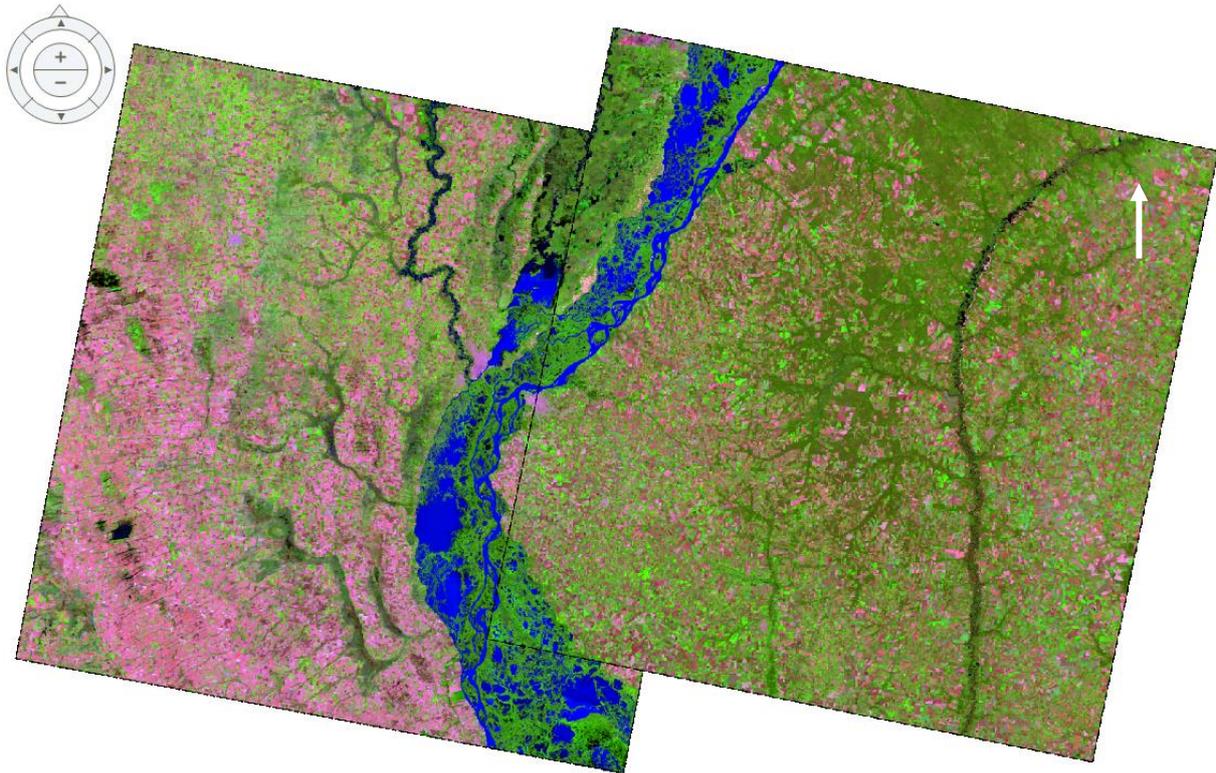


Figura 31. Imágenes LANDSAT 8 OLI TIRS, **RGB 754**, *Path-Row* 226-082, del 6 de septiembre de 2017 (derecha) y *Path-Row* 227-082 del 9 de noviembre de 2017 (izquierda). Disponibles en el directorio: [\Curso9\L8](#). Fuente: *Earth Explorer*.

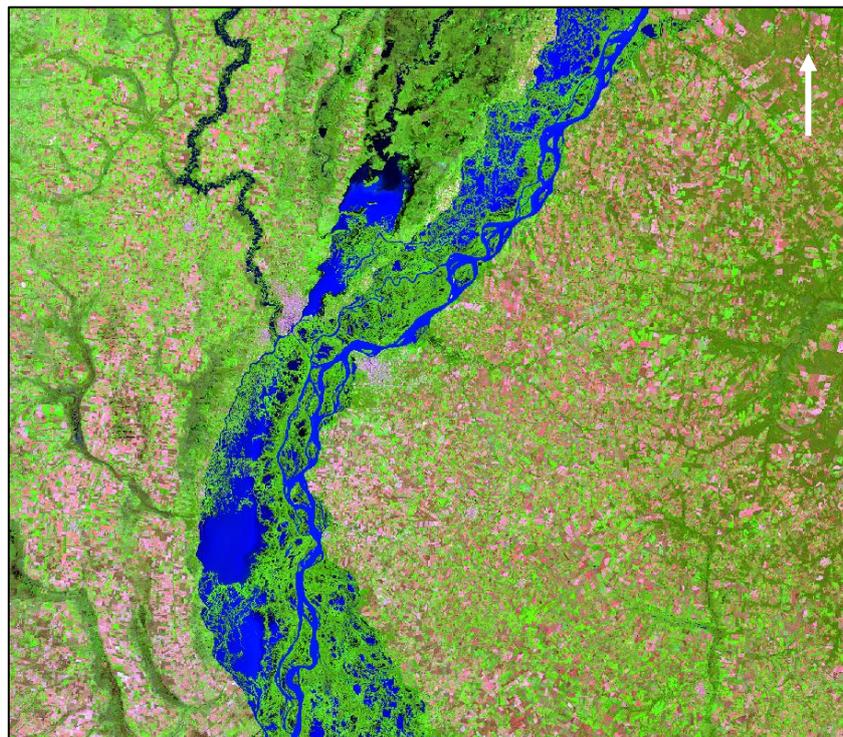


Figura 32. Recorte del mosaico realizado de las dos imágenes LANDSAT 8 OLI TIRS, **RGB 754** (**Figura 31**), disponible en el directorio: [\Curso9\L8](#).



Figura 33. Imágenes SENTINEL-2. [1] y [2] 27 de enero de 2017. **RGB 432.**

[1] S2A_MSIL1C_20170127T140051_N0204_R067_T20HPK_20170127T140834

[2] S2A_MSIL1C_20170127T140051_N0204_R067_T20HQK_20170127T140834

Tabla 9. Comparación entre bandas del Landsat 7 ETM+ vs Landsat 8 OLI-TIRS

Landsat 7			Landsat 8		
Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)	Banda	Ancho (µm)	Resolución (m)
			Band 1 Coastal	0.43 – 0.45	30
Band 1 Blue	0.45 – 0.52	30	Band 2 Blue	0.45 – 0.51	30
Band 2 Green	0.52 – 0.60	30	Band 3 Green	0.53 – 0.59	30
Band 3 Red	0.63 – 0.69	30	Band 4 Red	0.64 – 0.67	30
Band 4 NIR	0.77 – 0.90	30	Band 5 NIR	0.85 – 0.88	30
Band 5 SWIR1	1.55 – 1.75	30	Band 6 SWIR1	1.57 – 1.65	30
Band 7 SWIR2	2.09 – 2.35	30	Band 7 SWIR2	2.11 – 2.29	30
Band 8 Pan	0.52 – 0.90	15	Band 8 Pan	0.50 – 0.68	15
			Band 9 Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 6 TIR	10.40 – 12.50	30/60	Band 10 TIRS1	10.6 – 11.19	100
			Band 11 TIRS2	11.5 – 12.51	100

Tabla 10. Características espaciales y espectrales del SENTINEL-2

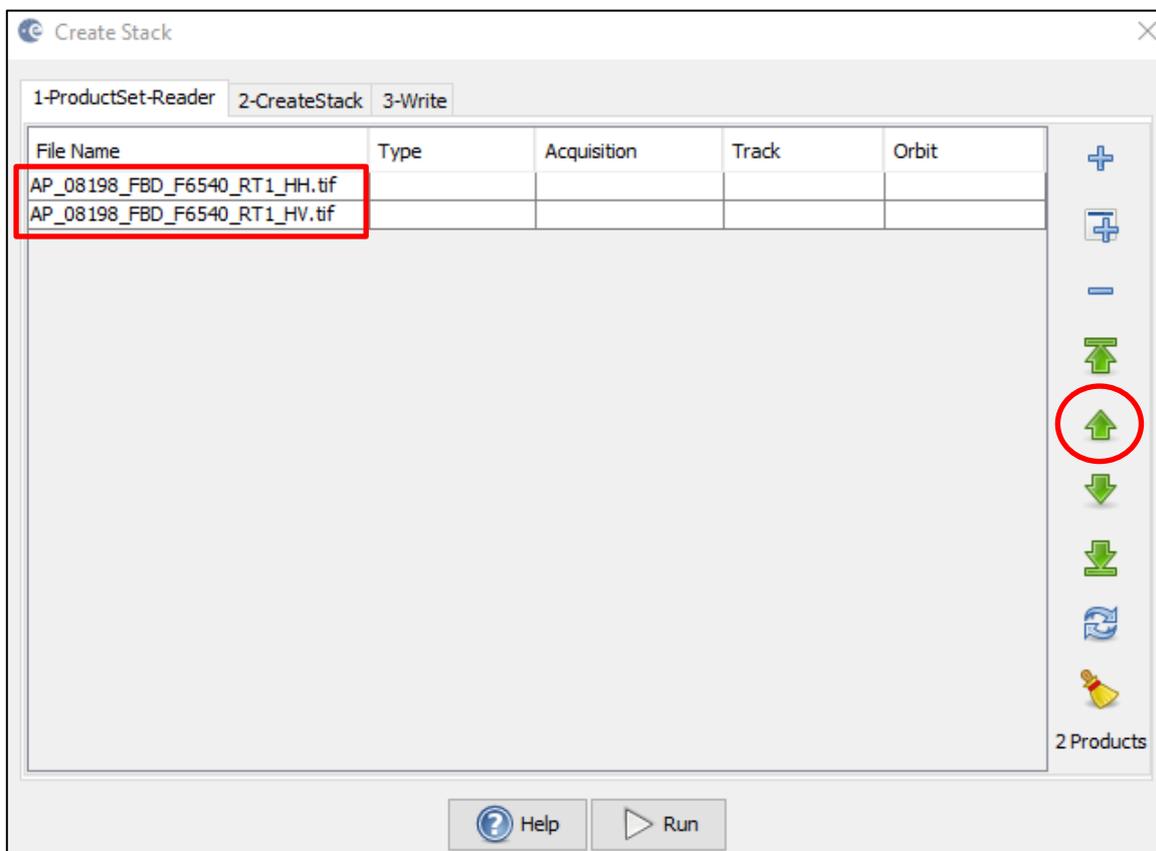
Bandas	Resolución Espacial (m)	Resolución Espectral (nm)
Banda 1 (Aerosol)	60	443
Banda 2 (Azul)	10	490
Banda 3 (Verde)	10	560
Banda 4 (Rojo)	10	665
Banda 5 (Infrarrojo cercano - NIR)	20	705
Banda 6 (Infrarrojo cercano - NIR)	20	740
Banda 7 (Infrarrojo cercano - NIR)	20	783
Banda 8 (Infrarrojo cercano - NIR)	10	842
Banda 8a (Infrarrojo cercano - NIR)	20	865
Banda 9 (Vapor de Agua)	60	9945
Banda 10 (Cirrus)	60	1375
Banda 11 (Infrarrojo Lejano - SWIR)	20	1610
Banda 12 (Infrarrojo Lejano - SWIR)	20	2190

