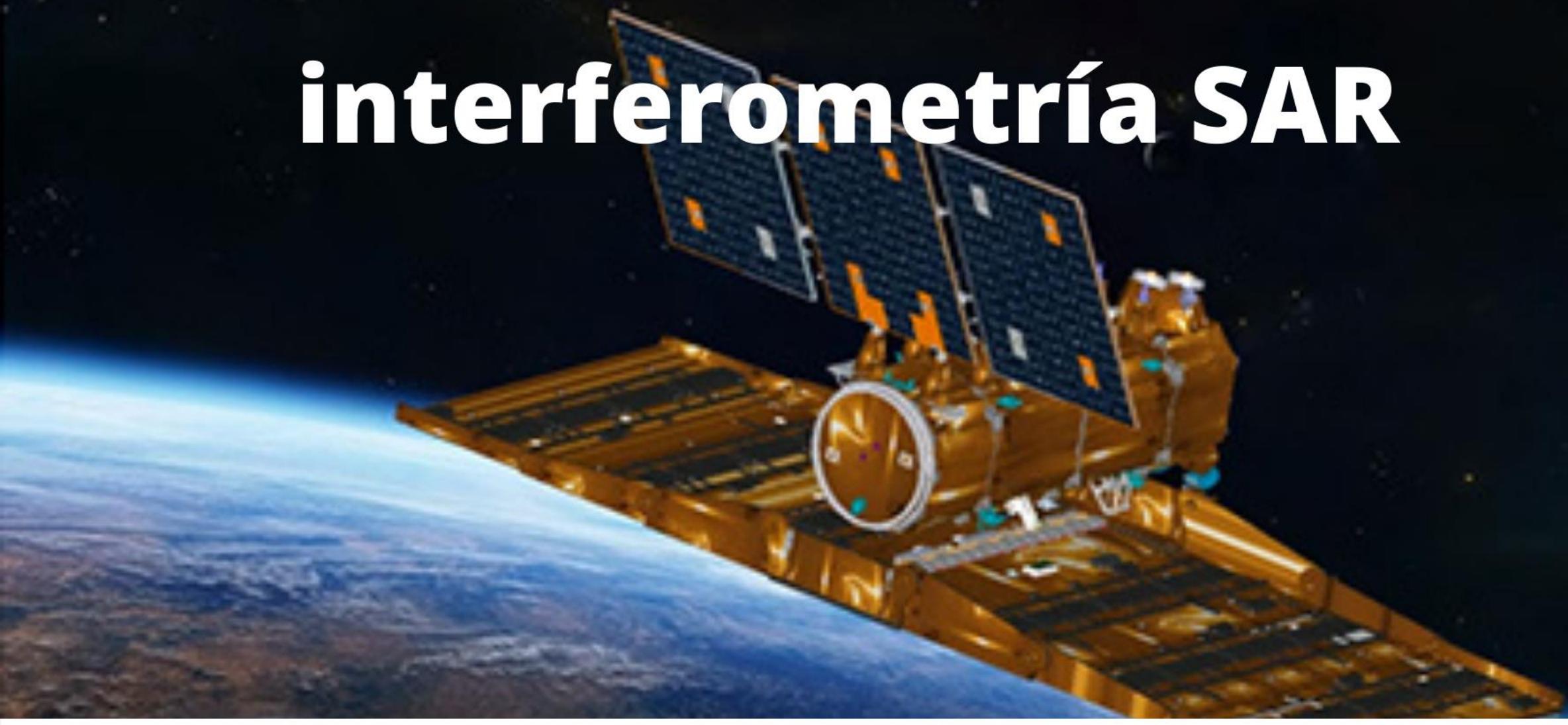


DEM^s mediante interferometría SAR



Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



00 - 01 – Sobre el Taller

Organiza: Federación Argentina de Agrimensores

Sponsor: VENG SA

Disertante: Guillermo O'Connor

Año: 2020

Temática: Modelos digitales de elevación mediante Interferometría de imágenes SAR

Cronograma: 3 encuentros de aproximadamente 2 horas

00 - 02 - Bibliografía

- 1) E. Chuvieco. Teledetección Ambiental. Editorial Ariel SA. Sep 2008.
- 2) Franceschetti, G. y R. Lanari (1999). Fundamentals of Synthetic Aperture Radar Processing. pp. CRC Press LLC.Boca Raton (Florida).
- 4) Hanssen, R. (2001). Radar Interferometry. Data Interpretation and Error Analysis. Kluwer Academic Publishers. New York
- 5) C. Fiorentino and M. Virelli, COSMO-SkyMed Mission and Products Description. ASI, 2016.
- 7) I. S. Agency, COSMO SkyMed SAR Products Handbook. ASI,2007.
- 8) SAOCOM - 1. SAR Level – 1 Product Format. Jan 2020
- 9) SAOCOM – 1. Apertura de Imágenes en SNAP. Undefined date

00 - 02 - Más bibliografía y Software

- 10) Pablo Euillades y Leonardo Euillades. Curso: Interferometría de imágenes de radar y sus aplicaciones. Gulich, 2018
 - 11) Romina Solorza, Mirko Panizzo Zénere. Curso: Introducción a las Aplicaciones de Radar de Apertura Sintética. Gulich, 2018
 - 13) SNAP Forum (<https://forum.step.esa.int/>)
 - 14) Wikipedia (<https://es.wikipedia.org/>)
- Software**
15. SNAP ESA (<http://step.esa.int/main/download/snap-download/>)
 16. QGIS (<https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>)

00 – 03 – Imágenes y diseños

Imágenes SAR

18. Sentinel 1 de la ESA (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)
19. SAOCOM de la CONAE de Argentina.® (<https://saocom1a.com.ar/map>)

Paginas de diseño

20. <https://www.notebookcast.com/en/new-board>
21. <https://www.freepik.es/home>
22. <https://www.desmos.com/>
23. Daniel Schmidt-Loebe (<https://www.mathe-fa.de/>)



00 - 02 - Más bibliografía

- 24) Mercedes Salvia. Curso: Introducción a las Aplicaciones de Radar de Apertura Sintética. Gulich, 2018
- 25) S1TBX TOPSAR Interferometry with Sentinel-1 Tutorial_v2
- 26) S1TBX DEM generation with Sentinel-1 IW Tutorial
- 27) First assessment of the interferometric capabilities of SAOCOM-1A: new results over Domuyo Volcano, Neuquén, Argentina. Roa el al, 2020

00 - 02 - Colaboraciones

- Santiago Seppi (IG-CONAE/UNC)
- Romina Solorza (IG-CONAE)

01 - Primer modulo

- 1)Fundamentos de la teledetección
- 2)El espectro electromagnético
- 3)Longitudes de onda
- 4)El radar de apertura sintética

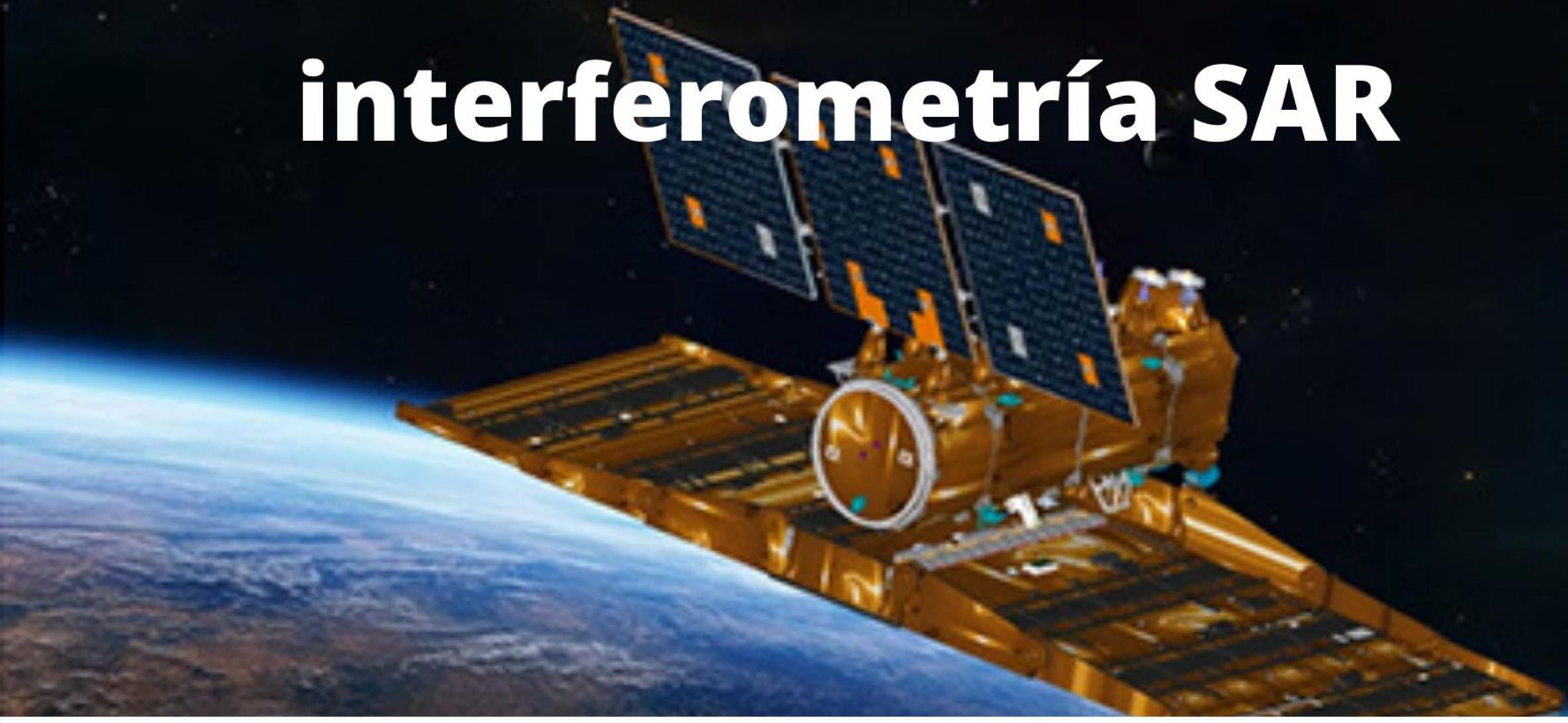
02 - Segundo modulo

- 1) Interacciones de los objetivos en distintas longitudes de onda
- 2) Misiones satelitales SAR de interés
- 3) La misión SAOCOM y la comercialización de imágenes.

