

Manual de Procesamiento de InSAR

Cecilia Gómez Jiménez

August 2019

1 Introducción

El manual que se presenta a continuación tiene como propósito describir el procesamiento estándar a realizarse para obtener un interferograma a partir de dos imágenes SAR obtenidas del sensor Sentinel-1A/B. Comprende en forma ordenada, secuencial y detallada las operaciones de los procedimientos a seguir para poder llegar a un mapa de desplazamiento usando el programa gratuito, Sentinel Application Platform(SNAP), ofrecido por la Agencia Espacial Europea ,la cual procesa y analiza las imágenes satélites provenientes de la flota de satélites Sentinel . Es importante señalar, que este documento está sujeto a actualización en la medida que se presenten variaciones en la ejecución de los procedimientos y de acuerdo al fenómeno de estudio.

2 Objetivo(s)

- General

Describir un procesamiento estándar para generar un interferograma a partir de dos imágenes SAR.

- Particular

Ser instrumento de apoyo para personas que se adentran al estudio de la técnica mediante el software SNAP .

Obtener un interferograma .

Obtener una imagen representando desplazamientos relativos.

3 Adquisición de datos

3.1 Descargar las imágenes SAR

Para acceder a los datos del sensor Sentinel 1A/B es necesario visitar la página web Alaska Satellite Facility Sentinel Data Portal y crear una cuenta para poder acceder a los datos del portal.

- 1) Se accede a la página de Alaska Satellite Facility Sentinel Data Portal (<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>).

- 2) Es necesario ubicar el lugar de interés en el portal . (Ejemplo:POLYGON((-99.51416 19.027069,-98.588562 19.027069,-98.588562 19.721464,-99.51416 19.721464,-99.51416 19.027069))).
- 3) Se selecciona el sensor ,en este caso Sentinel-1.
- 4-5) Se elige el intervalo temporal en el cual se seleccionaran el par de imágenes SAR.(1 de Mayo de 2019 a 30 de Agosto de 2019).
- 6) Cuando los datos son los correctos se da clic en "Search",el sistema busca las muestras que se ajustan a los parámetros de los puntos anteriores.
- 7) El usuario debe seleccionar el par de imágenes SAR de acuerdo al evento a analizar.(Maestro:04 de Mayo de 2019,Esclavo:20 de Agosto de 2019).
- 8) Para conocer más detalles del sensor y específicamente las características propias de la imagen existe un apartado el cuál brinda la información deseada (Modo de adquisición,path,frame, dirección de vuelo (ascendente/descendente),polarización y órbita absoluta).

Detalles de la escena		
Característica	Maestra	Esclava
Produto	S1B _I W	S1B _I W
Start Time	May 04 2019 12:25:16	August 20 2019 12:25:22
Beam Mode	IW	IW
Path	143	143
Frame	529	529
Flight Direction	DESCENDING	DESCENDING
Polarization	VV+VH	VV+VH
Absolute Orbit	16094	17669

Table 1: Tabla de características de las imágenes SAR.

Se recomienda revisar el apartado de los detalles de escena (*Scene Detail-8*)y dar clic en *Baseline Tool*,para conocer la distancia de base que hay entre cada imagen SAR .En la nueva página emergente se debe de buscar las dos imágenes SAR a procesar ,para poder conocer la distancia de linea base entre las imágenes SAR ,ya que para medir deformaciones del terreno, la línea de base perpendicular no influye en la sensibilidad del sistema, pero sí en la manera en que se propagarán los errores de medición de la fase topográfica en el resultado final,mientras más grande la línea de base perpendicular, mayor será la propagación de este error en la medición de la deformación. De ahí que para medir deformaciones de terreno, sea preferible contar con líneas de base más cortas(Ver figura 1,2,3,4).

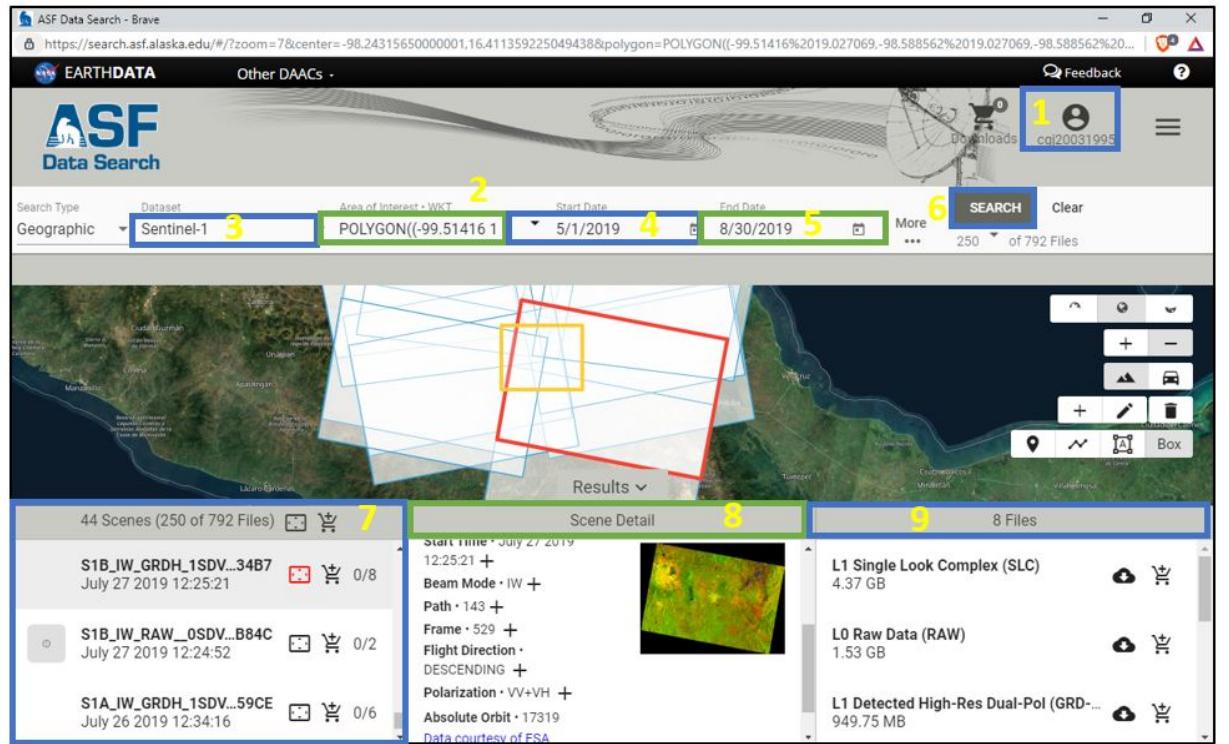


Figure 1: Visita de la página.

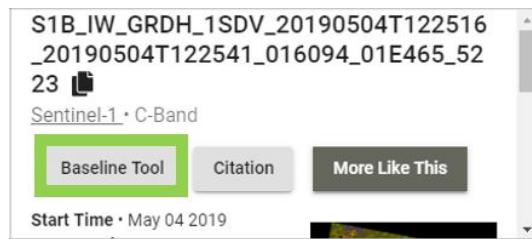


Figure 2: Acceso a Baseline Tool.

PS Baseline Table

	Master	Paired Granule	Acquisition Date	Perpendicular (m)	Temporal (days)	Product Type	Beam Mode	Polarization	Direction Asc/Dsc
1	S1A_IW_...D28_9AEF	S1B_IW_...8C1_F13D	2019-04-04	-20	-30	SLC	IW	VV+VH	DESCEND
2	S1A_IW_...385_1FF7	S1B_IW_...E8A_0535	2019-04-16	-38	-18	SLC	IW	VV+VH	DESCEND
	S1A_IW_...9D7_E437	S1B_IW_...465_F872	2019-04-22	-36	-12	SLC	IW	VV+VH	DESCEND
	S1A_IW_...9E7_673C	S1B_IW_...F48_B6A8	2019-04-28	-20	-6	SLC	IW	VV+VH	DESCEND
	S1A_IW_...47F_6484	S1B_IW_...025_71EF	2019-05-04	0	0	SLC	IW	VV+VH	DESCEND
	S1A_IW_...9E7_673C	S1B_IW_...F48_B6A8	2019-05-16	-66	12	SLC	IW	VV+VH	DESCEND
	S1A_IW_...F48_B6A8	S1B_IW_...47F_6484	2019-05-28	-73	24	SLC	IW	VV+VH	DESCEND
	S1A_IW_...025_71EF	S1B_IW_...025_71EF	2019-06-09	-151	36	SLC	IW	VV+VH	DESCEND
	S1A_IW_...025_71EF	S1B_IW_...025_71EF	2019-06-15	-148	42	SLC	IW	VV+VH	DESCEND

Figure 3: Seleccionar las imágenes.