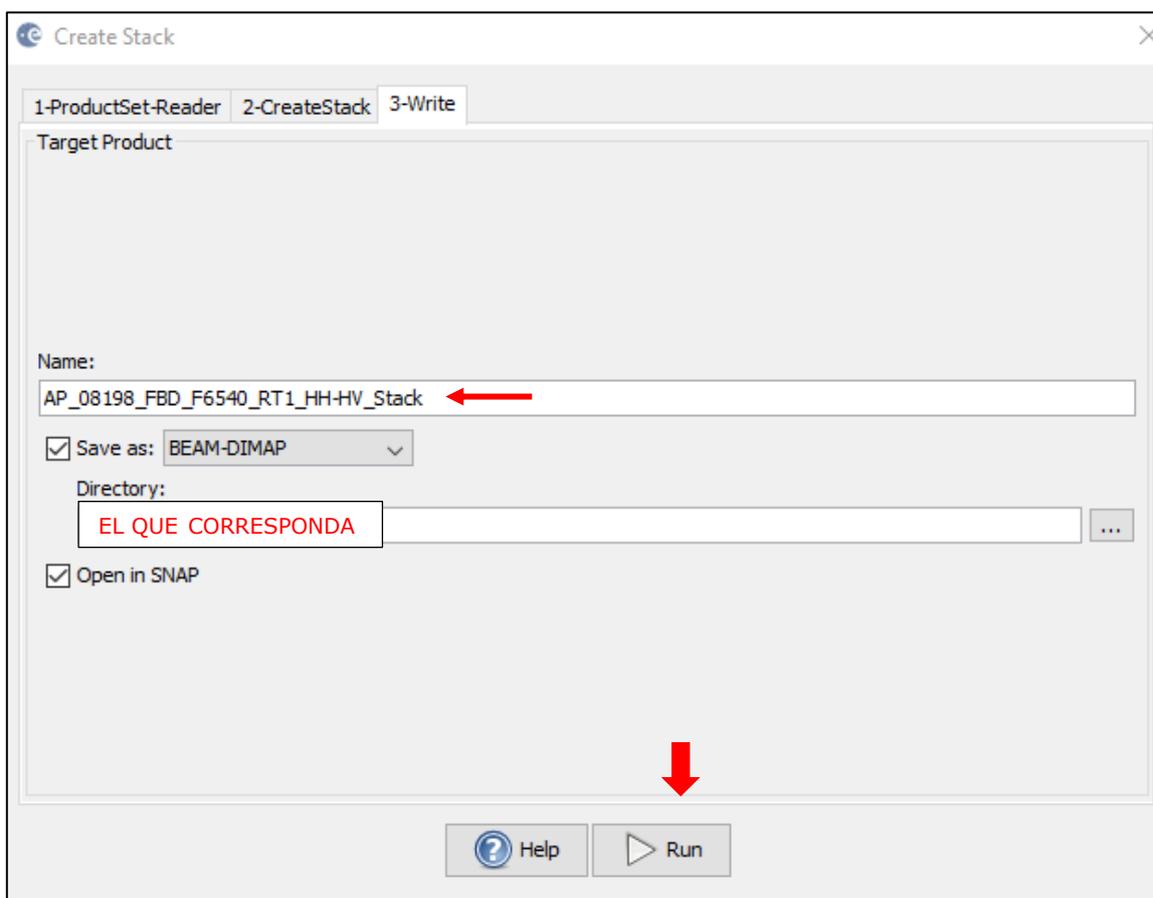
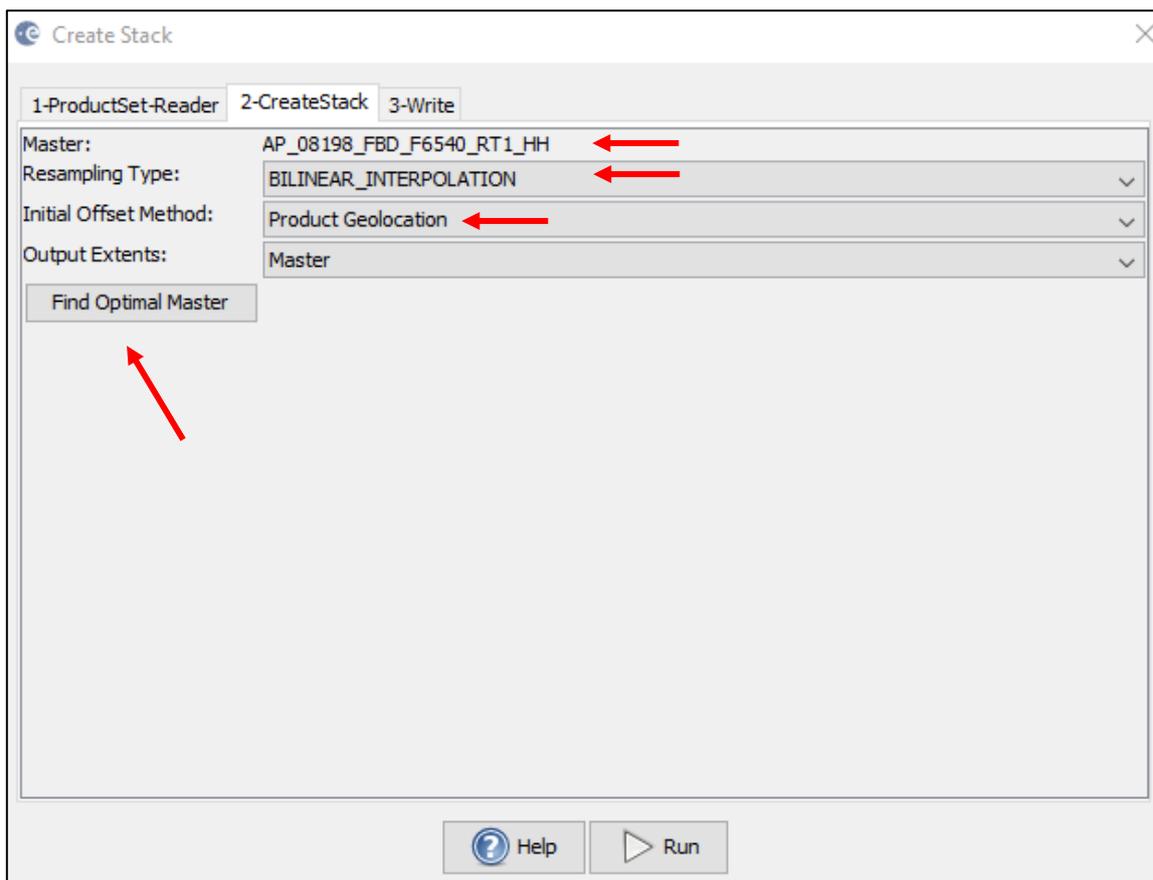
5.2.4 Desarrollo e Informe

Seleccione **una imagen RTC para cada uno de los productos FBD y PLR** que coincidan con los sectores cubiertos por las imágenes del LANDSAT 8 y SENTINEL-2.

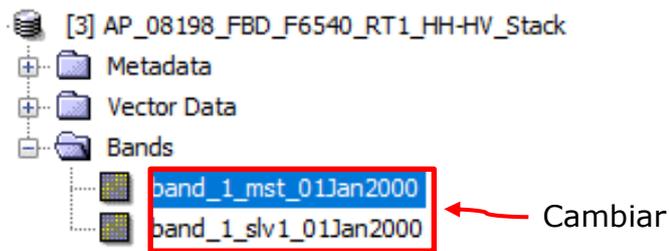
Pasos por seguir para los productos FBD RTC:

- ✓ Importe los archivos de la imagen seleccionada HH y HV (*\File\Import\Generic Formats\GeoTIFF*). Una opción más directa es ir a *\File\Open Product*, y seleccionar los 2 archivos, o todos los que componen principalmente el producto RTC (*.dem, *.inc_map, y *.ls_map).
- ✓ Realice el "apilamiento" (*Stack*) de los subarchivos en uno solo: *\Radar\Coregistration\Stack Tools\Create Stack*. Trate de tener ordenado los archivos, primero coloque el HH y después el HV, con la flecha verde:

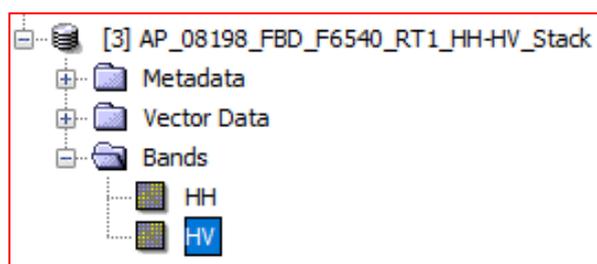
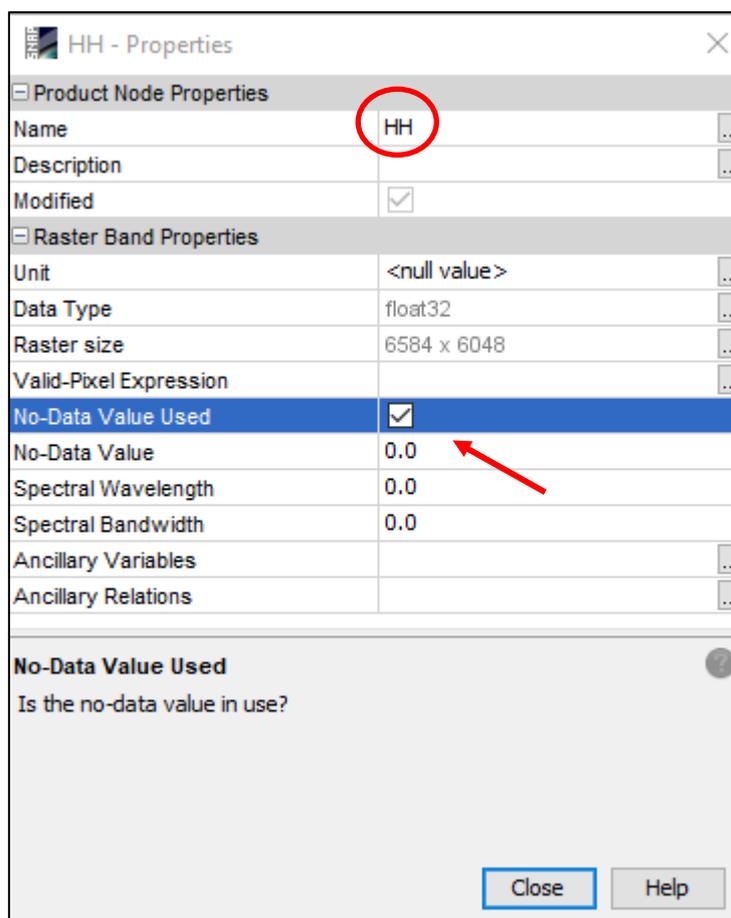




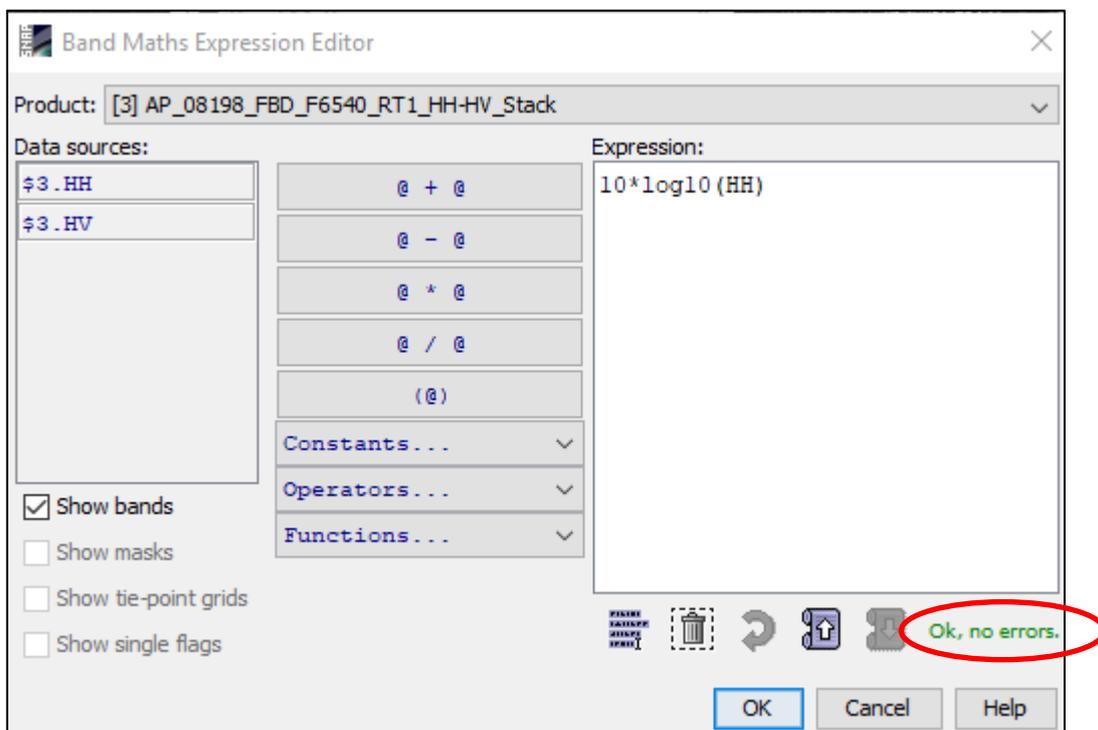
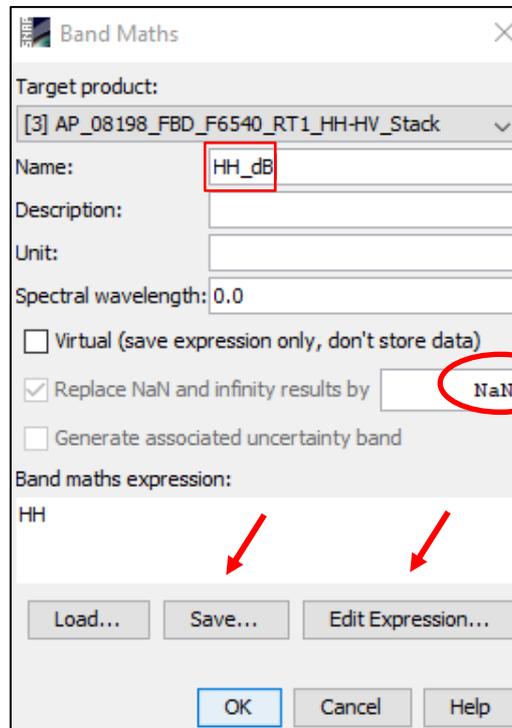
- ✓ El resultado obtenido es el siguiente:



