



Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada



El Mapeo de Cultivos y Sus Características Biofísicas con Radar de Apertura Sintética Polarimétrico y Teledetección Óptica

2da Parte: Práctico de Polarimetría: Polarimetría SAR para la Agricultura con Imágenes de Sentinel -1, RCM y SAOCOM

19 de abril de 2022

Esquema de la Capacitación

12 de abril de 2022

Polarimetría SAR para la
Agricultura (Teoría y
Práctica)

19 de abril de 2022

**Práctica de Polarimetría,
2^{da} Parte: Polarimetría SAR
para la Agricultura con
Imágenes de Sentinel-1,
RCM y SAOCOM**

26 de abril de 2022

Caja de Herramientas
(Toolkit) de Fuente Abierta
Sen4Stat (Teoría y Práctica)

3 de mayo de 2022

Análisis de Series de Tiempo
de Cultivos Específicos para
el Análisis del Crecimiento



Tarea y Certificados

- Tarea:
 - Debe enviar sus respuestas a través de Formularios de Google
 - Fecha límite: 17 de mayo de 2022
- Se otorgará un certificado de finalización de curso a quienes:
 - Asistan a todas las presentaciones en vivo
 - Completen la tarea asignada dentro del plazo estipulado (acceso desde la página web de ARSET)
 - Recibirán sus certificados aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: marines.martins@ssaihq.com



Objetivos de Capacitación

Al final de esta capacitación, quienes asistieron podrán:

- Explicar la teoría detrás de la Polarimetría SAR, especialmente en relación a las características de los cultivos
- Generar parámetros polarimétricos usando imágenes/software de fuente abierta y realizar un análisis de series de tiempo del crecimiento de los cultivos
- Identificar cómo Sen4Stat puede apoyar a las Oficinas Nacionales de Estadísticas en su utilización de observaciones de la Tierra para estadísticas agrícolas
- Realizar un análisis de series de tiempo de tipos de cultivos usando el índice LAI derivado de Sentinel-2





UNIVERSITY of
STIRLING



UCLouvain



Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada



Práctico de Polarimetría: Polarimetría SAR con Sentinel-1

Laura Dingle Robertson, Heather McNairn, Sarah Banks, Xianfeng Jiao

19 de abril de 2022

Polarimetría con Datos Sentinel-1 Single Look Complex (SLC)

- La polarimetría permite el uso de la fase y crea información “más rica” que la que se crea solo con intensidad.
- Se puede almacenar datos Sentinel-1 dual-pol (VV, VH) SLC en una matriz de covarianza 2x2 [C2].
 - utiliza todo el ancho de banda de la señal disponible, y
 - se preserva la fase y cada píxel está compuesto de un componente real y uno imaginario
- Usando la matriz de covarianza 2x2 [C2] podemos derivar parámetros de dispersión que son muy similares a parámetros completamente polarimétricos o polarimétricos compactos.



Parámetros 'Pseudo' Polarimétricos

Stokes parameters (S_0, S_1, S_2, S_3)	Un conjunto de valores que describe el estado de polarización parcial de una onda electromagnética	$S_0 = E_H ^2 + E_V ^2$ $S_1 = E_H ^2 - E_V ^2$ $S_2 = 2 E_H E_V \cos \phi_{HV}$ $S_3 = 2 E_H E_V \sin \phi_{HV}$
Orientation angle (ψ)	La orientación de la polarización lineal con la retrodispersión más fuerte	$\psi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{S_2}{S_1}$
Ellipticity angle (χ)	La elipticidad de la onda dispersada	$\chi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{S_3}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}$
Degree of linear polarization (DoLP)	El grado de componentes de polarización lineal en la dispersión polarizada	$DoLP = \frac{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}}$
Linear polarization ratio (LPR)	La relación entre intensidades VH y VV	$LPR = \frac{S_0 - S_1}{S_0 + S_1}$
Span (I)	Intensidad total (VH+VV), expresada como potencia	
Eigenvalues (l_1)	Eigenvalores de la matriz de coherencia	$l_1 = \frac{1}{2} (S_0 + mS_0)$
Eigenvalues (l_2)	Eigenvalores de la matriz de coherencia	$l_2 = \frac{1}{2} (S_0 - mS_0)$
Entropy (H)	El grado de aleatoriedad de dispersión	Ver Cloude, et al. 2012 https://www.researchgate.net/publication/260622729_Compact_Decomposition_Theory
Alpha ($\bar{\alpha}$)	El mecanismo de dispersión dominante (en grados)	Ver Cloude, et al. 2012 https://www.researchgate.net/publication/260622729_Compact_Decomposition_Theory
Normalized Shannon Entropy (SE)	La suma de la potencia total de la retrodispersión y el grado de polarización de Barakat, normalizada entre 0 y 1	Ver Réfrégier y Morio 2006 https://www.researchgate.net/publication/6692148_Shannon_entropy_of_partially_polarized_and_partially_coherent_light_with_Gaussian_fluctuations



Parámetros de Stokes

- Describen la dispersión de un campo electromagnético (EM) parcialmente polarizado.
- Contienen toda la información polarimétrica para describir la dispersión proveniente de un objetivo.

$$\begin{aligned}S_0 &= |E_H|^2 + |E_V|^2 \\S_1 &= |E_H|^2 - |E_V|^2 \\S_2 &= 2|E_H||E_V| \cos \phi_{HV} \\S_3 &= 2|E_H||E_V| \sin \phi_{HV}\end{aligned}$$

donde $|E|$ es la amplitud de la intensidad y ϕ_{HV} es la diferencia de fase entre H y V. Los cuatro parámetros de Stokes son números reales.

- El primer parámetro de Stokes (S_0) indica la intensidad total de la retrodispersión de radar (polarizada y no polarizada), la cual es la suma de las potencias de dos ondas recibidas ortogonalmente polarizadas.
- Los otros tres parámetros (S_1 , S_2 y S_3) describen las propiedades de la porción polarizada del campo EM.



Grado de Polarización Lineal (Degree of Linear Polarization o DoLP)

- La onda incidente sobre el objetivo llega completamente polarizada.
- Si el objetivo está compuesto de elementos con diferentes orientaciones (por ejemplo, hojas, tallos, flores etc.), las ondas dispersadas por estos elementos individuales variarán en fase y polarización.
- DoLP mide el porcentaje de la energía polarizada, que está linealmente polarizada.
- DoLP es bajo donde la dispersión está dominada por ondas circularmente polarizadas y se acerca a uno cuando las ondas dispersas están linealmente polarizadas (independientemente del ángulo de orientación).
- Esto se basa en Stokes y se mide como:

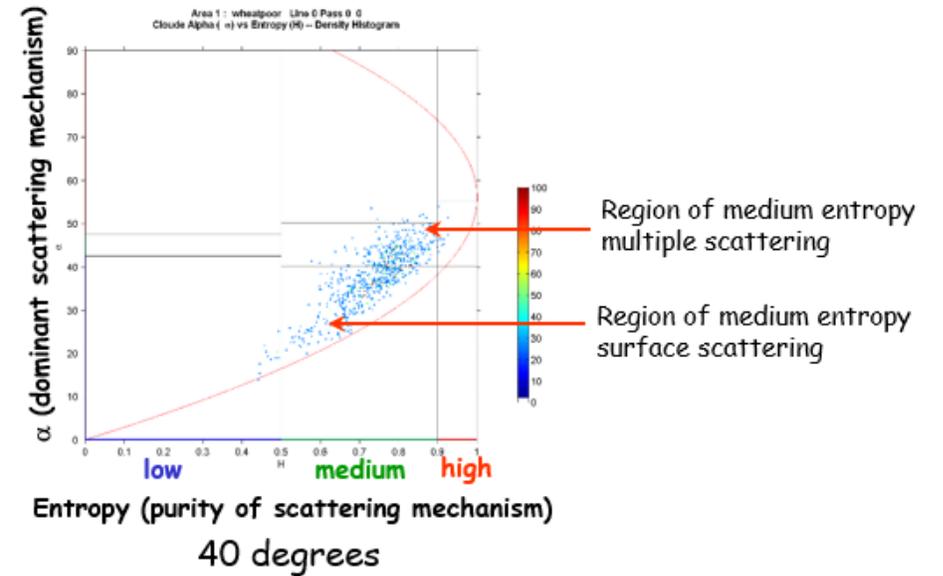
$$DoLP = \frac{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}}$$



Entropía / Alfa

- Cloude et al. (2012), Cloude(2007) desarrollaron una versión de polarización dual del método de descomposición H/a/alfa completamente polarizado, el cual solo incluye entropía y alfa.
- Extiende la idea de alfa como indicador del tipo de dispersión dominante (p.ej. Dispersión múltiple/de volumen, rebote único/dispersión de la superficie y dispersión doble rebote) en general:
 - los dispersores individuales tendrán un alfa más bajo y el alfa aumentará a medida que aumente la biomasa (lo que indica un cambio de dispersión de superficie dominante a dispersión de rebote múltiple y doble).
 - tenga en cuenta que la manera en que se dispersa una onda también depende del ángulo de incidencia; tanto alfa como la entropía cambiarán con el cambio en el ángulo de incidencia.

Trigo



Entropía

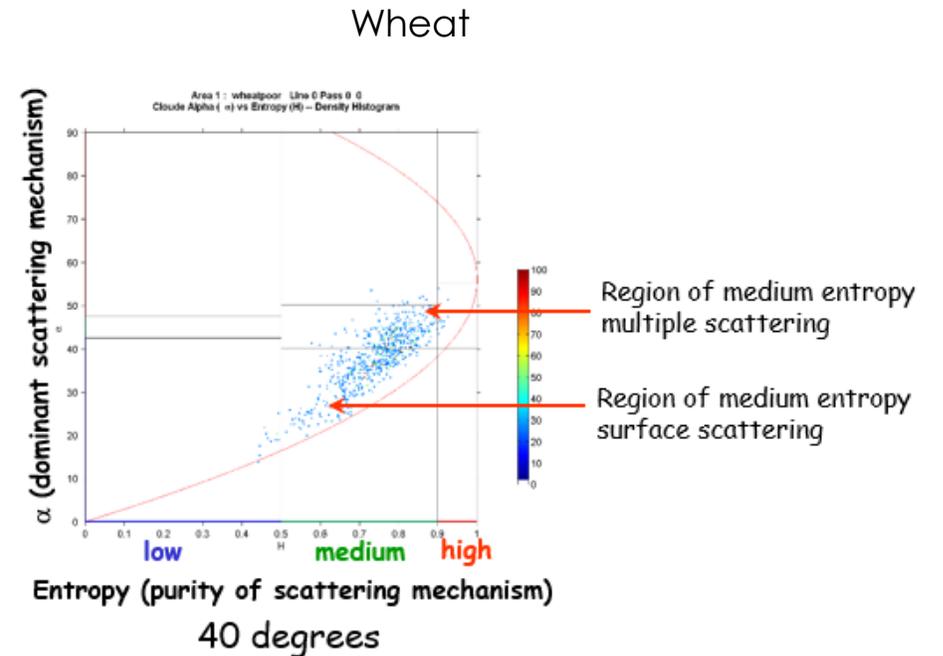
Incidence Angle	Low Biomass	Higher Biomass
25	0.40	0.51
36	0.63	0.69
40	0.74	0.76
45	0.80	0.80

Cortesía: H. McNairn



Entropía / Alfa

- Amplía la idea de entropía de la descomposición totalmente polarimétrica como una medida de la complejidad y/o uniformidad del objetivo.
 - En un campo desnudo y uniforme, la polarización de la onda dispersada será predecible de un lugar a otro; alfa indicará un predominio de la dispersión de un solo rebote y la entropía seguirá siendo baja.
 - A medida que aumenta la cobertura vegetal, la polarización de la onda dispersada se vuelve menos predecible y la entropía aumentará.



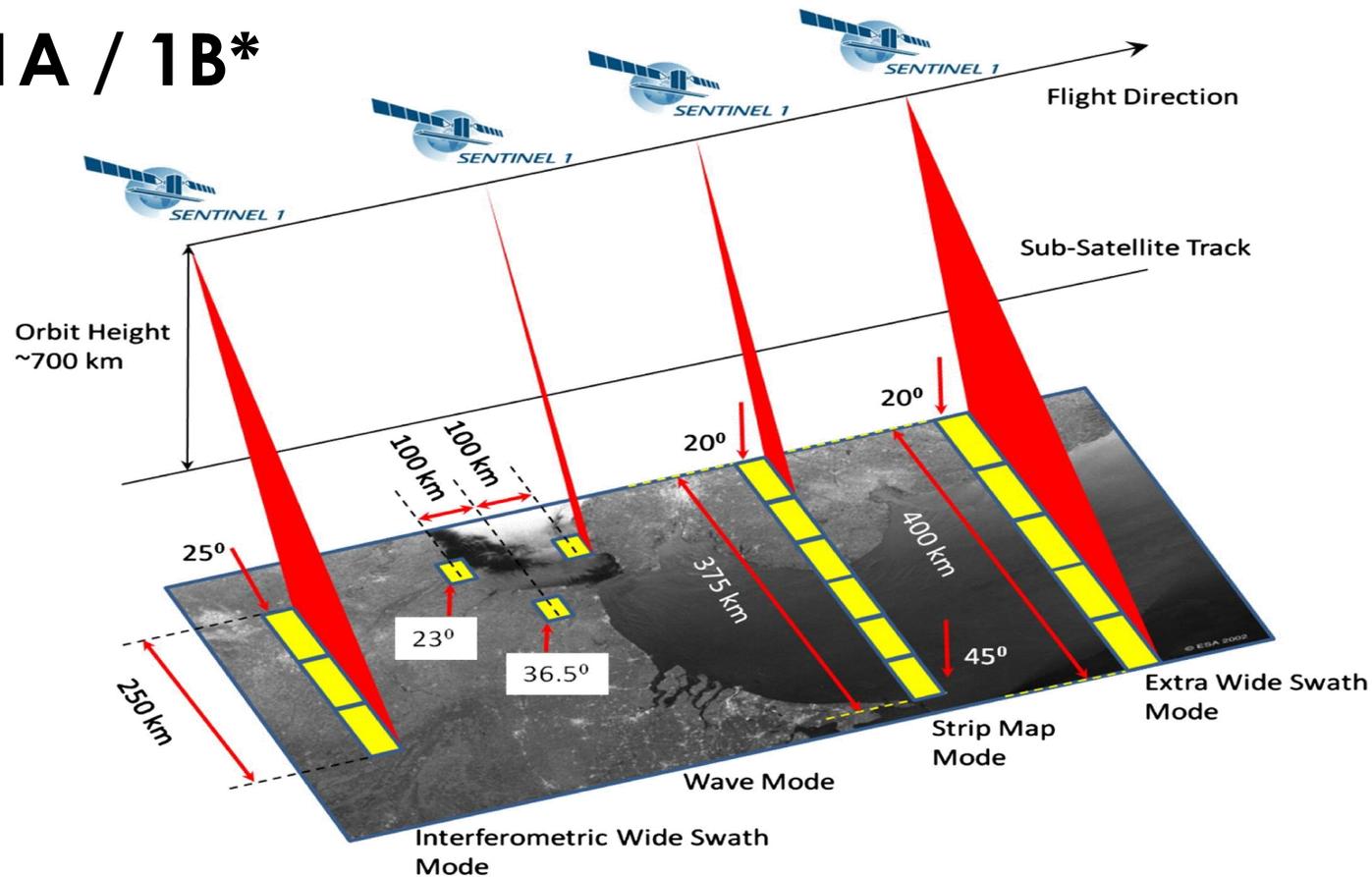
Entropy

Incidence Angle	Low Biomass	Higher Biomass
25	0.40	0.51
36	0.63	0.69
40	0.74	0.76
45	0.80	0.80

Cortesía: H. McNairn



Sentinel-1A / 1B*



Visión General de los modos de escaneo de Sentinel-1 – Tiempo de Revisita: 6 días

*Sentinel 1B no funcionó correctamente en diciembre de 2021 y no ha estado adquiriendo imágenes desde esa fecha. La ESA está trabajando diligentemente para tratar de solucionar el problema. Sentinel 1A continúa recopilando imágenes. Vea <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-1/observation-scenario/acquisition-segments> para información sobre planes de adquisición.

Thales Alenia Space es el contratista principal para Sentinel-1C y su gemelo Sentinel-1 D. Airbus Defence and Space es responsable de ambos radares. **El lanzamiento anticipado de Sentinel 1C está programado para el año 2023** (actualizado abril 2022).



Modos de Imágenes y Productos de Sentinel-1

Acq. Mode	Product Type	Resolution Class	Resolution Rng x Azi [m]	Pixel Spacing Rng x Azi [m]	Num Looks Rng x Azi
SM	SLC		1.7x4.3 to 3.6x4.9	1.5x3.6 to 3.1x4.1	1x1
	GRD	FR	9x9	3.5x3.5	2x2
		HR	23x23	10x10	6x6
		MR	84x84	40x40	22x22
IW	SLC		2.7x22 to 3.5x22	2.3x14.1	1x1
	GRD	HR	20x22	10x10	5x1
		MR	88x87	40x40	22x5
EW	SLC		7.9x43 to 15x43	5.9x19.9	1x1
	GRD	HR	50x50	25x25	3x1
		MR	93x87	40x40	6x2
WV	SLC		2.0x4.8 3.1x4.8	1.7x4.1 2.7x4.1	1x1
	GRD	MR	52x51	25x25	13x13

Tipos de productos

Modos de Producción de Imágenes Sentinel-1

- **SLC – Single Look Complex: Producto complejo de mirada única en el alcance inclinado**
- GRD – Ground Range Detected: Multi-look del rango en el suelo que puede ser de una de tres resoluciones: Full Resolution (FR), High Resolution (HR), y Medium Resolution (MR)

Fuente de la Imagen: <https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-1-sar/products-algorithms/level-1-algorithms/products>



Sentinel-1: Acceso a Datos

The screenshot displays the Copernicus Open Access Hub interface. At the top, the ESA and Copernicus logos are visible, along with the text "Copernicus Open Access Hub". Below the header is a search bar with the placeholder text "Insert search criteria...".

The main content area is divided into a search panel on the left and a map on the right. The search panel includes the following options:

- Advanced Search:** Clear
- Sort By:** Sensing Date
- Order By:** (empty dropdown)
- Sensing period:** From: 2018/10 to: 2018/11
- Ingestion period:** From: (empty) to: (empty)
- Mission: Sentinel-1** (checked)
- Satellite Platform:** S1A_*
- Product Type:** (empty dropdown)
- Polarisation:** (empty dropdown)
- Sensor Mode:** (empty dropdown)
- Relative Orbit Number (from 1 to 175):** (empty input field)
- Collection:** (empty dropdown)
- Mission: Sentinel-2** (unchecked)
- Satellite Platform:** (empty dropdown)
- Product Type:** (empty dropdown)
- Relative Orbit Number (from 1 to 143):** (empty input field)
- Cloud Cover % (e.g [0 TO 9.4]):** (empty input field)

The map on the right shows a geographical area around Ottawa and Montreal, Canada. A yellow rectangular box highlights a specific region in the Ottawa area, indicating the search area for the data. The map includes various city names and geographical features.

<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>



Sentinel-1: Acceso a Datos

The screenshot displays the Copernicus Open Access Hub interface. At the top, the ESA and Copernicus logos are visible, along with the text "Copernicus Open Access Hub". Below the search bar, there are navigation icons for user profile, help, and home. The search results panel on the left shows a list of products, with the third item circled in red. The map on the right shows a geographic area in Quebec, Canada, with several cities labeled, including Saguenay, Quebec, Trois-Rivieres, Victoriaville, Saint-Jerome, Montreal, Cornwall, and Plattsburgh. The map is overlaid with a red polygon representing the search area.

Insert search criteria...