03 - Tercer modulo

- 1) Formulas básicas y parámetros de importancia
- 2) El proceso interferométrico
- 3) DEMs según longitudes

DEM^s mediante interferometría SAR



Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



01 - Primer modulo

- 1)Fundamentos de la teledetección
- 2)El espectro electromagnético
- 3)Longitudes de onda
- 4)El radar de apertura sintética

01-01 - Fundamentos de la Teledetección

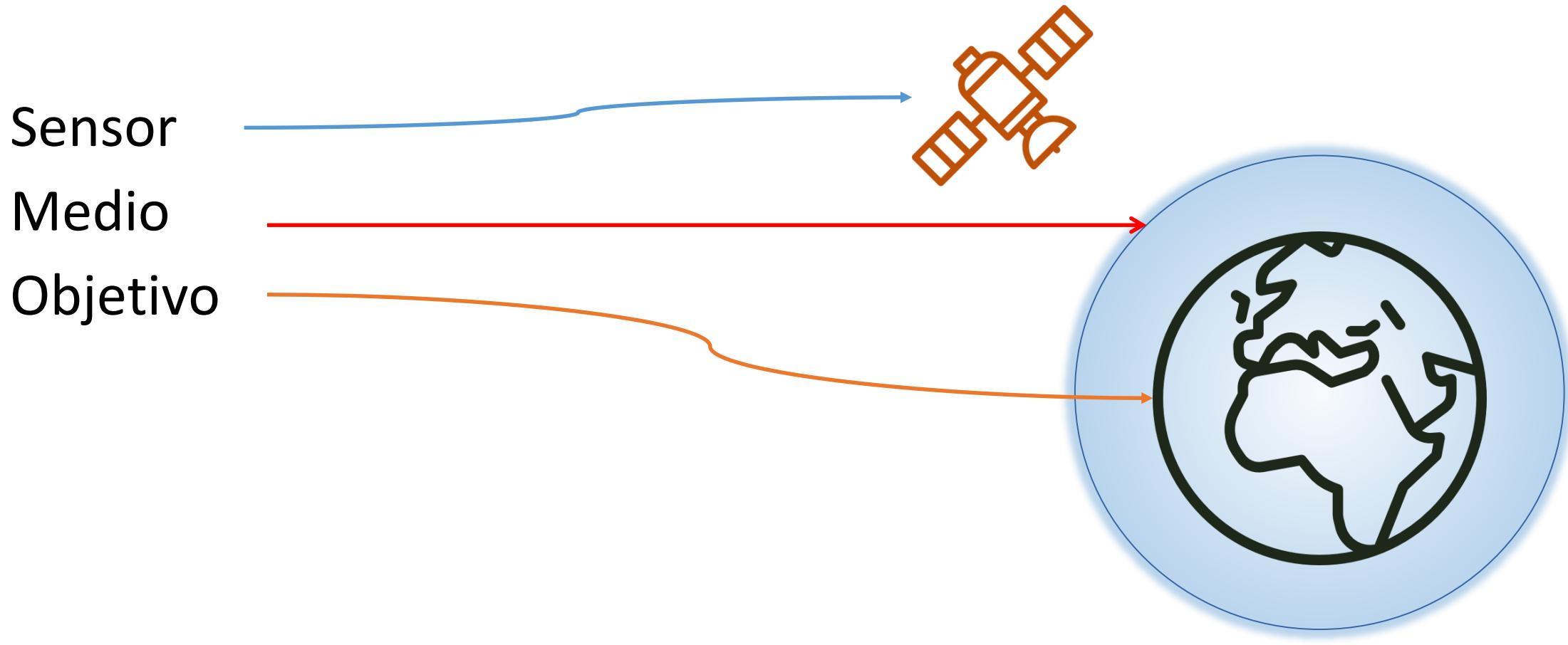
Definición

Teledetección: observación y monitoreo de fenómenos que tienen lugar en la superficie terrestre desde plataformas remotas. [11]

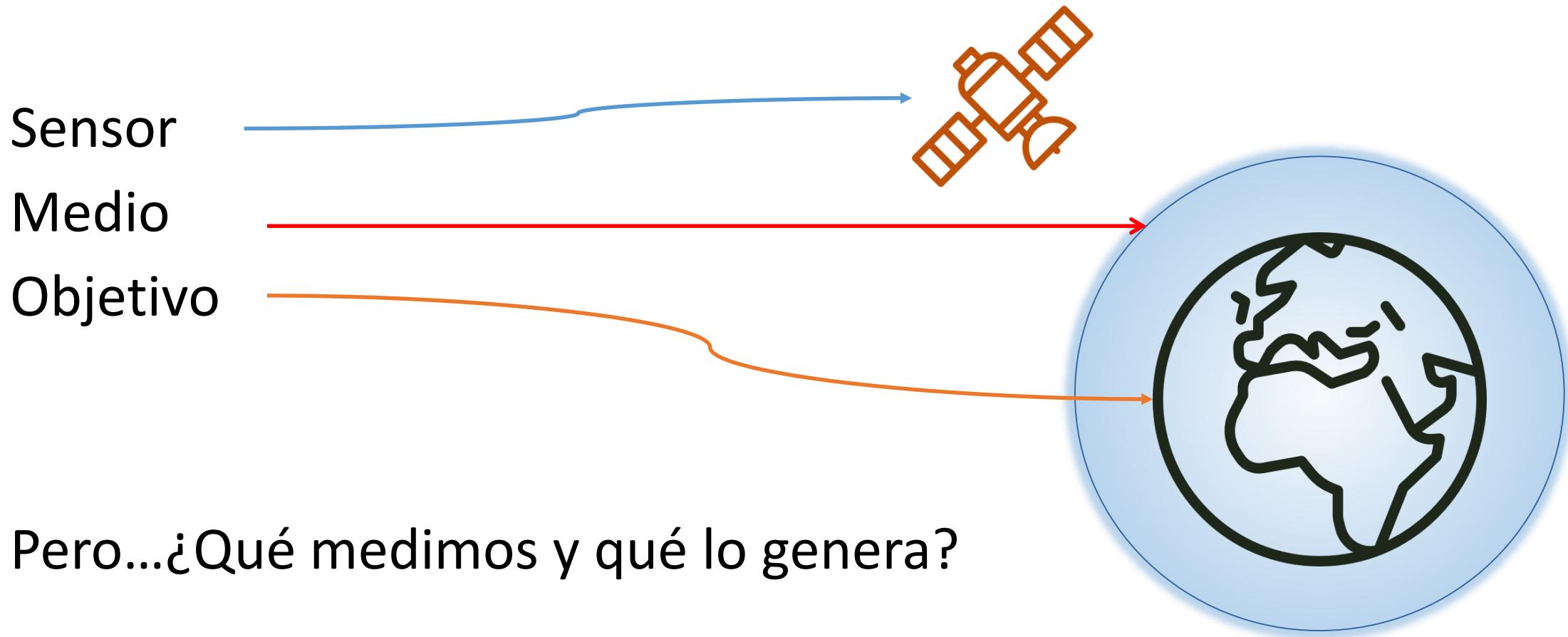
Una definición rápida...

Teledetección: observación sin contacto directo con el objetivo.

01-01 - Elementos participantes



01-01 - Elementos participantes



01-01 – Teledetección (o Remote Sensing)

Registra y almacena radiación electromagnética según la longitud de onda o frecuencia del espectro electromagnético. [11]

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

λ : longitud de onda

c : velocidad de la luz

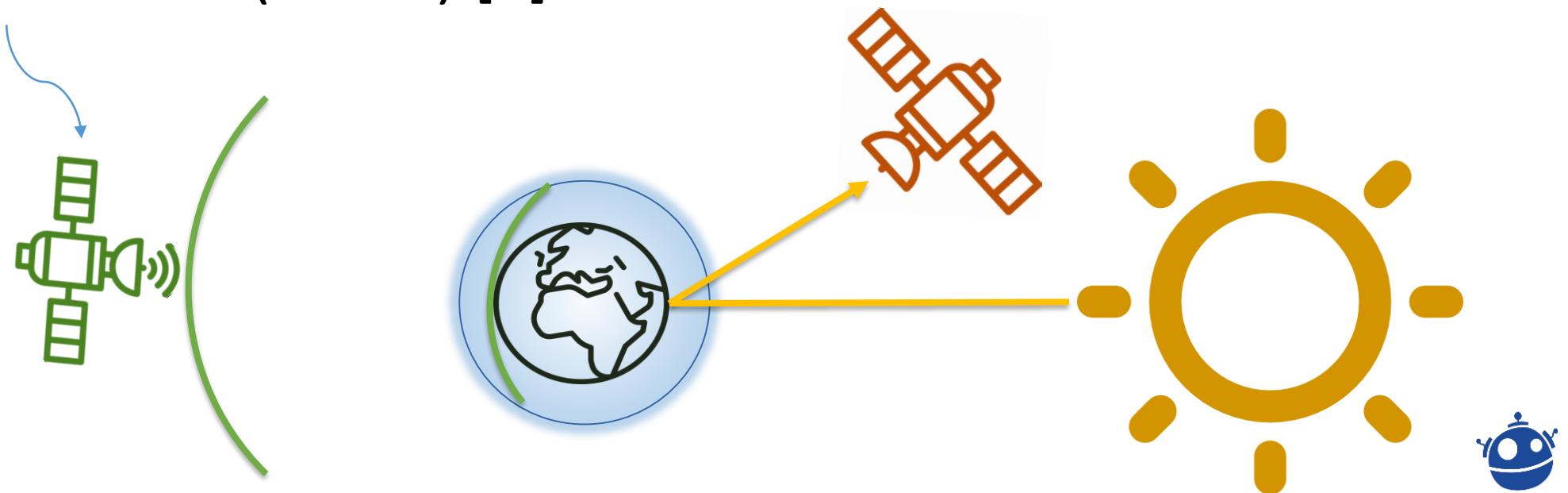
f : frecuencia de onda

¿Pero... que lo genera?