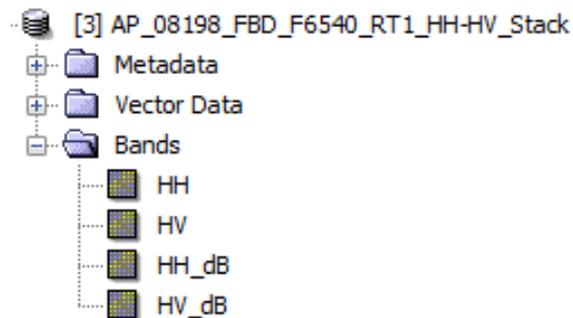
- ✓ El próximo paso consiste en ir a *\Edit\Properties*, o situándose en la banda master (mst), con el botón derecho del mouse, aparecerá la siguiente pantalla donde se pueden modificar los nombres de las bandas y otras opciones:



- ✓ Realice la conversión de los valores gamma0 (HH y HV) a decibeles (dB), utilizando el menú *Raster-Band Maths*. La operación de calibrado se realiza con la fórmula: $10 \cdot \log_{10}(\text{gamma0 HH})$ y lo mismo se hace con la banda HV.

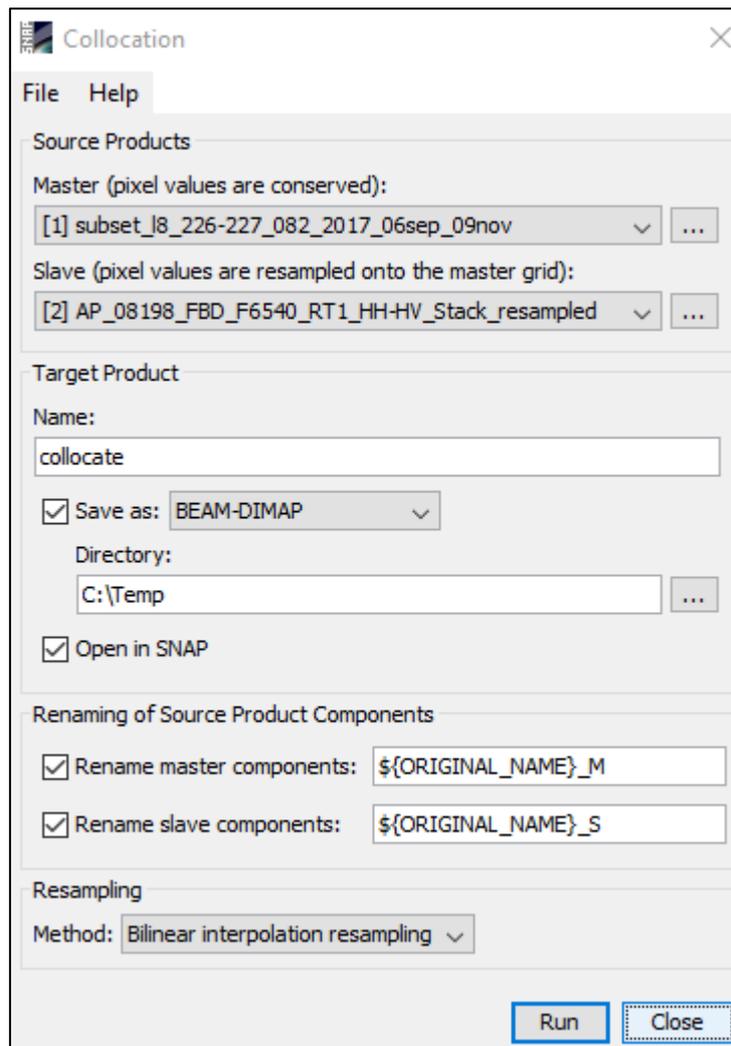


- ✓ El archivo quedará de esta manera:

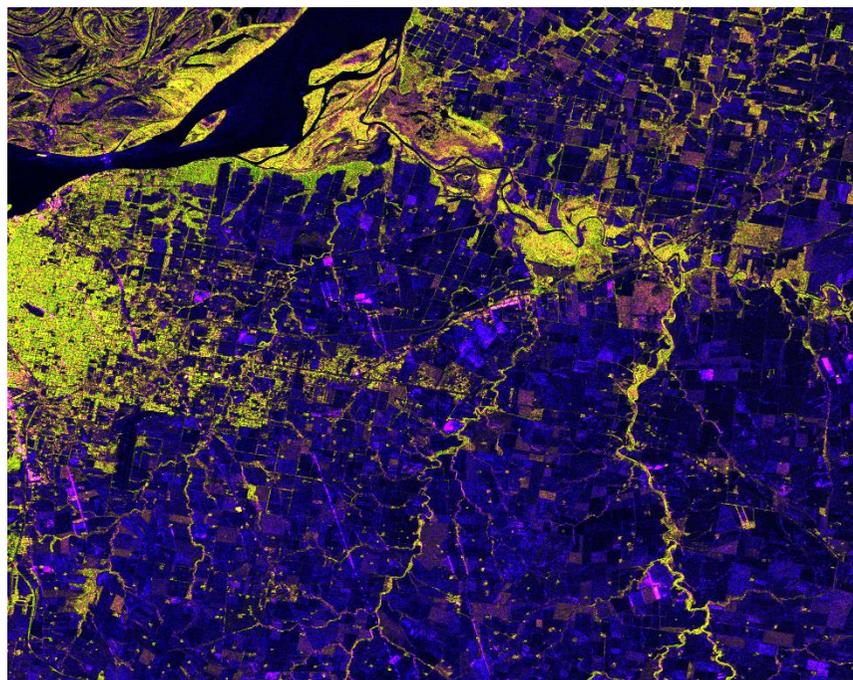


- ✓ Recuerde que el archivo original está en proyección UTM, y si desea exportar al *Google Earth*, tendrá que cambiar a coordenadas Geográficas latitud-longitud (*\Raster\Geometric Operations\Reprojection*), preservando la resolución espacial y el método bilineal de remuestreo. **PERO ANTES, se recomienda hacer archivos separados de diferente resolución espacial (*\Raster\Geometric Operations\Resampling*) para combinar con los ópticos (por ejemplo, puede hacer un remuestreo a 30 m y 20 m para combinar con LANDSAT-8 o SENTINEL-2, respectivamente).** En los parámetros, tiene que colocar los valores deseados en *By pixel resolution (in m)*. También tenga presente que el SENTINEL-2, tiene diferentes resoluciones (10, 20 y 30 m), decida con cual resolución quiere trabajar. El LANDSAT 8 consignado está a una resolución espacial de 30 m (bandas multiespectrales). El archivo del ALOS PALSAR-1 FBD es de 12,5 m.
- ✓ Luego, compute los índices de las polarizaciones (cociente, suma y resta) con los **valores calibrados (dB)**, y realice las combinaciones **RGB** (en el *display azul* coloque siempre el índice calculado, en el **rojo** HH_dB y en el **verde** HV_dB). **Inicialmente compare de manera visual la imagen no calibrada versus la calibrada (ver Figura 34).** Obtenga la escala de grises (dB) cuando exporte individualmente el KMZ de HH_dB y HV_dB.
- ✓ También se podrán hacer otros análisis como clasificaciones no supervisadas (*\Raster \ Classification*) o segmentación (*\Raster \ Segmentation*). Aunque estos procedimientos insumen mucho tiempo de proceso.

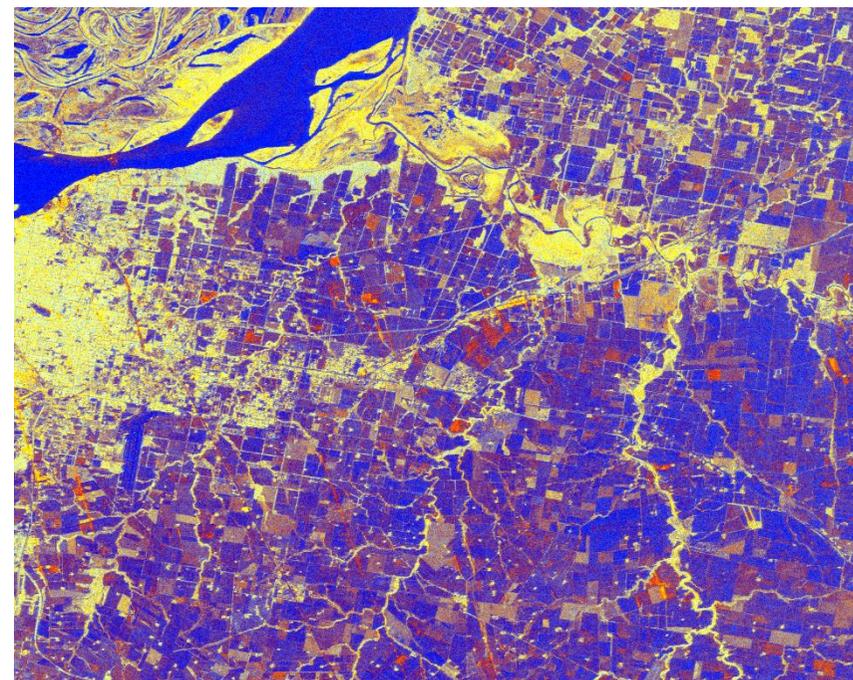
- ✓ Para la combinación radar (SAR) y óptico, utilizaremos el algoritmo *Collocation* que se encuentra en: `\Raster\Geometric Operations\Collocation`. Esta herramienta de "Colocación" permite ubicar dos productos espacialmente superpuestos. Esto implica que los valores de píxeles de un producto (el esclavo) son remuestreados en la trama geográfica del otro (el maestro, el de referencia). Con el fin de evitar conflictos de denominación, la Herramienta de Colocación permite cambiar el nombre de los componentes maestro y esclavo, tales como bandas, codificaciones de indicadores y definiciones de máscaras de bits según un patrón definido por el usuario.
- ✓ Cuando se superponen dos productos (en este caso el radar y el óptico, con la misma resolución espacial), se crea uno nuevo que contiene una copia de todos los componentes del producto maestro, es decir, datos de bandas, cuadrículas de punto de enlace, codificaciones, definiciones de máscara de bits y metadatos. Los metadatos del producto esclavo no se transfieren.
- ✓ El algoritmo *Collocation* requiere información exacta para los productos maestro y esclavo. Cuando sea necesario, los puntos de control del terreno pueden proporcionar información exacta de la zona.
- ✓ Se sugiere como grupo maestro fijar al óptico, y como esclavo al radar. Básicamente es por el ancho de barrido, entre un producto y otro, de lo que se presentan en los ejercicios. El óptico cubre más superficie, entonces queda mejor superpuesto el radar.
- ✓ Se puede cambiar el nombre de los componentes principales y esclavos: Al activar o desactivar esta opción, se puede activar o desactivar el cambio de nombre automático de los componentes principales del producto, respectivamente. Si se activa, todos los componentes del producto maestro se cambian de nombre de acuerdo con el patrón dado en el campo de texto junto a la casilla de verificación. La expresión \$ {ORIGINAL_NAME} se puede usar para referirse al nombre original del componente.