Display 1 to 4 of 4 products. Order By: Sensing Date ↓

Request Done: (footprint:"Intersects(POLYGON((-75.73519871933392 45.23932673113649,-74.12893787693025 45.23932673113649,-74.12893787693025 45.23932673113649,-74.12893787693025 45.23932673113649,-75.73519871933392 45.23932673113649)))")

Product ID	Download URL	Mission	Instrument	Sensing Date
S1A SAR-C S1A_IW_RAW_0SDV_20181103T225242_20181103T225315...	https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products/S1A_IW_RAW_0SDV_20181103T225242_20181103T225315...	Sentinel-1	SAR-C	2018-11-03T22:52:42
S1A SAR-C S1A_IW_GRDH_1SDV_20181103T225221_20181103T225246...	https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products/S1A_IW_GRDH_1SDV_20181103T225221_20181103T225246...	Sentinel-1	SAR-C	2018-11-03T22:52:21
S1A SAR-C S1A_IW_SLC_1SDV_20181103T225220_20181103T225247...	https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products/S1A_IW_SLC_1SDV_20181103T225220_20181103T225247...	Sentinel-1	SAR-C	2018-11-03T22:52:20
S1A SAR-C S1A_IW_RAW_0SDV_20181103T225217_20181103T225250...	https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products/S1A_IW_RAW_0SDV_20181103T225217_20181103T225250...	Sentinel-1	SAR-C	2018-11-03T22:52:17

25 << < page: 1 of 1 >> CLOSE



Portal de Datos: Alaska Satellite Facility

EARTHDATA Find a DAAC

UAF ALASKA SATELLITE FACILITY

Vertex is the Alaska Satellite Facility's data portal for remotely sensed imagery of the Earth.

Vertex Interactive Tours Help ASF Home

Earthdata Login Download Queue Contact

Geospatial Granule Missions

Geographic Region

Option 1: Click on map and move cursor

Option 2: Enter coordinates:
Polygon counterclockwise, decimal degrees, (long,lat)
e.g., -102,37.59,-94,37,-94,39,-102,39,-102,37.59

Dataset

Select: All | None

Dataset	Info
<input checked="" type="checkbox"/> Sentinel-1B	2016-now
<input checked="" type="checkbox"/> Sentinel-1A	2014-now
<input type="checkbox"/> SMAP	2015-now
<input type="checkbox"/> UAVSAR	2008-now
<input type="checkbox"/> ALOS PALSAR	2006-2011
<input type="checkbox"/> RADARSAT-1	1999-2008
<input type="checkbox"/> ERS-2	1995-2011
<input type="checkbox"/> JERS-1	1992-1998
<input type="checkbox"/> ERS-1	1991-1997
<input type="checkbox"/> AIRSAR	1990-2004
<input type="checkbox"/> SEASAT	1978-1978

Optional Search Criteria

Search Reset

World Map South Polar

Satellite Map

Please use the map and/or the search parameters on the left to select your search criteria.

Google Imagery ©2018 NASA, TerraMetrics Terms of Use

Number of Frames: 1, 2-5, 6-10, 10-20, 21+

Vertex

Copyright © 2018 Alaska Satellite Facility
Vertex ASF's Data Portal V3.04-03
Phone: (907) 474-5541

UA is an AAEO employer and educational institution and prohibits illegal discrimination against any individual.
www.alaska.edu/nondiscrimination

Fuente de la Imagen: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>



Área de Interés

- Imagen del 9 de julio de 2020

S1B_IW_SLC__1SDV_20200709T002321_20200709T002348_022387_02A7D6_65BE

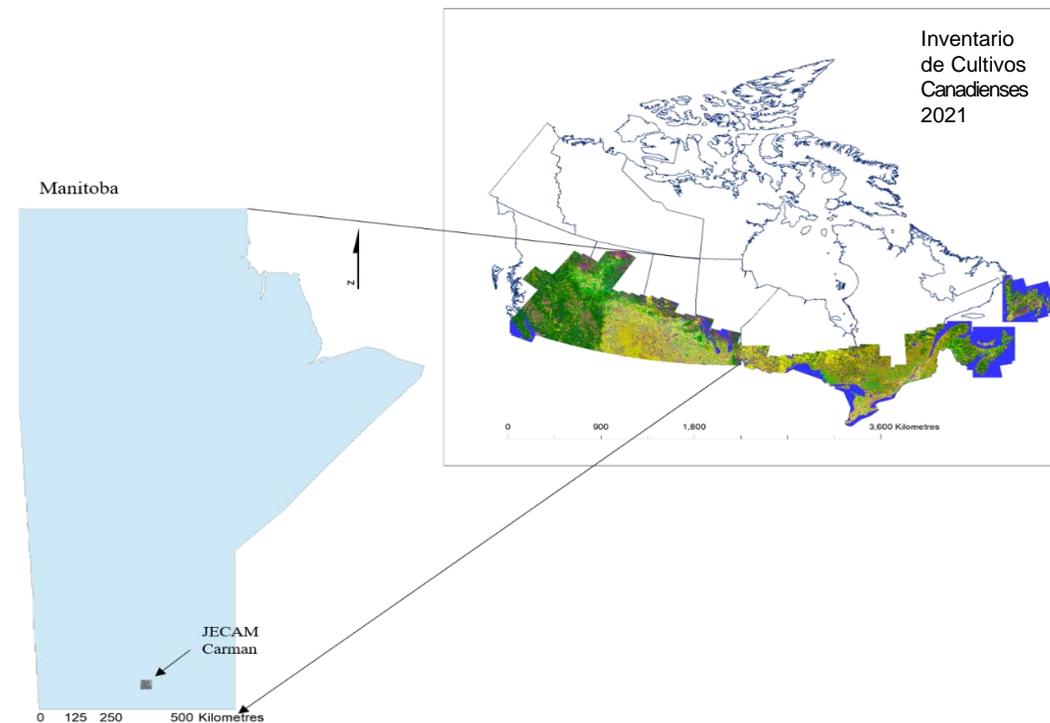
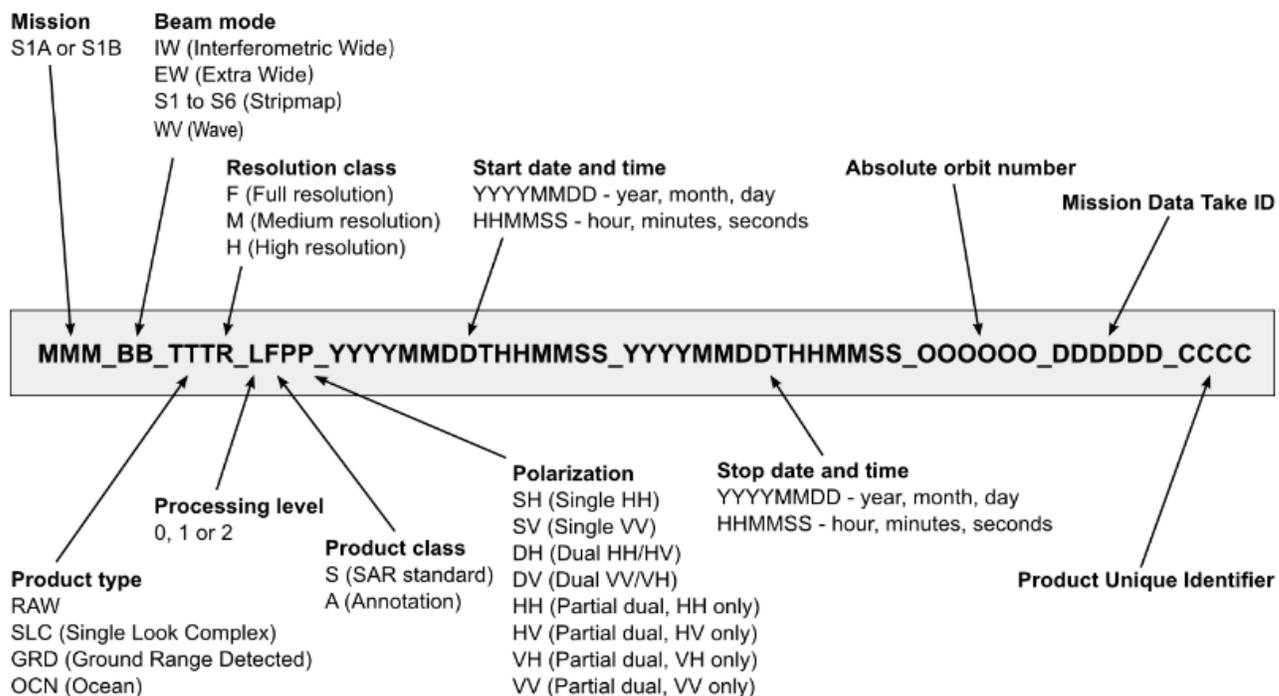
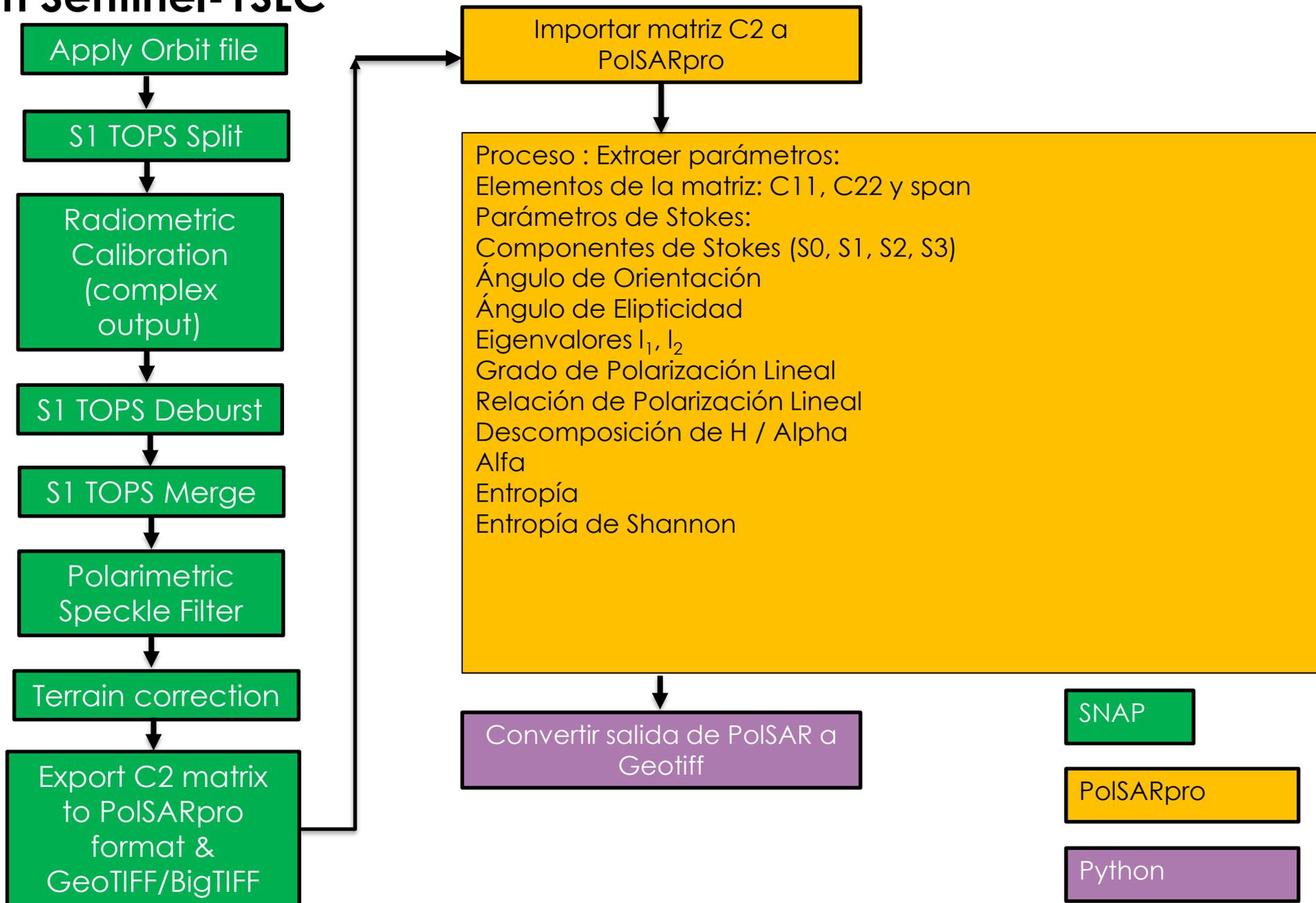


Imagen Sentinel-1SLC



Generación de la Matriz C2 con SNAP

- Debe usar Single Look Complex (SLC) Sentinel-1

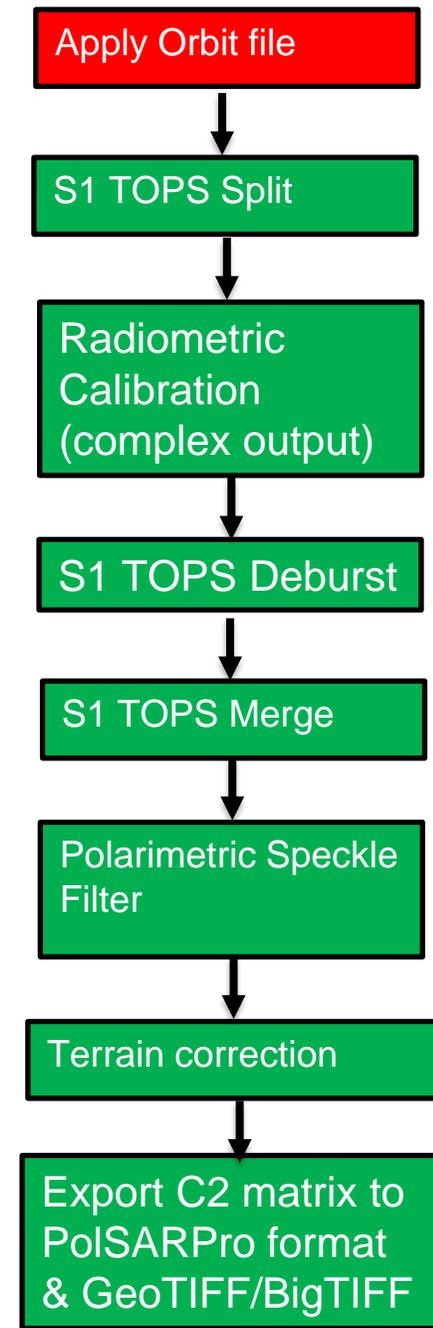
$$C_2 = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \langle |S_{VV}|^2 \rangle & \langle S_{VV} S_{VH}^* \rangle \\ \langle S_{VH} S_{VV}^* \rangle & \langle |S_{VH}|^2 \rangle \end{bmatrix}$$

- El primer paso para crear parámetros pseudo polarimétricos es generar una matriz de covarianza 2x2 **[C2]** usando SNAP de la ESA
- Las dificultades con la generación de parámetros polarimétricos S1 incluyen el tiempo de procesamiento y los requisitos de memoria
- Cada franja interferométrica consta de:
 - Tres subfranjas (IW1, IW2 y IW3) en la dirección del rango.
 - Cada subfranja tiene 9 ráfagas en la dirección del azimut



Aplicar Archivo de Órbita

- Las posiciones de los satélites son registradas por un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS).
- Para asegurar una entrega rápida de los productos Sentinel-1, la información de órbita generada por una solución de navegación a bordo se almacena dentro de los productos Sentinel-1 Nivel-1.
- Las posiciones de la órbita son refinadas luego por el Servicio de Determinación Precisa de Órbita (POD) de Copérnicus.
- Los archivos de órbita precisa tienen menos de 5 cm de precisión y se entregan dentro de los 20 días posteriores a la adquisición de datos.
- La precisión de los archivos de órbita restituidos es inferior a 10 cm. Los archivos están disponibles 3 horas después de la adquisición de datos.



Aplicar Archivo de Órbita

Vaya al menú de Radar → Apply Orbit File

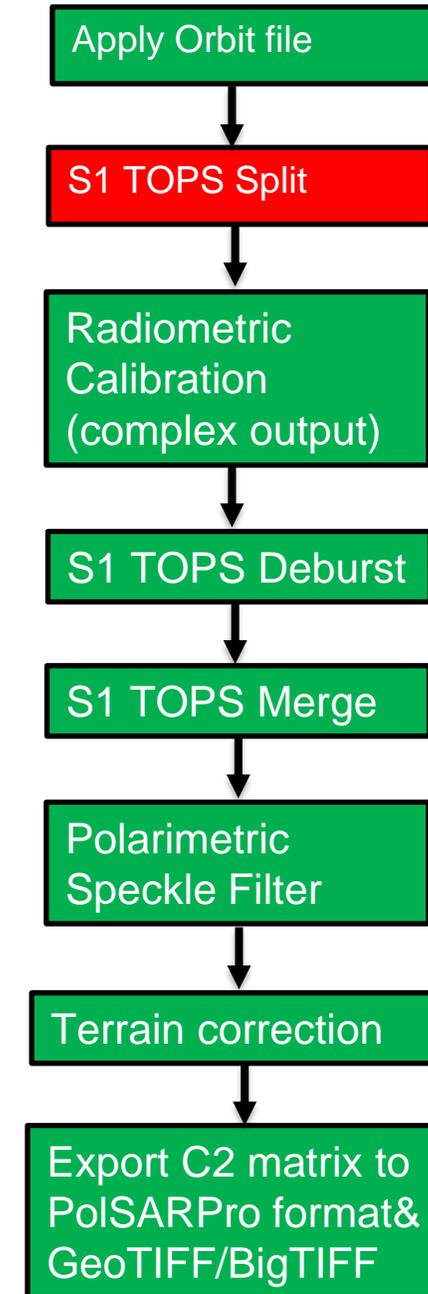
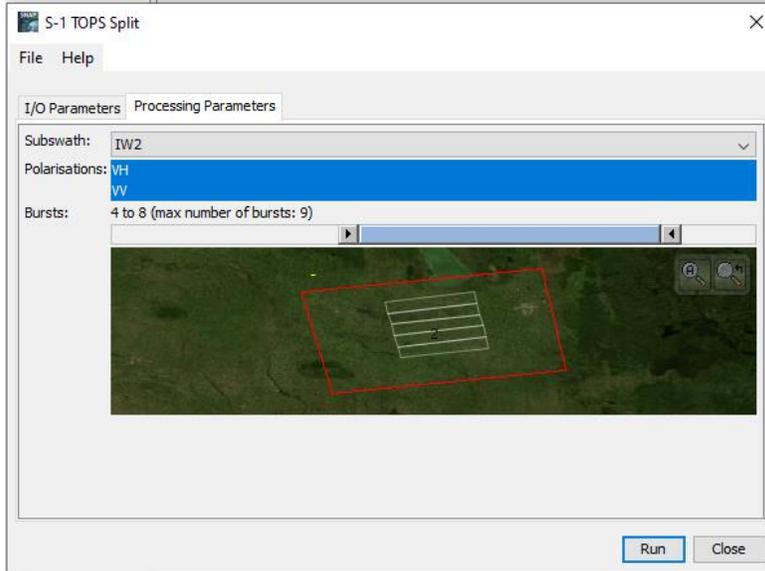
- Pestaña I/O Parameters: source → Sentinel 1 SLC image + Target product
- Pestaña Processing Parameters:
 - Orbit State Vectors: Sentinel Precise (Auto Download).
 - Polynomial Degree: 3
 - Haga clic en Run y luego en Close para cerrar la ventanilla cuanto termine

The screenshot displays the SNAP (Scientific Data Processing) software interface. The main window shows a product explorer on the left with a tree view of data products, including metadata, vector data, tie-point grids, quicklooks, and various intensity bands (e.g., i_IW1_VH, q_IW1_VH). The 'Radar' menu is open, showing options like 'Apply Orbit File', 'Radiometric', 'Speckle Filtering', etc. The 'Apply Orbit File' dialog box is open in the foreground, with the 'Processing Parameters' tab selected. The 'Orbit State Vectors' dropdown is set to 'Sentinel Precise (Auto Download)', and the 'Polynomial Degree' is set to 3. A checkbox for 'Do not fail if new orbit file is not found' is present and unchecked. The 'Run' and 'Close' buttons are visible at the bottom of the dialog. The background shows a satellite image of a coastal area with a red bounding box.