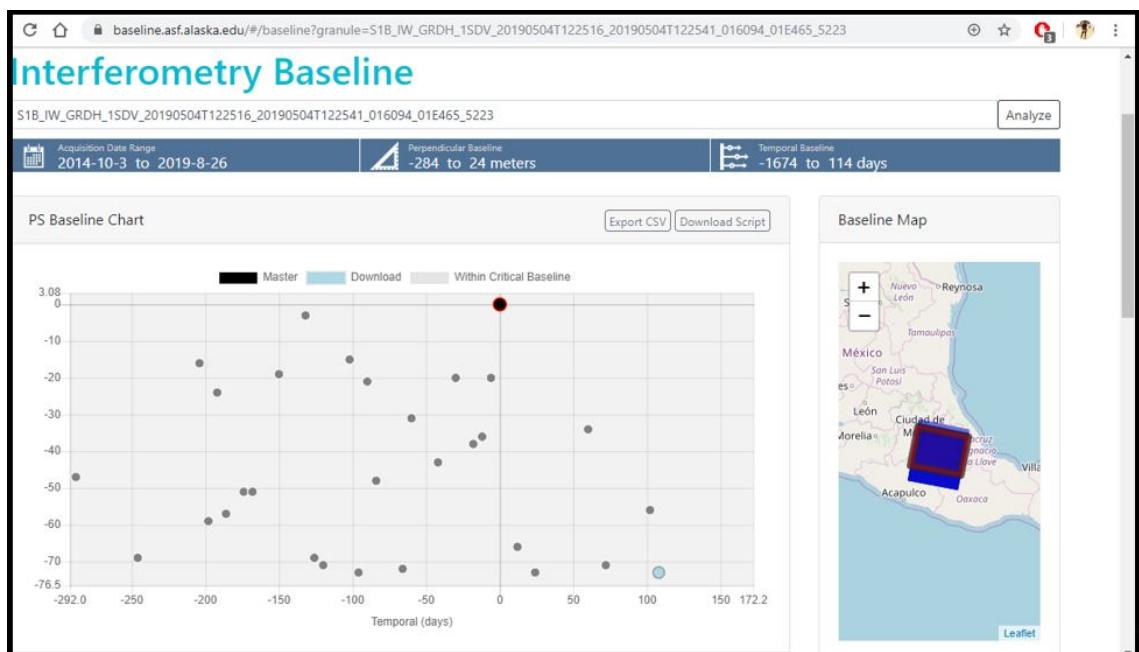


Figure 4: Conocer la distancia de "Baseline" entre el par de imágenes SAR .

3.2 Productos de Wide Swath(Franja ancha) interferométrica Sentinel-1

El modo de franja Interferometric Wide (IW) es el modo de adquisición principal sobre tierra para Sentinel-1. Adquiere datos con una franja de 250 km a una resolución espacial de 5 m por 20 m . El modo IW captura tres sub-franjas utilizando la observación de terreno con escaneos progresivos SAR (TOPSAR). Con la técnica TOPSAR, además de dirigir el haz dentro del alcance, el haz también se dirige electrónicamente de atrás hacia adelante en la dirección de acimut para cada ráfaga, dando como resultado una calidad de imagen homogénea en toda la franja, con una SNR (relación señal / ruido) casi idéntica. Cada imagen de sub-franja consta de una serie de ráfagas, la cual se codifica como una imagen SLC .

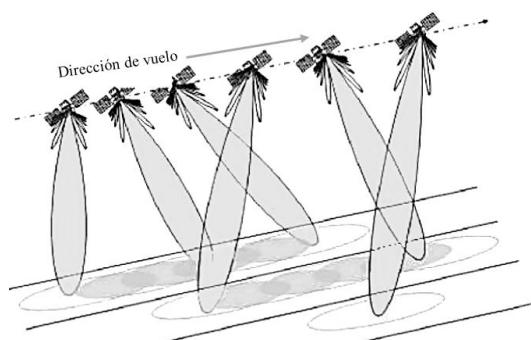


Figure 5: Veci.L, Ilustración: Adquisición TOPSAR, Modificado de <http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20TOPSAR%20Interferometry%20with%20Sentinel-1%20Tutorial.pdf>.

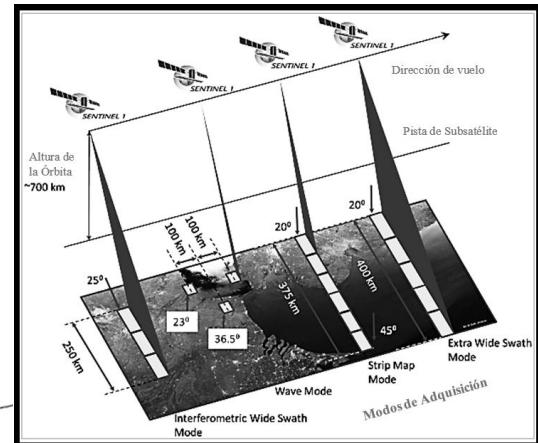


Figure 6: Anónimo, Ilustración: Modos de producto Sentinel-1 ;<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/acquisition-modes>.

El procesamiento de datos obtenidos por SAR puede ser complicado debido a un gran volumen de información correspondiente a cada imagen. Al final de este complejo procesado se obtienen imágenes en tonos de gris con cierta resolución por píxel dependiendo del tipo de radar y de las necesidades de usuario. Los primeros ensayos de obtención de imágenes SAR a bordo de un satélite de la NASA .SEASAT se realizaron en el año de 1978. En los últimos años los satélites equipados con radares SAR más conocidos son: JERS-1 (NASA/NASDA), RADARSAT de RADARSAT International (RSI)(Canadian International Development Agency (CIDA), NASA y NOAA), ERS-1/2 de la Agencia Espacial Europea ESA . Los satélites más recientes son ENVISAT,ALOS PALSAR, UAVSAR,SMAP y SENTINEL.

Actualmente, los sistemas SAR satelitales operativos funcionan en alguno de las siguientes bandas de microondas:

- Banda C - 5.3 GHz (ERS , Envisat Sentinel de la ESA, el Radarsat canadiense,y las misiones del transbordadores estadounidense).
- Banda L - 1.2 GHz (los japoneses J-ERS y ALOS).
- Banda X - 10 GHz (el X-SAR alemán-italiano en las misiones del transbordador).

4 Procesamiento Interferométrico

4.1 Diagrama de procesamiento con el Software SNAP

La plataforma de aplicación Sentinel (SNAP) posee una caja de herramientas Sentinel.Brinda funciones básicas como: abrir un producto, explorar los componentes del producto, como bandas, máscaras,etc.A continuación se presenta un diagrama ,el cuál describe de manera general el procedimiento a realizar a través del software ya descrito para generar un interferograma y mapa de desplazamiento .

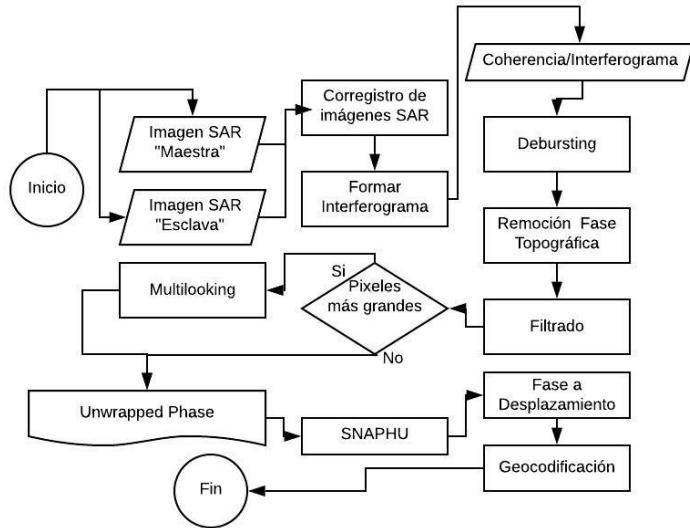


Figure 7: Diagrama de flujo de procesamiento interferométrico con Sentinel-1.

4.2 Abrir los datos con el Sentinel Toolbox

En la interfaz del Sentinel Toolbox, es necesario dirigirse al menú de *File* y seleccionar *Open Product*. Se procede a seleccionar la carpeta que contiene el archivo de Sentinel-1 SLC, seleccionando el archivo con formato .zip.

Formato de los datos SLC

La información relevante de la imagen se observa al desplegar la pestaña del archivo .zip.

- Metadatos: parámetros relacionados con la órbita y los datos.
- Vector Data: Puede contener puntos de control y pins de lugares importantes.
- Cuadrículas “Tie Point”: interpolación de latitud/longitud, ángulo de incidencia etc.
- Quicklooks: Imagen la cual contiene los pasos de escena en coordenadas de radar.
- Bandas: valores complejos para cada sub-barrido “i” y “q” e intensidad (la intensidad es la amplitud al cuadrado, una banda virtual).

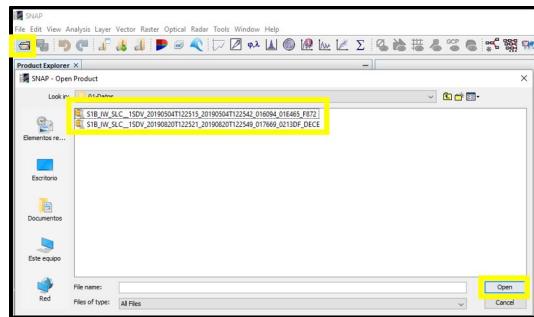


Figure 8: Cargar los datos .

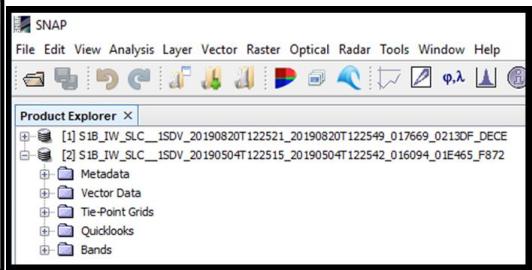


Figure 9: Información relevante.

4.3 Corregistro de imágenes SAR

En el menú de la barra superior del software, SNAP, se busca la opción *Radar*, posteriormente *Coregistration*, después *S1 TOPS Coregistration*, y finalmente *S1 TOPS Coregistration*, nuevamente.