- ✓ Existen varios métodos de remuestreo: vecino más cercano, interpolación bilineal (elija éste) y convolución cúbica. Cuando el producto esclavo contiene una banda donde se define una expresión de píxel válida, sólo se presenta el método vecino más cercano.
- ✓ En las **Figuras 35** y **36** se presentan algunos ejemplos de combinaciones LANDSAT-8 Y ALOS PALSAR-1. Más allá de las diferencias de fecha, es clara la complementariedad de la sensibilidad física del radar con la sensibilidad biológica del óptico.



RGB HH-HV-ratio(HH/HV)



RGB HH_dB-HV_dB-ratio(HH_dB/HV_dB)

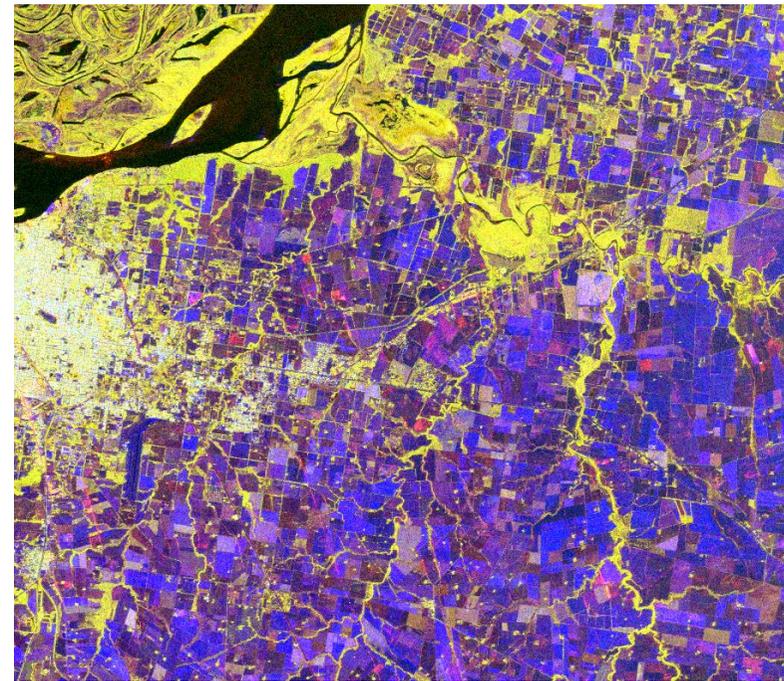


HH dB	-5.5	-16.8	- 28.1
HV dB	-12.5	-22.1	-31.7

Figura 34. Recorte de la imagen PALSAR 1 no calibrada (izquierda) y calibrada en decibeles (derecha).

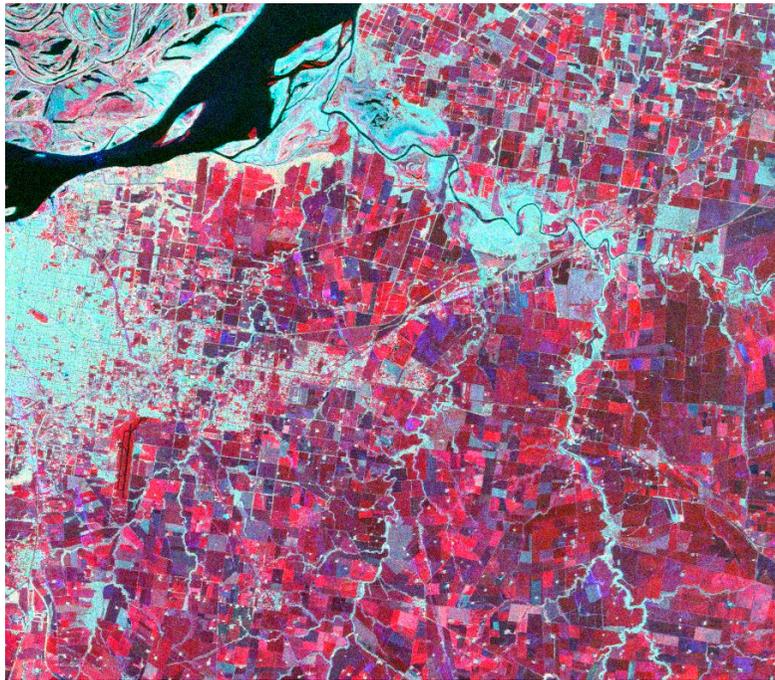


LANDSAT 8 RGB 754



PALSAR1-LANDSAT 8 RGB HH_dB-HV_dB-7

Figura 35. Imagen LANDSAT 8 (izquierda) y complementariedad de su banda 7 (SWIR) con la banda L, polarizaciones HH y HV (derecha).



LANDSAT 8-PALSAR-1 RGB 5HVHH

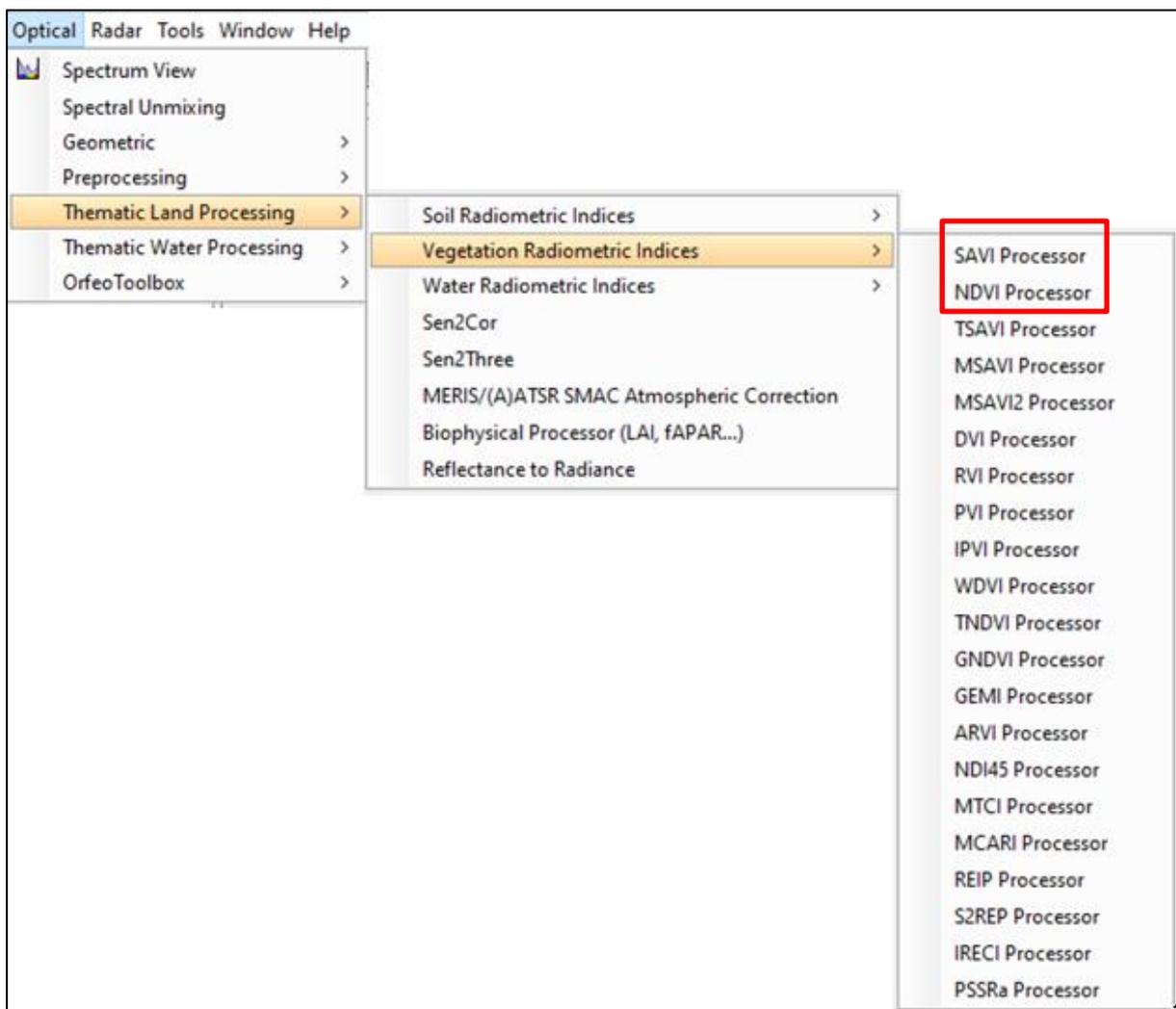


LANDSAT 8-PALSAR-1 RGB 5HHHV

Figura 36. Combinaciones RGB entre LANDSAT 8 y ALOS PALSAR-1 FBD.

Pasos por seguir para los productos PLR RTC:

- ✓ Son similares a los productos FBD RTC, pero con la ventaja de la polarización cuádruple. Para este ejercicio, se seleccionará UNA SOLA imagen PLR RTC, y se calibrarán todas las polarizaciones HH, HV, VH y VV. Combine un **RGB** **HH-HV-VV**. Interprete las contribuciones de cada polarización.
- ✓ Haga con el álgebra de bandas estos índices en un **RGB**: **HH-VV**, **HV+VH**, y **HH+VV**. Interprete.
- ✓ Calcule tanto para el LANDSAT-8 como para el SENTINEL-2 el NDVI y el SAVI, de un *subset*, en común con el del ALOS PALSAR-1 PLR RTC. El SNAP en su módulo óptico, tiene todos los índices, como muestra esta captura de pantalla:



- ✓ Compare los resultados de los índices ópticos, con los índices de radar de los productos RTC. Interprete.

HAGA UN REPORTE EN WORD OFFICE, DE NO MENOS DE 6 (CARILLAS), CON TIPO DE LETRA VERDANA 11, ESPACIO 1,5 cm, página A4, CON MÁRGENES SUPERIOR E INFERIOR (2,5 cm), E IZQUIERDO Y DERECHO (3 cm).

NO SE OLVIDE DE CONSIGNAR NOMBRE Y APELLIDO E INSTITUCIÓN QUE REPRESENTA.

6. INTRODUCCIÓN A LA POLARIMETRÍA

6.1 Trabajo Práctico 7: Descomposición, parámetros, segmentación y clasificación polarimétricas

6.1.1 Objetivos

Para una imagen PLR ALOS 1 PALSAR CEOS, se establecen tres objetivos principales: 1) Análisis de la descomposición polarimétrica, 2) Obtención y discusión de los parámetros polarimétricos, y 3) Segmentación y clasificación polarimétrica.

6.1.2 Área de la Práctica



Figura 37. Imágenes ALOS PALSAR-1 PLR (cuádruple polarización) formato nivel 1.1 aptas para realizar análisis polarimétricos. Fuente: *Alaska Satellite Facility*.