S1 TOPS Split

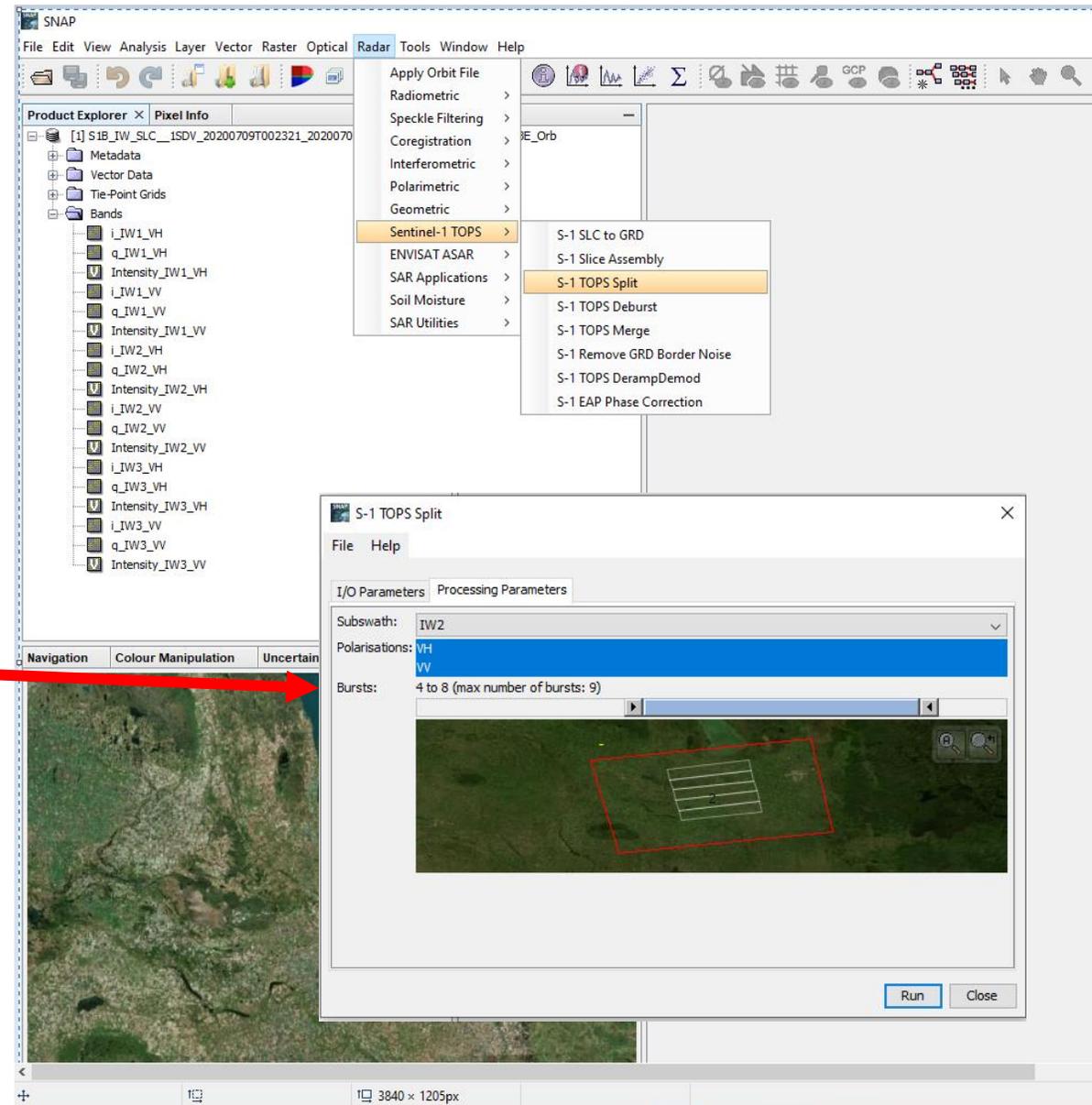
- El operador TOPSAR Split parte cada franja en ráfagas seleccionadas
- Limita la cantidad de datos para procesar, así reduciendo el tiempo de procesamiento y los requisitos de memoria



S1 TOPS Split

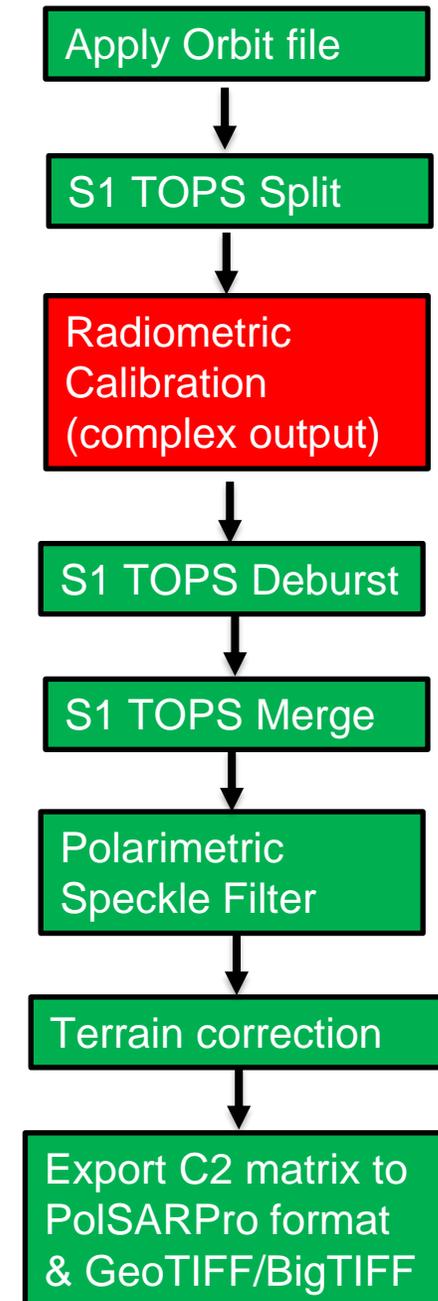
Vaya a Radar Menu → Sentinel-1 TOPS
→ S-1 TOPS Split:

- Pestaña I/O Parameters: source → Orbit corrected S1 SLC image + Target product
- Pestaña Processing Parameters:
 - Subswath: elija IW1, IW2 o IW3
 - Polarisation: Resalte una o ambas
 - Bursts: Reduzca a aquellos que caen sobre su área de interés; elija la flecha en cualquier lado de la barra deslizante y mover hacia adentro
 - Haga clic en Run y luego en Close para cerrar la ventanilla cuando termine



Radiometric Conversion

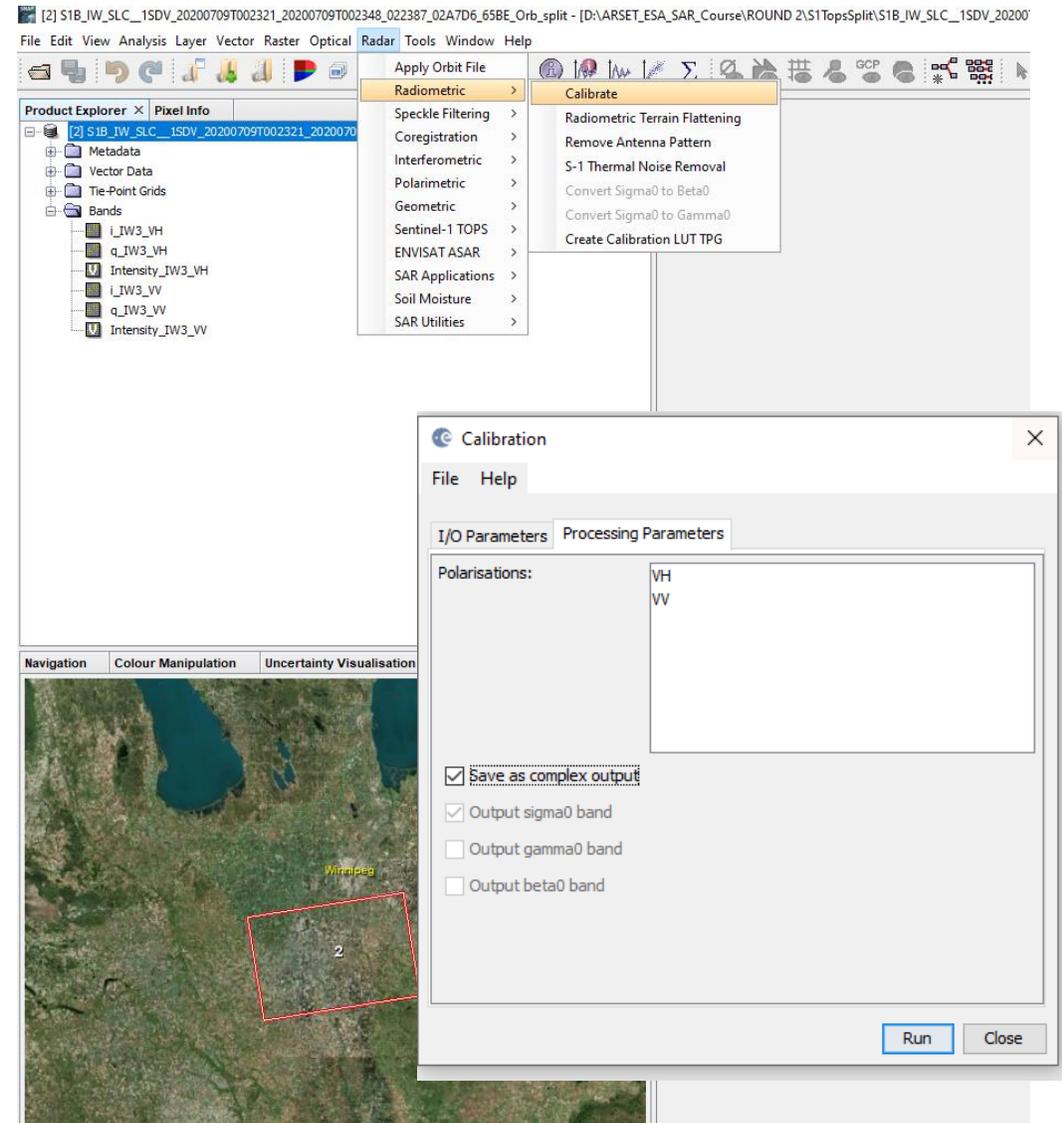
- Los productos SAR SLC son complejos y deben convertirse en canales reales (intensidad) e imaginarios (fase).
- La conversión es específica para la misión y para el procesamiento polarimétrico los datos deben ser complejos.
- SNAP determinará automáticamente qué tipo de producto de insumo tiene y qué conversión debe aplicarse en función de los metadatos del producto.



Conversión Radiométrica

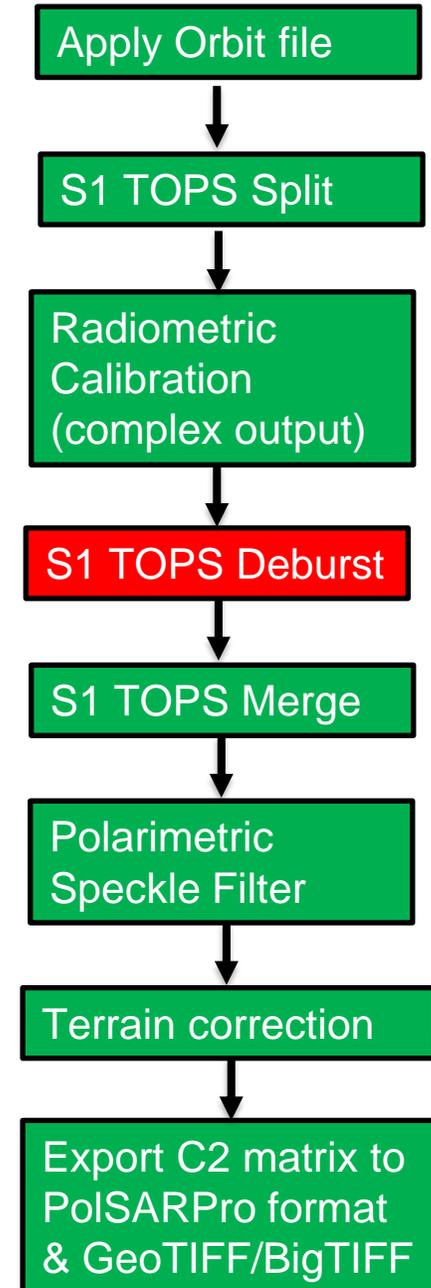
Vaya al menú de Radar →
Radiometric → Calibrate:

- Pestaña I/O Parameters: source → S1 Tops Split & Orbit Corrected Image + Target product
- Seleccione “Save as complex output”
- Pestaña Processing Parameters:
- Haga clic en Run y luego en Close para cerrar la ventanilla cuando termine



S1 TOPS Deburst

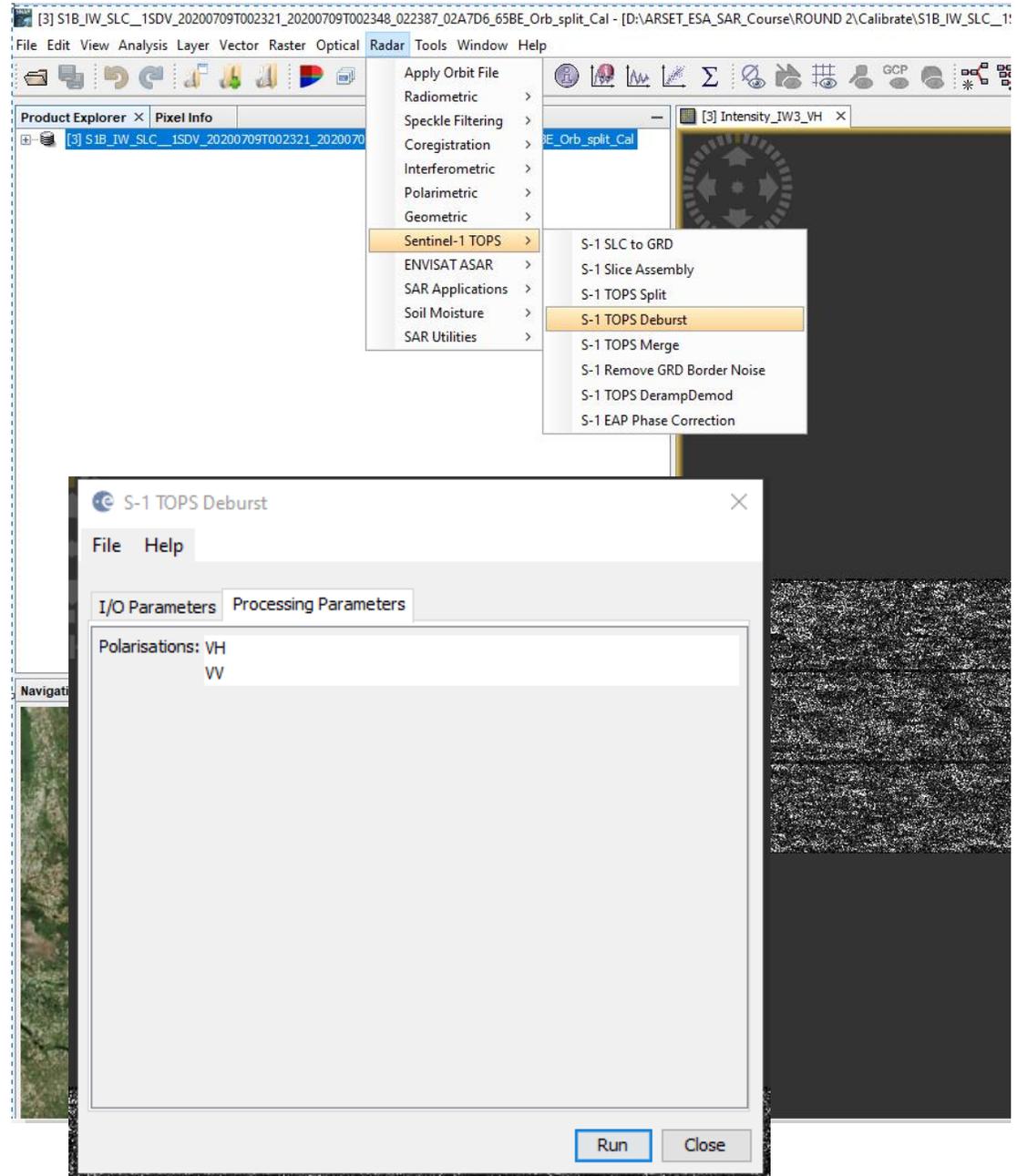
Las imágenes de todas las ráfagas seleccionadas de los resultados anteriores en las subfranjas seleccionadas se re-muestran en una cuadrícula de espaciado de píxeles común en rango y azimut mientras se conserva la información de fase. Todas las ráfagas se fusionan.