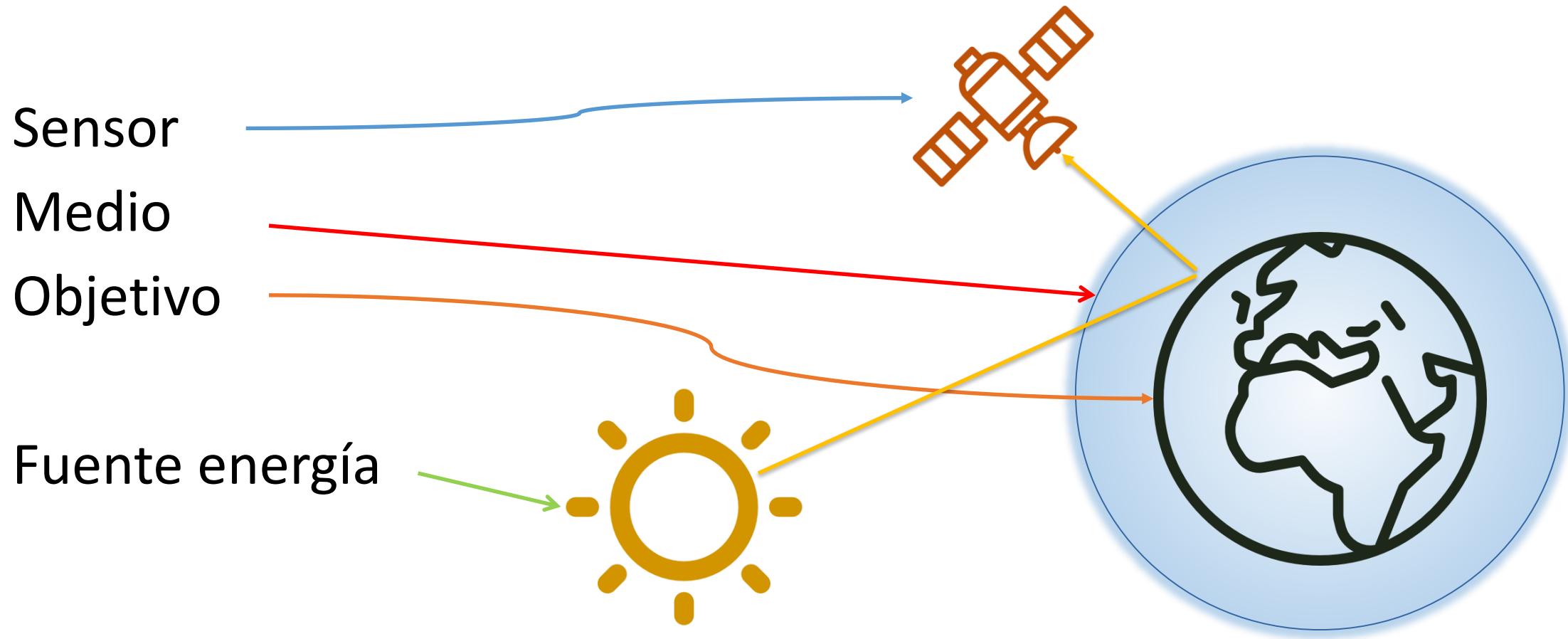


01-01 – Tipos de Sensores

Entre la Tierra y el sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar (pasivo) o de un haz energético artificial (activo).[1]



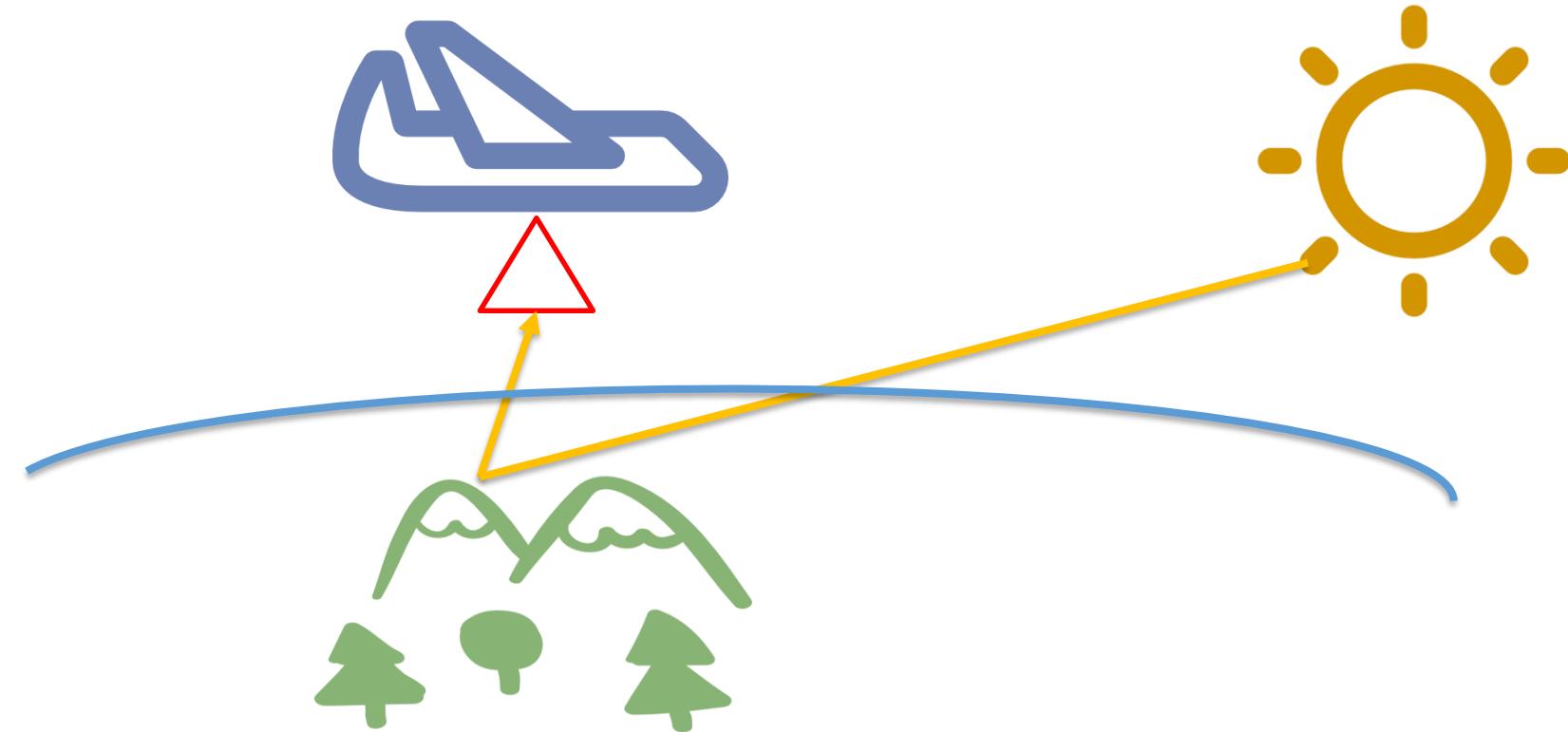
01-01 - Sensor pasivo



01-01 - Sensores Pasivos (Fotogrametría)

Utilizan una fuente de energía externa (como el Sol)

Incidencia
Atmosférica



01-01 - Algunos conceptos de Física

Emisividad: radiación térmica emitida por una superficie u objeto debido a su temperatura

Cuerpo negro: objeto teórico que absorbe toda la luz y energía radiante que incide sobre él. Emisor perfecto de radiación térmica. (no existe, es teórico).

Temperatura efectiva de un cuerpo: es la temperatura de un cuerpo negro que emitiría la misma cantidad total de radiación electromagnética.

01-01 - Leyes de interés

Ley de Plank

$$\lambda = \frac{2hv^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{hv/kT} - 1}$$

Ley de Wien

$$\lambda = \frac{0,0028976 \text{ [m. K]}}{T}$$

Ley de Stefan-Boltzmann

$$E = \sigma \cdot T^4$$

01-01 – Interpretando que...

La ley de Planck nos dice que la radiación de los cuerpos negros depende de su T y no de su composición.

La ley de Stefan-Boltzmann nos dice que un cuerpo a mas de 0°K emite energía.