[+] [Disk Icon]	[1] ALOS-P1_1_A-ORBIT_ALPSRP206266540
[+] [Disk Icon]	[2] ALOS-P1_1_A-ORBIT_ALPSRP206266550
[+] [Disk Icon]	[3] ALOS-P1_1_A-ORBIT_ALPSRP259946540
[+] [Disk Icon]	[4] ALOS-P1_1_A-ORBIT_ALPSRP259946550
[+] [Disk Icon]	[5] ALOS-P1_1_A-ORBIT_ALPSRP277596540
[+] [Disk Icon]	[6] ALOS-P1_1_A-ORBIT_ALPSRP277596550

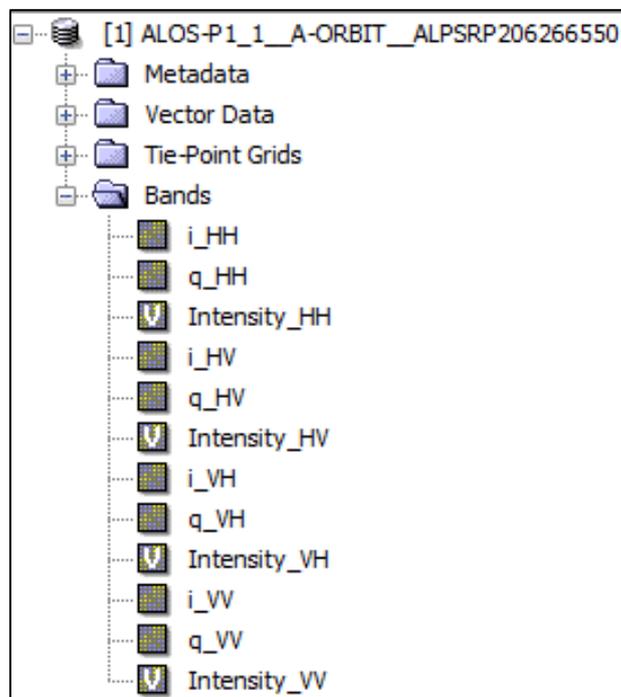
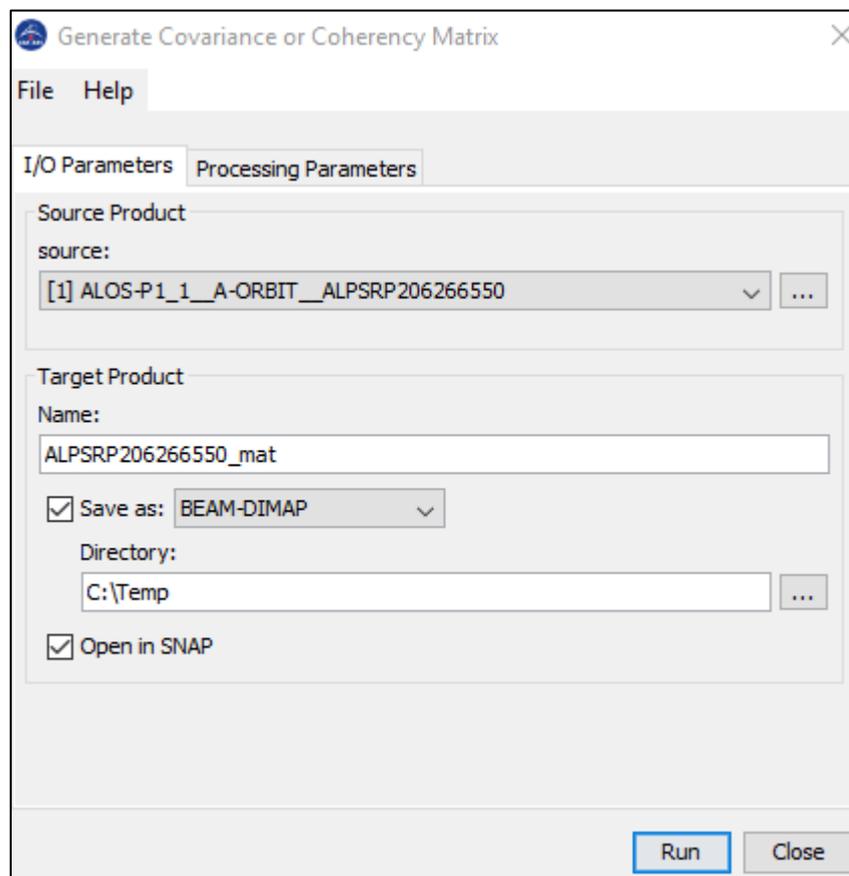


Figura 38. Detalle del área demostrativa de la imagen PLR seleccionada (**8 de diciembre de 2009**) para ilustrar el ejercicio 7. Estructura del archivo nivel 1.1.

6.1.3 Desarrollo e Informe

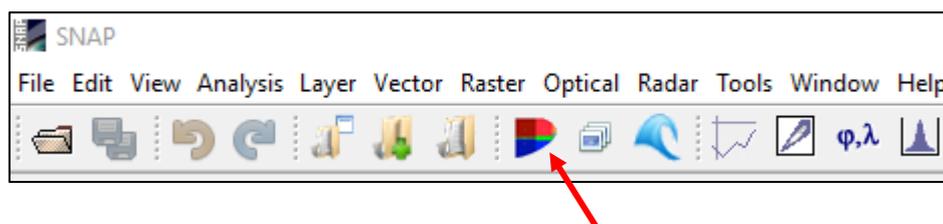
Los pasos por seguir en el ejercicio comprenden los siguientes procesos de cálculo:

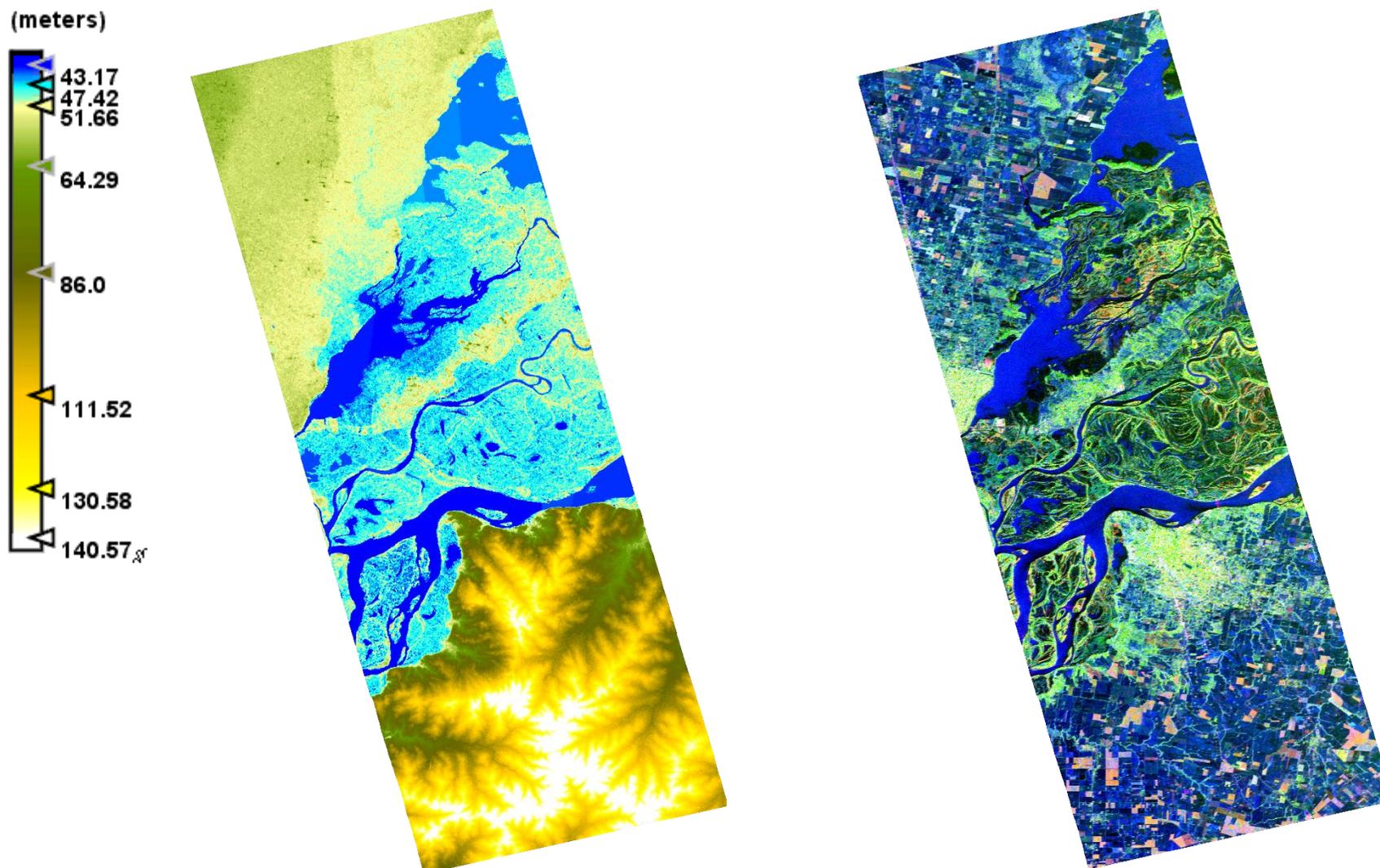
- ✓ Importar la imagen (*\File\Import\SAR Sensors\ALOS PALSAR CEOS*) y seleccionar: el archivo VOL-ALPSRP206266550-P1.1_A.
- ✓ Ir a *\Radar\Polarimetric\Polarimetric Matrix generation*, y en parámetros colocar la matriz de coherencia T3. Acortar el nombre del archivo como se muestra en la captura de pantalla:



- ✓ El paso siguiente en el mismo menú ir a reducir el moteado (*\Polarimetric Speckle Filter*), elegir en parámetros el *Refined Lee Filter*, 1 look y una ventana de 5x5.
- ✓ Realizar la corrección de ángulo (*\Orientation Angle Correction*), tildando la casilla del *output*.

- ✓ El paso siguiente consiste en hacer la descomposición de la señal, *\Polarimetric Decomposition*, realizando la de Freeman-Durden (para después calcular un índice de vegetación), y la entropía, anisotropía y ángulo alfa. Recuerde de colocar el nombre al subfijo *Decomp*, por ejemplo, agregue FD, cuando ejecute el algoritmo de Freeman-Durden y las letras H-A-Alpha, para entropía (H), Anisotropía (A) y ángulo alfa (Alpha). El tamaño de la ventana es 3.
- ✓ Ahora para visualizar correctamente los productos de la descomposición de la señal, debemos corregir la oblicuidad de la órbita, *\Radar\Geometric\ALOS Deskewing* y lo hacemos con el SRTM 1sec HGT (*Autodownload*), primero para FD y después para H-A-Alpha.
- ✓ Finalmente vamos a *Radar\Geometric\Range-Doppler Terrain Correction*, y colocamos un DEM externo, que se encuentra en la carpeta *\Curso9\AP1 FULL (Parana_Delta_SRTM.TIFF* de 12,5 m). Tildamos la casilla para que se aplique el modelo terrestre de corrección gravitacional. Bilineal interpolación, y un pixel de 20 m. También tildamos las casillas del DEM y los ángulos de incidencia local y del elipsoide.
- ✓ Para realizar el gráfico Entropía y ángulo alfa (α) vaya al ícono del menú:





SRTM-C JAXA 12,5 m

RGB Freeman dbl-Freeman vol-Freeman surf, 20 m

Figura 39. Descomposición de Freeman-Durden (dispersiones de **doblo rebote**, de **volumen**, y de **superficie**).