S1 TOPS Deburst

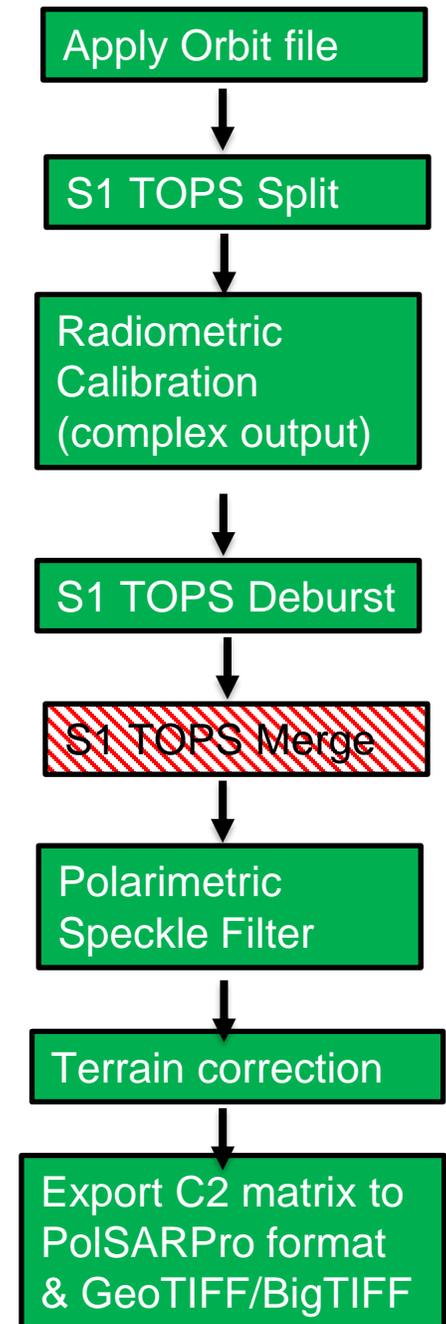
Vaya a Radar Menu → Sentinel-1 TOPS → S-1 TOPS Deburst:

- Pestaña I/O Parameters:
source → Orbit, TOPS Split, Calibrated S1 SLC image + Target product
- Pestaña Processing Parameters:
 - Polarisations: VH, VV
 - Haga clic en Run y luego en Close para cerrar la ventanilla cuando termine



S1 TOPS Merge

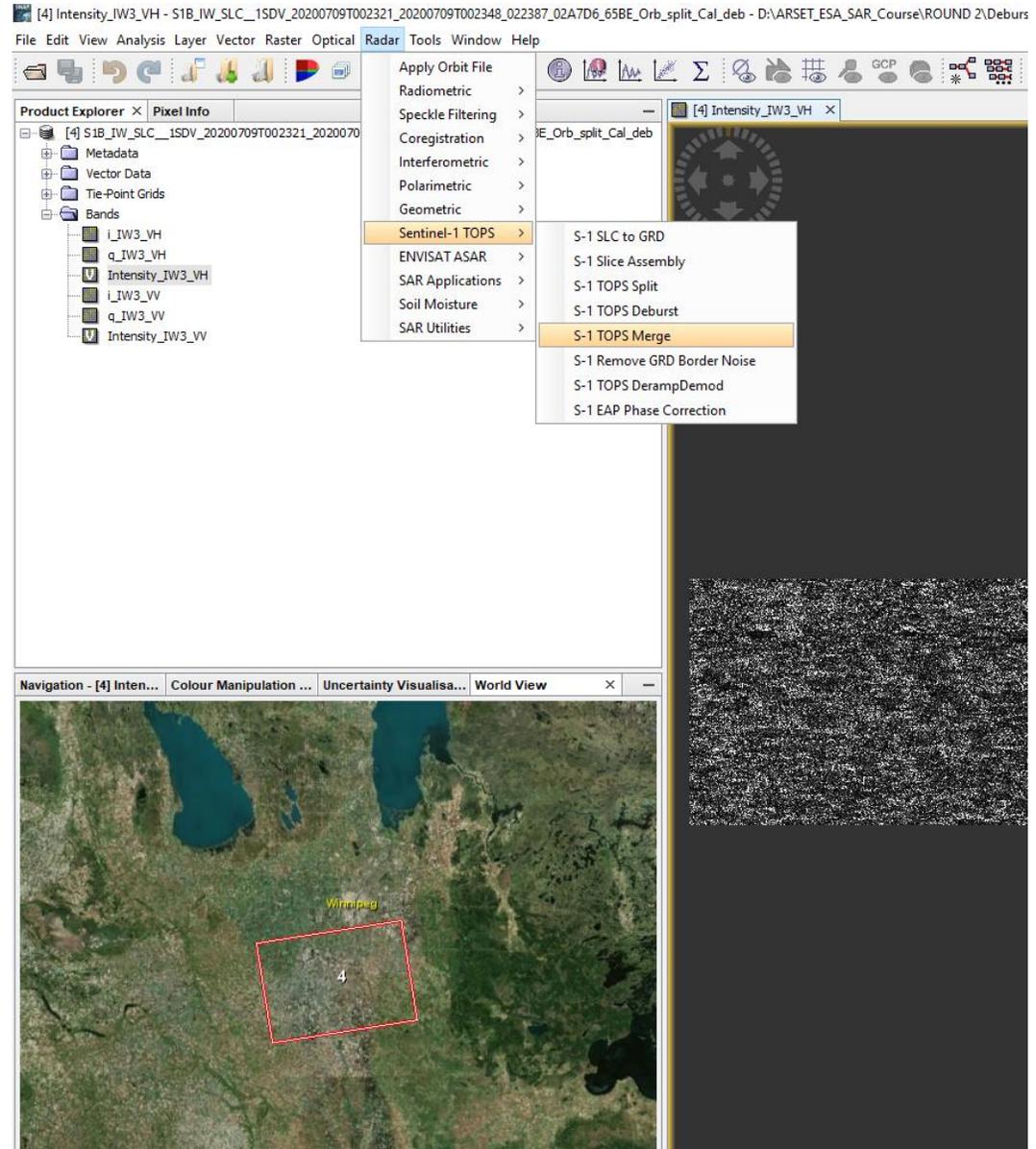
Si ha procesado varias subfranjas de una imagen (p. ej., 1 a 3), el operador S1 TOPS Merge fusiona las ráfagas fusionadas como productos de subfranjas en un producto completo



S1 TOPS Merge

Vaya al menú de Radar →
Sentinel-1 TOPS → S-1 TOPS
Merge:

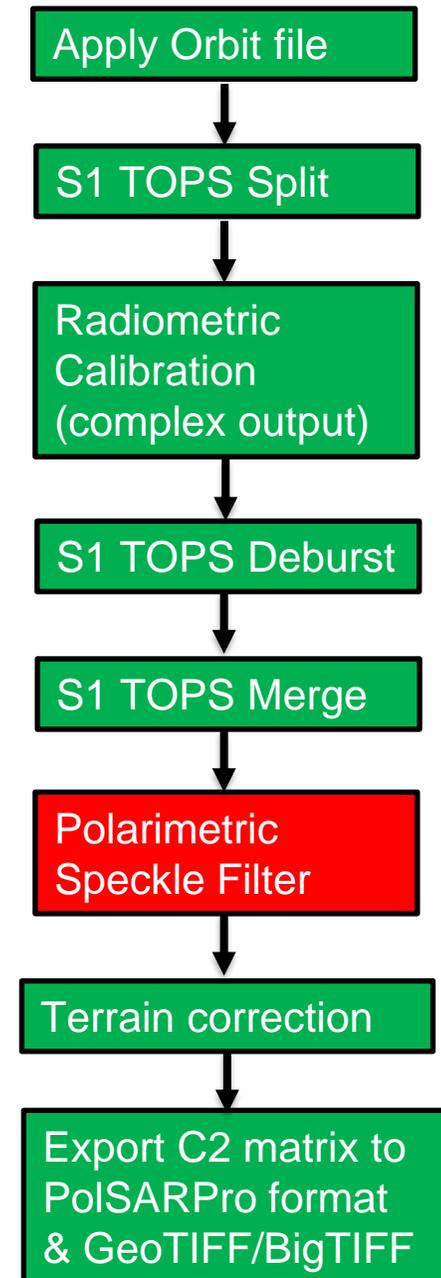
- Pestaña I/O Parameters:
source → Orbit, TOPS Split,
Calibrated & TOPS Deburst S1
SLC images + Target product
- Pestaña Processing
Parameters:
 - Polarisation: VH, VV
 - Haga click en Run y
después en Close para
cerrar la ventanilla
cuando termine



Polarimetric Speckle Filter

Para los parámetros polarimétricos, el filtro elegido debe garantizar la conservación de la información de fase y polarimétrica mientras se suprime el ruido. Hay 4 filtros de manchas o “speckle” polarimétricos disponibles en SNAP. La elección del tipo y tamaño de filtro debe estar relacionada con el área de interés y el uso previsto de los datos finales.

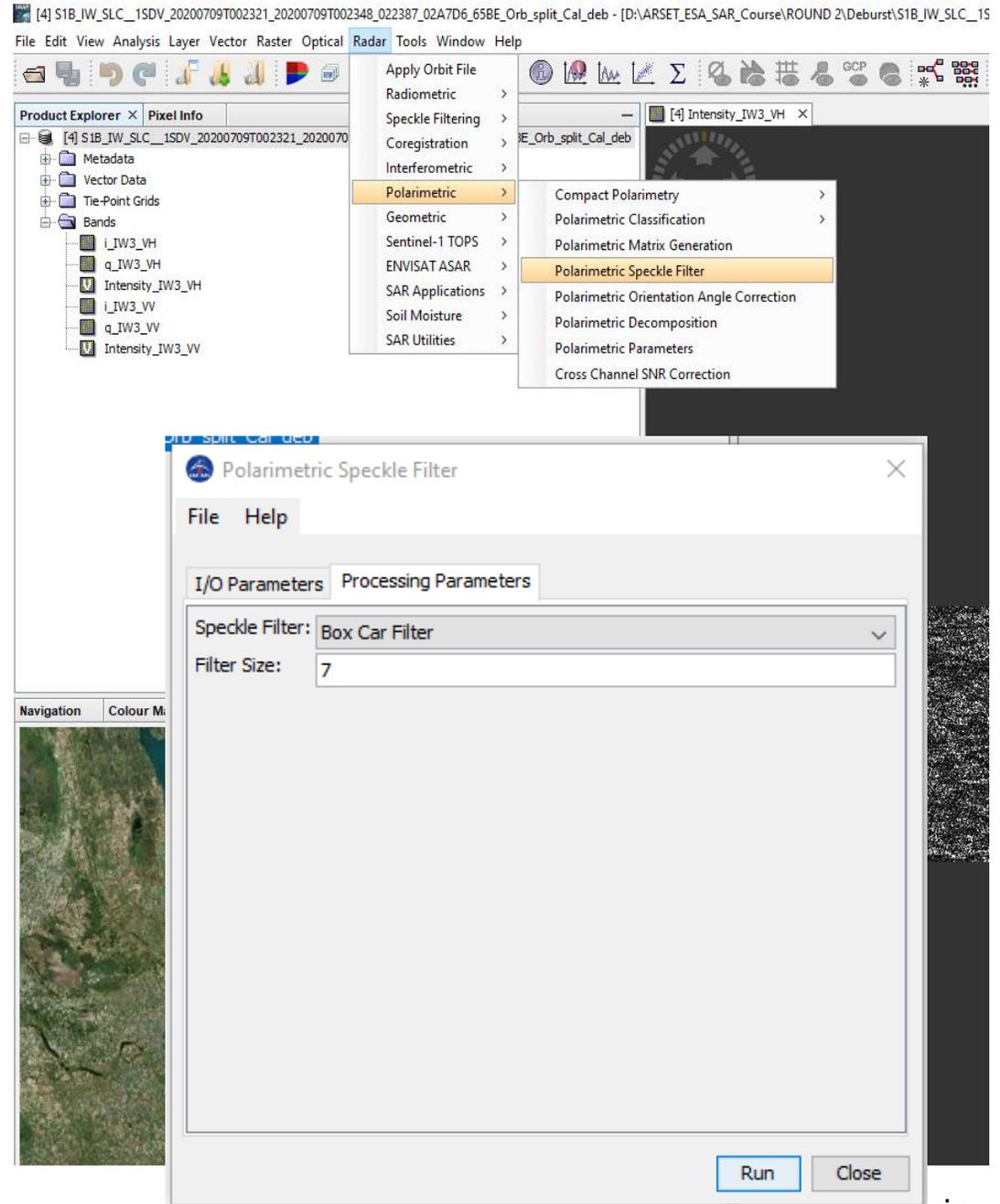
La salida del filtro de manchas polarimétricas es una matriz C2



Polarimetric Speckle Filter

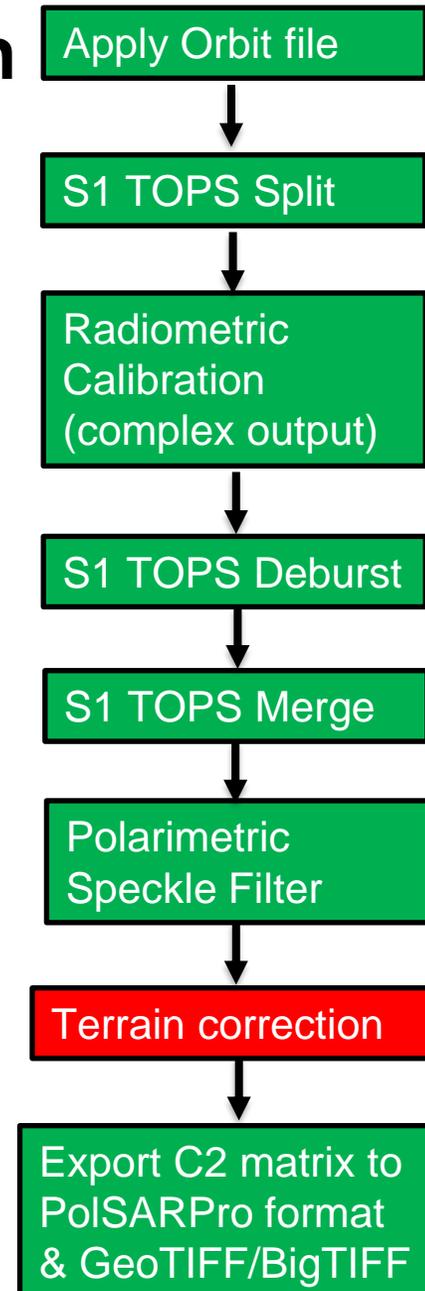
Vaya al menú de Radar Menu →
Polarimetric → Polarimetric
Speckle Filter:

- Pestaña I/O Parameters: source → Orbit, TOPS Split, Calibrated & TOPS Deburst (y Merged si está usando más de una subfranja) S1 SLC images + Target product
- Pestaña Processing Parameters:
 - Speckle Filter: Elija uno de los cuatro tipos de filtros de speckle
 - Filter Size: Elija el tamaño del filtro
 - Haga clic en Run y luego en Close para cerrar la ventanilla cuando termine



La Matriz C2 Ha Sido Generada – Terrain Correction

- La corrección del terreno, junto con el uso de datos de un modelo de elevación digital (DEM), corrige distorsiones topográficas como el escorzo, superposición, o sombras.
- El método Range-Doppler es una forma de realizar la corrección geométrica. El método requiere información sobre la topografía (normalmente proporcionada por un DEM) y también sobre la órbita satelital para corregir las distorsiones topográficas y derivar una geolocalización para cada píxel de la imagen.



La Matriz C2 Ha Sido Generada – Terrain Correction

Vaya a Radar Menu → Radar → Geometric → Terrain Correction → Range Doppler Terrain Correction:

- Pestaña I/O Parameters tab: source → C2 Matrix + Target product
- Pestaña Processing Parameters :
 - Digital Elevation Model: SRTM 1SEC HGT (o algo apropiado para su área)
 - La mayoría de los parámetros estarán configurados según su área de interés
 - Haga clic en Run y luego en Close para cerrar la ventanilla cuando termine

The image shows the SNAP software interface. The top menu bar includes File, Edit, View, Analysis, Layer, Vector, Raster, Optical, Radar, Tools, Window, and Help. The Radar menu is open, showing options like Apply Orbit File, Radiometric, Speckle Filtering, Coregistration, Interferometric, Polarimetric, Geometric, Sentinel-1 TOPS, ENVISAT ASAR, SAR Applications, Soil Moisture, and SAR Utilities. The Geometric menu is further expanded to show Terrain Correction, Ellipsoid Correction, SAR-Mosaic, SAR Mosaic Wizard, ALOS Deskewing, Slant Range to Ground Range, and Update Geo Reference. The Terrain Correction menu is expanded to show Range-Doppler Terrain Correction, SAR Simulation, and SAR-Simulation Terrain Correction. The Range Doppler Terrain Correction dialog box is open, showing the I/O Parameters tab. The Source Bands are C11, C12_real, C12_imag, and C22. The Digital Elevation Model is SRTM 1Sec HGT (Auto Download). The DEM Resampling Method is BILINEAR_INTERPOLATION. The Image Resampling Method is BILINEAR_INTERPOLATION. The Source GR Pixel Spacings (az x rg) are 13.9(m) x 3.69(m). The Pixel Spacing (m) is 15. The Pixel Spacing (deg) is 1.3474729261792824E-4. The Map Projection is UTM Zone 14 / World Geodetic System 1984. The Mask out areas without elevation checkbox is checked. The Output complex data checkbox is unchecked. The Output bands for section has Selected source band checked, DEM unchecked, and Latitude & Longitude unchecked. The Incidence angle from ellipsoid, Local incidence angle, and Projected local incidence angle checkboxes are all unchecked. The Apply radiometric normalization checkbox is unchecked. The Save Sigma0 band, Save Gamma0 band, and Save Beta0 band checkboxes are all unchecked. The Auxiliary File (ASAR only) dropdown is set to Latest Auxiliary File. The Run and Close buttons are at the bottom right.



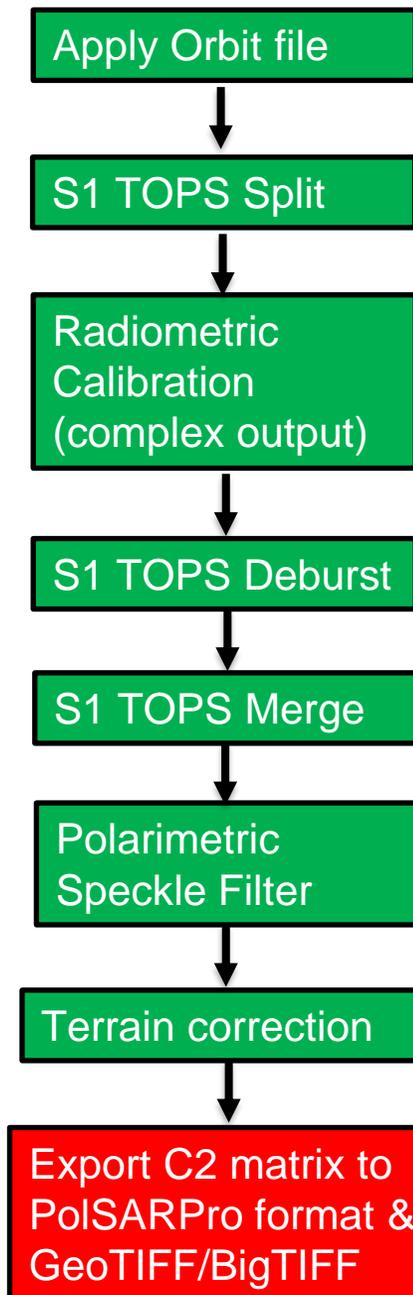
Export C2 Matrix from SNAP to PolSAR Pro Format & GeoTIFF/BigTIFF

El formato PolSARpro tiene todas las bandas de datos en pares .bin y .hdr.

Hay un archivo 'config.txt' y otro 'metadata.xml' bajo la carpeta de salida.