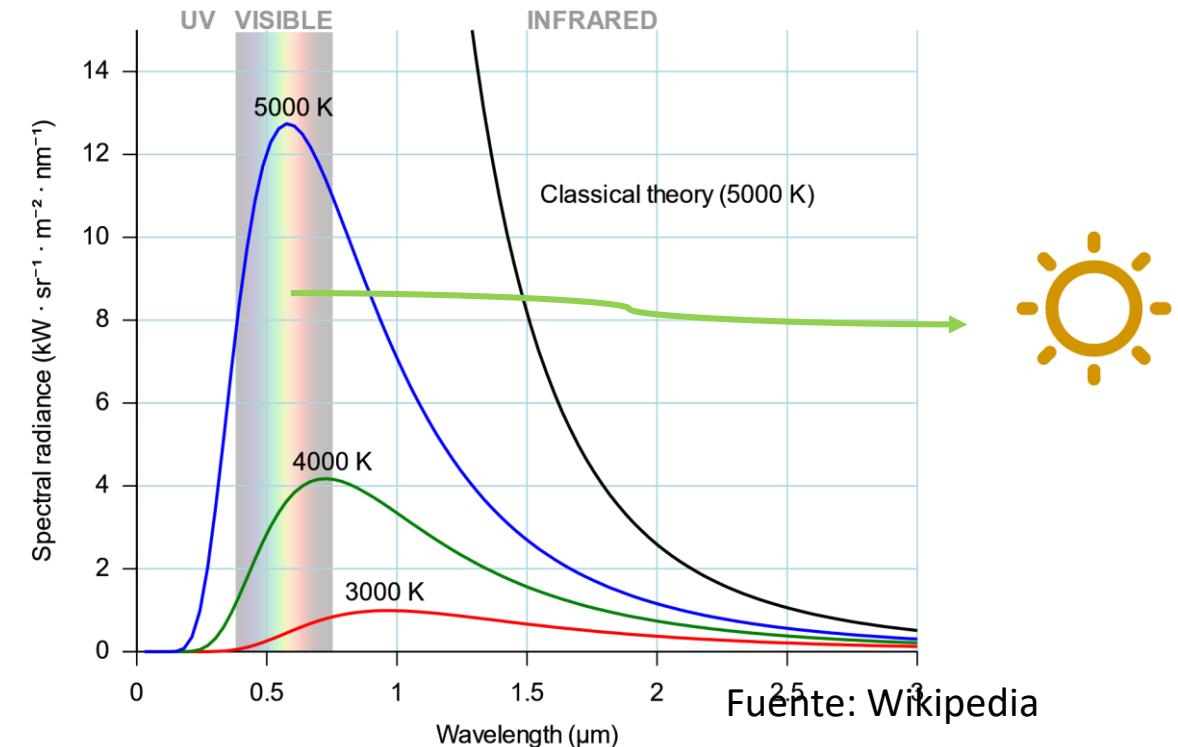
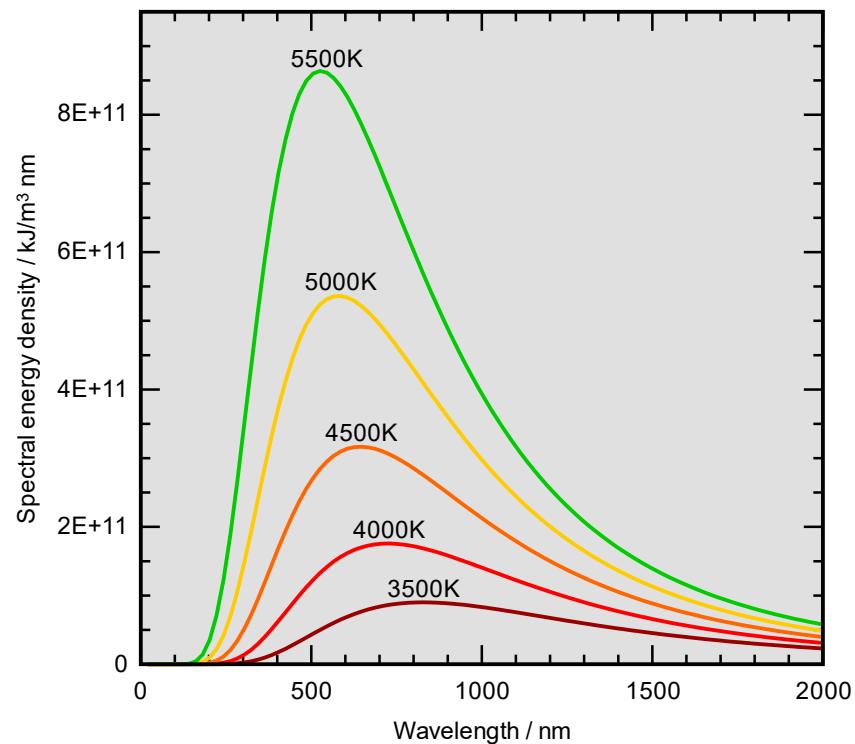
La ley de Wien nos da el pico de emisión (relacionado T y λ)



01-01 – En gráficos es mejor... Verdad?

Ley de Wien (recordando que relaciona T y λ)

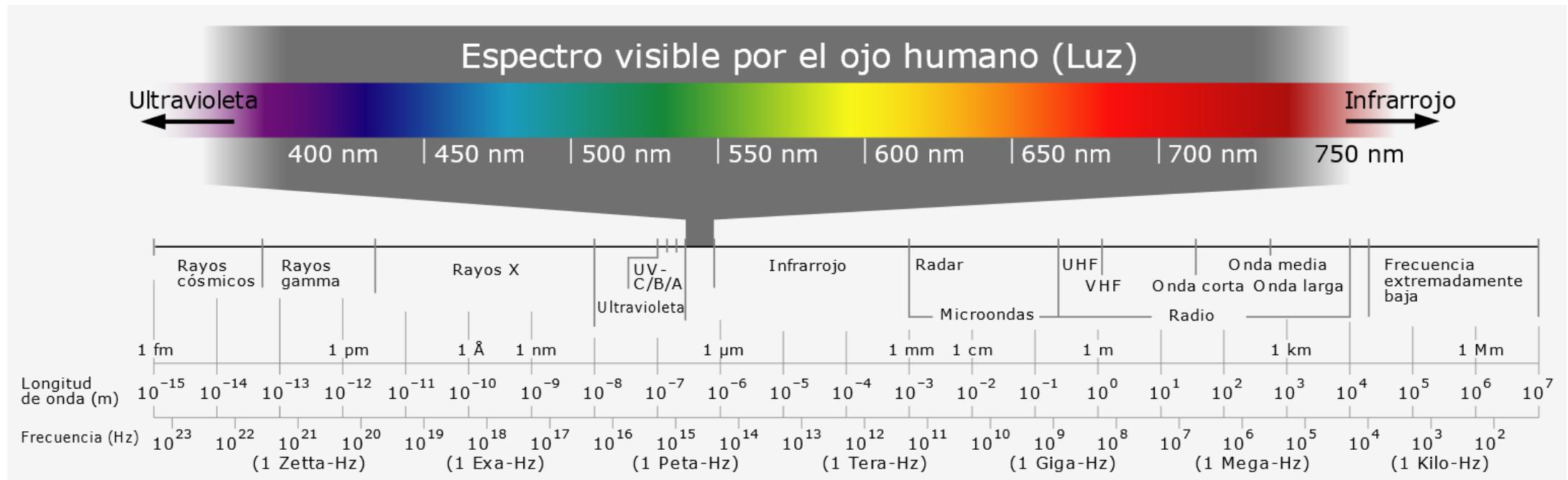
$$\lambda = \frac{0,0028976 \text{ [m. K]}}{T}$$



01- 02 - El espectro electromagnético

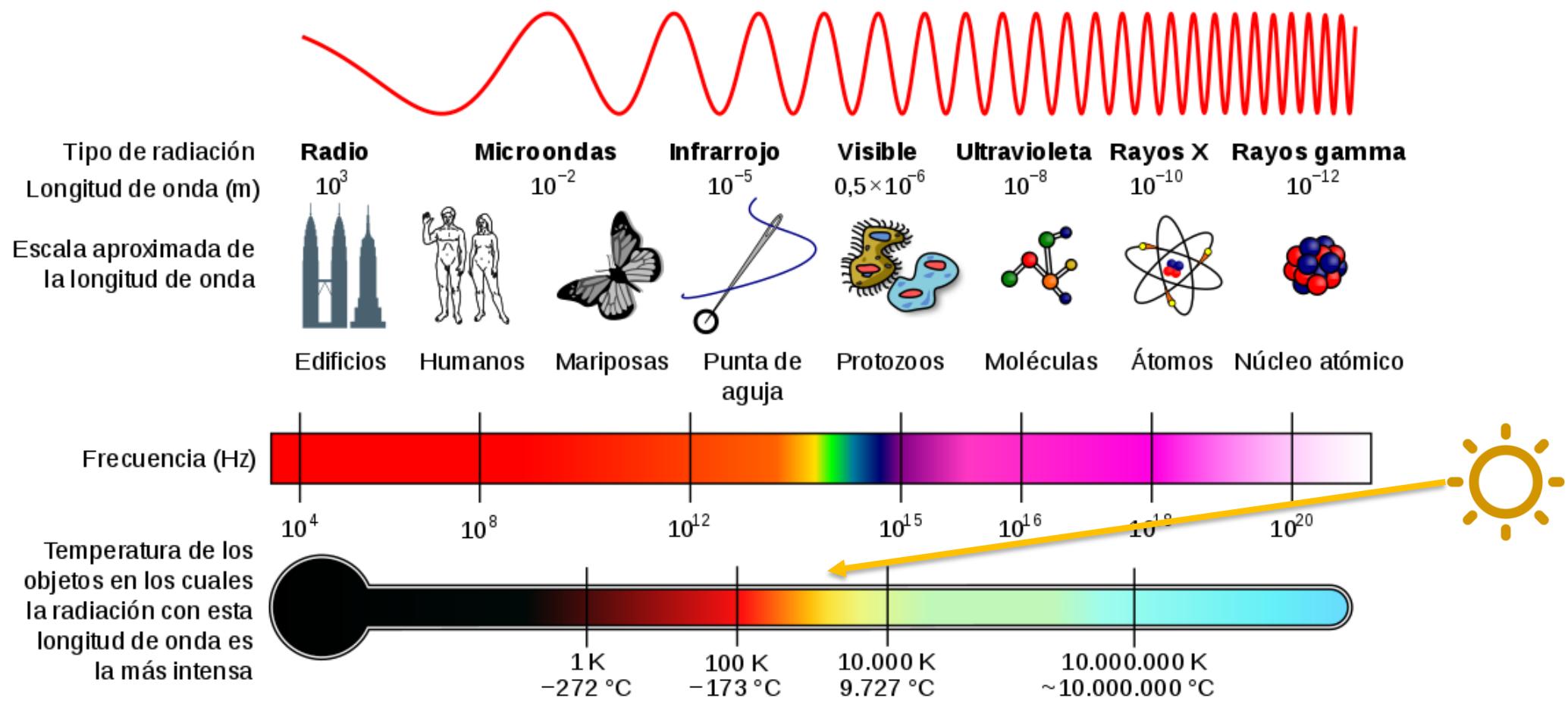
Escala para ordenar las ondas electromagnéticas