En la pestaña *Read*, se selecciona el archivo SLC con la temporalidad más lejana al día actual y en la pestaña *Read(2)* se selecciona el archivo SLC con la temporalidad más cercana al día actual. En las pestañas *TOPSAR-Split* y

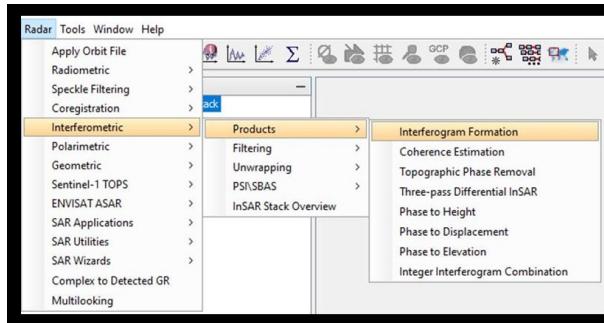


Figure 10: Procesamiento Corregistro.

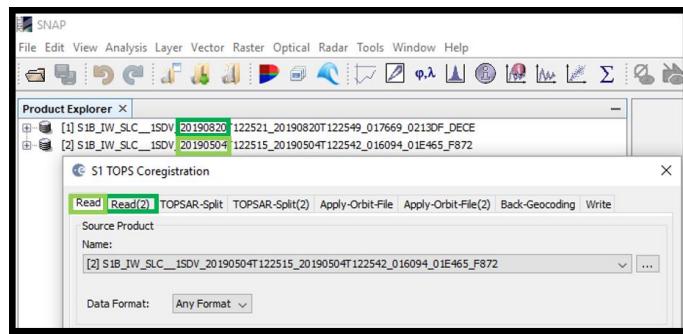


Figure 11: Parámetros Read.

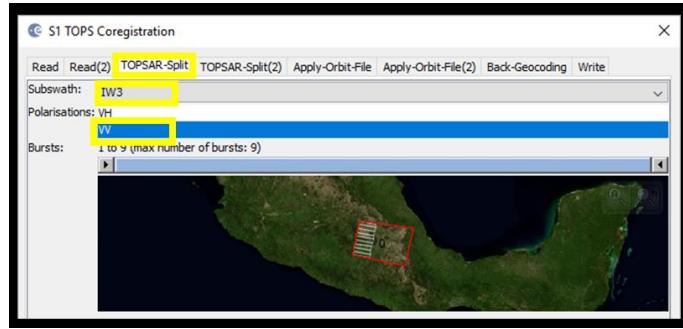


Figure 12: Parámetros TOPSAR.

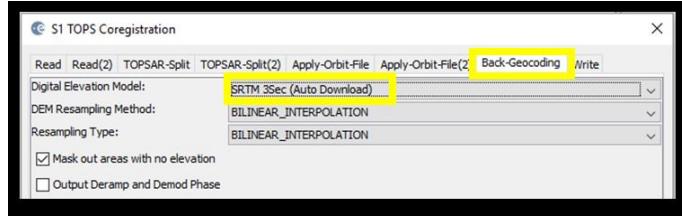


Figure 13: Parámetros Back-Geocoding.

TOPSAR-Split(2), se selecciona el Subswath(IW1,IW2 o IW3) y la Polarización *VH o VV*. En la pestaña *Back-Geocoding*, se selecciona el modelo digital de elevación a usar,la cual se descarga de forma automática durante el procesado. En la pestaña de *Write*, se selecciona la carpeta donde se guardan los resultados del procesamiento .

4.4 Formando un Interferograma

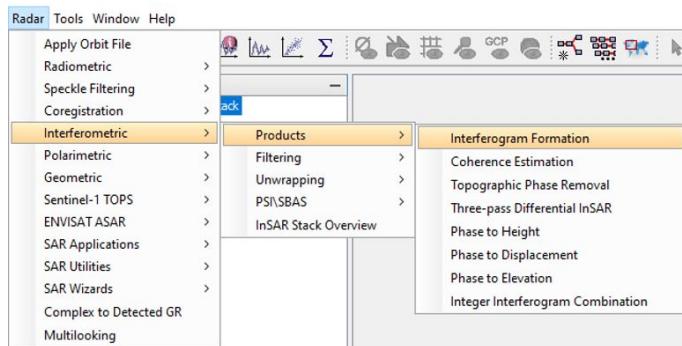


Figure 14: Formación de un interferograma.

El segundo paso de la interferometría es hacer un interferograma a partir de las imágenes SLC corregistradas. En el menú de la barra superior, se selecciona *Radar*, luego *Interferometric*, posteriormente *Products* y después *Interferogram Formation*.En la pestaña *I/O Parameters*, se selecciona el producto “*Orb_Stack*” creado por el paso anterior, corregistro. El archivo de salida después del procesamiento se coloca en la misma carpeta,automáticamente y se le agrega “*ifg*” al nombre del archivo .Para un procesamiento básico, no hay necesidad de cambiar las configuraciones pre-programadas en la pestaña *Processing Parameters*.

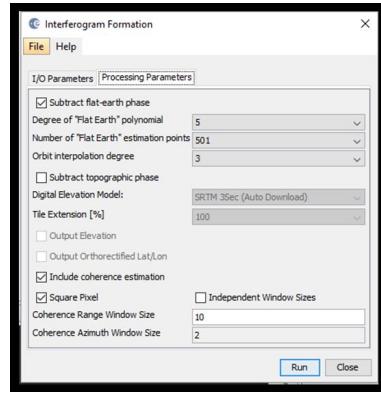


Figure 15: Parámetros estándar en la formación de un interferograma.

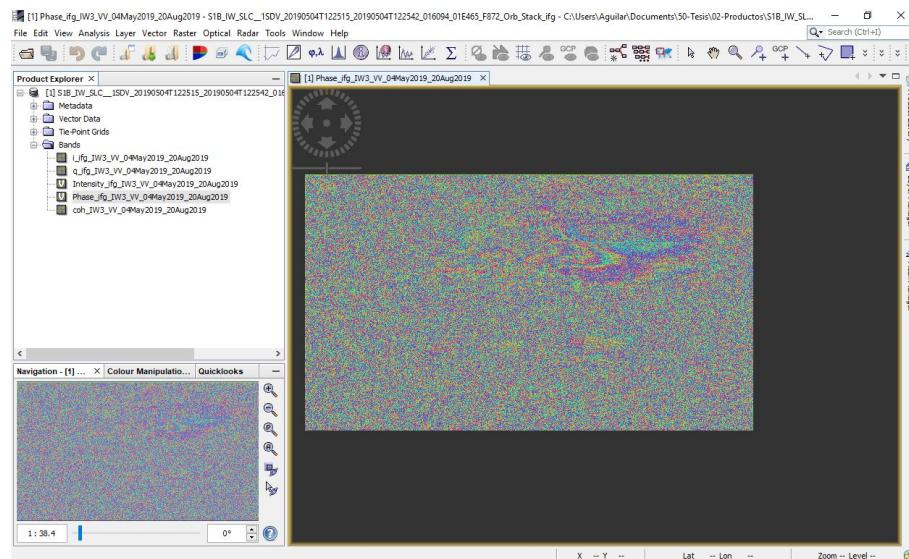


Figure 16: Interferograma resultante del procesamiento.

4.5 Debursting TOPS

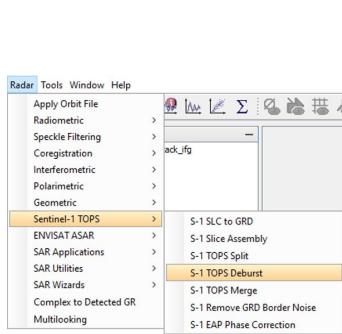


Figure 17: Acceder a la ventana de procesamiento Deburts.

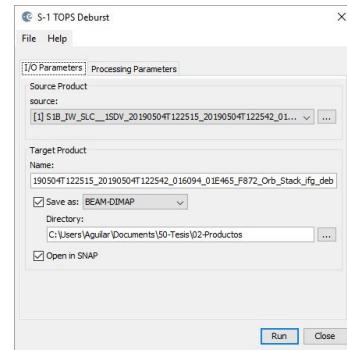


Figure 18: Ventana de procesamiento ,Deburts.

El siguiente paso de la interferometría con datos de Sentinel-1 modo TOPS(IWS) es el “debursting” o el combinar las tomas (bursts). Esto es necesario con datos de Sentinel-1 u otros stripmaps SAR. En el menú de la barra superior del software SNAP, se selecciona *Radar*, luego *Sentinel-1 TOPSy* después *S-1 TOPS deburst*. En la pestaña *I/O Parameters*, se selecciona el producto *I/O Parameters* “Orb _Stack .ifg” creado por el paso de formación del interferograma. Por defecto, al archivo de salida se le agrega “deb” al nombre. No es necesario cambiar la pestaña de *Processing Parameters*.