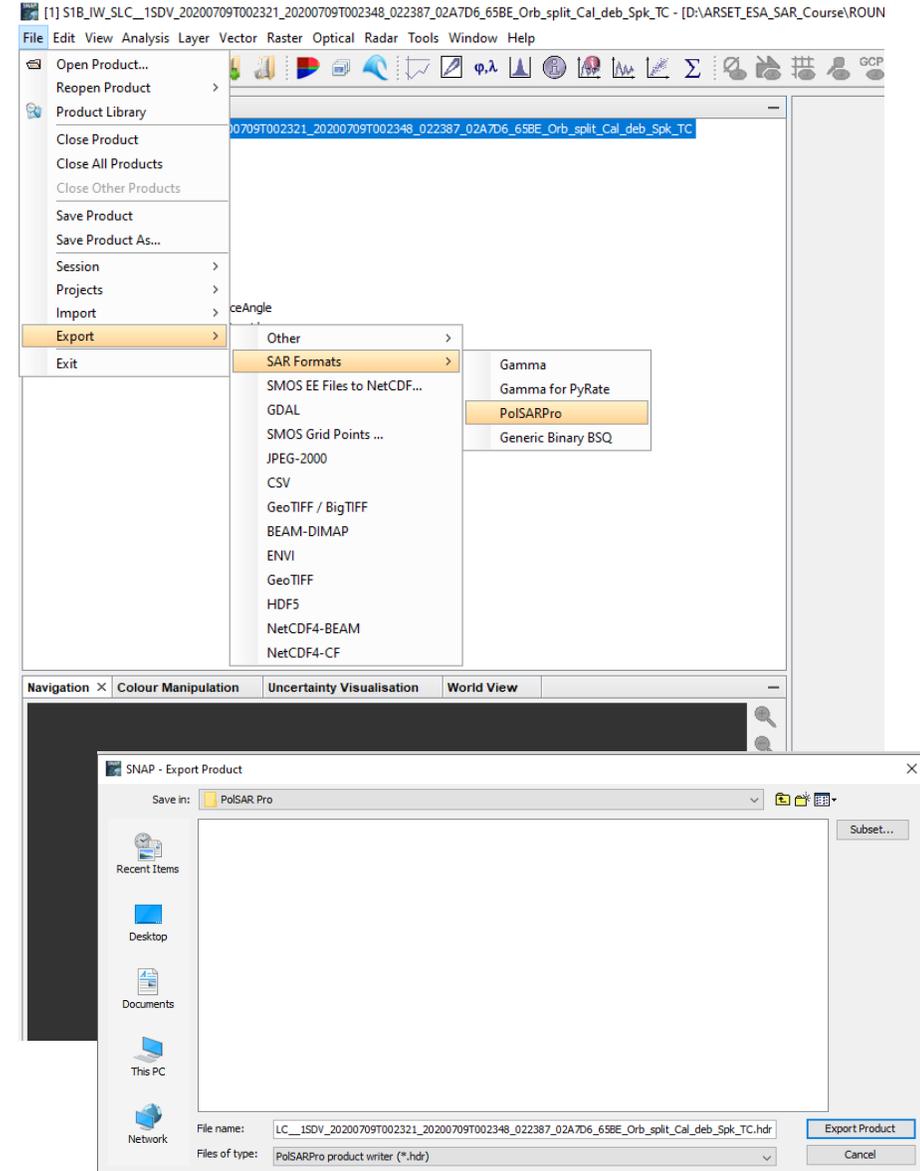
ROUND 2 > PolSARPro > S1B_IW_SLC_1SDV_20200709T002321_20200709T002348_022387_02A7D6_65BE_Orb_split_Cal_deb_Spk

Name	Date modified	Type	Size
C11.bin	2/18/2022 9:15 AM	BIN File	832,661 KB
C11.bin.hdr	2/18/2022 9:14 AM	HDR File	1 KB
C12_imag.bin	2/18/2022 9:15 AM	BIN File	832,661 KB
C12_imag.bin.hdr	2/18/2022 9:14 AM	HDR File	1 KB
C12_real.bin	2/18/2022 9:15 AM	BIN File	832,661 KB
C12_real.bin.hdr	2/18/2022 9:14 AM	HDR File	1 KB
C22.bin	2/18/2022 9:15 AM	BIN File	832,661 KB
C22.bin.hdr	2/18/2022 9:14 AM	HDR File	1 KB
config.txt	2/18/2022 9:14 AM	Text Document	1 KB
metadata.xml	2/18/2022 9:14 AM	XML Document	66 KB



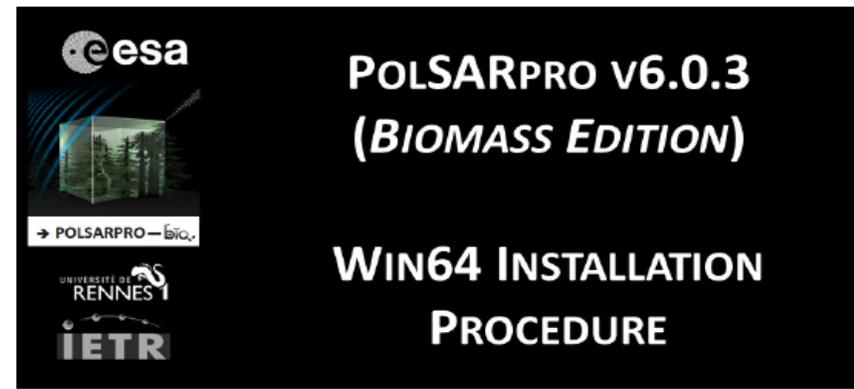
Export C2 Matrix from SNAP to PolSAR Pro Format & GeoTIFF/BigTIFF

¡¡ADEMÁS!! File → Export → GeoTIFF/BigTIFF a utilizarse como “Master Tif” durante la generación de los Tif por Python a partir del producto de PolSARpro



ESA PolSAR Pro v6.0.3

- Software de investigación a largo plazo para el análisis de datos completamente polarimétricos
- Gratis y abierto para descargar
- [PolSARpro v6.0 \(Biomass Edition\) | Institut d'Électronique et des Techniques du numéRique - UMR CNRS 6164 \(univ-rennes1.fr\)](#)



1 - PRE - INSTALLATION

PolSARpro v6.0.3 (Biomass Edition) Software requires the installation of the following packages (if not already installed on the machine) :



Tcl (Tool Command Language) - Tk (ToolKit) enable the execution of powerful GUIs (Graphical User Interface). **Tcl-Tk** binary distribution and installers for Windows platform are available for download from :

<https://www.magicsplat.com/tcl-installer/index.html>



Gimp (GNU Image Manipulation Program) is a free and open-source graphics editor. The current stable release of **Gimp** for Windows platform is available for download from :

<https://www.gimp.org/downloads/>



ImageMagick is a free and open-source software suite for converting / creating / editing image files. The current stable release of **ImageMagick** for Windows platform is available for download from :

<https://www.imagemagick.org/script/download.php#windows>



SNAP (Sentinel Application Platform) reunites all Sentinel Toolboxes in order to offer the most complex platform for this mission. The current stable release of **SNAP** for Windows platform is available for download from :

<http://step.esa.int/main/download/>



Google Earth is a computer program that renders a 3D representation of Earth based on satellite imagery. The current stable release of **Google Earth** for Windows platform is available for download from :

<https://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>





Calcular Parámetros Polarimétricos de SAR Usando PolSARpro: Importar Datos

- Cree una carpeta llamada “C2” y copie todos los archivos exportados de SNAP a esta.
 - Ponerle el nombre de C2 a la carpeta permitirá que PolSARPro reconozca el conjunto de datos
- Modifique el archivo config.txt. Cambie el ‘PolarType’ a ‘pp2’.
 - Este término permite que PolSAR Pro identifique que estos datos están representados como una matriz 2 x 2

```
config.txt - Notepad
File Edit Format View Help
Nrow
8220
-----
Ncol
25932
-----
PolarCase
monostatic
-----
PolarType
dual
-----
```

Name	Date modified	Type	Size
C11.bin	2/18/2022 9:15 AM	BIN File	832,661 KB
C11.bin.hdr	2/18/2022 9:14 AM	HDR File	1 KB
C12_imag.bin	2/18/2022 9:15 AM	BIN File	832,661 KB
C12_imag.bin.hdr	2/18/2022 9:14 AM	HDR File	1 KB
C12_real.bin	2/18/2022 9:15 AM	BIN File	832,661 KB
C12_real.bin.hdr	2/18/2022 9:14 AM	HDR File	1 KB
C22.bin	2/18/2022 9:15 AM	BIN File	832,661 KB
C22.bin.hdr	2/18/2022 9:14 AM	HDR File	1 KB
config.txt	2/18/2022 9:14 AM	Text Document	1 KB
metadata.xml	2/18/2022 9:14 AM	XML Document	66 KB

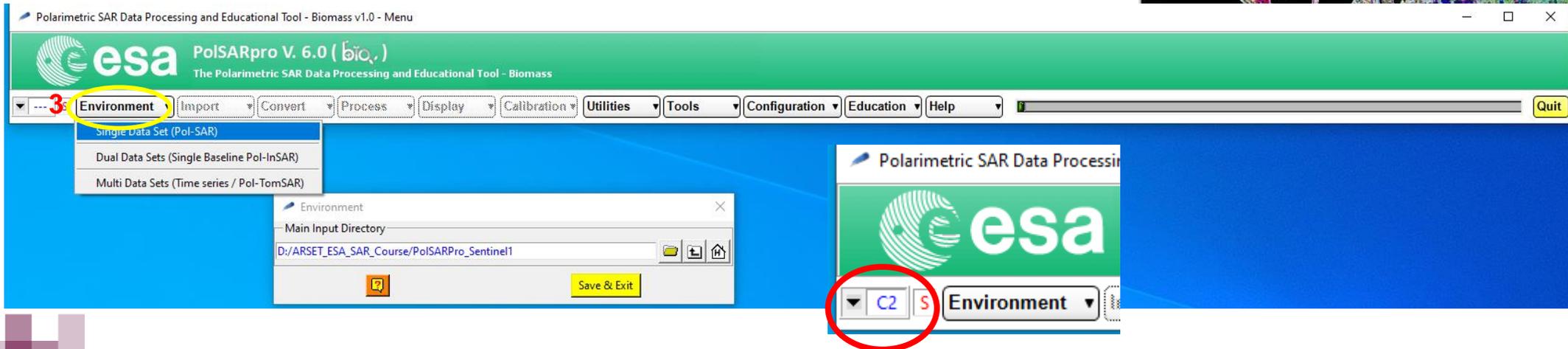
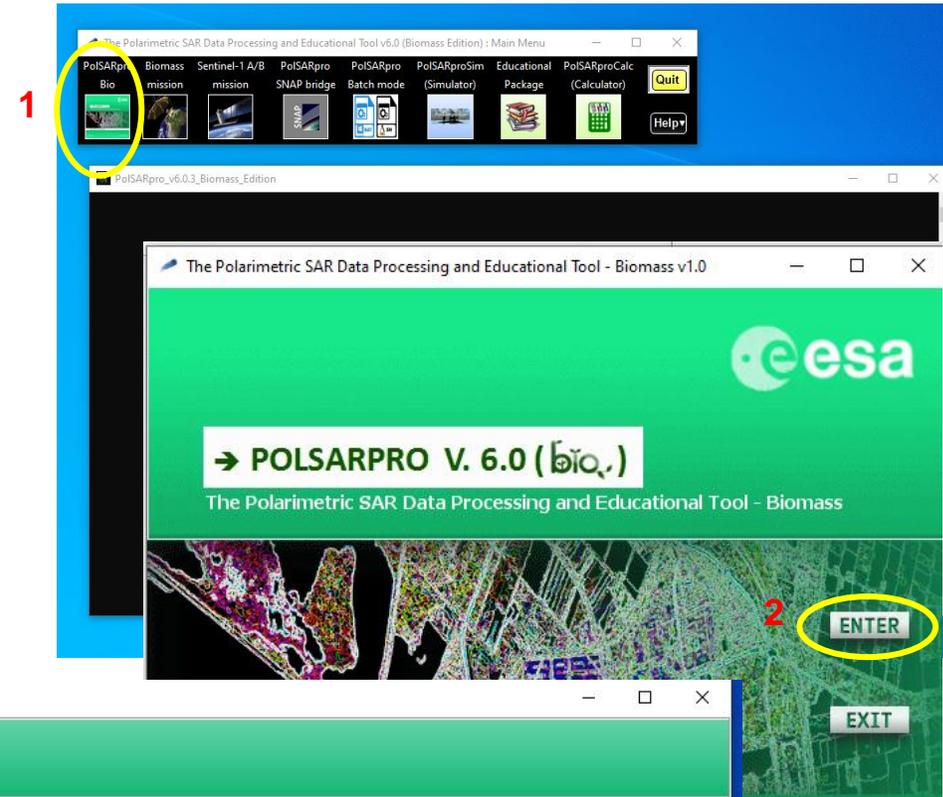
```
*config.txt - Notepad
File Edit Format View Help
Nrow
8220
-----
Ncol
25932
-----
PolarCase
monostatic
-----
PolarType
pp2
-----
```



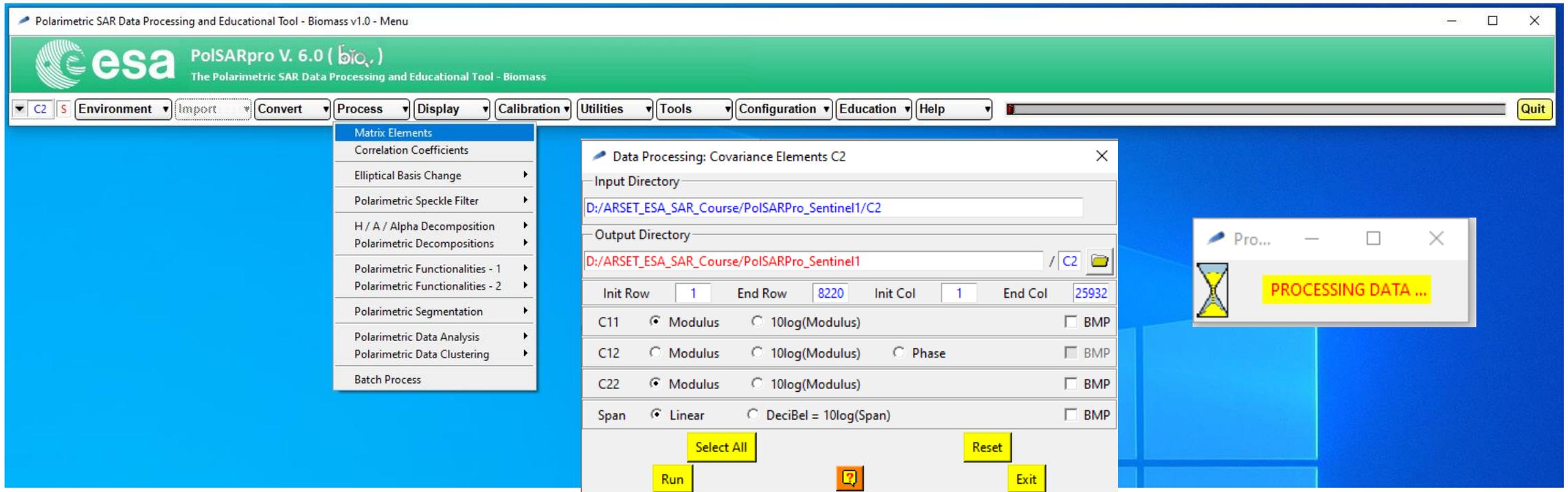
Configurar un Entorno en PolSAR Pro

Inicie su edición de PolSAR Pro en su computadora

1. Haga clic en PolSAR Pro Biomass en la barra de herramientas inicial y después seleccione “Enter” en la ventanilla que aparecerá.
2. La barra de herramientas principal PolSAR Pro Biomass se abre.
3. Primero, configure el entorno, (“Environment”), la carpeta que alberga su conjunto de datos principal contenido en la carpeta C2.



Generar los Elementos de la Matriz C2

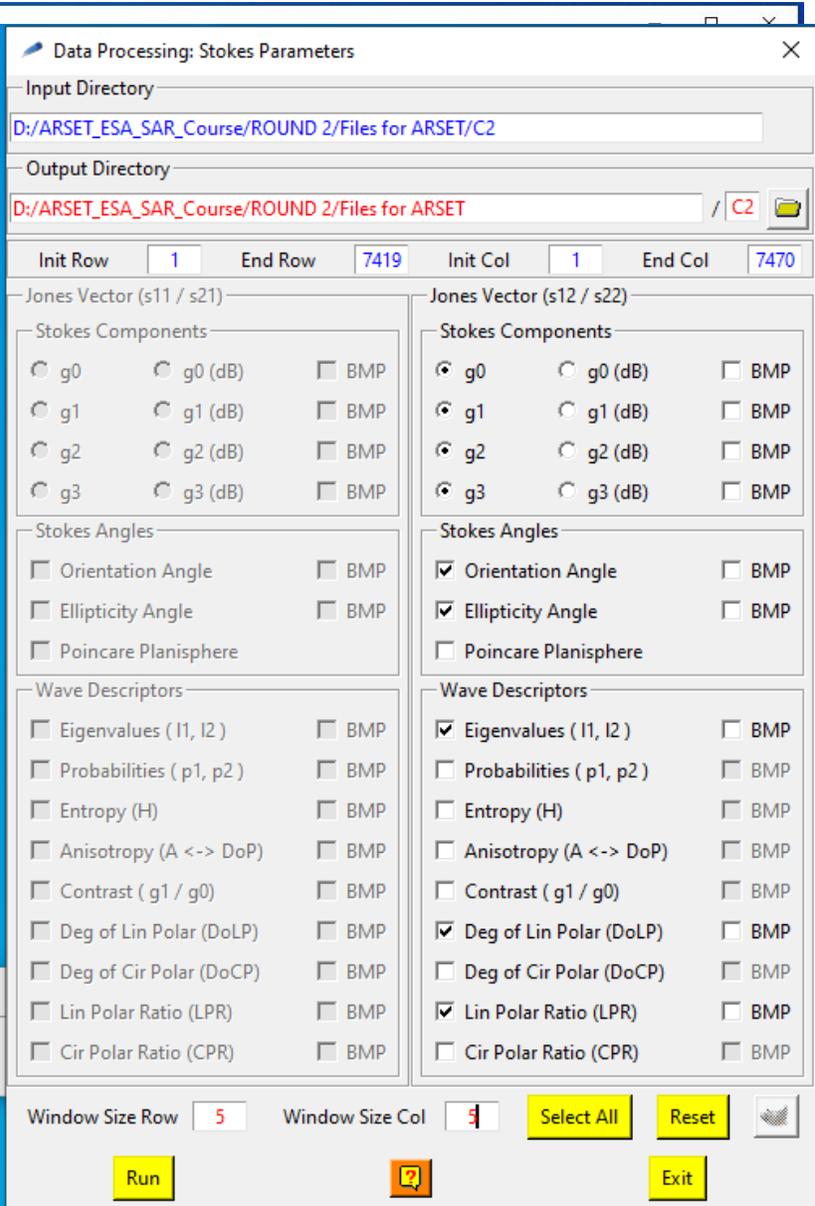
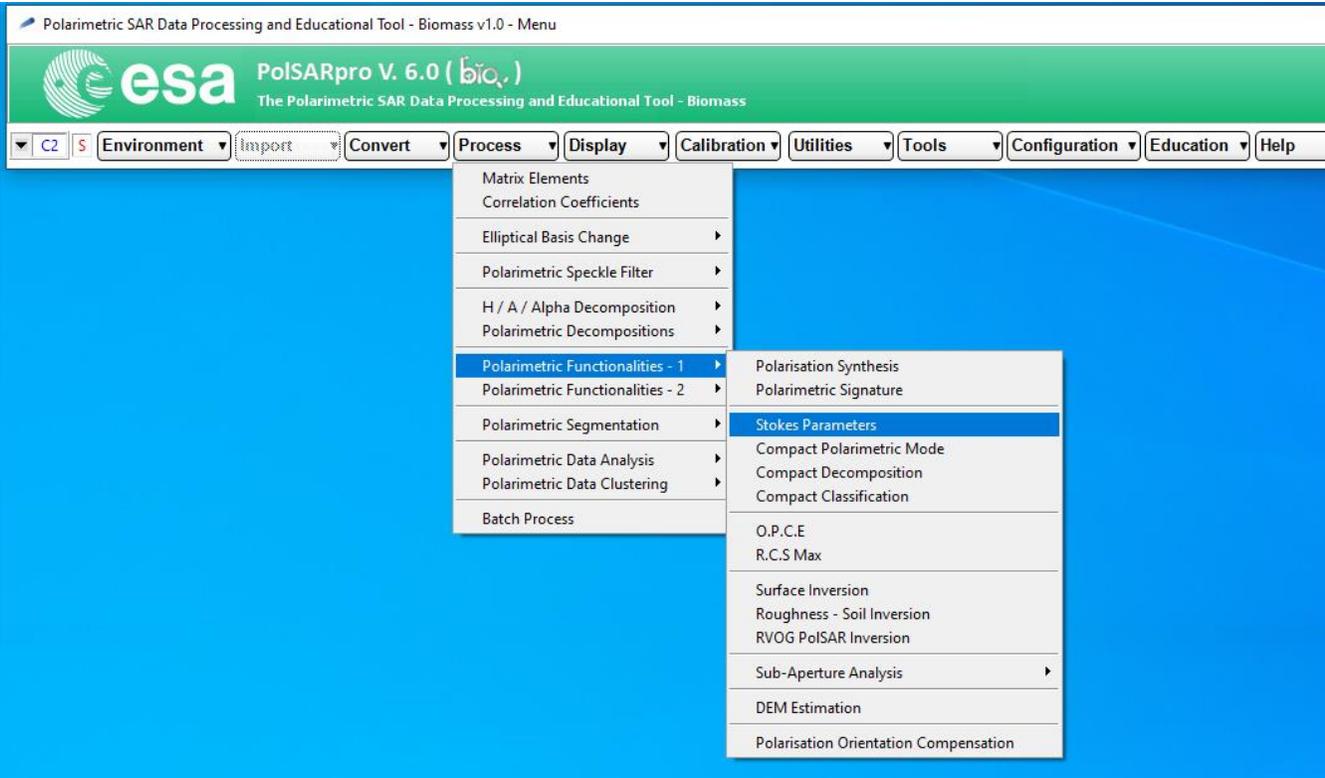


Seleccione Process – Matrix Elements y en la ventanilla que aparece seleccione C11 Modulus, C22 Modulus, y Span Linear. Los parámetros seleccionados serán generados y almacenados en la carpeta C2 . Puede crear una carpeta para "salidas" para almacenar ítems.