$$\lambda = \frac{c}{f}$$



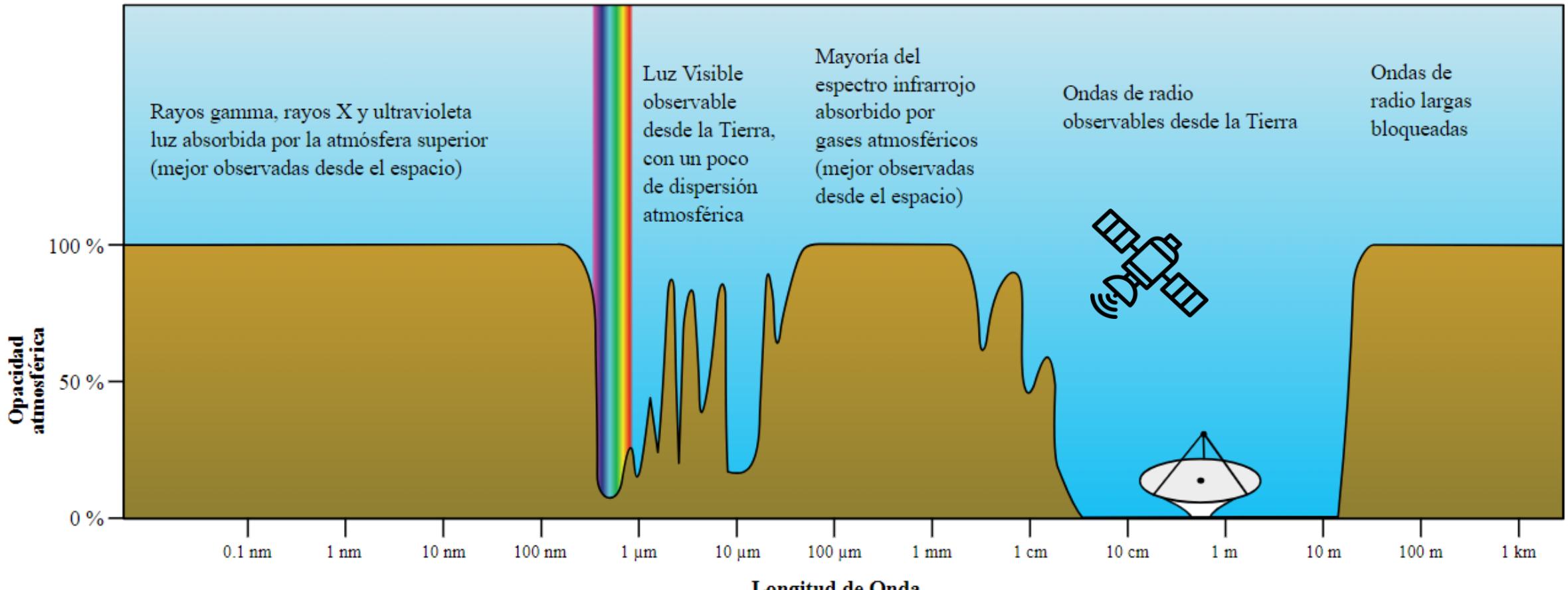
Fuente: Wikipedia

01 - 02 - Longitudes de onda



Fuente: Wikipedia(editada)

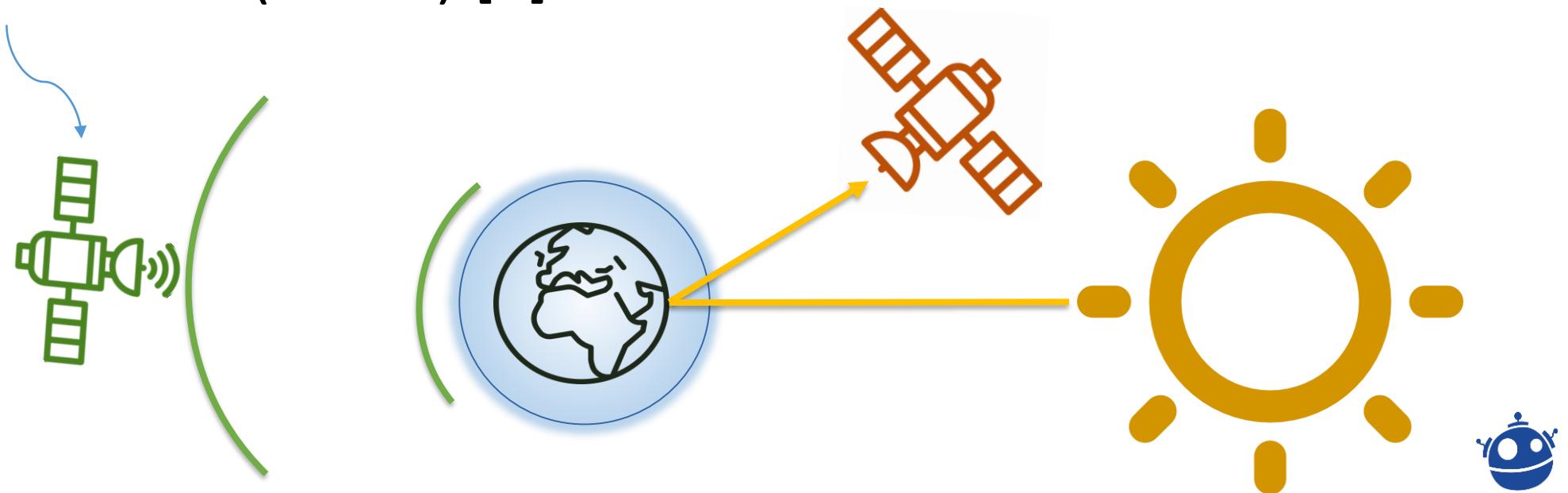
01-02- Ventanas Atmosféricas



Fuente: Wikipedia (editada)

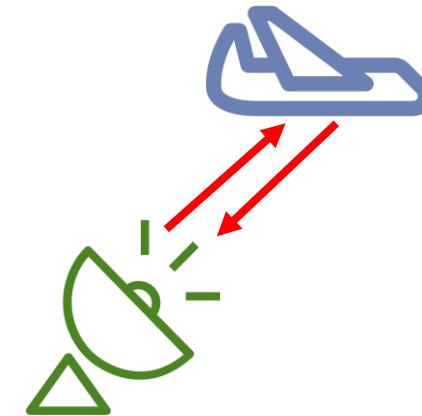
01-02 – Tipos de Sensores

Entre la Tierra y el sensor existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar (pasivo) o de un haz energético artificial (activo).[1]



01-02- EL RADAR

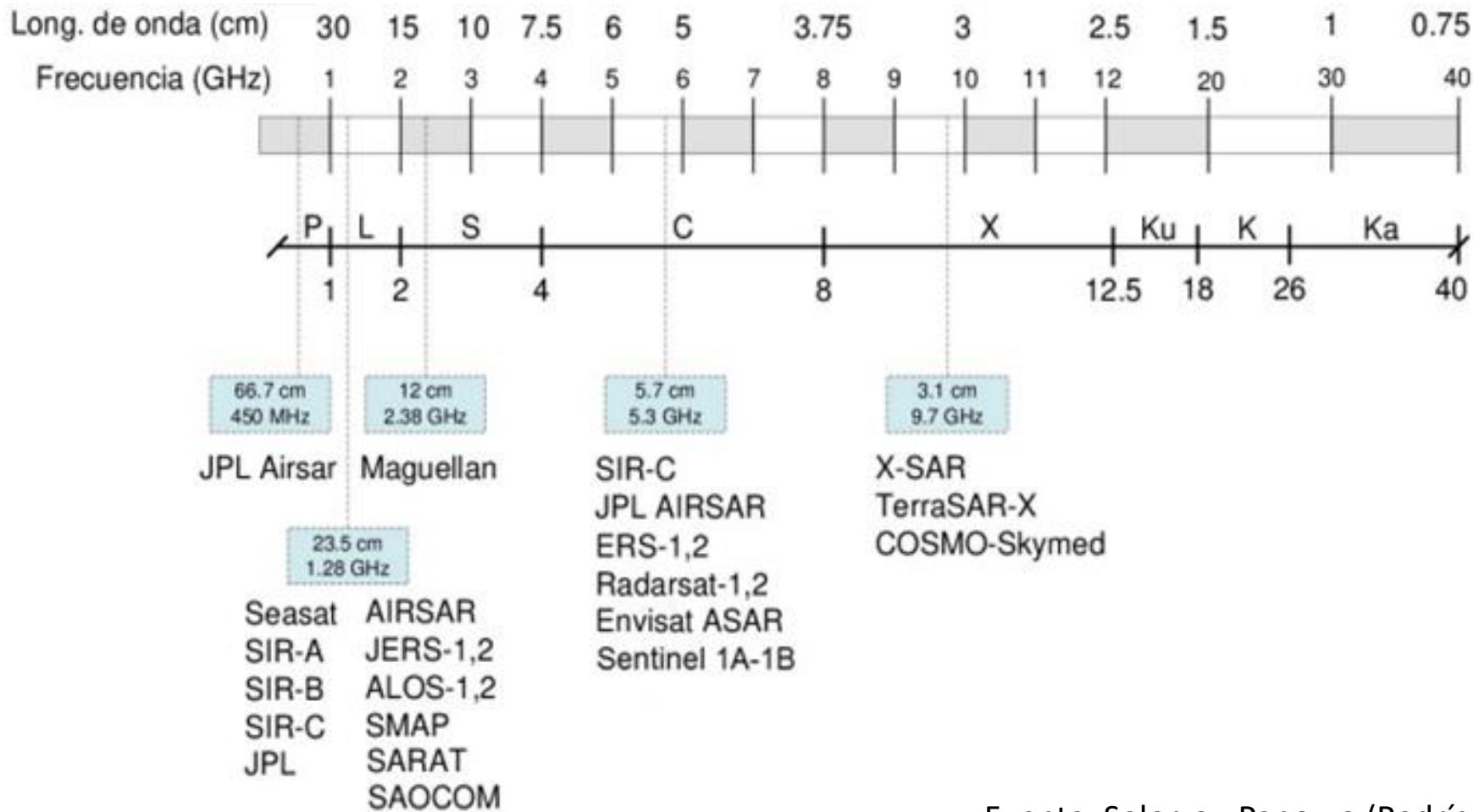
RADAR
RAdio Detection And Ranging



El radar emite pulsos (ondas) electromagnéticos para detectar la posición de objetos ubicados en su línea de vista (tiempo de tránsito), y utiliza la intensidad de los pulsos reflejados para inferir características acerca de los mismos (tamaño, rugosidad, propiedades eléctricas).[10]



01 - 02 - Longitudes de onda radar



Fuente: Solorza - Panizzo (Rodríguez 2007)(Editado)

01-02- Longitudes de onda radar habituales

REPASO

Banda X - 2.4 a 3.8 cm (CSK)

Banda C - 3.8 a 7.5 cm (Sentinel)

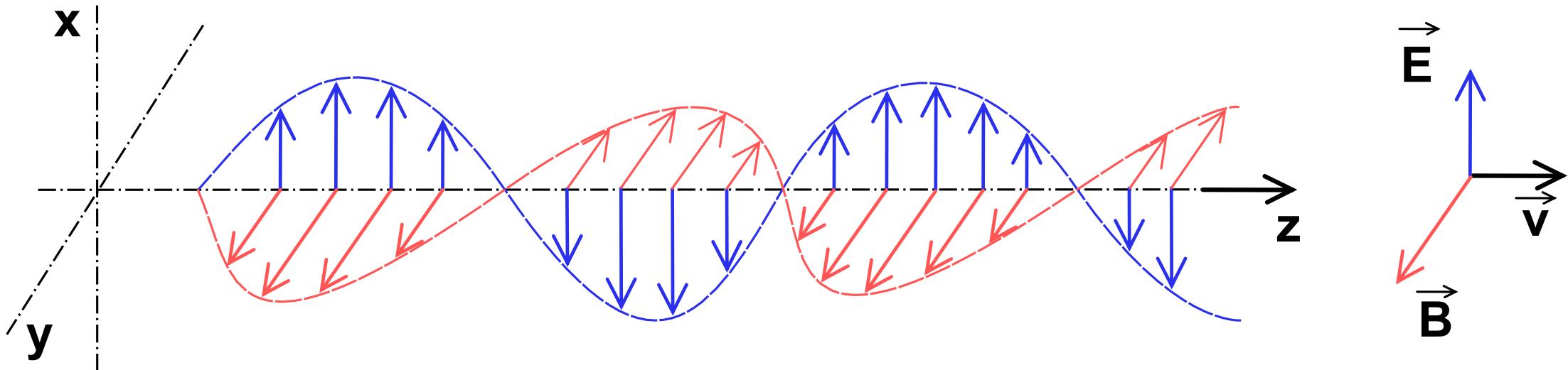
Banda S - 7.5 a 15 cm

Banda L - 15 a 30 cm (SAOCOM)

Banda P - 75 a 133 cm

X-C-S-L-P

01 - 02 – Onda Electromagnética (OEM)



Notar que: perpendicularidades, longitud de onda, amplitud.