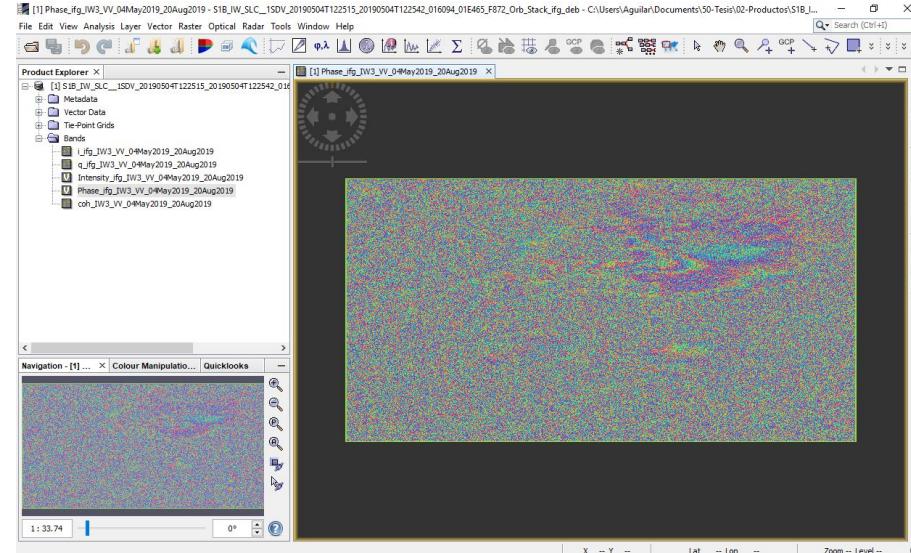


Figure 19: Interferograma resultante de aplicar ”deburts”.

4.6 Remoción de la Fase Topográfica

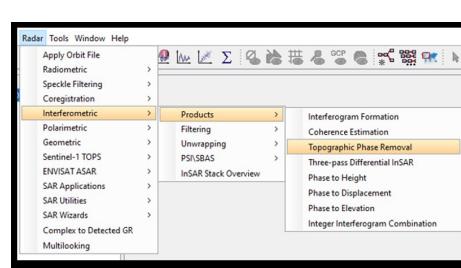


Figure 20: Acceso a la ventana de Remoción de la Fase Topográfica .

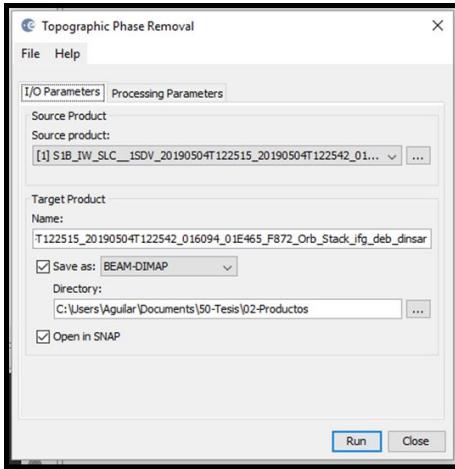


Figure 21: Datos de entrada y de salida de Topographic Phase Removal.

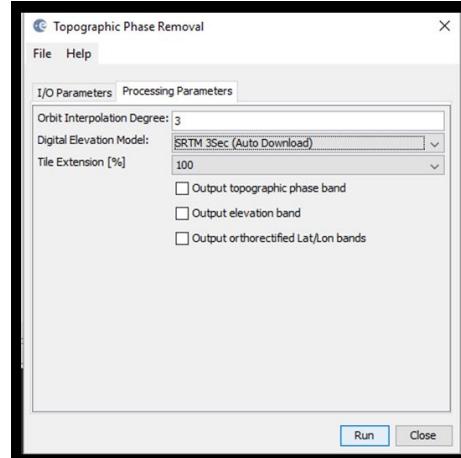


Figure 22: Parámetros del procesado de Topographic Phase Removal.

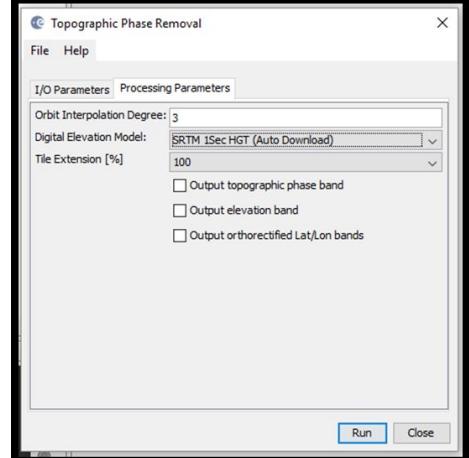


Figure 23: Ventana de procesamiento Topographic Phase Removal.

El siguiente paso para toda interferometría es remover la fase topográfica mediante un DEM. En el menú de la barra superior de SNAP, se selecciona *Radar*, luego *Interferometric*, posteriormente *Products* y finalmente *Topographic Phase Removal*. Por defecto, al archivo de salida se le agrega “dinsar” al nombre, en la pestaña *Processing Parameters* se muestra que la configuración preprogramada se descarga el *SRTM 3 1Sec HGT*, el cual sirve para un preprocesamiento básico, pero puede que necesite otro DEM en algunos casos. De acuerdo

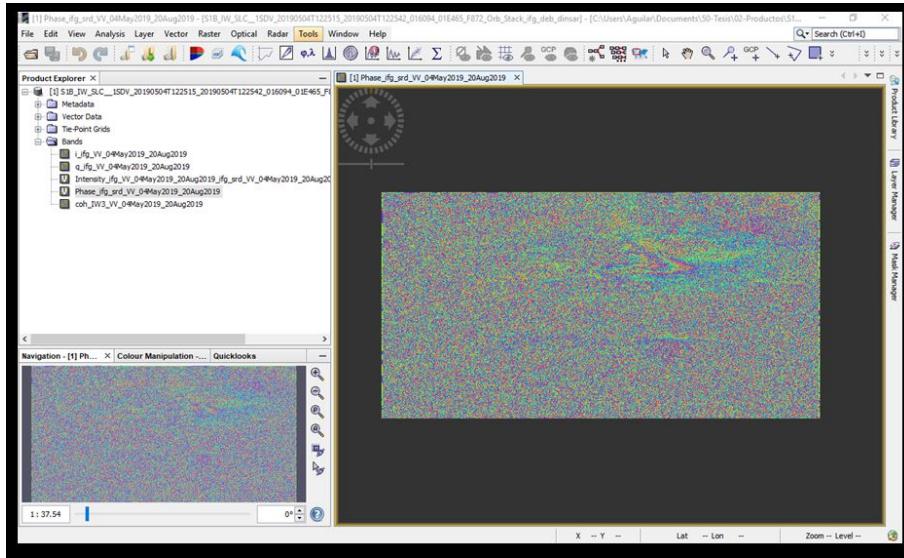


Figure 24: Interferograma resultante de "remover la fase topográfica".

al foro STEP Forum también se puede usar *SRTM 3 1Sec HGT* para un procesamiento básico.

Hay dos pasos que ayudan a reducir el nivel de ruido en un interferograma, el filtrado y multi-looking. El filtrado se aplicará en primera instancia, sin embargo también se puede hacer el multi-looking primero.

4.7 Filtrado

En el menú de la barra superior, se selecciona *Radar*, luego *Interferometric*, posteriormente *Filtering*, y después *Goldstein Phase Filtering*. En la pestaña *I/O Parameters*, se selecciona el producto “*dinsar*” creado en el paso anterior. Por defecto, al archivo de salida se le agrega “*flt*” al nombre. Para un procesamiento básico, no hay necesidad de cambiar los valores pre-programados en la pestaña *Processing Parameters*.

4.8 Multi-Looking

“*Multi-looking*” significa sacarle el promedio a varios pixeles en cada dirección, se conoce como “*darle varias miradas*” o varios “*looks*”. El resultado son pixeles más grandes y éstos pueden reducir la cantidad de ruido de manera significante. La cantidad de multi-looking que se debe hacer depende de la resolución espacial que uno necesita y el espaciamiento de las franjas. En el menú de la barra superior, se selecciona *Radar* y luego *Multilooking*. En la pestaña *I/O Parameters*, se selecciona el producto “*dinsar_flt*” creado por el paso de filtrado y por defecto

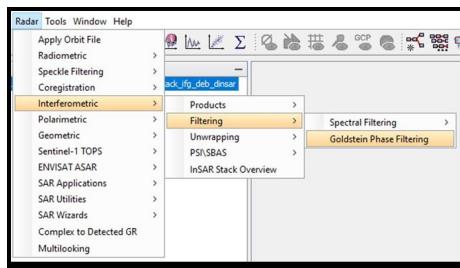


Figure 25: Acceder a la ventana de procesamiento Filtering.

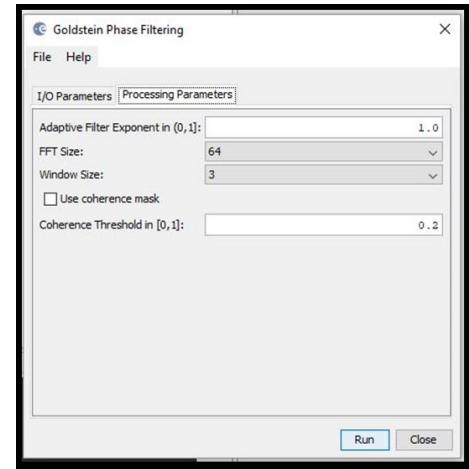


Figure 26: Ventana de procesamiento Filtering.