- Modulus – es la representación lineal de la amplitud del elemento **[C2]** considerado .
- Span – Una cantidad que da la potencia total (intensidad) recibida.
 - En términos de la matriz de dispersión, la potencia total igual a la suma de todos los elementos de la matriz.



Generar los Parámetros de Stokes

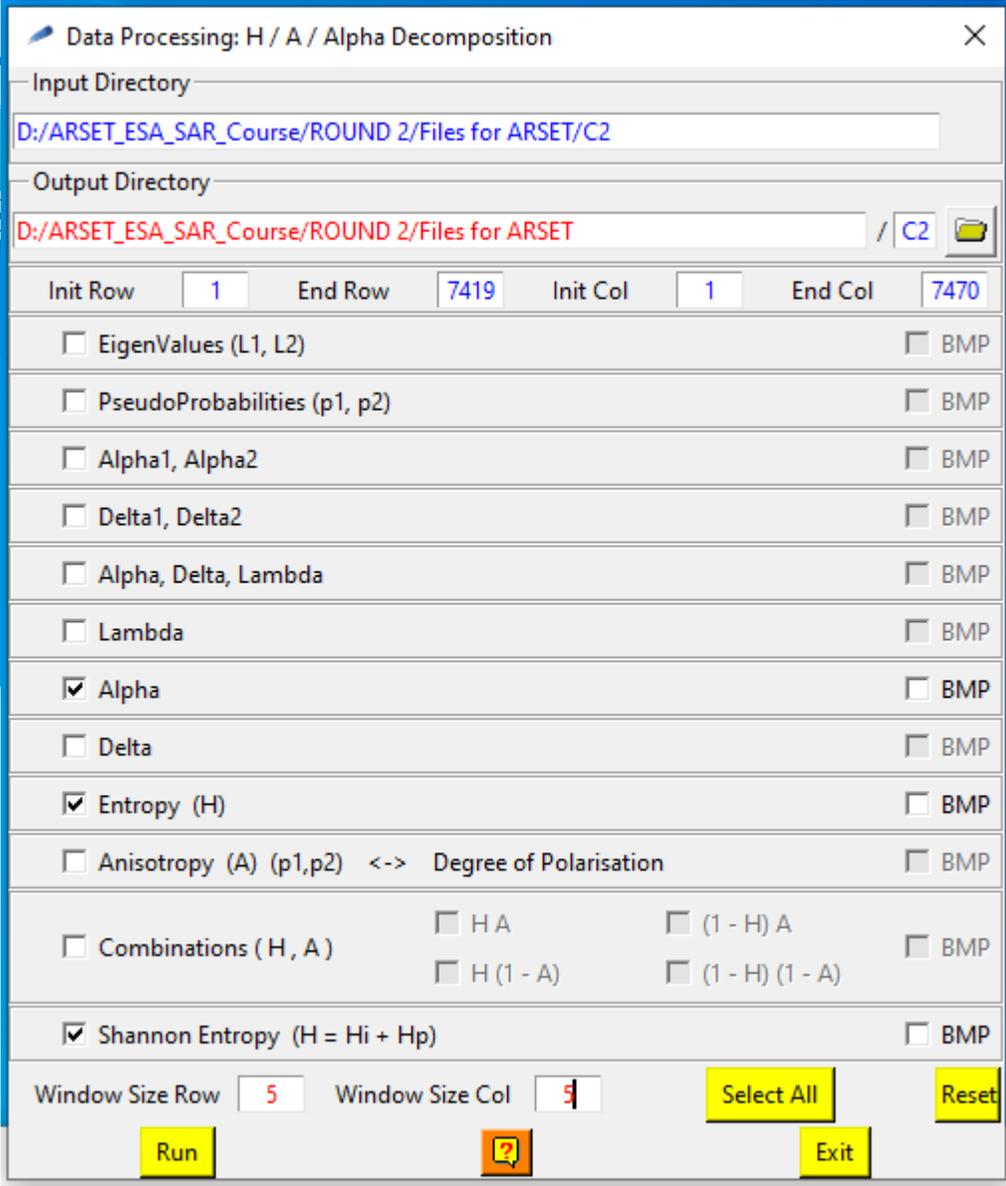
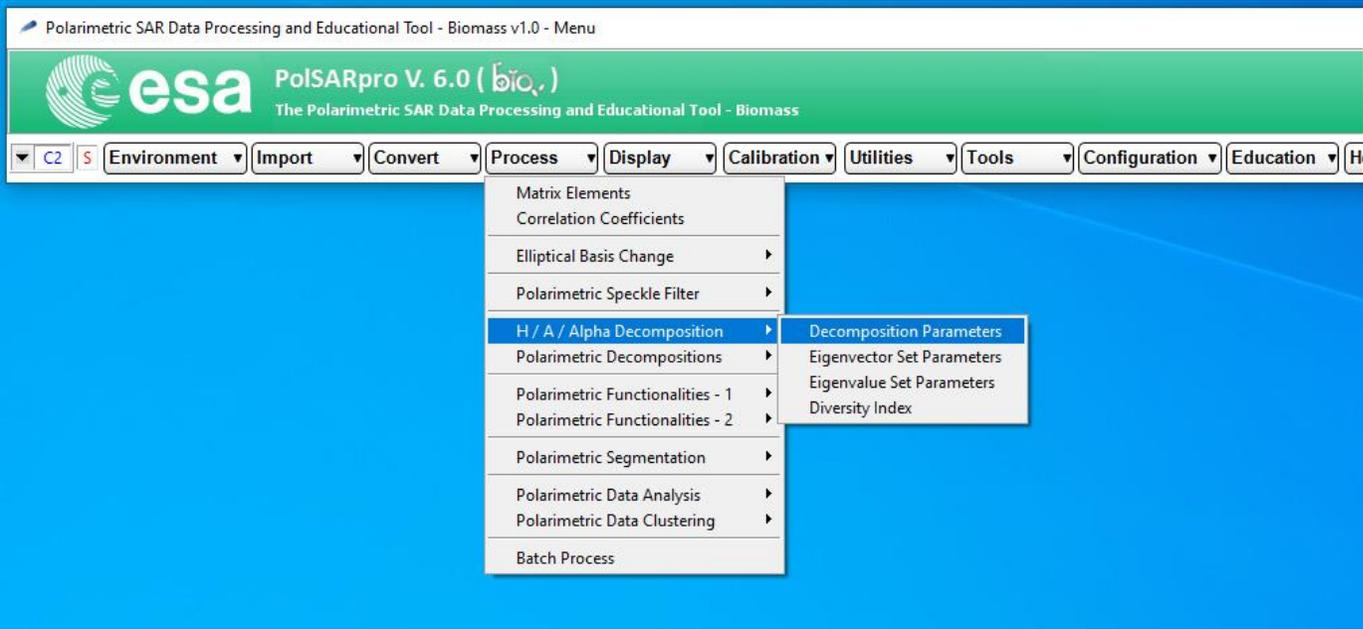


Seleccione Process >> Polarimetric Functionalities-1 → Stokes Parameters. En la ventana emergente Stokes Parameters, hay muchos parámetros para elegir según la aplicación de interés. Seleccione los parámetros de interés y establezca el tamaño de la ventana (X por X) de la ventana deslizante utilizada para calcular la estimación local de la matriz promedio. Los parámetros seleccionados serán generados y almacenados en la carpeta C2.





Generación de Parámetros de Entropía/Descomposición Alfa



Seleccione Process → H/A/Alpha Decomposition → Decomposition Parameters. Seleccione los parámetros de su interés y configure el tamaño de la ventanilla. En este caso seleccionamos Alpha, Entropy y Shannon Entropy. Los parámetros seleccionados serán generados y almacenados en la carpeta C2.





Convertir Salida de PolSAR Pro a GeoTIFF usando Python

Script: Convert_PolSARpro_Output_to_Tif_20220207.py

Python: 3.6 o mayor; **debe tener GDAL**

Archivos requeridos:

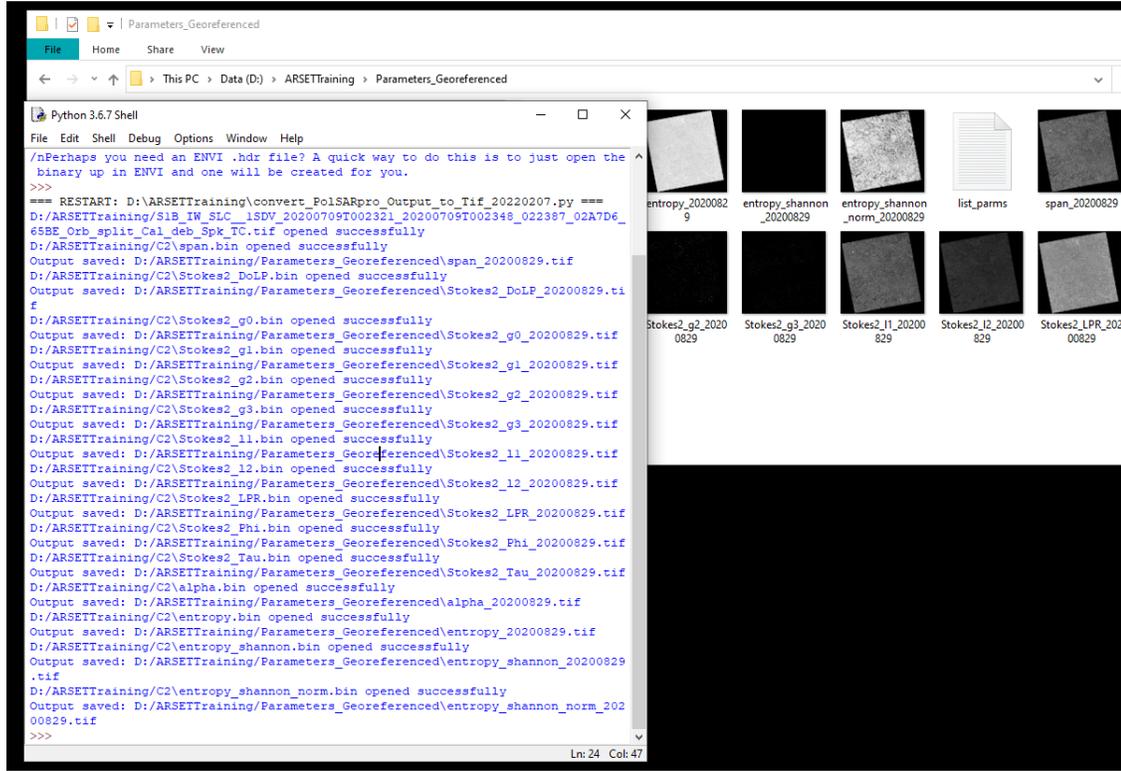
- PolSAR Pro Output (carpeta C2)
- MasterTIF: De la exportación del archivo _TC a GeoTIFF/BigTIFF del último paso de SNAP; contiene la información de georreferenciación
- List_Parms.txt: Contiene una lista de los parámetros en la carpeta C2 para convertir a TIF

Los parámetros a ser cambiados se encuentran al fondo del script:

Inpath = r'D:/ARSETTraining/C2' – **ubicación de la carpeta C2**

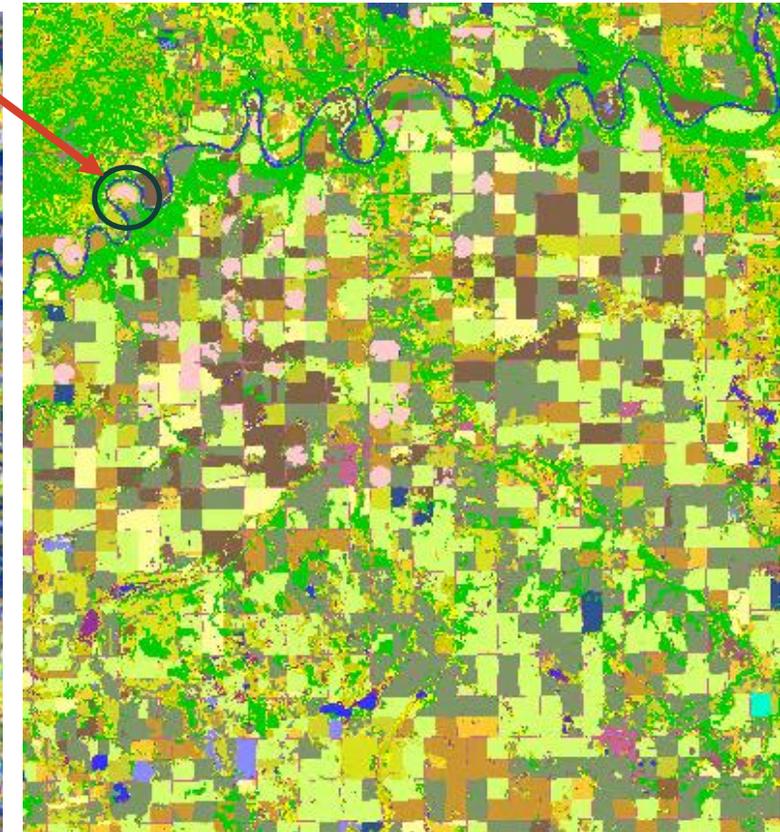
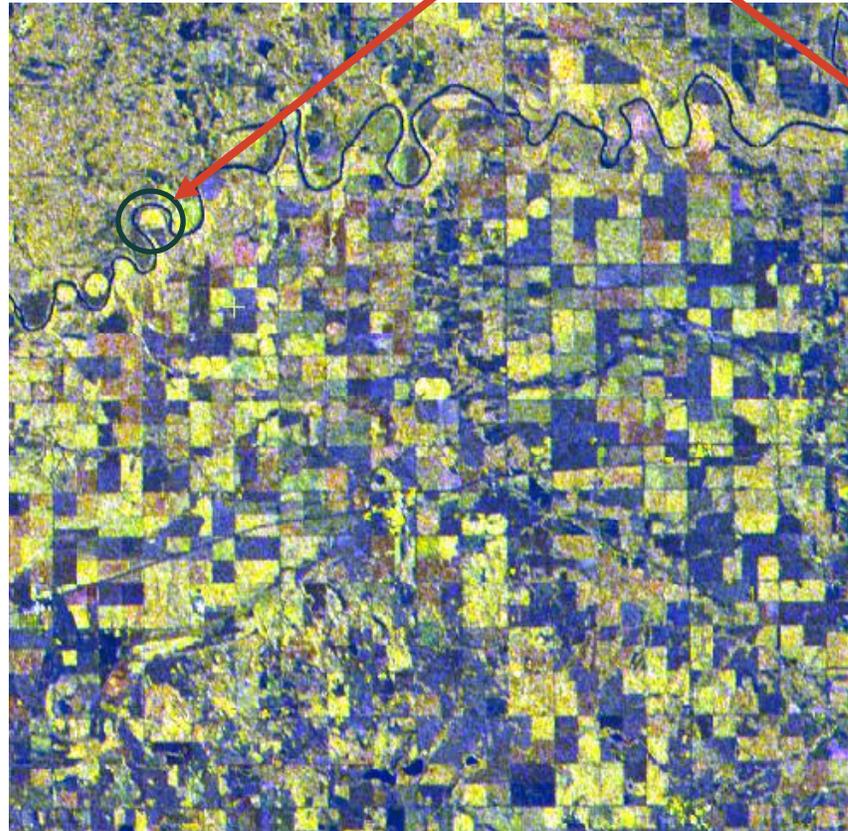
Outpath = r'D:/ARSETTraining/Parameters_Georeferenced' – **ubicación donde la salida debe ir; "List_Parms.txt" debe encontrarse aquí**

Masterfile =
r'D:/ARSETTraining/S1B_IW_SLC__1SDV_20200709T002321_20200709T002348_022387_02A7D6_65BE_Orb_split_Cal_deb_Spk_TC.tif" – **ubicación del archivo Master para la georreferenciación**



Parámetros de Stokes

- El primer parámetro del vector Stokes ($S_{0, RED}$) indica la intensidad total de la retrodispersión del radar (polarizada y no polarizada), que es la suma de las potencias de las dos ondas recibidas con polarización ortogonal.
- Los otros tres parámetros (S_{1Green} , S_{2Blue} , and S_3) describen las propiedades de la porción polarizada del campo electromagnético.