Fuente: Wikipedia

01 - 02 – Onda Electromagnética (OEM)

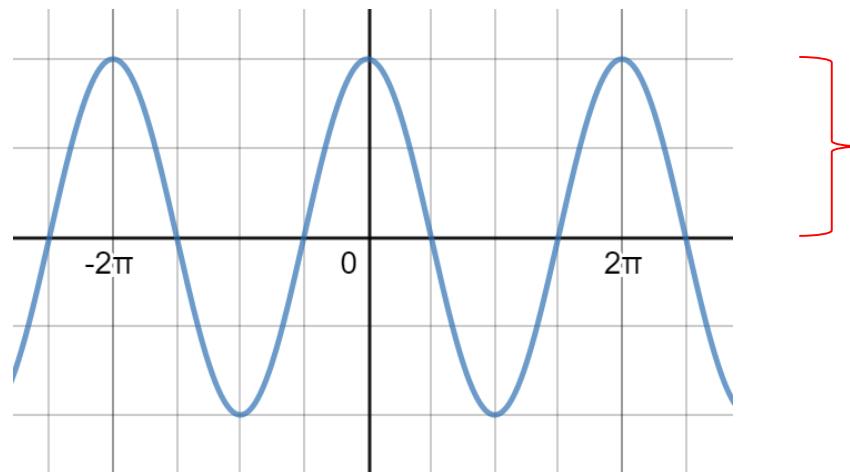
Amplitud de onda: máximo alejamiento con respecto a la posición de equilibrio

Frecuencia de onda: numero de ondas emitidas en cada segundo [1/Tiempo]

Longitud de onda: distancia que hay entre cresta y cresta

Recordar que:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$



Amplitud de onda

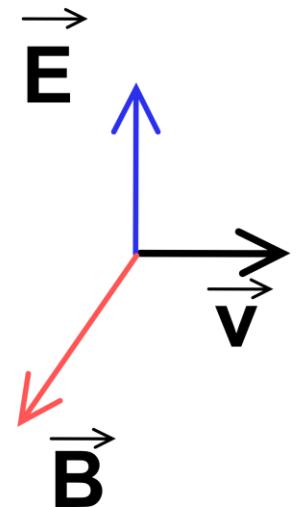
Fuente: 21

01 - 02 – Polarización de la OEM

La polarización hace referencia a la orientación espacial del campo eléctrico

Emitir y medir el tiempo e intensidad del eco reflejado y en:

- **HH:** transmisión y recepción horizontal
- **HV:** transmisión horizontal, recepción vertical
- **VH:** transmisión vertical, recepción horizontal
- **VV:** transmisión y recepción vertical
- **QuadPol o full polarimétrico:** emitir y recibir la onda en las cuatro combinaciones posibles



Fuente: 11 y 21

¡Muchas gracias!

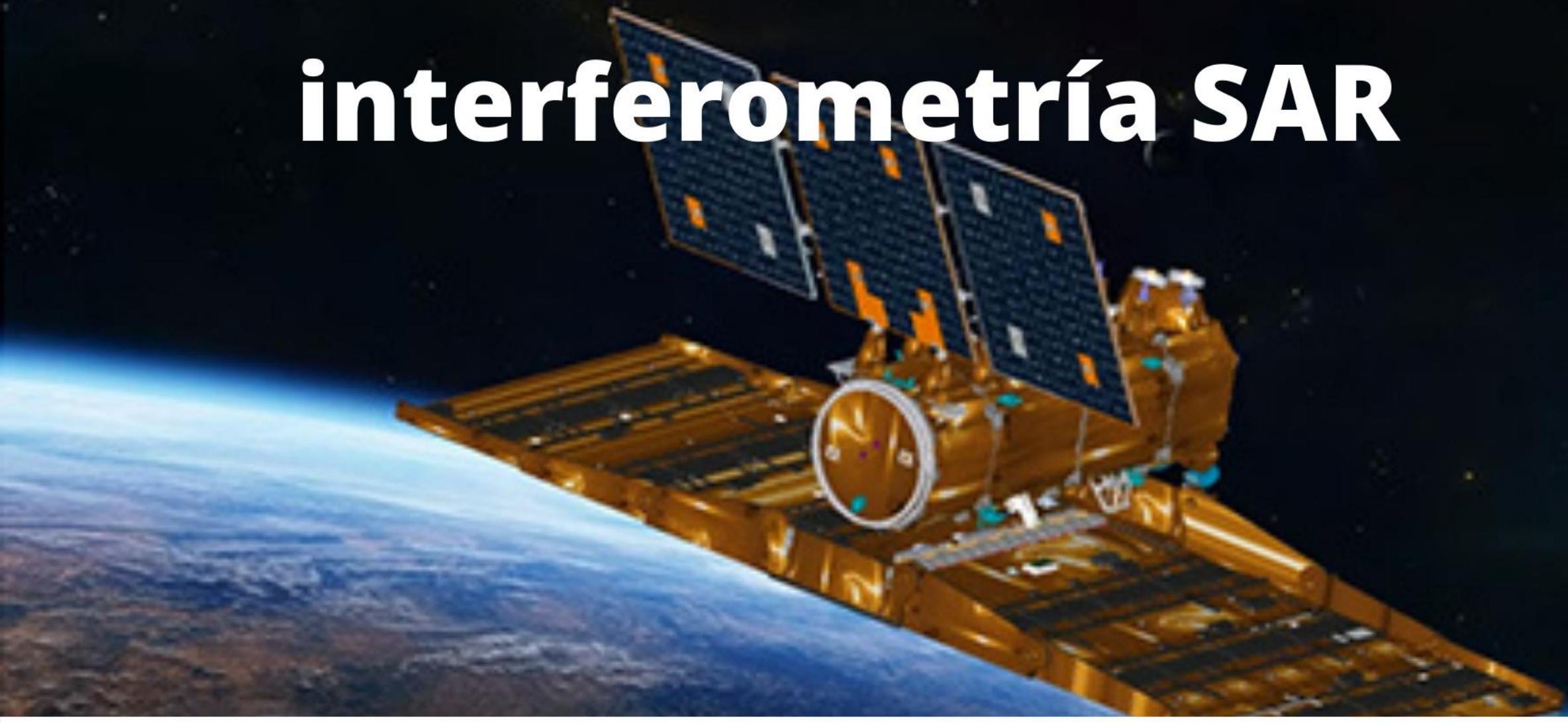
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor