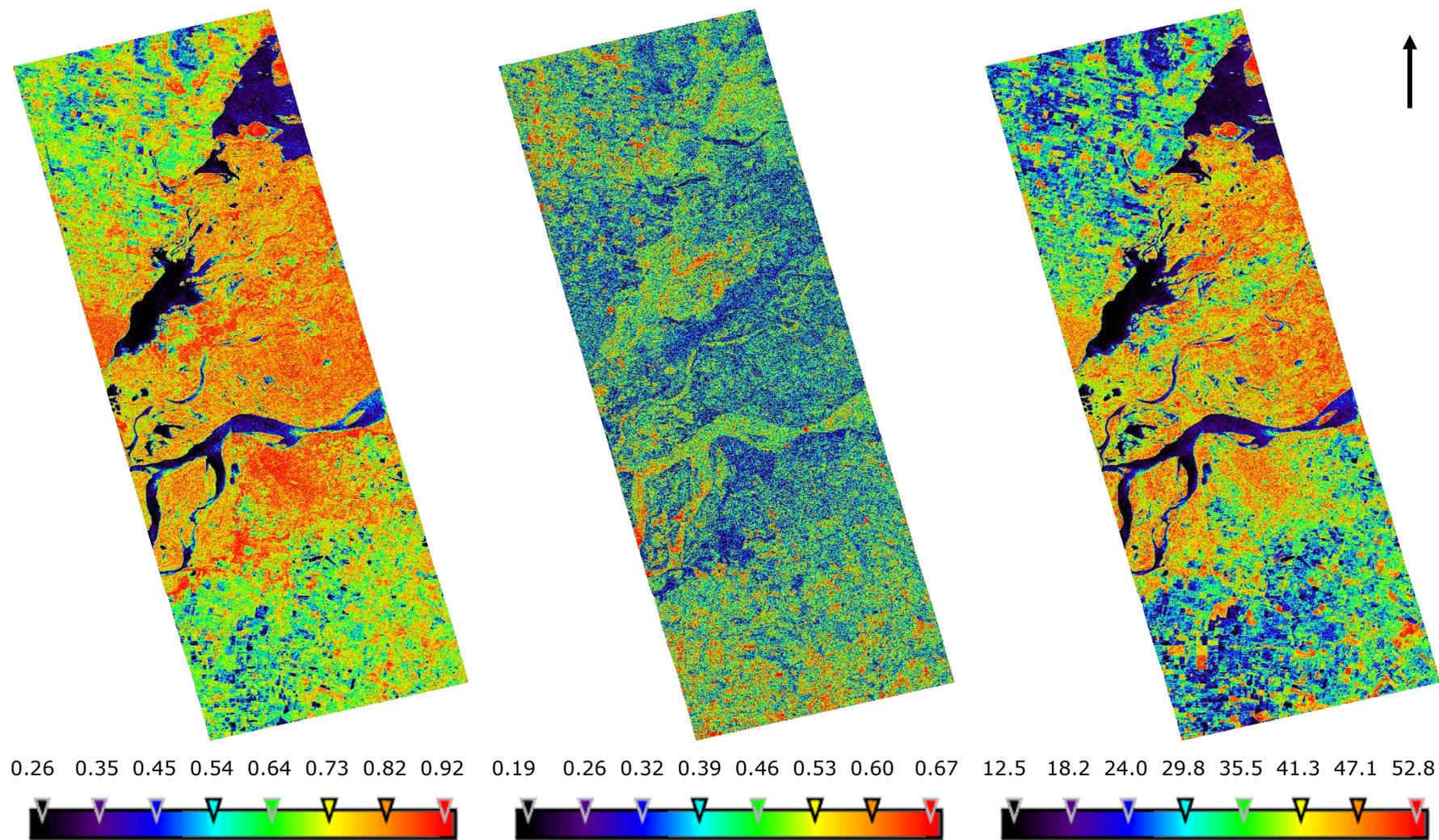


Figura 40. Entropía, H (izquierda), Anisotropía, A (centro) y Ángulo alfa en grados, α (derecha).

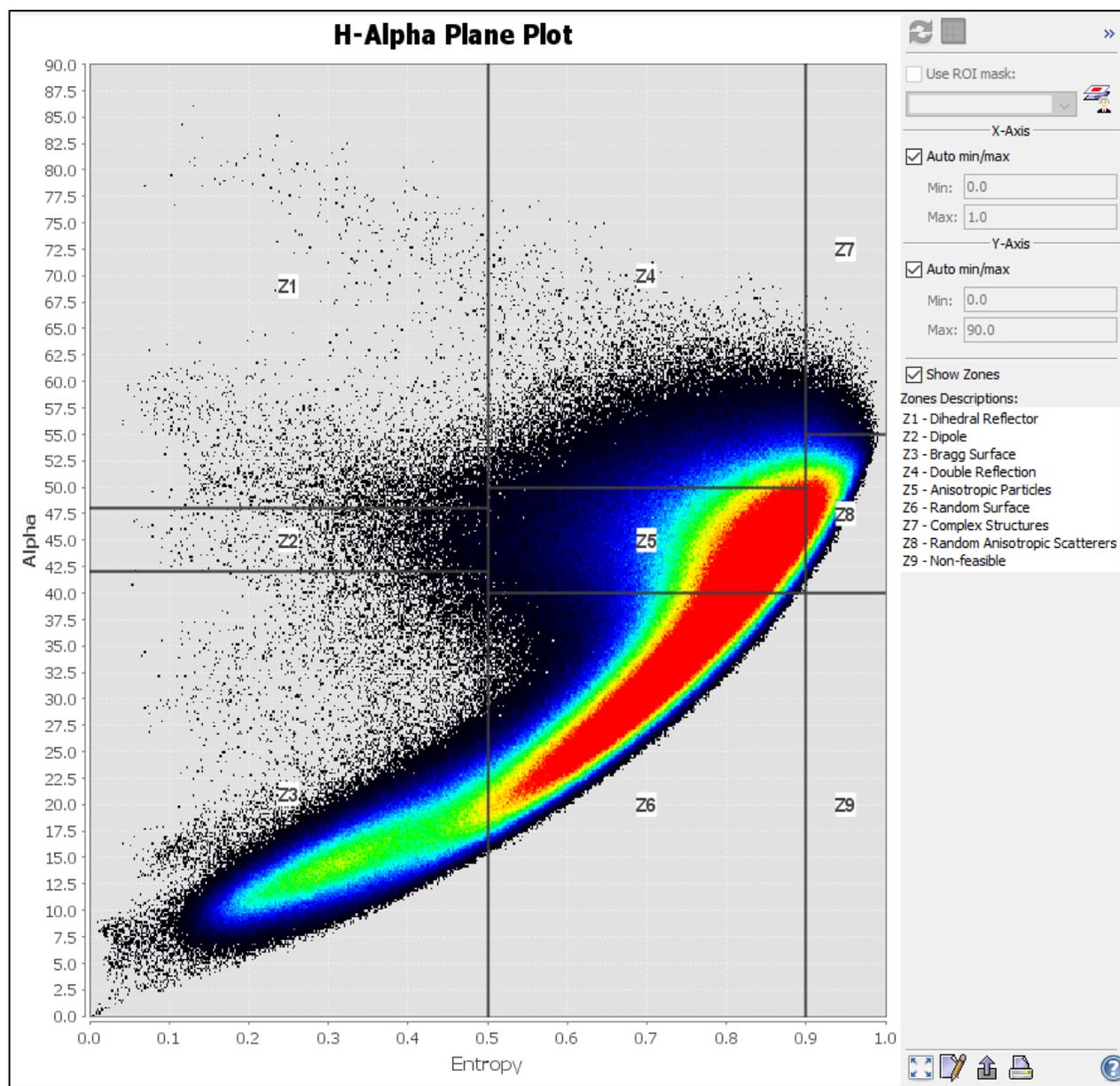


Figura 41. Gráfico Entropía-Alfa (α)

Zona 4: Entropía media y *scattering* múltiple

Esta zona es válida para un *scattering* diédrico con moderada entropía (H), por ejemplo, zonas forestales.

Zona 5: Entropía media y *scattering* de volumen

Aquí se presentan valores moderados de entropía, pero el *scattering* dominante es de dipolos, por ejemplo, vegetación.

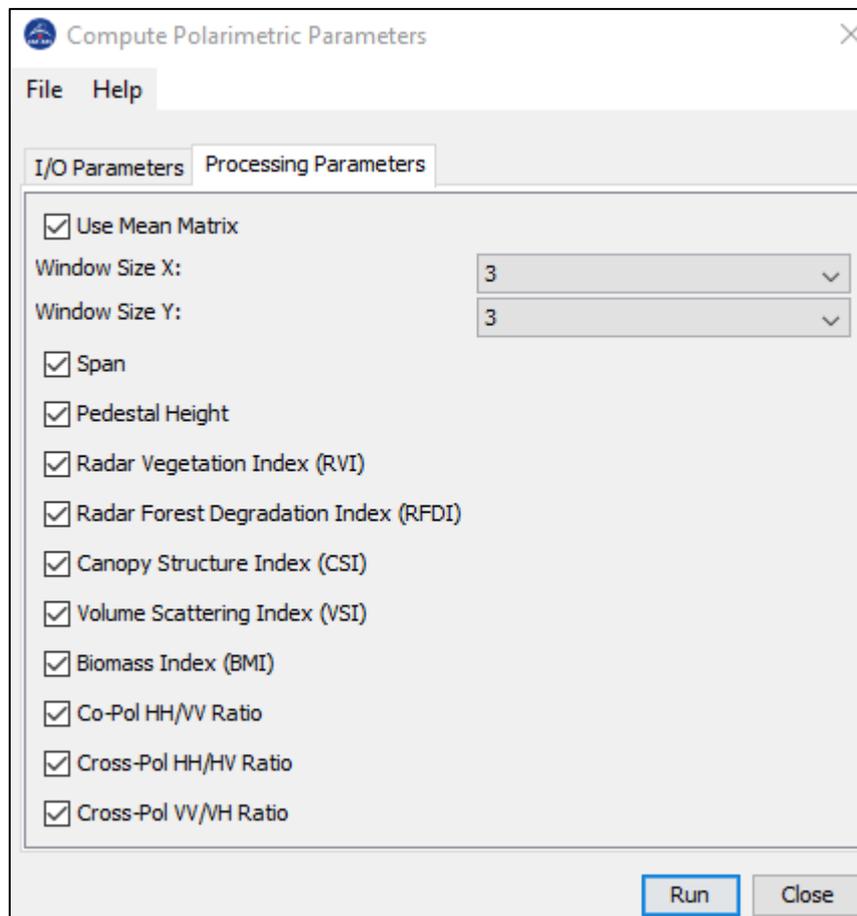
Zona 6: Entropía media y *scattering* de superficie

Esta zona refleja el aumento en la entropía debido a los cambios de la rugosidad de la superficie y al efecto de propagación de la copa de los árboles.

Zona 8: Entropía alta y *scattering* de volumen

Esto sucede en los casos cuando $\alpha = 45$ y $H > 0,9$, por ejemplo, en la copa de árboles.

- ✓ Para el cálculo de los parámetros polarimétricos vaya a: `\Polarimetric\Compute Polarimetric Parameters`, y tilde las casillas de todas las variables, con una ventana de 3x3:



- ✓ *Span*: Potencia recibida por sistemas completamente polarimétricos. Consiste en la adición de la intensidad de los cuatro elementos de la matriz de dispersión.
- ✓ *Pedestal Height*: La altura del pedestal es el valor mínimo de intensidad encontrado en la firma polarimétrica, cuando la respuesta máxima se normaliza a la unidad. [La altura del pedestal es un indicador de la presencia de un componente de dispersión no polarizado en la señal recibida, y por lo tanto está relacionada con el grado de polarización de una onda dispersada.](#) Si un único blanco se dispersa y la onda retrodispersada está completamente polarizada, o si la firma se calcula a partir de una sola medición sin valor, la altura del pedestal es cero. Pero si la firma se calcula a partir de un promedio de varias muestras, y hay múltiples dispersores

disímiles presentes o hay ruido en la señal recibida, la altura del pedestal será distinta de cero. Así, la altura del pedestal es también una medida del número de diferentes tipos de mecanismo de dispersión que se encuentran en las muestras promediadas.