- S_0 9 de julio de 2020, Imagen RGB Stokes Sentinel 1
- S_1 Carman, Manitoba, Canadá
- S_2

Inventario Anual de Cultivos de AAFC de 2020 Carman, Manitoba



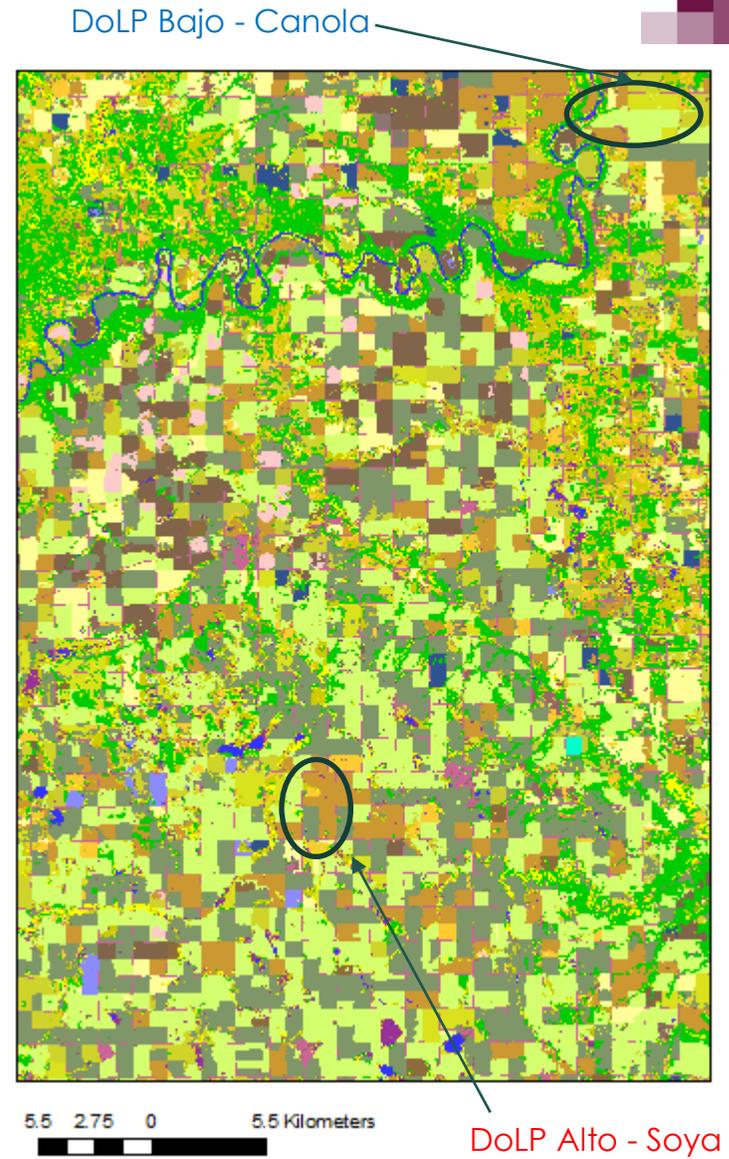
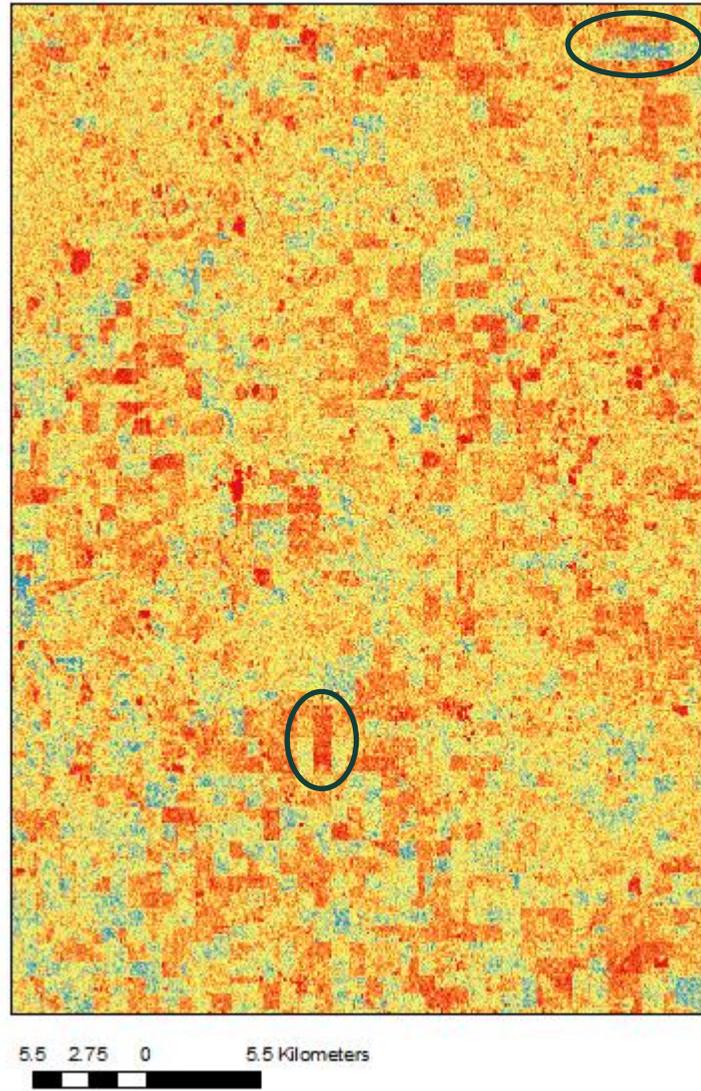
Grado de Polarización Lineal

- Los valores altos del grado de polarización lineal representan que las ondas que se dispersan están linealmente polarizadas.



Soya
~BBCH 60-62
Florecimiento temprano

Canola
~BBCH 65-70
Florecimiento tardío



9 de julio de 2020, Imagen Sentinel 1
Carman, Manitoba, Canadá



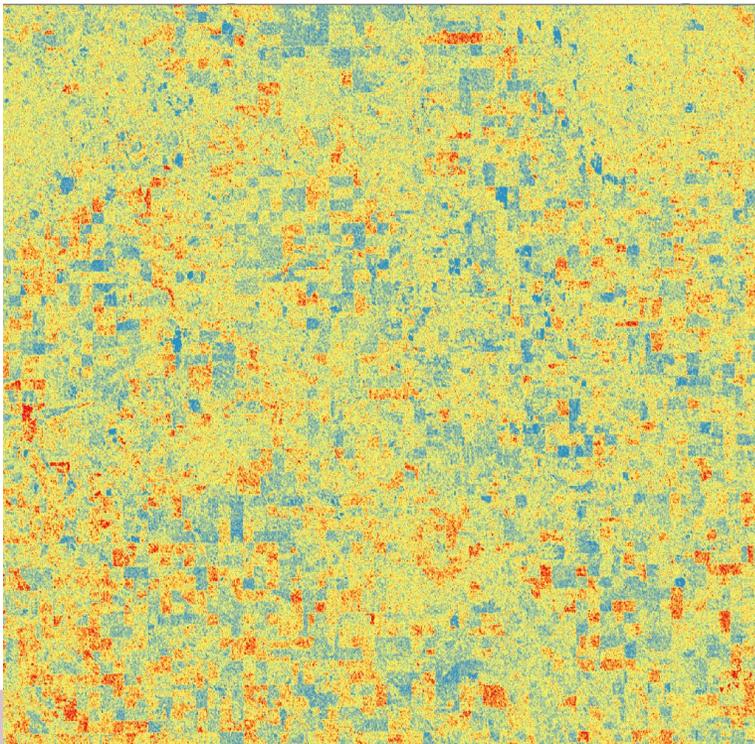
Entropía / Alfa

El ángulo de incidencia para este rango de ráfaga/subfranja fue de aproximadamente 36,1 ° - 41,8 °. Alfa varía de 0 a 65,5° con valores de entropía que van de 0 a 0,99 con la mayoría de los valores superiores a 0,60. Estos son similares a lo que se ha encontrado para ejemplos en el pasado usando SAR aerotransportado:

Ejemplos de Entropía de Trigo

Incidence Angle	Low Biomass	Higher Biomass
25	0.40	0.51
36	0.63	0.69
40	0.74	0.76
45	0.80	0.80

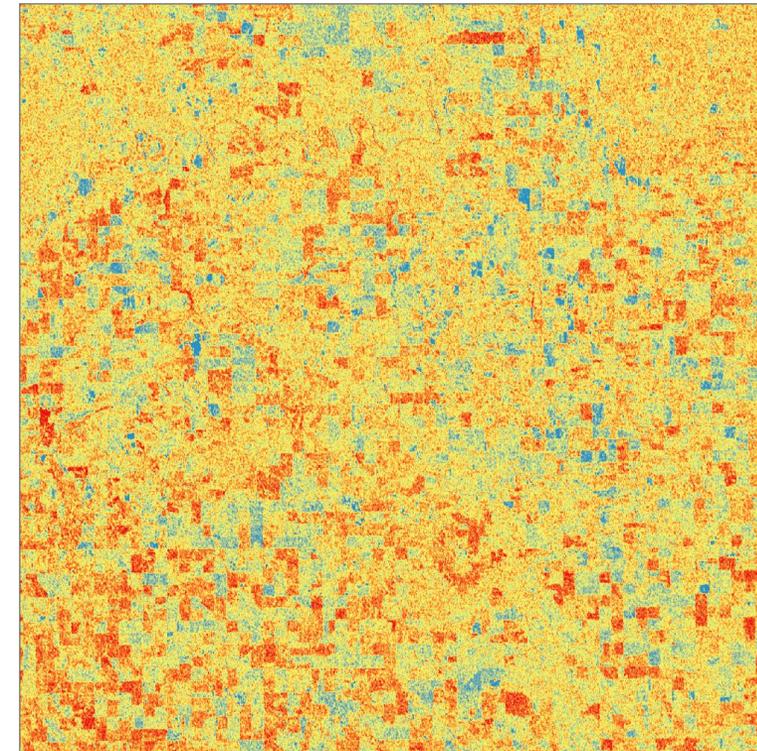
Alfa



Ejemplo de Entropía de Canola

Incidence Angle	Low Biomass	Higher Biomass
25	0.79	0.71
36	0.84	0.75
40	0.88	0.78
45	0.91	0.77

Entropía





UNIVERSITY of
STIRLING



UCLouvain



Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada



Polarimetría SAR con Imágenes Sentinel-1, RCM y SAOCOM para la Agricultura

Armando Marino, PhD, Universidad de Stirling

19 de abril de 2022

Introducción

Armando Marino
La Universidad de Stirling, Escocia



Objetivos de Aprendizaje:

Al final de este práctico, usted habrá aprendido cómo:

- ✓ Ejecutar el código Python para procesar datos PolSAR
- ✓ Abrir un archivo binario en Python
- ✓ Visualizar las imágenes
- ✓ Realizar filtrado
- ✓ Manipular los elementos de la matriz de Covarianza/Coherencia
- ✓ Derivar los elementos de la Descomposición de Cloude-Pottier
- ✓ Producir una serie temporal de observables polarimétricos



Python



“Python es un lenguaje de programación que te permite trabajar rápidamente e integrar sistemas de manera más eficaz”

<https://www.python.org/>



Puede encontrar varios tutoriales o libros en línea. Yo usé el siguiente:

<https://docs.python.org/3/tutorial/>



Descargar/Instalar: Anaconda

Mi sugerencia es que utilicen *Anaconda installer*, porque incluye las bibliotecas más comunes:
<https://www.anaconda.com/products/individual?modal=nucleus>

Si no desea usar Anaconda, por favor asegúrese de adquirir la versión 3.x (la 3.6+ está bien), pero NO la 2.7, porque algunas funcionalidades han cambiado
¡La versión 2.7 NO funcionará con el código que voy a compartir!

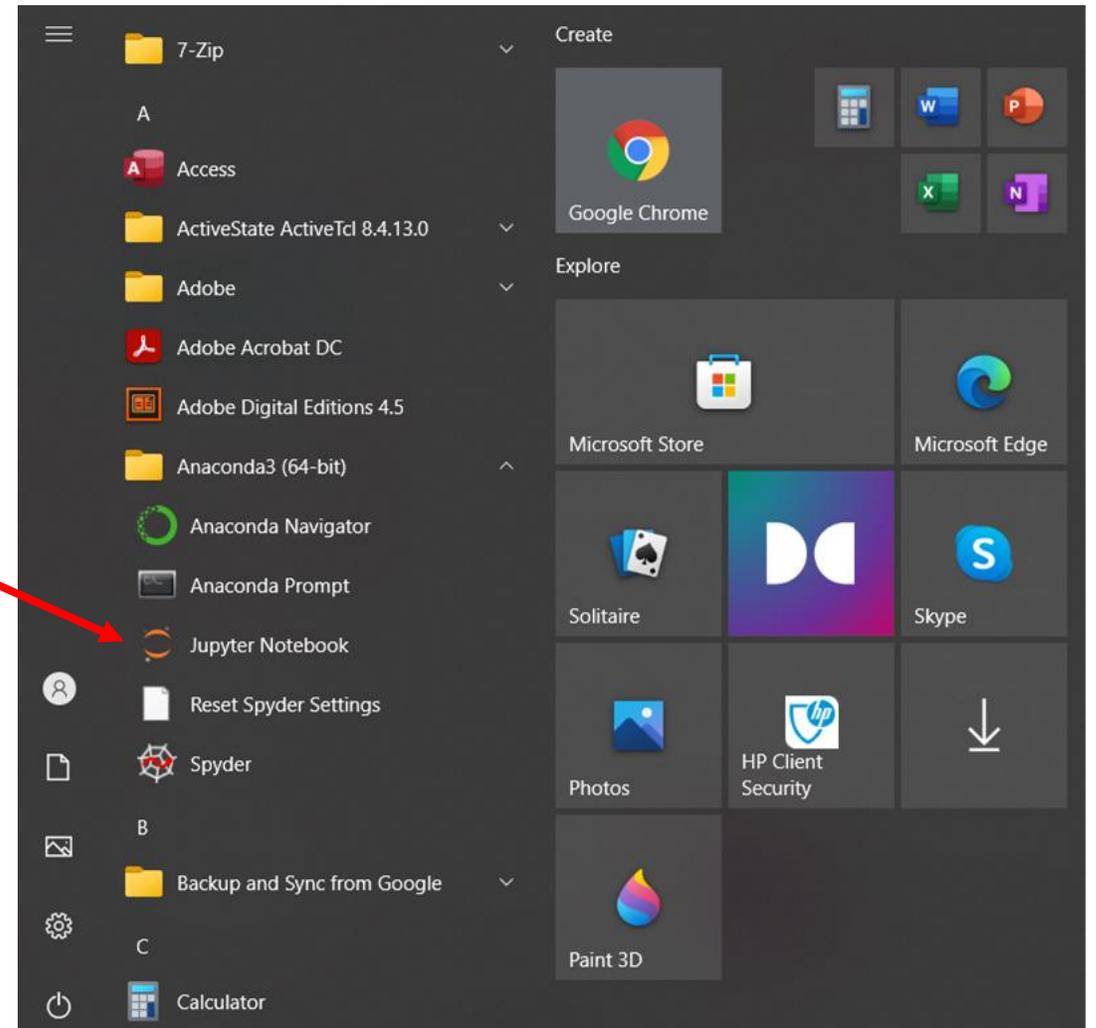
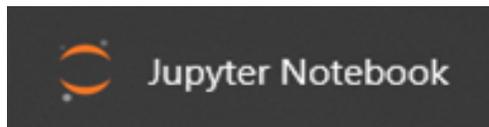
Anaconda Installers

Windows 	MacOS 	Linux 
Python 3.9 64-Bit Graphical Installer (510 MB) 32-Bit Graphical Installer (404 MB)	Python 3.9 64-Bit Graphical Installer (515 MB) 64-Bit Command Line Installer (508 MB)	Python 3.9 64-Bit (x86) Installer (581 MB) 64-Bit (Power8 and Power9) Installer (255 MB) 64-Bit (AWS Graviton2 / ARM64) Installer (488 M) 64-bit (Linux on IBM Z & LinuxONE) Installer (242 M)



Jupyter Notebook

Anaconda instalará Jupyter Notebook y aparecerá su icono.



Jupyter Notebook



The screenshot shows the Jupyter Notebook interface in a web browser. The browser address bar shows 'localhost:8888/tree'. The Jupyter logo and 'Logout' button are at the top. Below the logo are tabs for 'Files', 'Running', and 'Clusters'. The 'Files' tab is active, showing a file browser with a table of files and folders. A red arrow points to the 'Upload' button in the top right of the file browser area.

Select items to perform actions on them.

Upload New ↕ ↻

<input type="checkbox"/>	0	▼	▼	▼	▼	Name	Last Modified
<input type="checkbox"/>						3D Objects	a year ago
<input type="checkbox"/>						ARSET-2022	2 hours ago
<input type="checkbox"/>						Contacts	a year ago
<input type="checkbox"/>						Desktop	8 days ago
<input type="checkbox"/>						Documents	7 months ago
<input type="checkbox"/>						Downloads	2 hours ago
<input type="checkbox"/>						Favorites	a year ago
<input type="checkbox"/>						Google Drive	4 months ago
<input type="checkbox"/>						Links	a year ago
<input type="checkbox"/>						Music	a year ago
<input type="checkbox"/>						Old	5 hours ago
<input type="checkbox"/>						OneDrive	7 months ago
<input type="checkbox"/>						OneDrive - University of Stirling	5 hours ago
<input type="checkbox"/>						Pictures	2 months ago
<input type="checkbox"/>						POLinSAR training 2021	a month ago
<input type="checkbox"/>						RCM1_OK1112357_PK1228080_1_QP22_20200824_002123_HH_VV_HV_VH_SLC_Cal_TC.data	a month ago
<input type="checkbox"/>						Roaming	4 years ago

Jupyter abre un navegador web y puede cargar scripts usando el botón **Upload**.

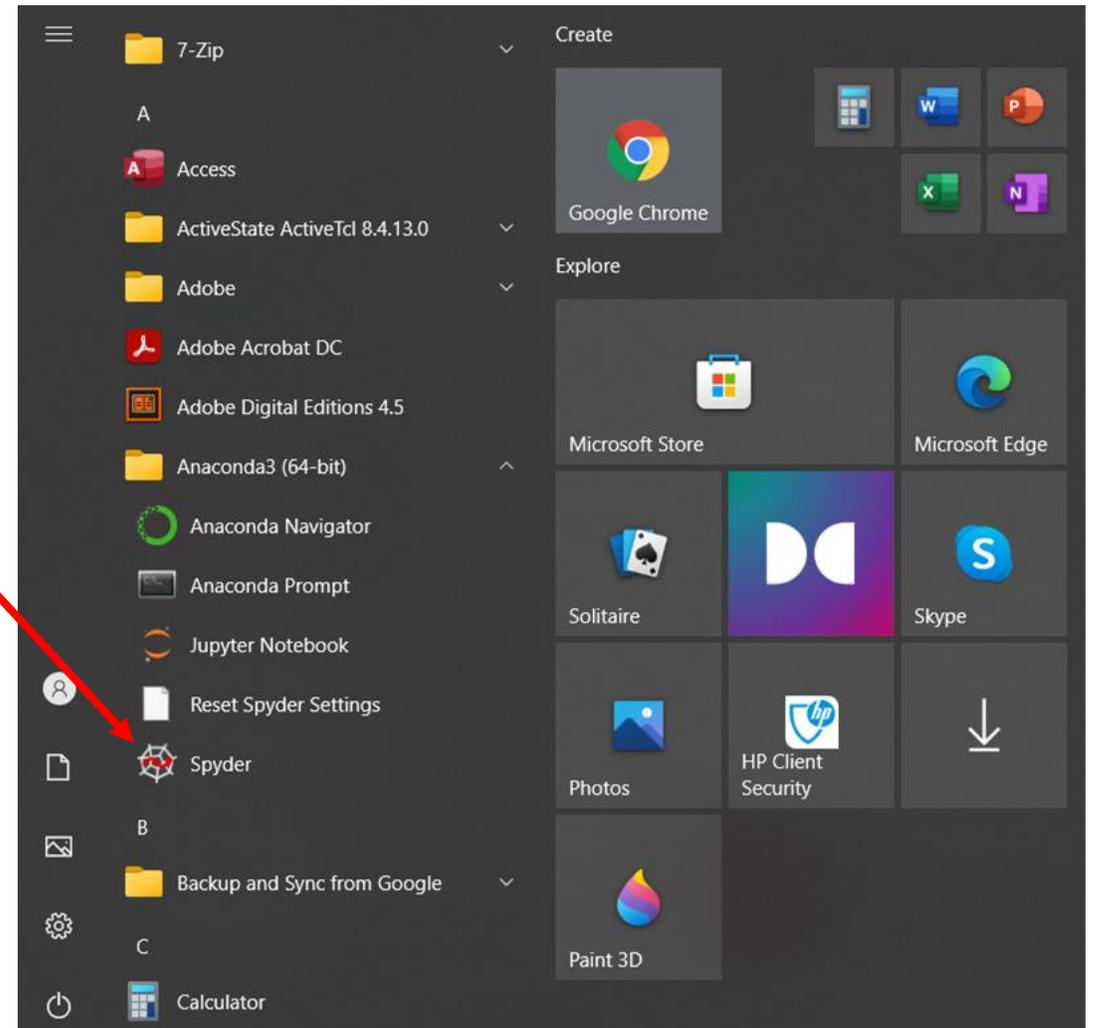


Spyder

Anaconda instalará el editor de Python **Spyder** y aparecerá el icono.