sales.sat@veng.com.ar

DEMs mediante interferometria SAR



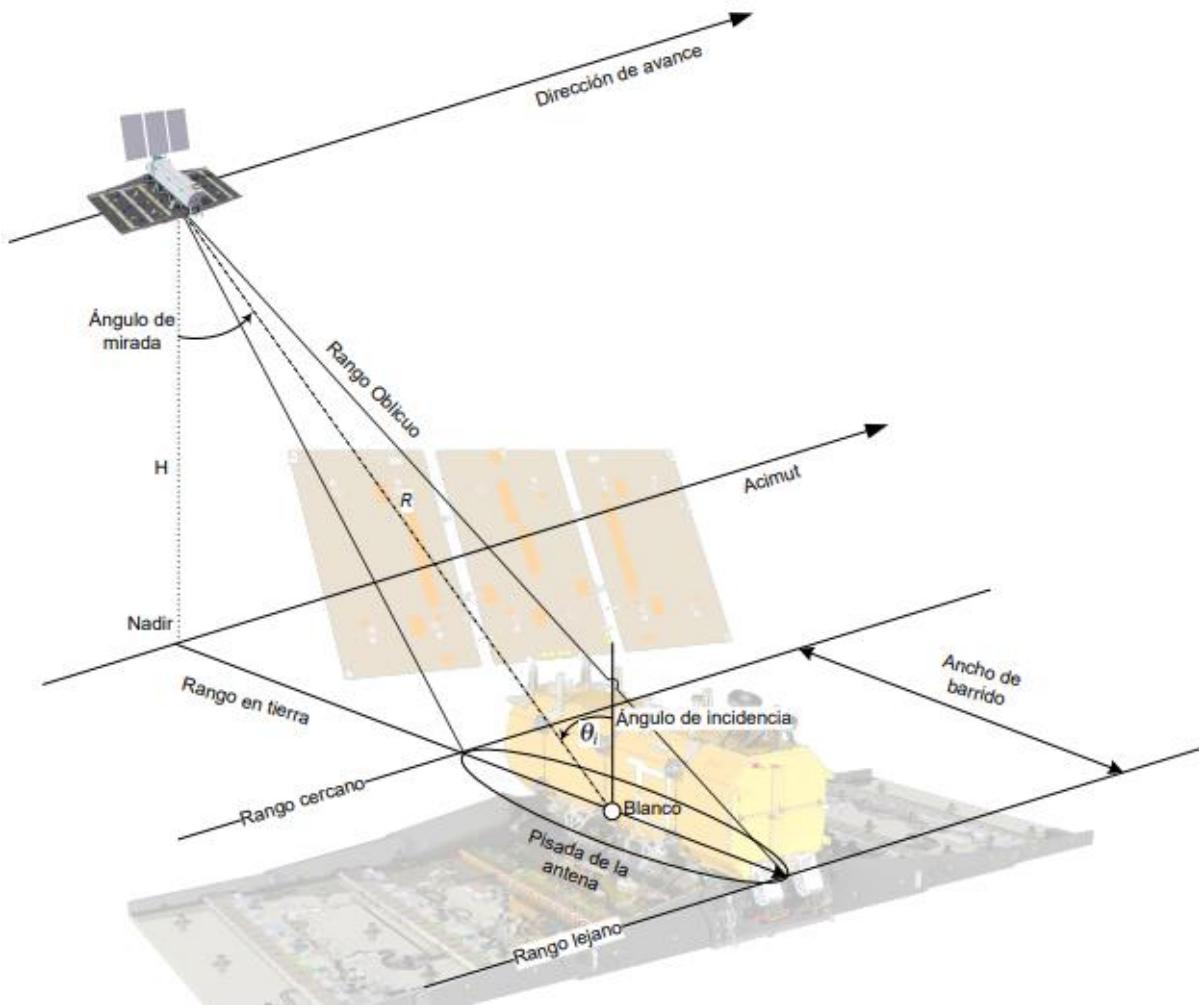
DEM^s mediante interferometría SAR



Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



01 - 03 – El Radar de Apertura Sintética



Fuente: 11(editada)

01 - 03 - Breve reseña del SAR

1950 – Side Looking Radar (SLAR). Radar de visión lateral. Mayor longitud de antena = mejor resolución en la imagen. Scan continuo. Imágenes grabadas en película. Imágenes con niveles de gris. [10]

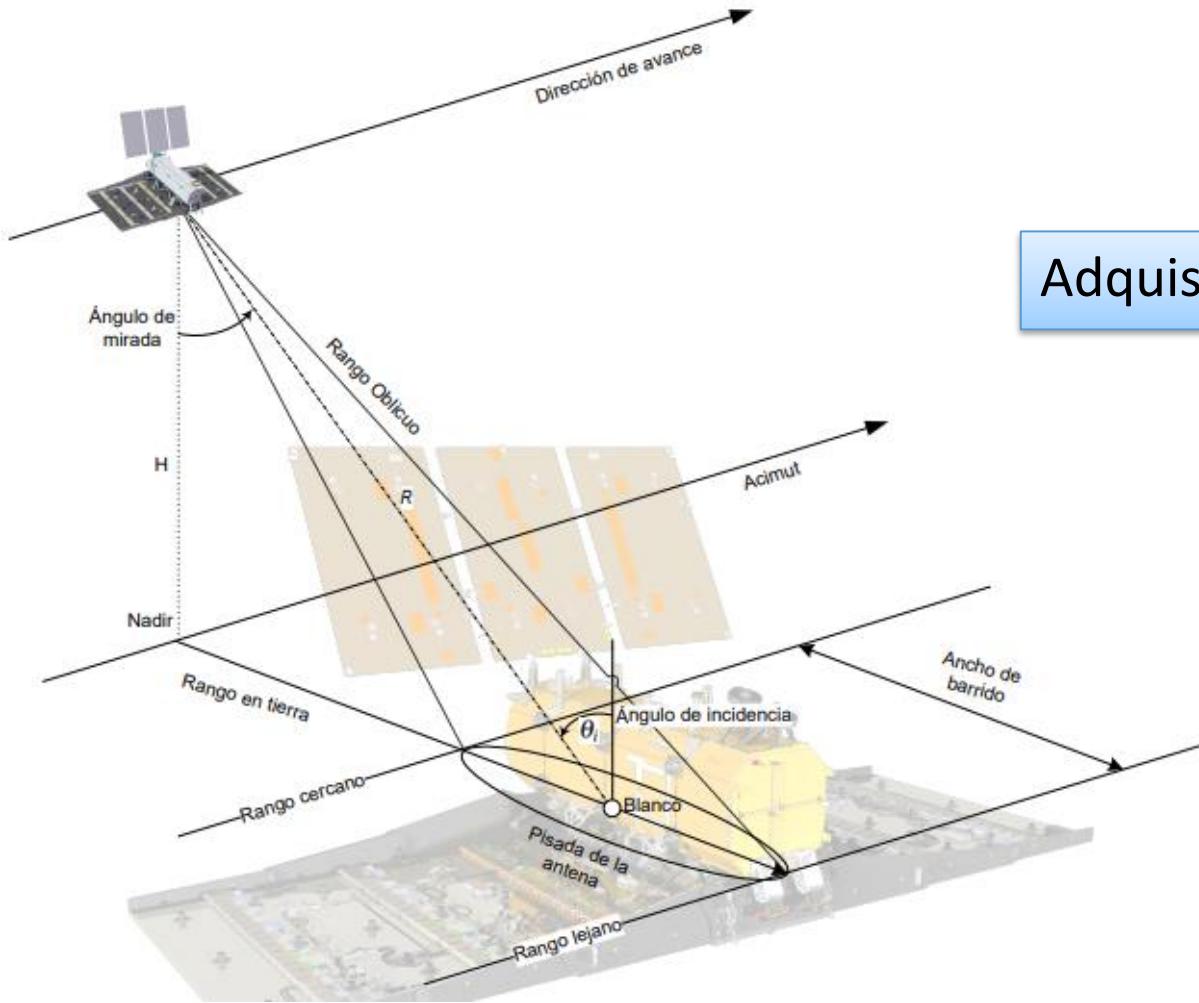
1950 -1960 – Adquisición de imágenes con SLAR, con propósitos militares. [10]

1952- Wiley (Goodyear) inventa el método llamado Doppler-beam sharpening. Permite mejorar la resolución sintetizando una antena más larga. NACIMIENTO DEL SAR. Resolución en sentido de vuelo independiente de la distancia sensor-tierra.[10]

Fuente: 10

01 - 03 – Geometría de adquisición de un SAR

Adquisición en rango



Fuente: 11(editada)

01 - 03 – Adquisición en Rango

Pulsos cortos modulados linealmente en frecuencia llamados “chirps”

Dirección: perpendicular a la velocidad (acimut)

Duración: τ_P

Frecuencia central: f_c

Tasa de variación: K_r

Expresión compleja de la señal:

$$s(t) = \exp\{j2\pi(f_c t + K_r t^2 / 2)\} \quad |t| \leq \tau_P / 2$$

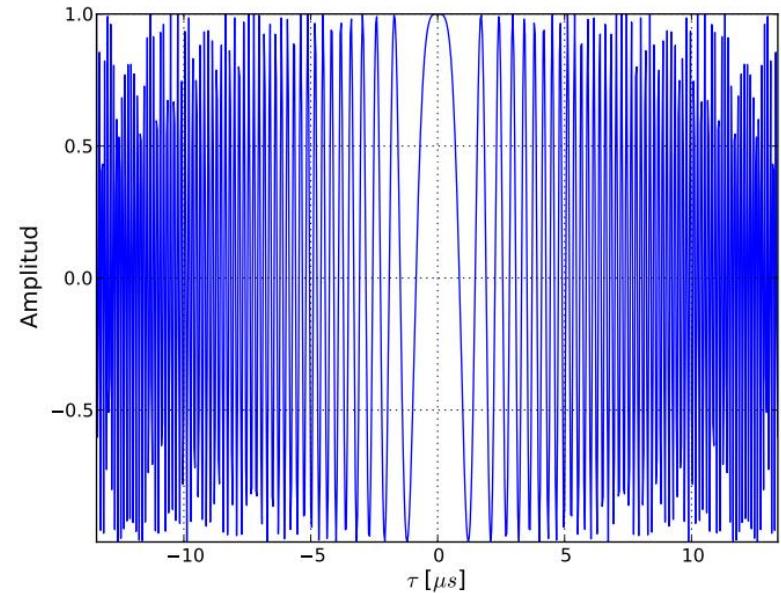
En realidad la señal transmitida y recibida es real, modulada en una señal portadora. Sin embargo, se suele usar su formulación como número complejo por ser más simple su tratamiento matemático, sin pérdida de información. [11]

01 - 03 – Chirp y ancho de Banda B

Pulsos cortos modulados linealmente en frecuencia llamados “chirps”

El ancho de banda B de la señal está determinado por el rango de frecuencias que abarca el chirp.

Parte real de un chirp simulado para valores de configuración de SAOCOM en modo de adquisición STRIPMAP.



Fuente: 11(editada)