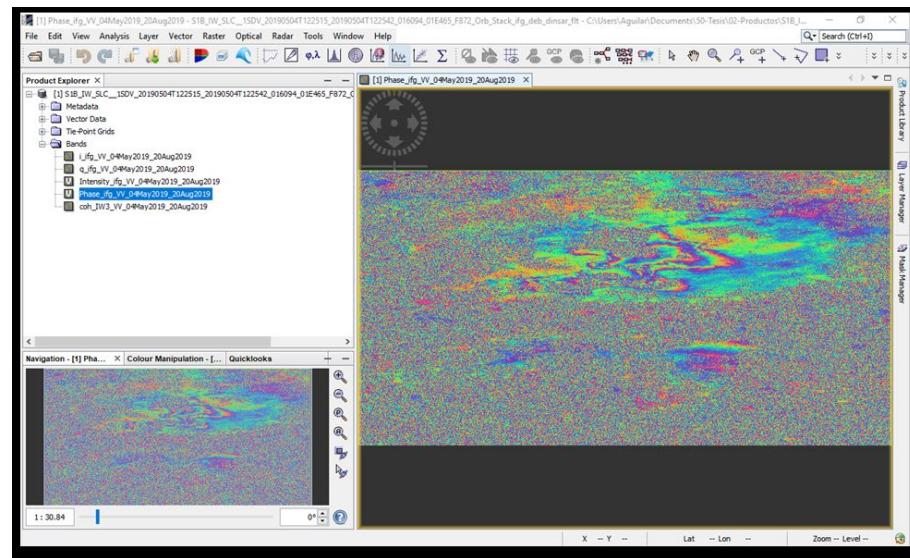


Figure 27: Interferograma resultante de aplicar el "filtrado".

al archivo de salida se le agrega “ML” al nombre. En la pestaña *Processing Parameters*, se selecciona *Source Bands* “*i_ifg*”, “*q_ifg*” y “*coh*”. Para esta escena, para ver como afecta el tamaño del pixel , si se escribe *17 looks* en *Processing Parameters* en el rango , el programa calcula *4 looks* en el azimuth, produciendo *56.35 m* de pixeles de salida(Figura 29). Una aclaración importante es que no se debe elegir la banda “*Phase*”, para finalmente dar en ”*Run*” y se realice el promedio. Para poder Visualizar el interferograma creado de Multi-Look,

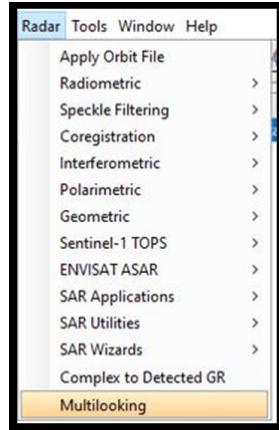


Figure 28: Acceder a la ventana de procesamiento Multilooking.

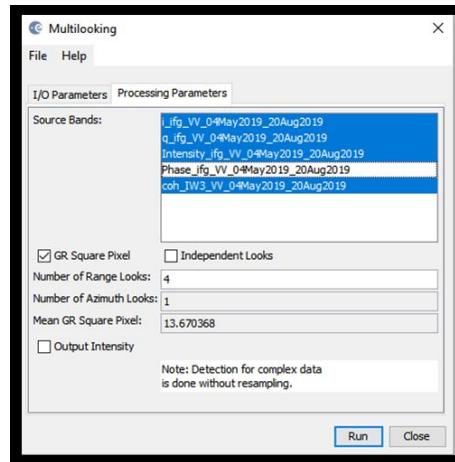


Figure 29: Ventana de procesamiento Multilooking estándar.

primero, se debe hacer una nueva banda de fase virtual después de realizar el “multi-looking” del interferograma complejo. En el menú de la barra superior de SNAP, se seleccione *Raster*, después *Data Conversion* y luego *Complex i and q to Phase*(Figura 30). Así se puede visualizar la nueva banda de fase. Cabe señalar que las franjas tienen mucho menos ruido. La relación de aspecto ha cambiado así que los pixeles son casi cuadrados en el suelo.

4.9 Desenvolvimiento de Fase

4.9.1 Snaphu Export

SNAP 6.0 no incluye desenvolvimiento de fase.

Existe una forma de exportar el interferograma para desenvolverlo con el programa externo *Snaphu (Statistical-cost, Network-flow Algorithm for Phase Unwrapping)* de Chen y Zebker. En el menú de la barra superior de SNAP, se selecciona *Radar*, luego *Interferometric* , después *Unwrapping* y finalmente *Snaphu Export* . En la pestaña *Read* , se selecciona el producto “ML” o “FLT” creado en el paso *multilooking* o *filtering*. En la pestaña *Snaphu Export*, se puede cambiar el modo *Statistical -cost* de *DEF0*(estándar) a “*SMOOTH*” y el número de

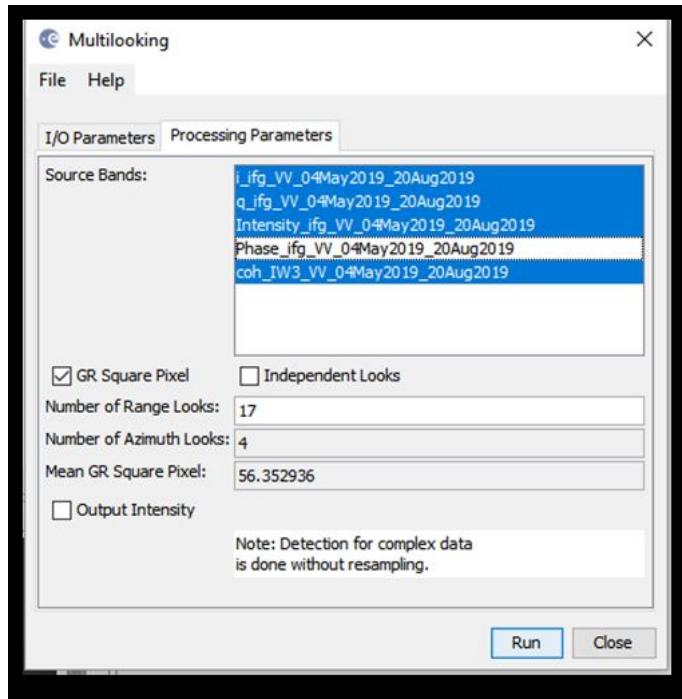


Figure 30: Ventana de procesamiento Multilook,modificado.

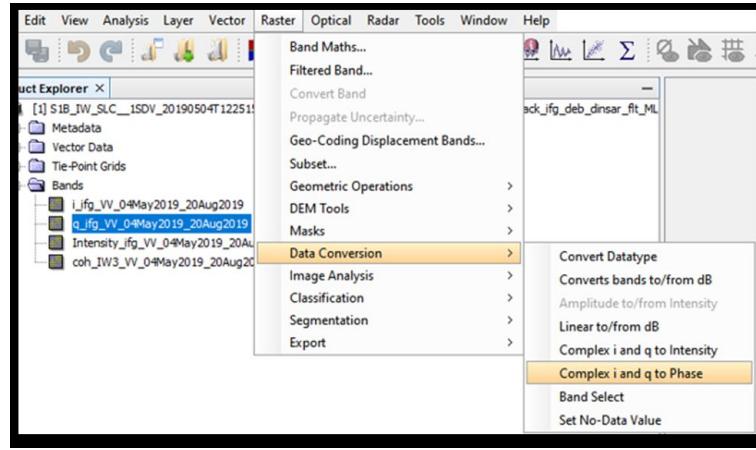


Figure 31: Crear la banda virtual de fase.

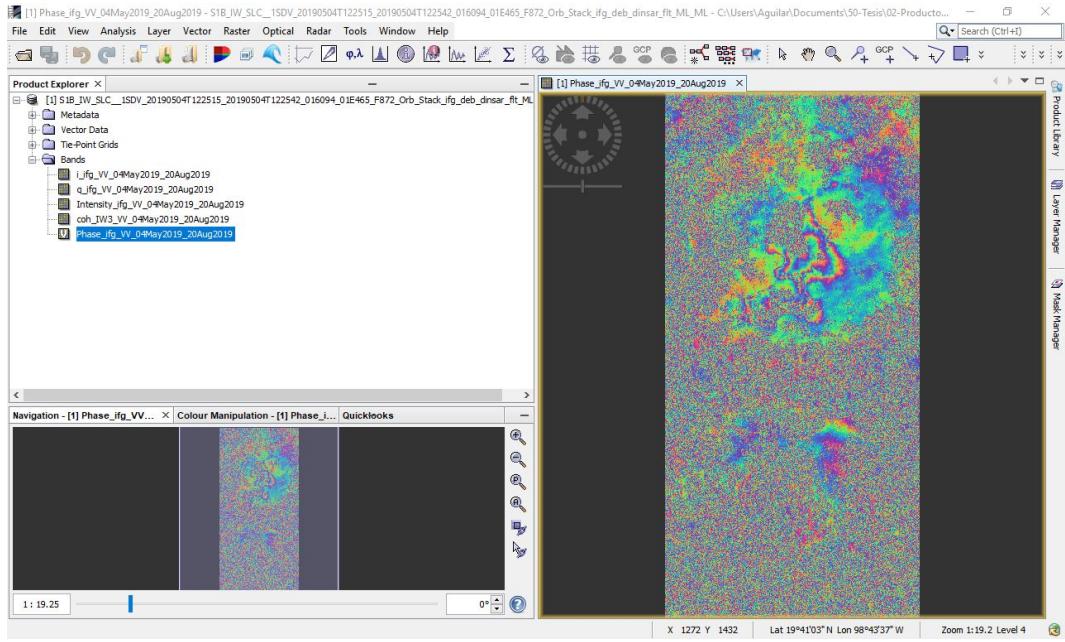


Figure 32: Interferograma resultante de aplicar "Multilooking".

filas, columnas y el numero de procesadores a “1” ,aunque el estándar es ”9”. Se presiona el botón *Run* y *SNAP* exporta la fase y coherencia del interferograma con un archivo “*snaphu.conf*”

4.10 Instalación de Snaphu

ESA ofrece ejecutables binarios prefabricados para sistemas de Windows de 32 o 64 bits en la página: <http://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/snaphu/>.Después del paso SNAPHU Export en SNAP,se debe ejecutar el programa SNAPHU en la línea de comandos.Es necesario navegar a la carpeta “snaphu_unw” y abrirla para poder ver la carpeta con el nombre del producto que exportó, por ejemplo, S1B_IW_SLC_1SDV_20180205T00...Se necesita ir a esa carpeta.La carpeta debe contener la fase envuelta del interferograma “*Phase_ifg....img*” , la coherencia “*coh_*.img*” y un archivo “*snaphu.conf*” .El inicio del archivo “*snaphu.conf*” se muestra el comando para ejecutar SNAPHU(Figura 36).El programa Snaphu puede tardarse en la ejecución del desenvolvimiento de fase,esto dependera de las características de la computadora personal específicamente la memoria RAM . Al final se escribe la fase desenvolvuta en un archivo “*Unw_ifg*.hdr*”.