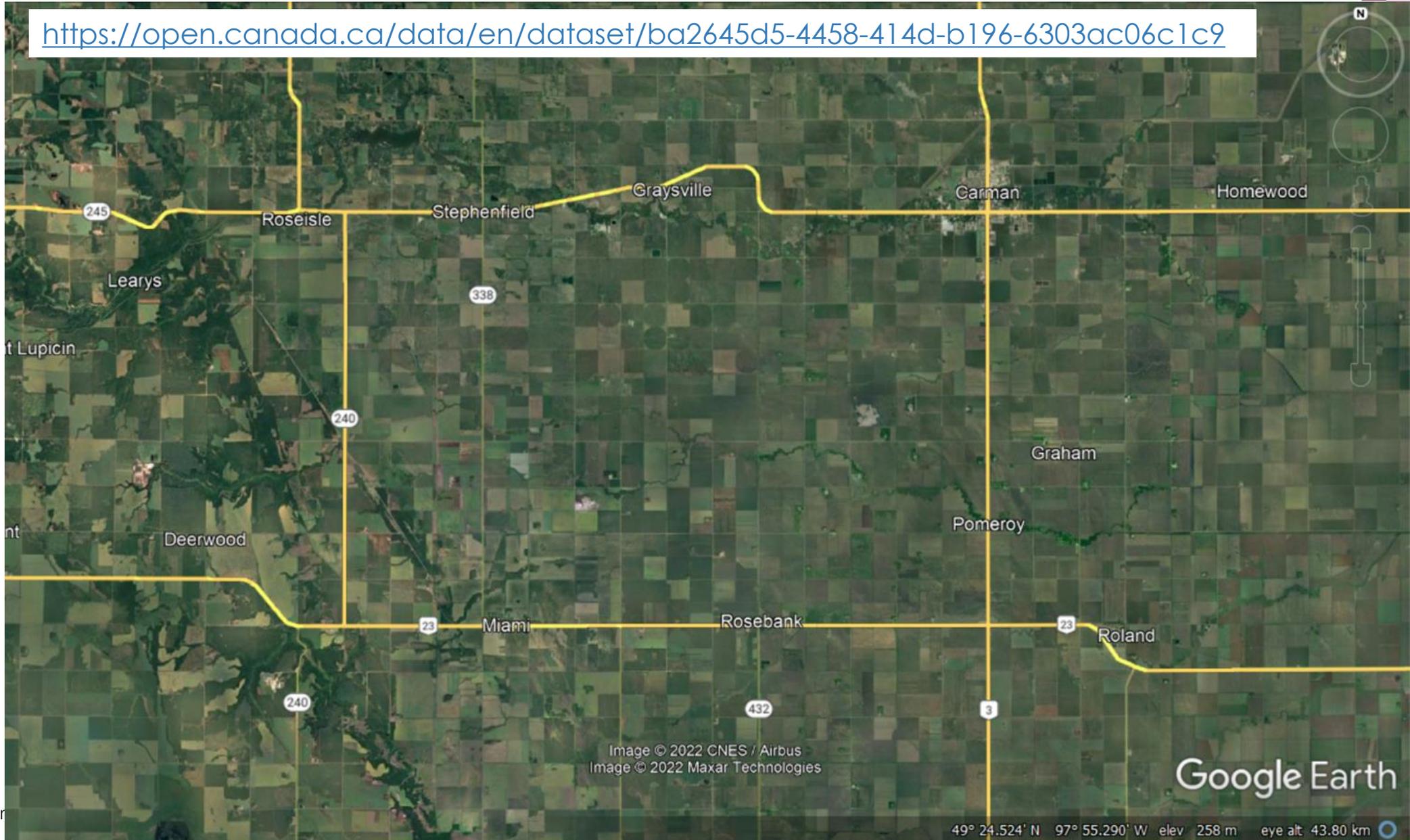
Spyder es un editor útil y puede que quiera usarlo en el momento de hacer scripts con datos apilados conocidos en inglés como **operational/automatic processing stacks**.



Datos: RCM; Ubicación: Carman, Manitoba, Canadá



<https://open.canada.ca/data/en/dataset/ba2645d5-4458-414d-b196-6303ac06c1c9>



Los **cultivos** son:
forraje, canola,
linaza, girasol,
soya, maíz,
cebada, trigo
de primavera,
trigo de invierno,
centeno, avena,
alpiste, papa y
arveja/guisante.

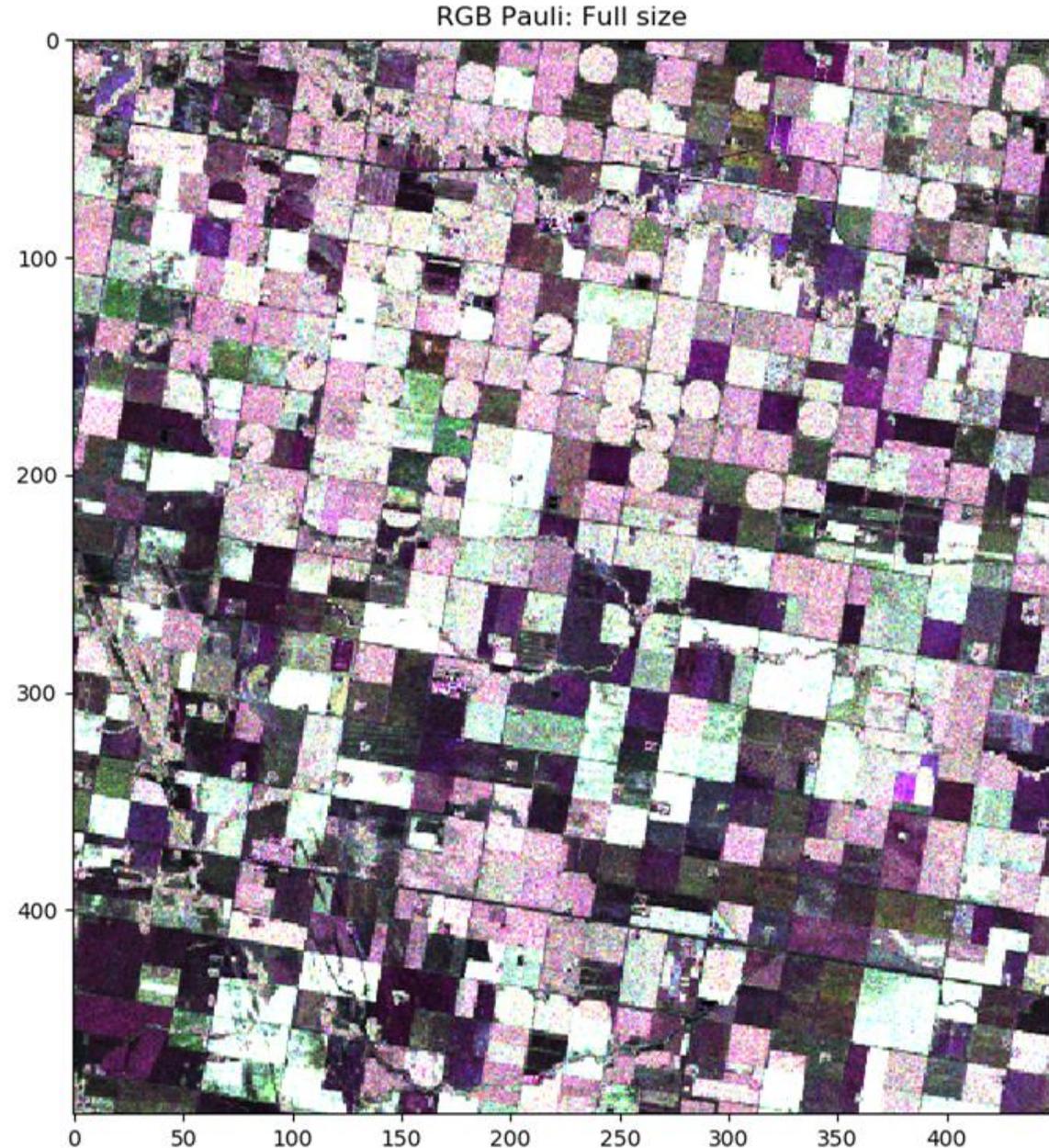
La información
sobre los cultivos
se puede
encontrar en el
enlace
proporcionado
por Agricultura y
Agroalimentación
de Canadá,
Gov. De
Canadá.

NASA's Applied Res

Datos: RCM; Ubicación: Carman, Manitoba, Canadá

Pauli RGB para el 24 de agosto de 2020.
Carman, Manitoba, Canadá.
Multi-look 7x14, no geocodificada.

Imágenes de la Misión de la Constelación
RADARSAT © Gobierno de Canadá (2020).
RADARSAT es una marca oficial de la Agencia
Espacial Canadiense.



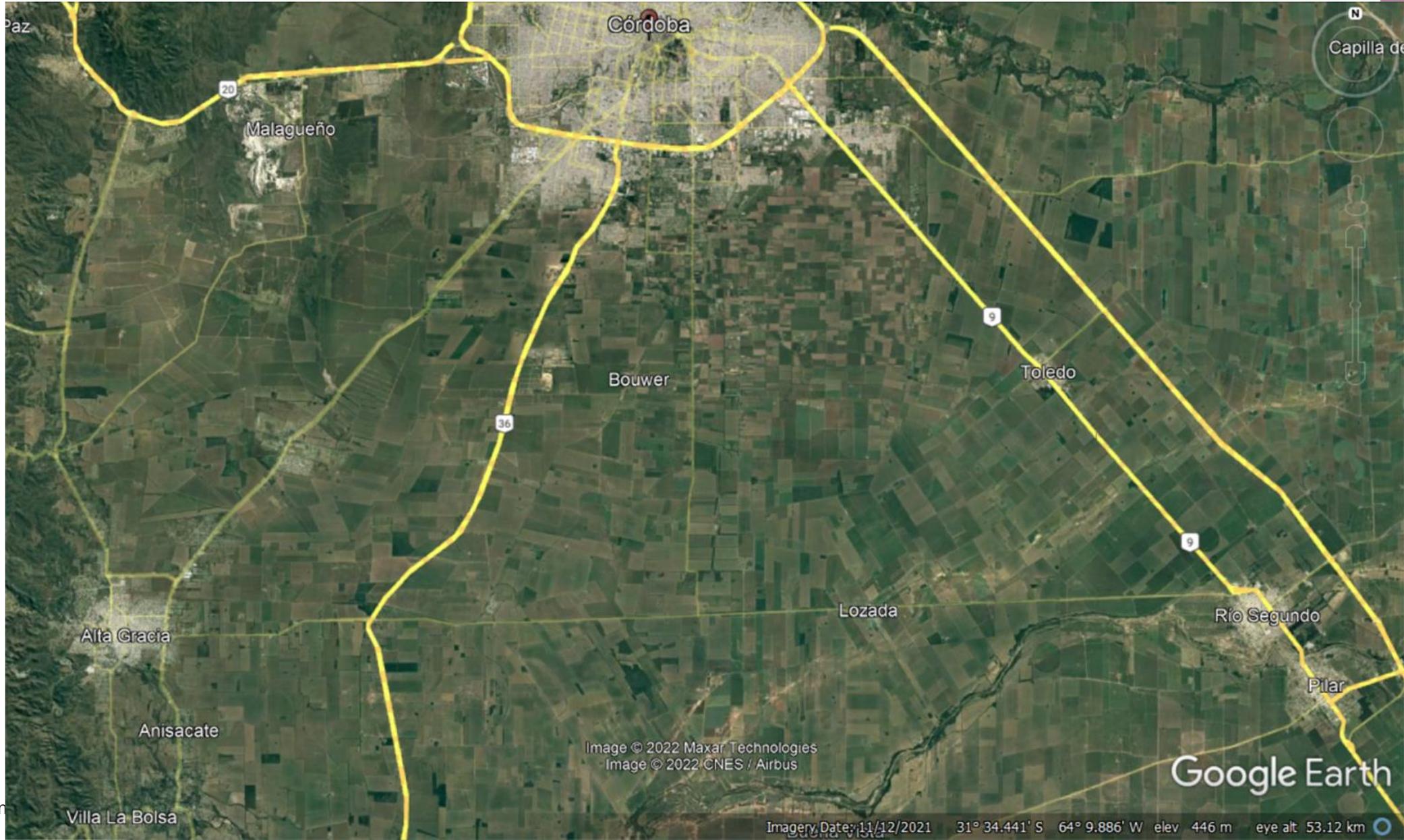
Data: SAOCOM; Ubicación: Córdoba, Argentina



Los **cultivos** son principalmente maíz y soya.

SAOCOM
(Agencia Espacial Argentina)

Estos datos se pueden utilizar únicamente con fines de formación.



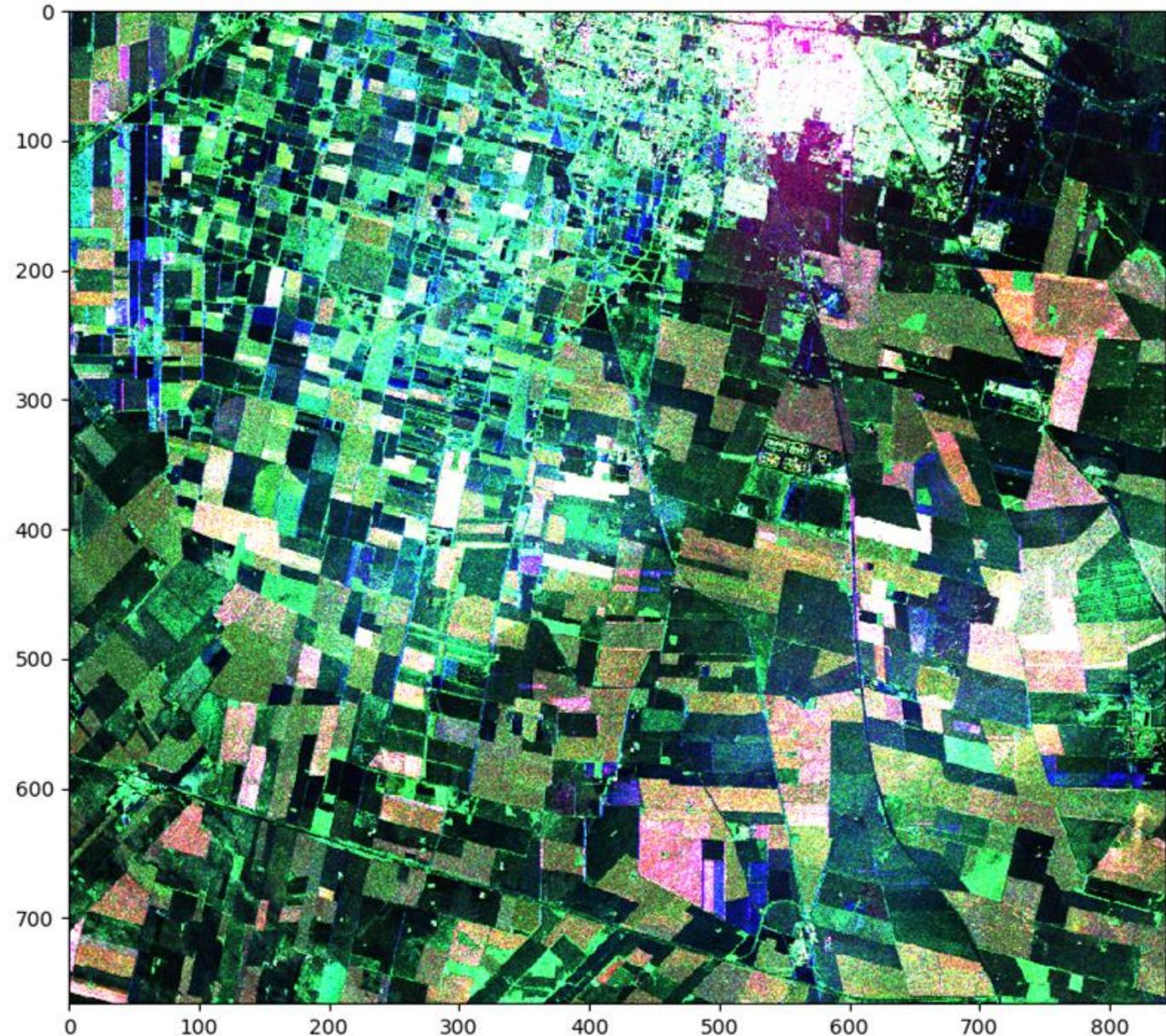
Datos: SAOCOM; Ubicación: Córdoba, Argentina

Pauli RGB para el 11 de marzo de 2020.
Córdoba, Argentina.
Multi-look 5x8, no geocodificado

Producto SAOCOM® – ©CONAE – (2020). Todos los derechos reservados. CONAE es la Agencia Espacial Argentina.

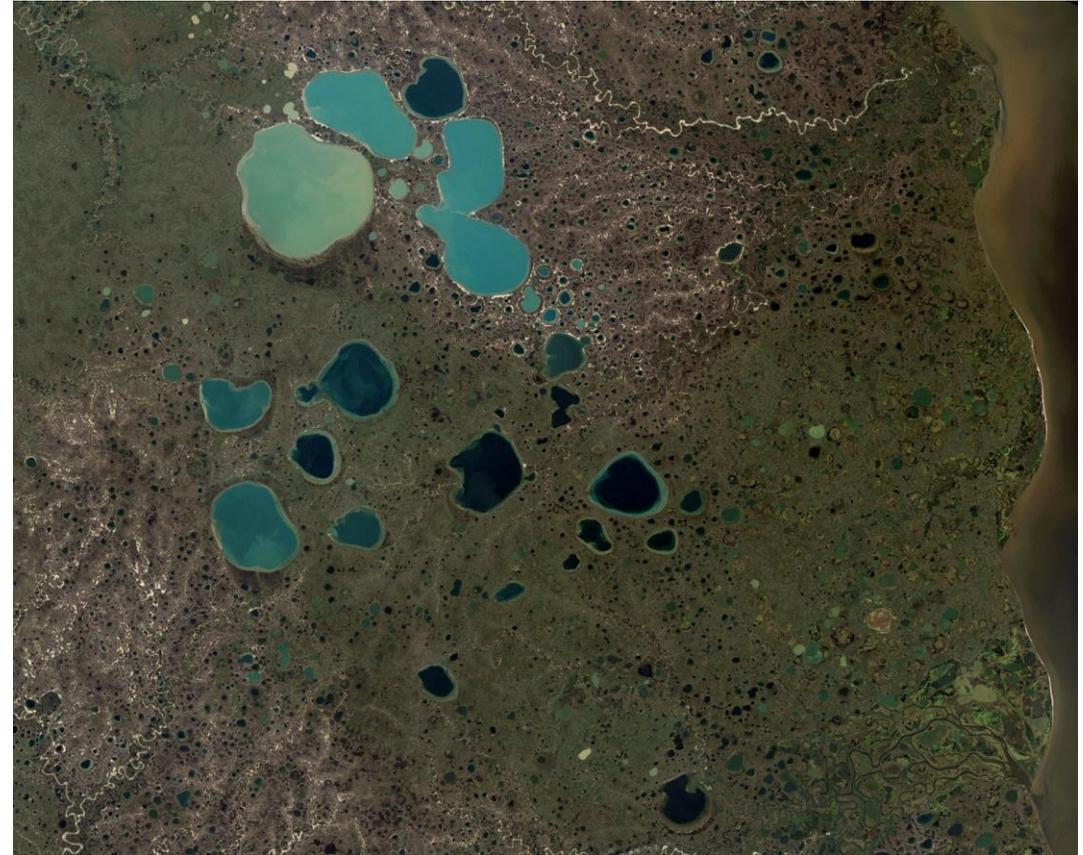
Estos datos solo se pueden utilizar con fines de formación.

RGB Pauli: Full size



¿Preguntas?

- Por favor escriban sus preguntas en el espacio para preguntas. Las responderemos en el orden que las recibimos.
- Publicaremos las preguntas y respuestas en la página web de la capacitación después de la conclusión del webinar.



<https://earthobservatory.nasa.gov/images/6034/pothole-lakes-in-siberia>



Contactos

- Presentadores:
 - Laura Dingle-Robertson: laura.dingle-robertson@AGR.GC.CA
 - Armando Marino: armando.marino@stir.ac.uk
- Página web de la capacitación:
 - <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/spanish/arset-mapeo-de-cultivos-y-sus-caracteristicas-biofisicas-con-sar>
- Página web de ARSET:
 - <https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset>
- Twitter: [@NASAARSET](https://twitter.com/NASAARSET)





¡Gracias!