- ✓ **Radar Vegetation Index (RVI):** Este índice es una medida que se ha propuesto para entender la aleatoriedad de la dispersión y como un método para monitorear el nivel de crecimiento de la vegetación, particularmente cuando se dispone de series temporales de datos. El SAR puede penetrar las nubes por lo que tiene el potencial de controlar el crecimiento del cultivo en todas las estaciones, y a su vez poder evaluar el contenido de agua en la planta. Es un parámetro muy útil para la complementación con el NDVI de los ópticos.

$$RVI = \frac{8\sigma_{HV}}{\sigma_{HH} + 2\sigma_{HV} + \sigma_{VV}}$$

- ✓ **Radar Forest Degradation Index (RFDI):**

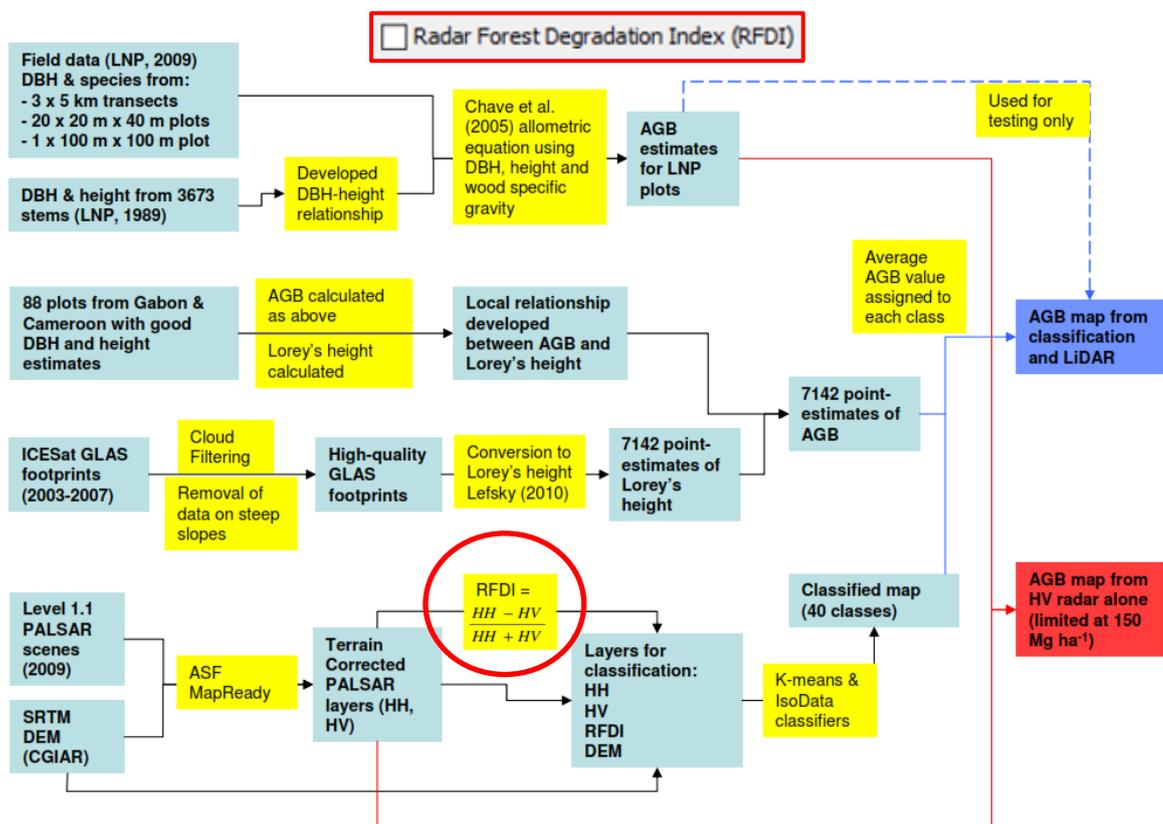


Fig. 2. Diagram showing the processing chain for the production of the biomass maps from the input datasets. AGB = Aboveground Biomass; ASF = Alaska Satellite Facility; CGIAR = Consultative Group on International Agricultural Research; DBH = Diameter at Breast Height (1.3 m); DEM = Digital Elevation Model; ICESat-GLAS = Ice Cloud and land Elevation Satellite – Geoscience Laser Altimeter System; LNP = Lopé National Park; PALSAR = Phased-Array L-band Synthetic Aperture Radar; RFDI = Radar Forest Degradation Index; SRTM = Shuttle Radar Topography Mission.

- ✓ *Canopy Structure Index (CSI):*

$$[CSI = \sigma_{VV}^{\circ} / (\sigma_{VV}^{\circ} + \sigma_{HH}^{\circ})]$$

- ✓ *Volume Scattering Index (VSI):*

$$[VSI = \sigma_{HV}^{\circ} / (\sigma_{HV}^{\circ} + BMI)]$$

- ✓ *Biomass Index (BMI):*

$$BMI = (\sigma_{HH}^{\circ} + \sigma_{VV}^{\circ}) / 2$$

Algunos resultados se presentan en las **Figuras 42 y 43**. **No se hicieron máscaras de cuerpos de agua y sector urbano.**

HAGA UN REPORTE EN WORD OFFICE, DE NO MENOS DE 6 (CARILLAS), CON TIPO DE LETRA VERDANA 11, ESPACIO 1,5 cm, página A4, CON MÁRGENES SUPERIOR E INFERIOR (2,5 cm), E IZQUIERDO Y DERECHO (3 cm).

NO SE OLVIDE DE CONSIGNAR NOMBRE Y APELLIDO E INSTITUCIÓN QUE REPRESENTA.

EN LA INTERPRETACIÓN DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS MENCIONE ALGUNA REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA DE INTERÉS, EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD DE CITAS DEL ARTÍCULO REFERIDO (BASE SCOPUS).

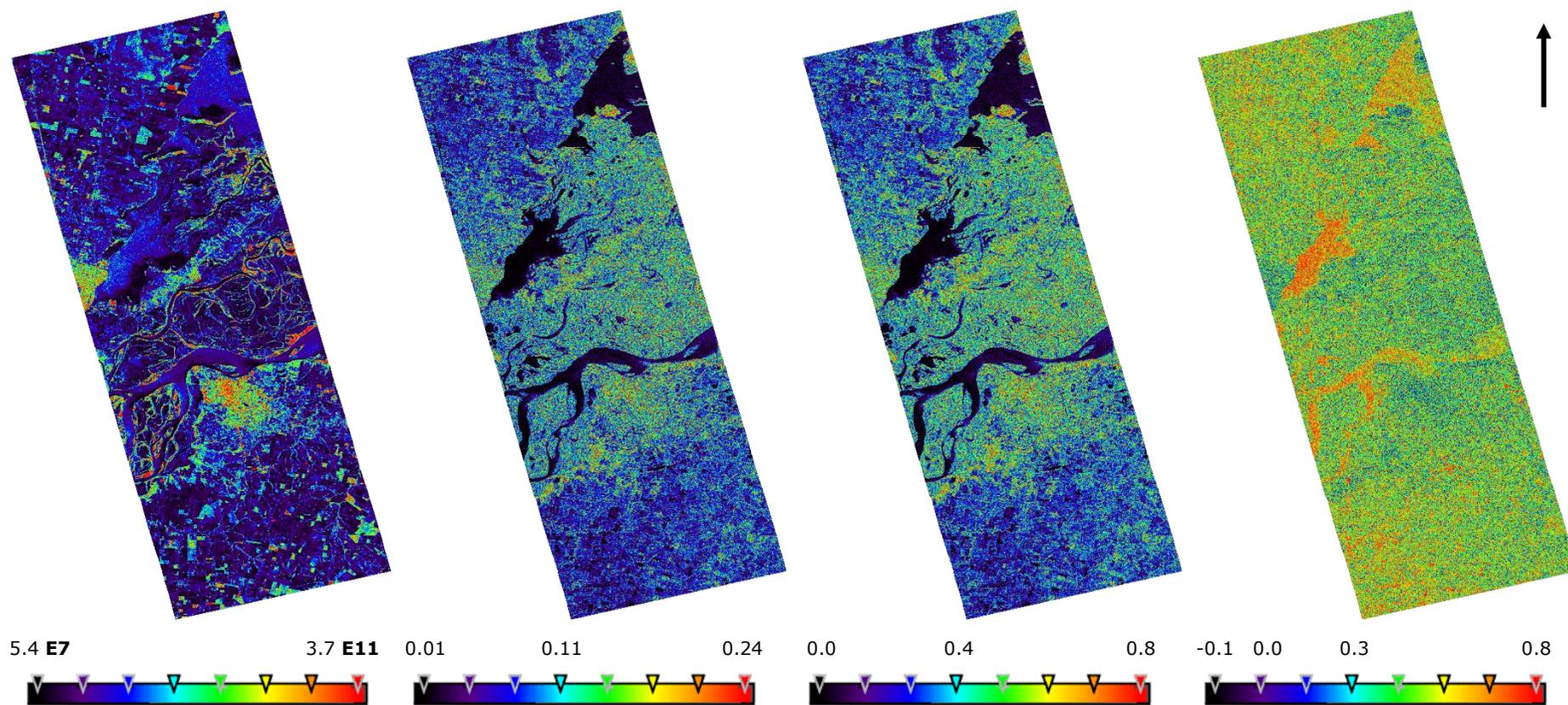


Figura 42. De izquierda a derecha: *Span*, *Pedestal Height*, *Radar Vegetation Index (RVI)*, y *Radar Forest Degradation Index (RFDI)*. **Sin máscara de cuerpos de agua y sector urbano.**

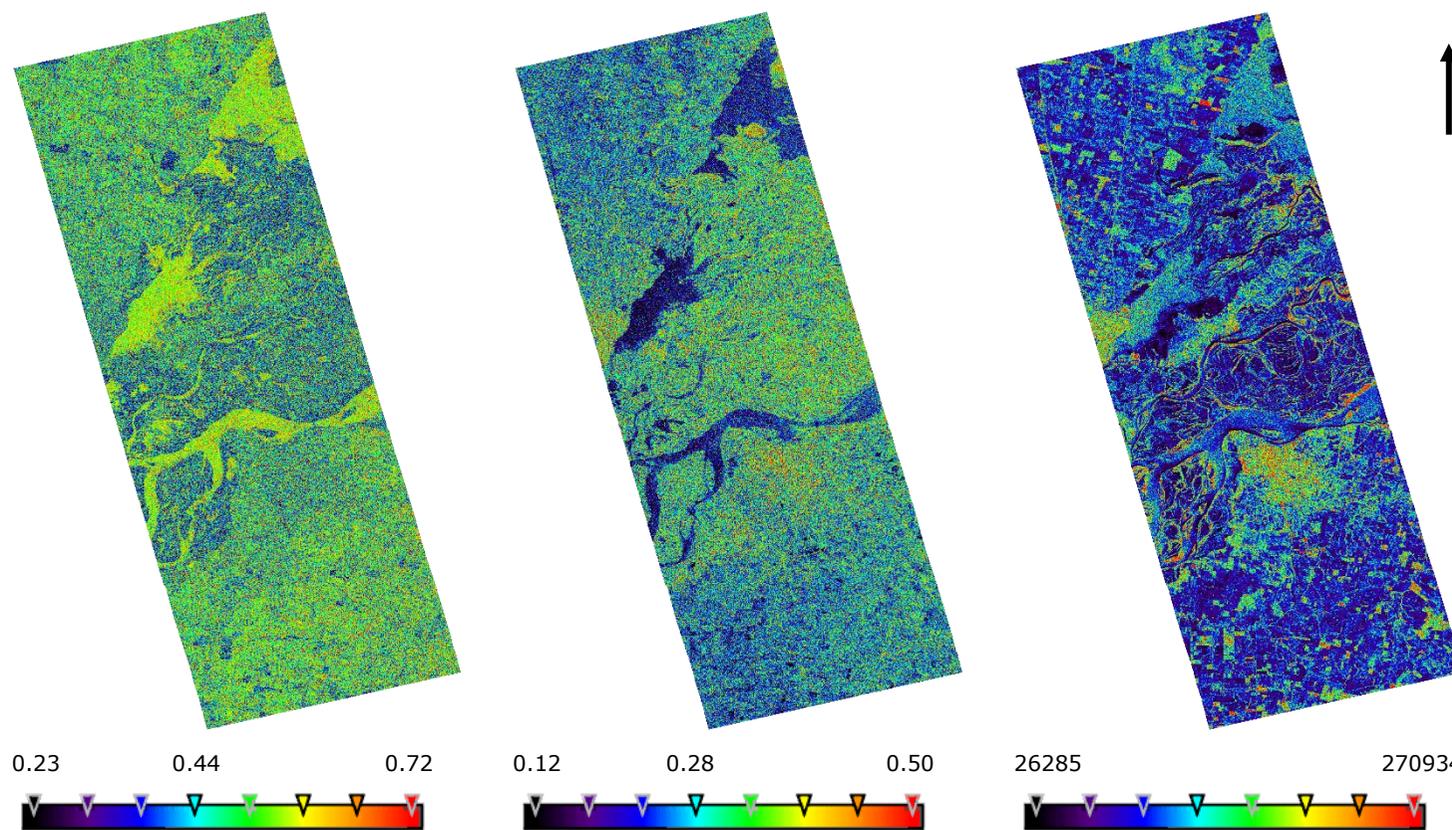
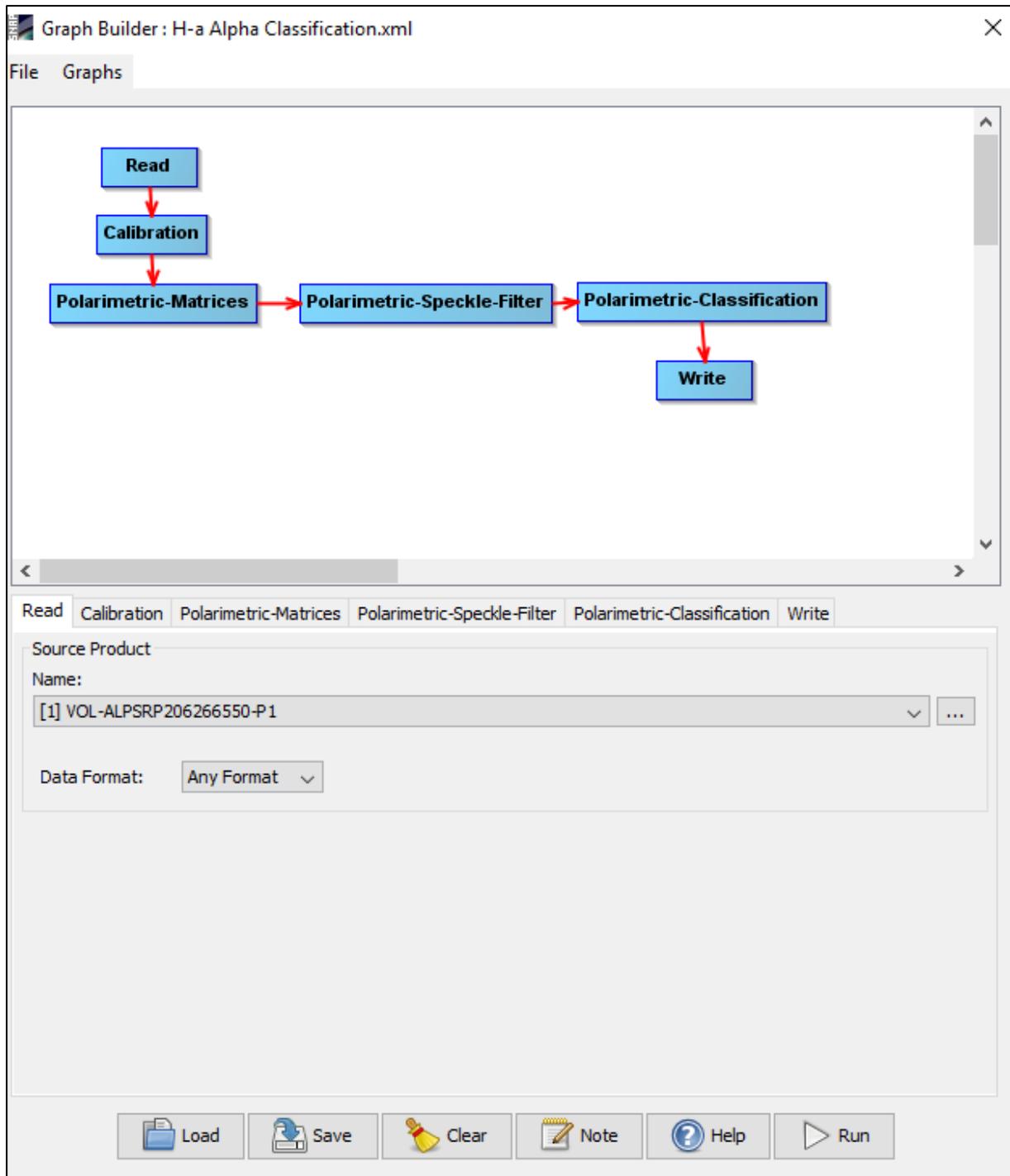