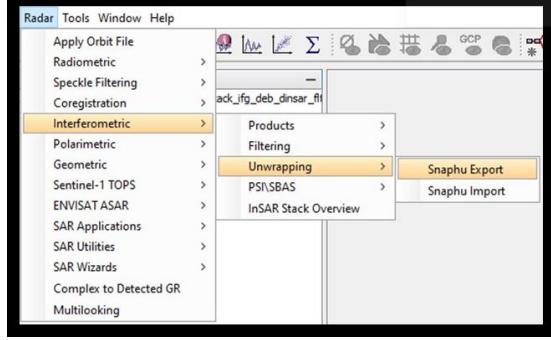


Figure 33: Acceder a la ventana de procesamiento Snaphu Export.

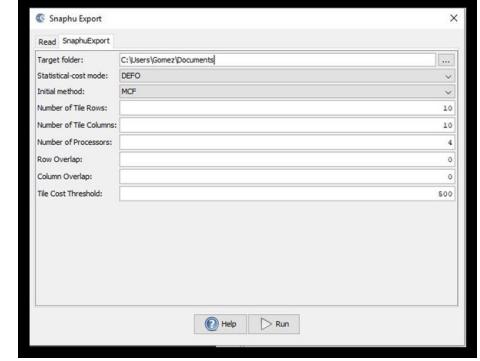


Figure 34: Ventana de procesamiento Standard Snaphu Export.

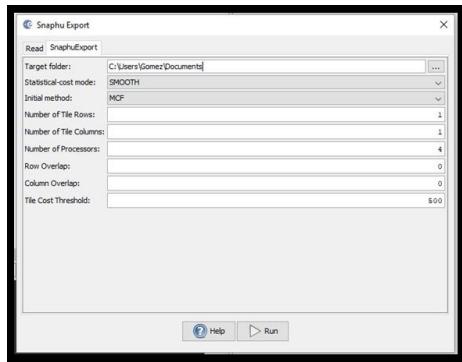


Figure 35: Ventana de procesamiento modificando el Standard Snaphu Export.

```

# CONFIG FOR SNAPHU
# -----
# Created by SNAP software on: 08:00:35 02/05/2019
# Command to call snaphu:
#
# snaphu -f snaphu.conf Phase_ifg_VV_04May2019_
# 20Aug2019.snaphu.img 5937
#####
# Unwrapping parameters #
#####
STATCOSTMODE SMOOTH
INITMETHOD MCF
VERBOSE TRUE
#####
# Input files #
#####
CORRFILE coh_IW3_VV_04May2019_20Aug2019.snaphu.img
#####
# Output files #
#####
OUTFILE UnwPhase_ifg_VV_04May2019_20Aug2019.snaphu.img
LOGFILE snaphu.log
#####
# File formats #
#

```

Figure 36: Documento snaphu.conf en la cual se marca en amarillo lo que se debe de colocar en la terminal(Ubuntu)para realizar el desenvolvimiento de fase con SNAPHU.

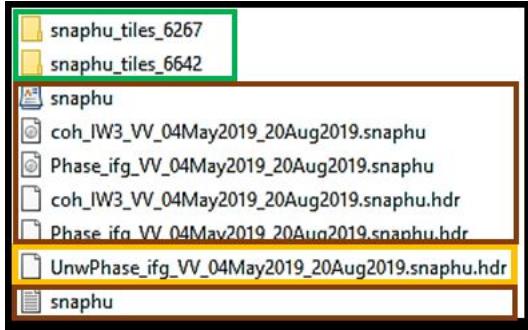


Figure 37: En verde se señalan las carpetas que se crean después del desenvolvimiento de fase ,en amarillo se observa el documento el cual será clave para seguir con la creación del mapa de desplazamiento,en marrón se muestran los datos generados del paso "Snaphu Export".

4.11 Importar la fase desenenvuelta.

En el menú de la barra superior de SNAP, se selecciona *Radar* ,después *Interferometric* , luego *Unwrapping* y finalmente *Snaphu Import*. La pestaña *Read-Phase* debe mostrar el producto envuelto que se exportó. En la pestaña *Read-Unwrapped-Phase* ,se selecciona el producto fuente desenvelopado:Para ello es necesario navegar a la carpeta a la que se exportó Snaphu ,se selecciona el archivo “*UnwPhase_ifg...snaphu.hdr* ” .Es necesario ir a la pestaña *Write* y revisar el nombre del archivo de salida (se recomienda agregarle alguna palabra al final del nombre del producto envuelto y así se tiene un producto nuevo). La fase desenenvuelta sigue en radianes.La fase es la imagen de referencia menos la imagen corregistrada.

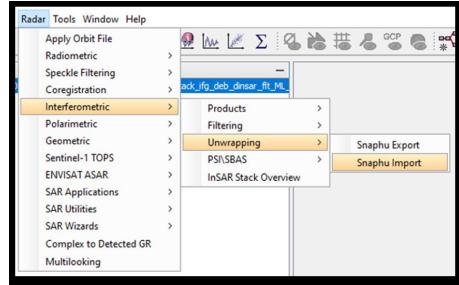


Figure 38: Acceder a la ventana de procesamiento Snaphu Import.

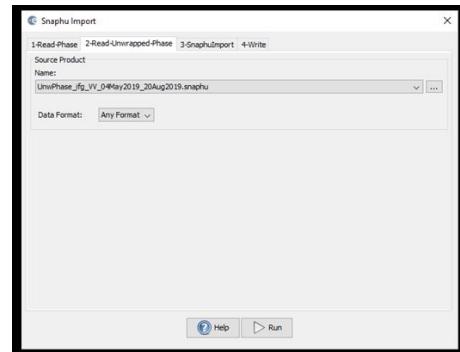


Figure 39: Ventana de procesamiento Snaphu Import,se muestra el archivo .hdr resultado del desenvolvimiento de fase con SNAPHU.

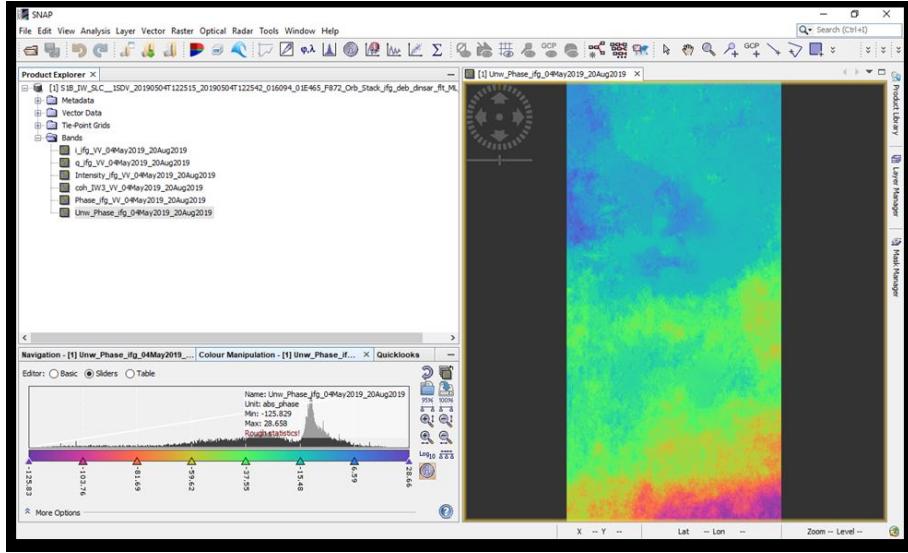


Figure 40: Fase desenvuelta, resultado del paso "Snaphu Import".

5 Conversión de Fase en Desplazamiento

Se puede convertir la fase desenvuelta en desplazamiento. En el menú de la barra superior de SNAP, se selecciona *Radar*, luego *Interferometric*, después *Products* y finalmente *Phase to Displacement*. La pestaña *I/O Parameters* debe contener el producto desenvuelto que se importó, el cual por defecto, se le agrega “*_dsp*” al nombre del archivo objetivo. El desplazamiento está en metros. El signo cambió así que el desplazamiento positivo es “arriba” hacia el satélite en la dirección de la línea visual.

6 Resultados de geocodificación—Corrección por Topográfica

SNAP llama a la geocodificación con topografía “*Terrain Correction*”. En el menú de la barra superior de SNAP, se selecciona *Radar*, luego *Geometric*, después *Terrain Correction*, y finalmente *Range Doppler Terrain Correction*. La pestaña *I/O Parameters* debe contener el producto de desplazamiento que se importó en el paso anterior(o algún otro de los productos ML). Por defecto se le agrega “*_TC*” al nombre del objetivo.

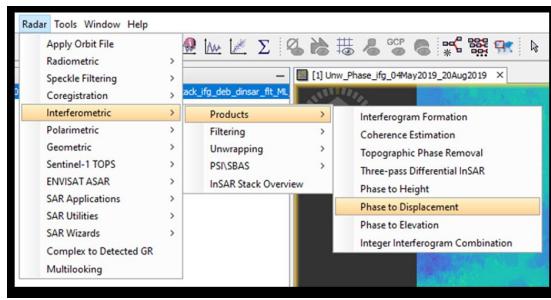


Figure 41: Acceder a la ventana de Phase to Displacement.

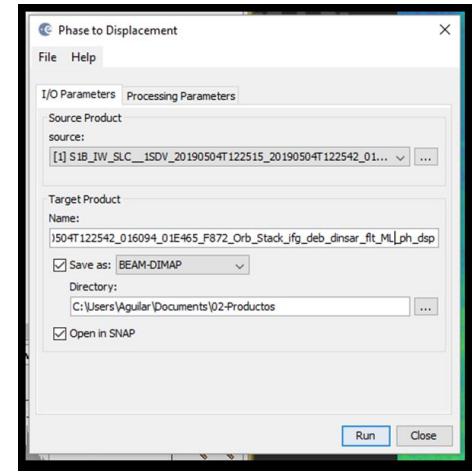


Figure 42: Ventana de procesamiento Phase to Displacement.

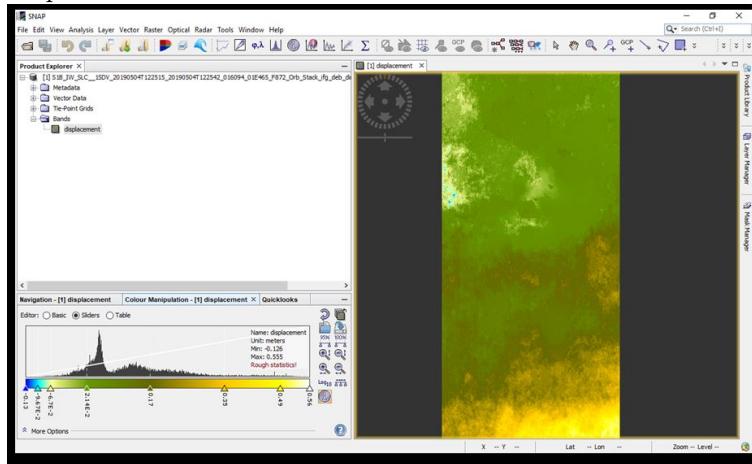


Figure 43: Resultado del paso "Phase to Displacement".

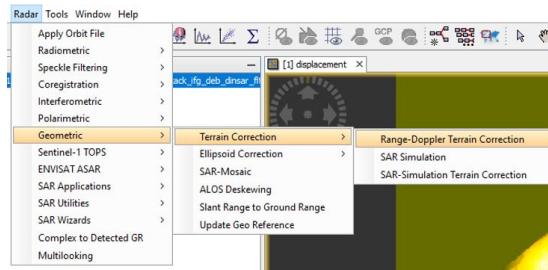


Figure 44: Acceder a la ventana de Range Doppler Terrain Correction.

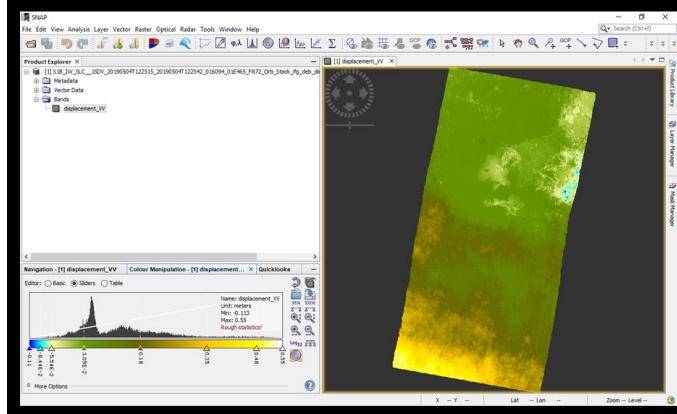


Figure 46: Resultado del paso “Terrain Correction”.

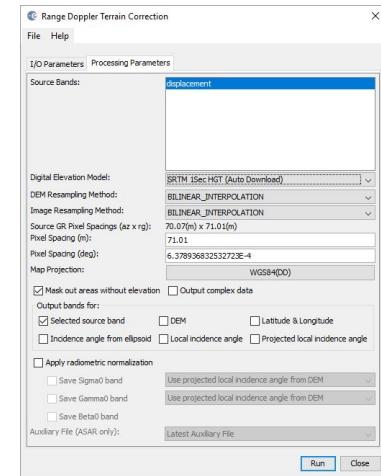


Figure 45: Ventana de procesamiento Range Doppler Terrain Correction.

7 Exportando el Mapa de Desplazamiento

Se puede exportar el mapa de desplazamiento geocodificado con la función *File/Export*, para un análisis con GIS, el formato *GeoTIFF* normalmente funciona bien. En QGIS(3.4.9), se puede usar "Add Raster Layer" para leer el archivo *GeoTIFF*.

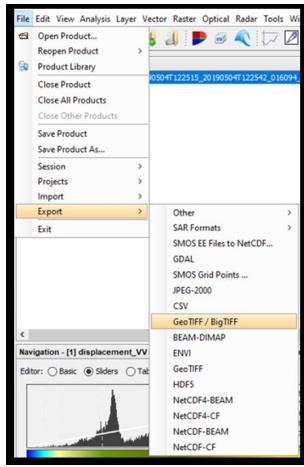


Figure 47: Exportar la imagen de desplazamiento a .tiff.

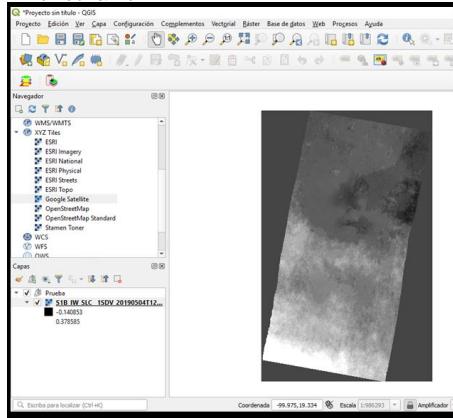


Figure 49: Despliegue de la imagen .tiff (Desplazamiento) en QGIS.

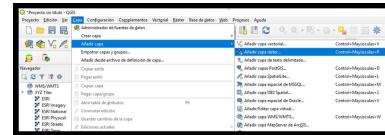


Figure 48: Cargar el archivo .tiff al programa QGIS.

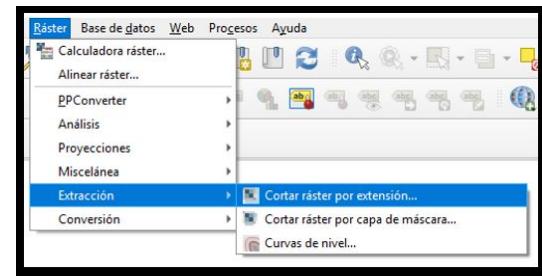


Figure 50: Recortar el archivo desplazamiento a la zona de interés mediante "Cortar ráster por extensión".

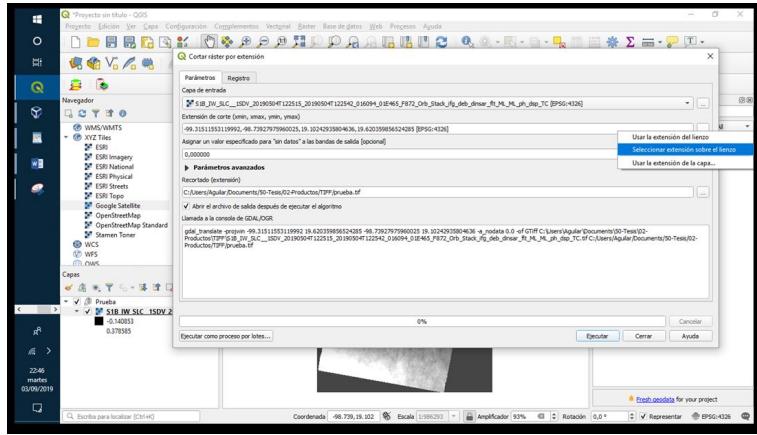


Figure 51: Paramétricos para realizar el corte ráster de la zona de estudio mediante la opción ””Cortar ráster por extensión...””.

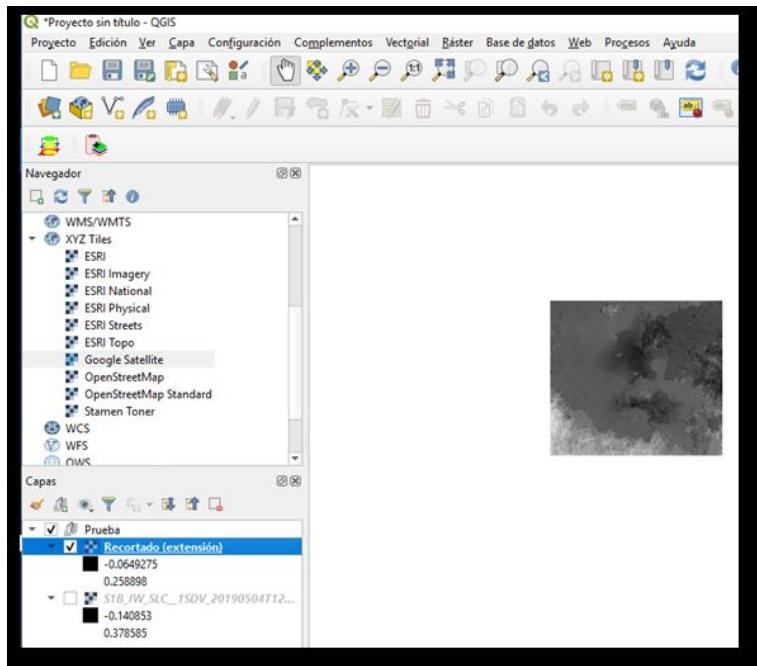


Figure 52: Resultado del corte ráster (zona de interés).