Figura 43. De izquierda a derecha: *Canopy Structure Index (CSI)*, *Volume Scattering Index (VSI)* y *Biomass Index (BMI)*. **Sin máscara de cuerpos de agua y sector urbano.**

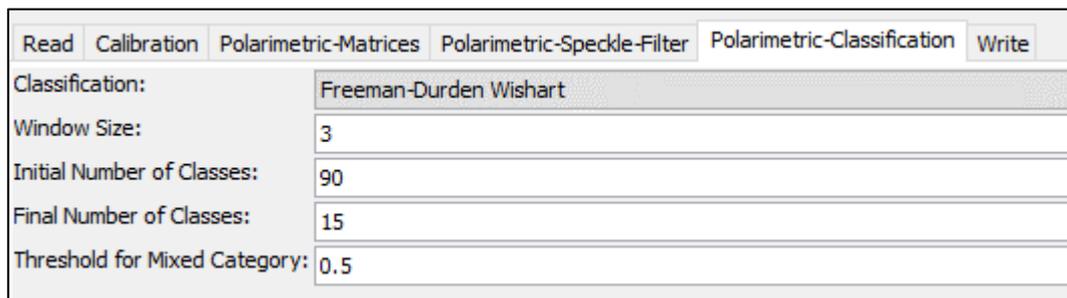
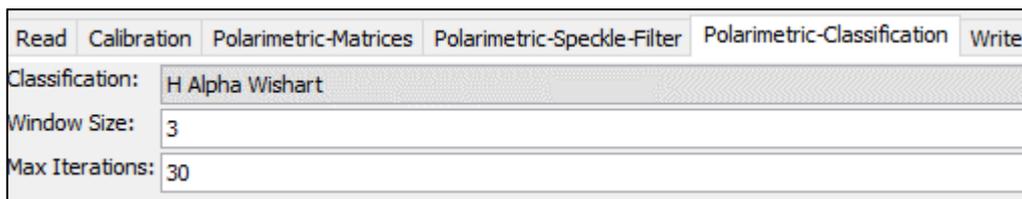
Clasificación Polarimétrica

Para el ejercicio de la Clasificación Polarimétrica, ir al menú: `\Tools\Graph Builder\Graphs\Radar\PolSAR Graphs\H-a Alpha Classification`.



- ✓ En *Calibration* tildar la casilla Save as a complex output.
- ✓ En *Polarimetric-Matrices* seleccionar T3.

- ✓ En *Polarimetric-Speckle Filer*, el filtro ya utilizado *Refined Lee Filter (1, 5x5)*.
- ✓ En *Polarimetric-Classification*, vamos a realizar 2 (dos) clasificaciones separadas, 1) *H Alpha Wishart*, y después *Freeman-Durden Wishart* (una de las mejores clasificaciones de la literatura).
- ✓ En vez de 30 iteraciones ponga 5 (cinco), para acelerar el procesado.

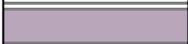


Clasificación H Alpha Wishart

En el panel de navegación del SNAP en *Colour Manipulation* se muestran las clases de la clasificación, teniendo la imagen desplegada en la ventana de la vista principal.

Label	Colour	Value	Frequency	Description
no data		0	0.000%	no data
class_1		1	1.200%	Dihedral Reflector
class_2		2	1.884%	Dipole
class_3		3	34.069%	Bragg Surface
class_4		4	4.815%	Double Reflection
class_5		5	10.355%	Anisotropic Particles
class_6		6	23.279%	Random Surface
class_7		7	9.942%	Complex Structures
class_8		8	7.542%	Random Anisotropic Scatterers
class_9		9	6.914%	Non-feasible

- ✓ En el ícono señalado por la flecha salve la paleta de colores o cambie los colores de la misma (como se realiza en este ejercicio), con el nombre H_Alpha_Wishart_classes (extensión *.cpd). Esta paleta la usaremos después que hagamos el proceso de corregir la oblicuidad de la órbita y la rectificación de la imagen clasificada, como se realizó en los pasos anteriores.
- ✓ Recuerde de utilizar el DEM externo (12,5 m) y corregir la oblicuidad con el SRTM 1 arcsec HGT (Autodownload).
- ✓ La paleta de colores con modificaciones queda de la siguiente manera:

	1.200%	Dihedral Reflector
	1.884%	Dipole
	34.069%	Bragg Surface
	4.815%	Double Reflection
	10.355%	Anisotropic Particles
	23.279%	Random Surface
	9.942%	Complex Structures
	7.542%	Random Anisotropic Scatterers
	6.914%	Non-feasible

- ✓ En la **Figura 44** se presentan los resultados de la clasificación.

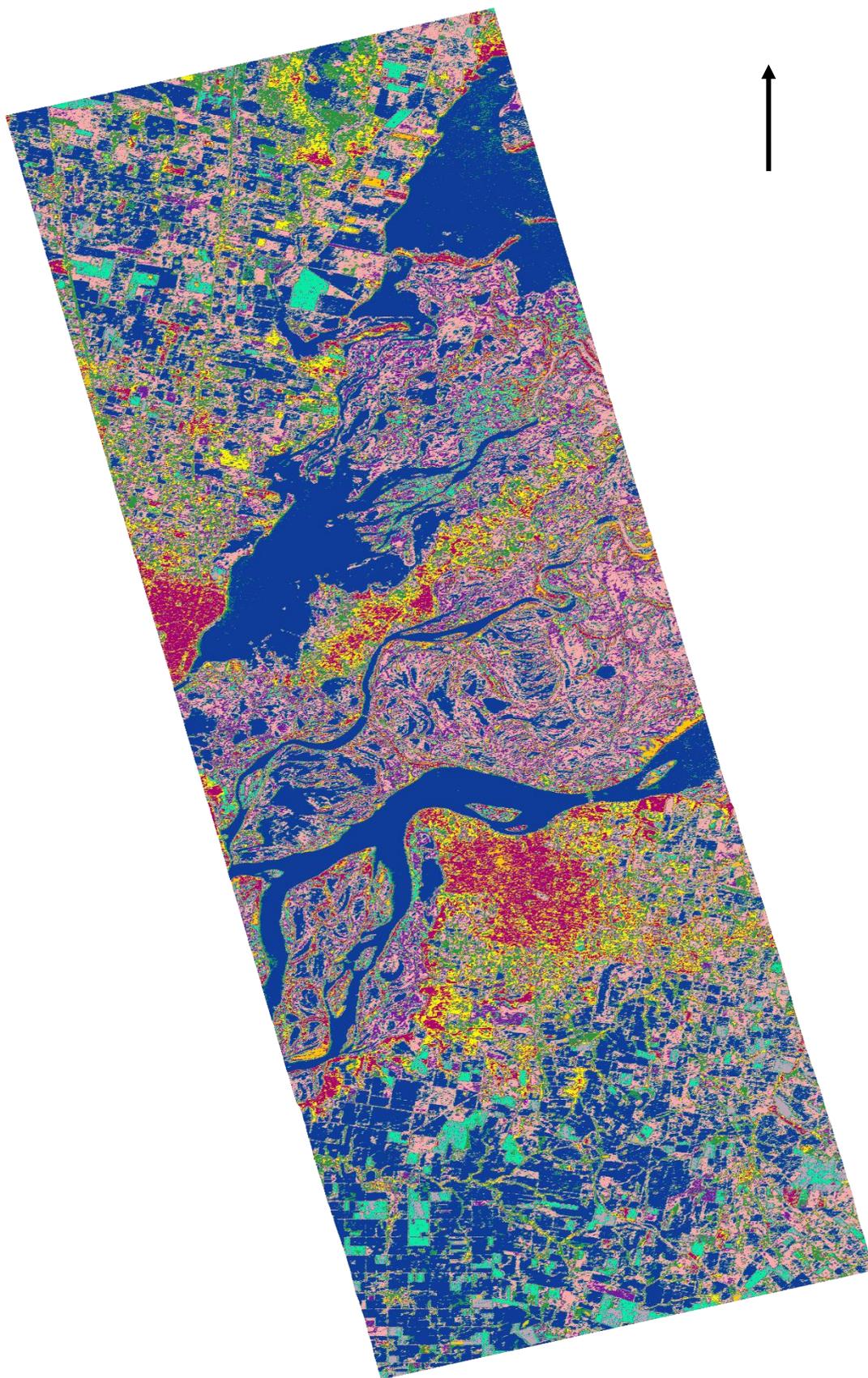


Figura 44. Clasificación H Alpha Wishart.

- ✓ Para la clasificación de [Freeman-Durden Wishart](#), siga el procedimiento similar a lo anterior, de las 90 clases va a seleccionar 15, juzgue la interpretabilidad de dichas clases, en función de la distribución espacial y características que pueda visualizar en las imágenes ópticas. Tenga en cuenta que para realizar la supervisión de las clases habría que utilizar ROI (Region of Interest) para hacer la clasificación final (ver *Radar\Polarimetric\Supervised Classification Training*).