8 Bibliografía

Fielding Eric Jameson, Propulsion Jet . (2018). SAR Interferométrico para el Estudio de Terremotos. 28.08.2019, de Laboratory, California Institute of Technology Sitio web: https://arset.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/disasters/Adv-SAR/SAR_S4-spanish.pdf

Veci.L. (2015). TOPS Interferometry Tutorial. 31.08.2019, de Array Systems Computing Sitio web: <http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20TOP%20Interferometry%20with%20Sentinel-1%20Tutorial.pdf>

Anónimo(-).Acquisition Modes.27.08.2019,de Agencia Espacial Europea Sitio web:<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/acquisition-modes>.

9 Anexo

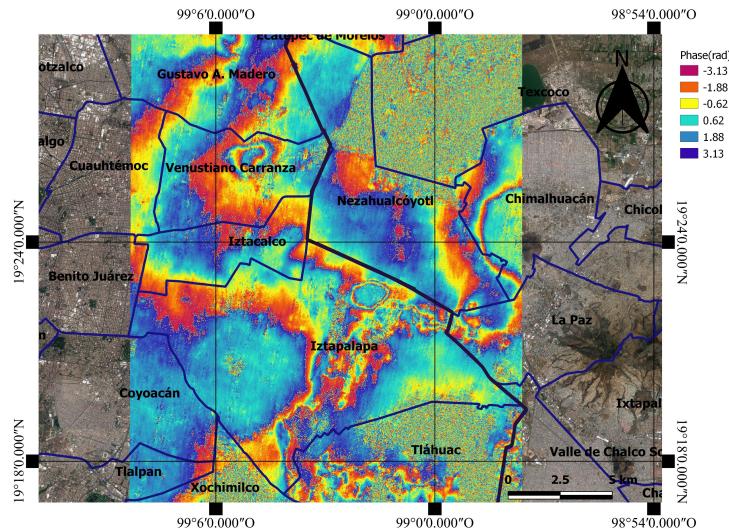


Figure 53: Imagen de Fase del Oriente de la CDMX.Maestra:04 de Mayo de 2019.Escala:20 de Agosto de 2019.

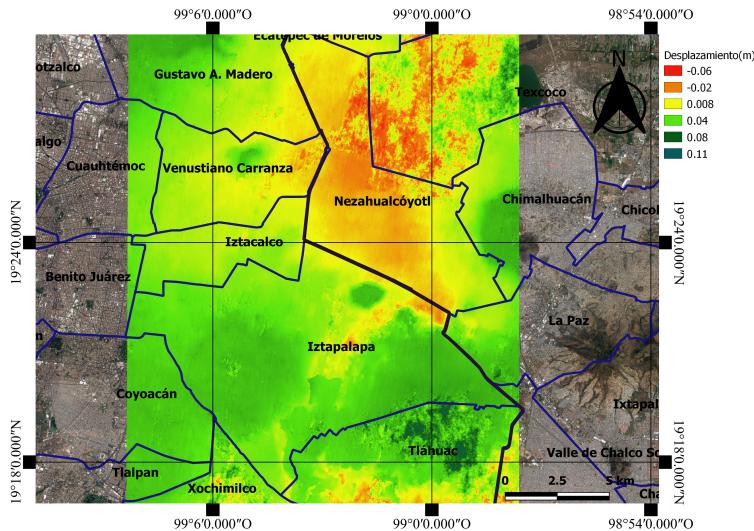


Figure 54: Imagen de Desplazamiento del Oriente de la CDMX. Maestra:04 de Mayo de 2019. Esclava:20 de Agosto de 2019.

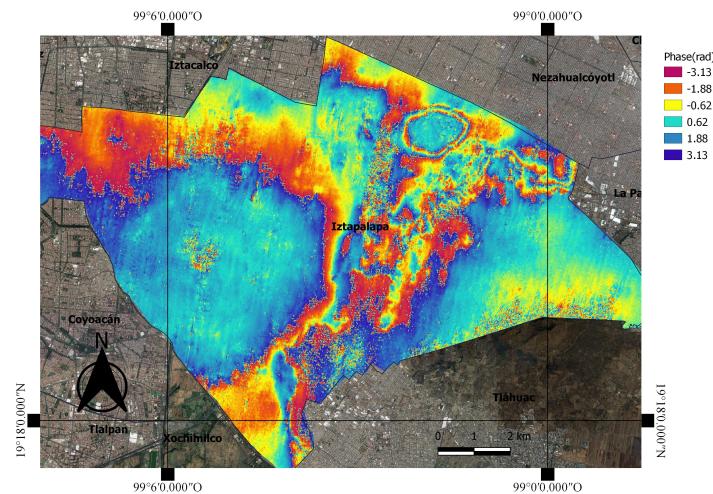


Figure 55: Imagen de Fase de la alcaldía Iztapalapa ,CDMX. Maestra:04 de Mayo de 2019. Esclava:20 de Agosto de 2019.

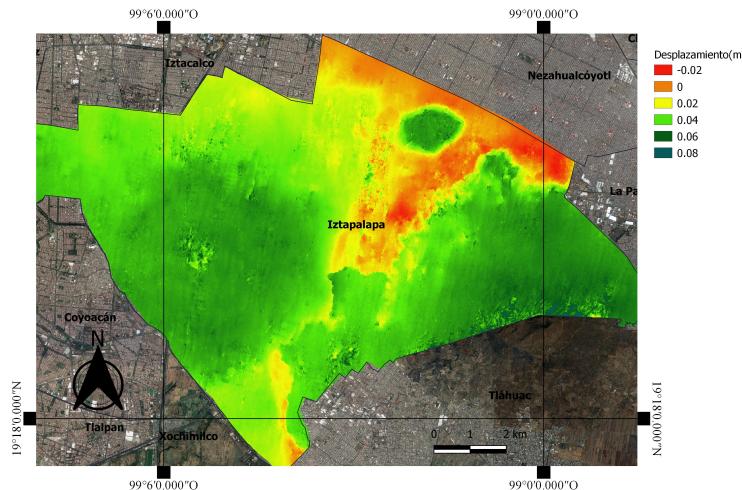


Figure 56: Imagen de Desplazamiento de la alcaldía Iztapalapa ,CDMX.Maestra:04 de Mayo de 2019.Escala:20 de Agosto de 2019.

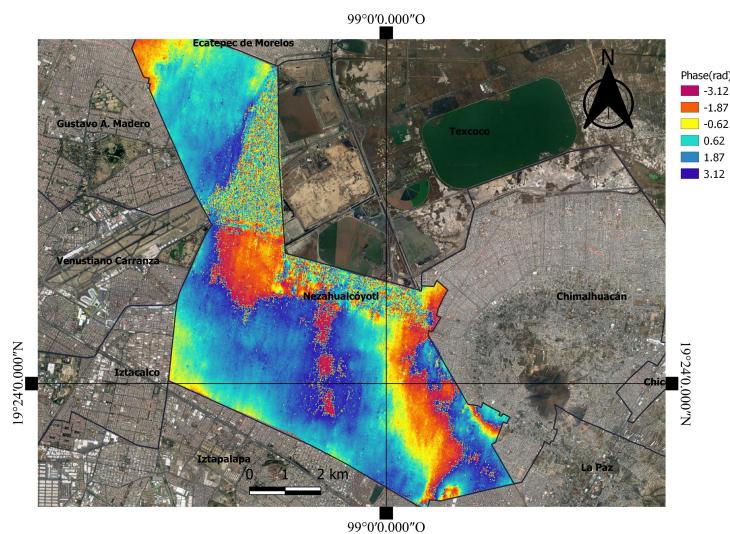


Figure 57: Imagen de Fase de Nezahualcóyotl ,Estado de México.Maestra:04 de Mayo de 2019.Escala:20 de Agosto de 2019.

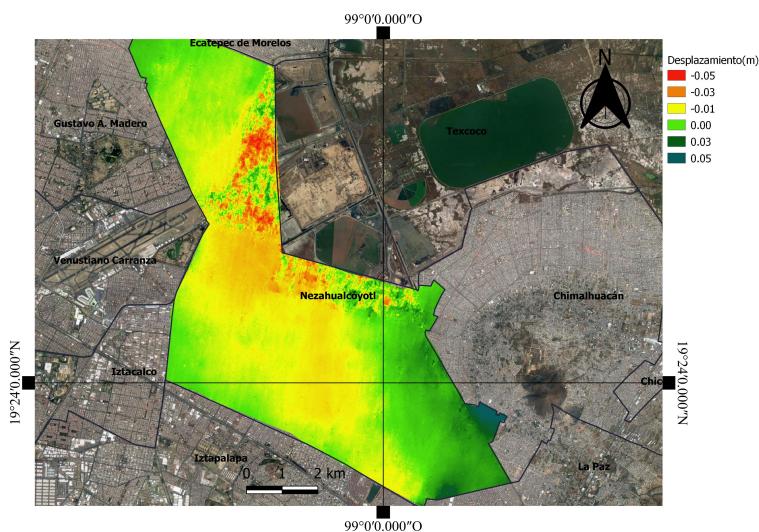


Figure 58: Imagen de Desplazamiento de Nezahualcóyotl ,Estado de México.Maestra:04 de Mayo de 2019.Esclava:20 de Agosto de 2019.