01 - 03 – Resolución en Rango

Radar convencional

$$\rho_{ro} = \frac{c\tau_p}{2} \quad \rho_{ro} = \frac{c}{2B}$$

ρ_{ro} : resolución rango oblicuo

ρ_{rt} : resolución en tierra

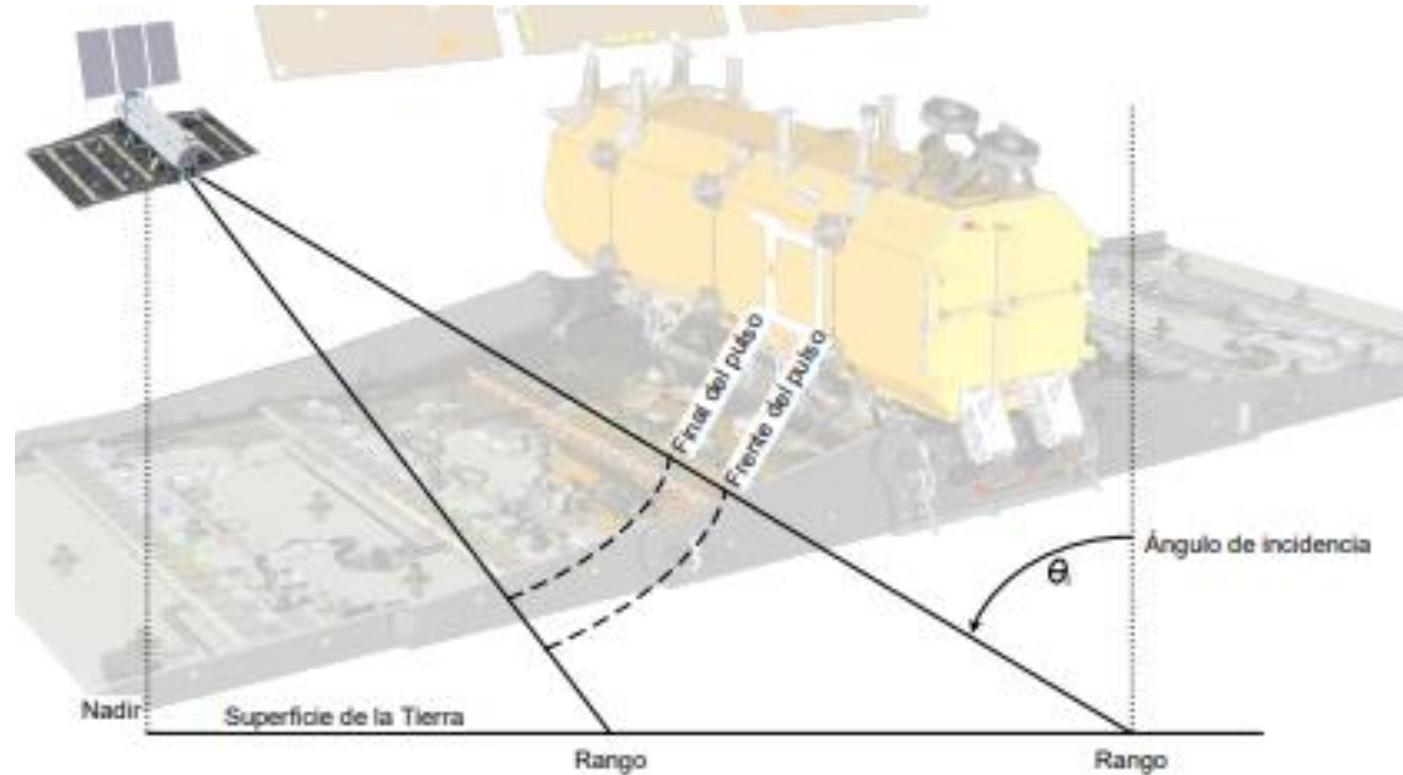
B: ancho de banda

SAR

$$\rho_{rt} = \frac{\rho_{ro}}{\sin \theta_i}$$

SAR: modulado linealmente en frecuencia y por lo tanto logra un mayor ancho de banda B mediante el envío de pulsos más largos en el tiempo

Fuente: 11(editada)



01 - 03 – Adquisición en Acimut

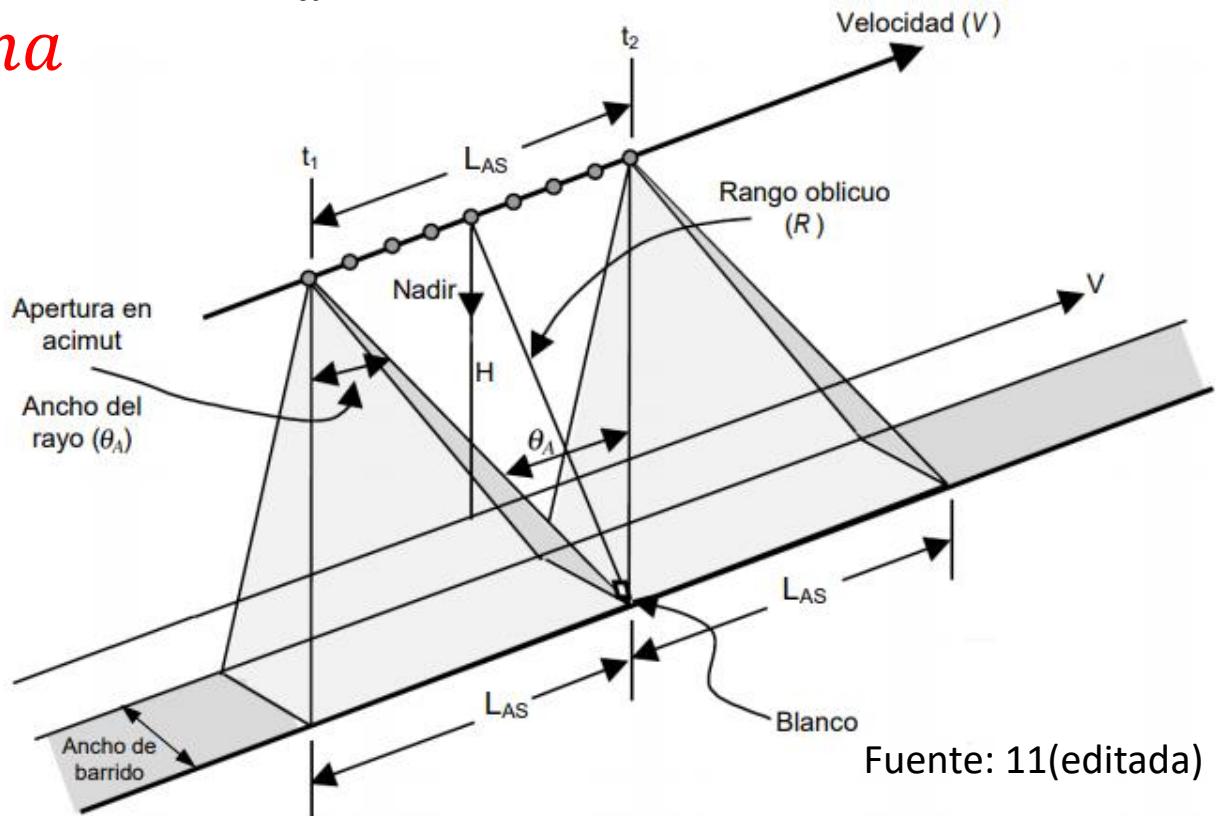
$$L_{AS} = \frac{\lambda R_0}{L_a}$$

L_{AS} : *apertura sintetica de la antena*

λ : *longitud de onda*

R_0 : *rango cercano*

L_A : *tamaño de la antena
en dirección de acimut*



Fuente: 11(editada)

01 - 03 – Frecuencia Doppler y Resolución en Acimut

Se integra entre t_1 y t_2

Con un cambio de frecuencia

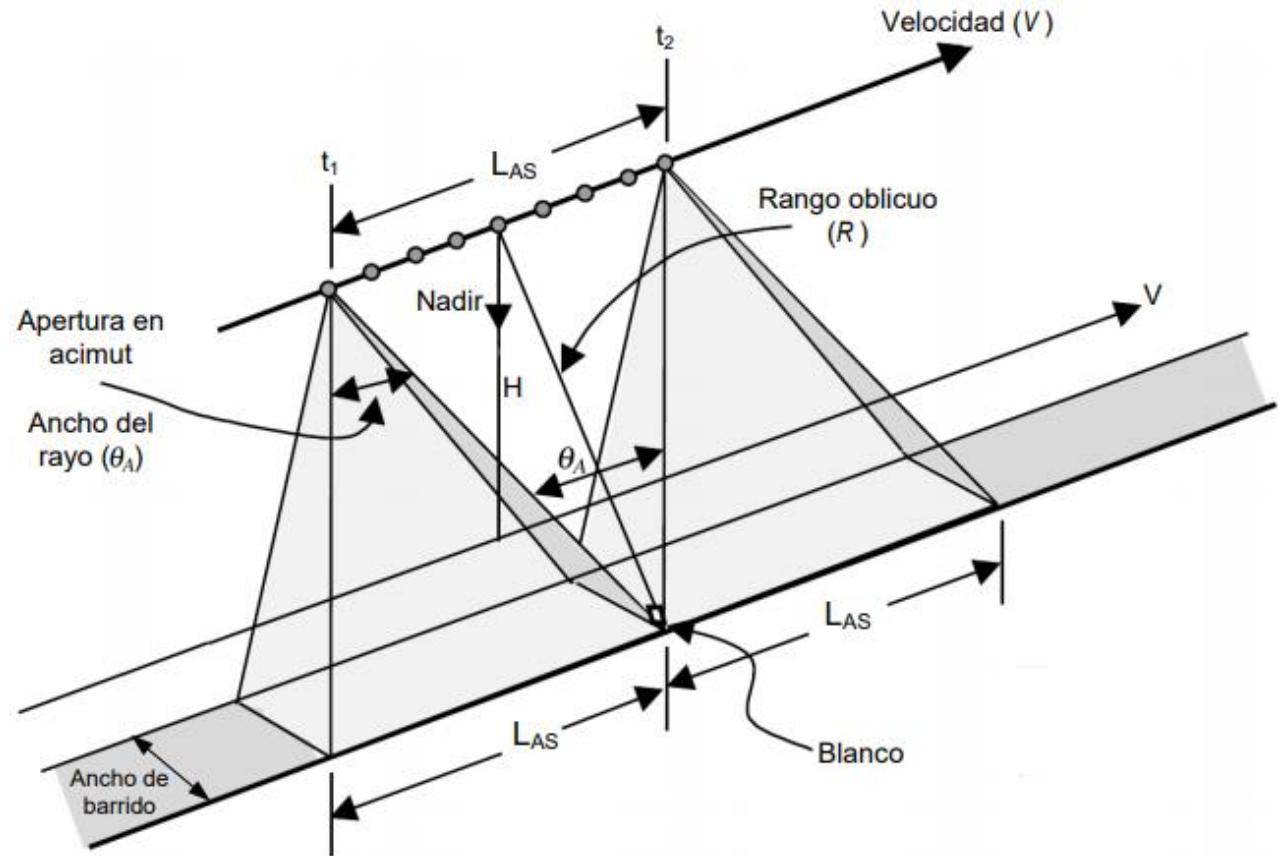
debido al efecto Doppler

llamada Frecuencia Doppler

Como un chirp en acimut

Resolución en acimut:

$$\rho_a = \frac{L_a}{2}$$



Fuente: 11

01 - 03 – Sobre la Resolución en Acimut

Resolución en acimut:

$$\rho_a = \frac{L_a}{2}$$

A pesar del desarrollo que demuestra que se obtiene mejor resolución con una antena de tamaño menor, ésta no puede ser arbitrariamente chica ya que sus dimensiones están restringidas por diversos factores de configuración del SAR que determinan el menor tamaño posible de la misma (Freeman, 2006).

01 - 03 – Resumiendo...

Resolución en rango

Aporte: pulso (chirp) modulado

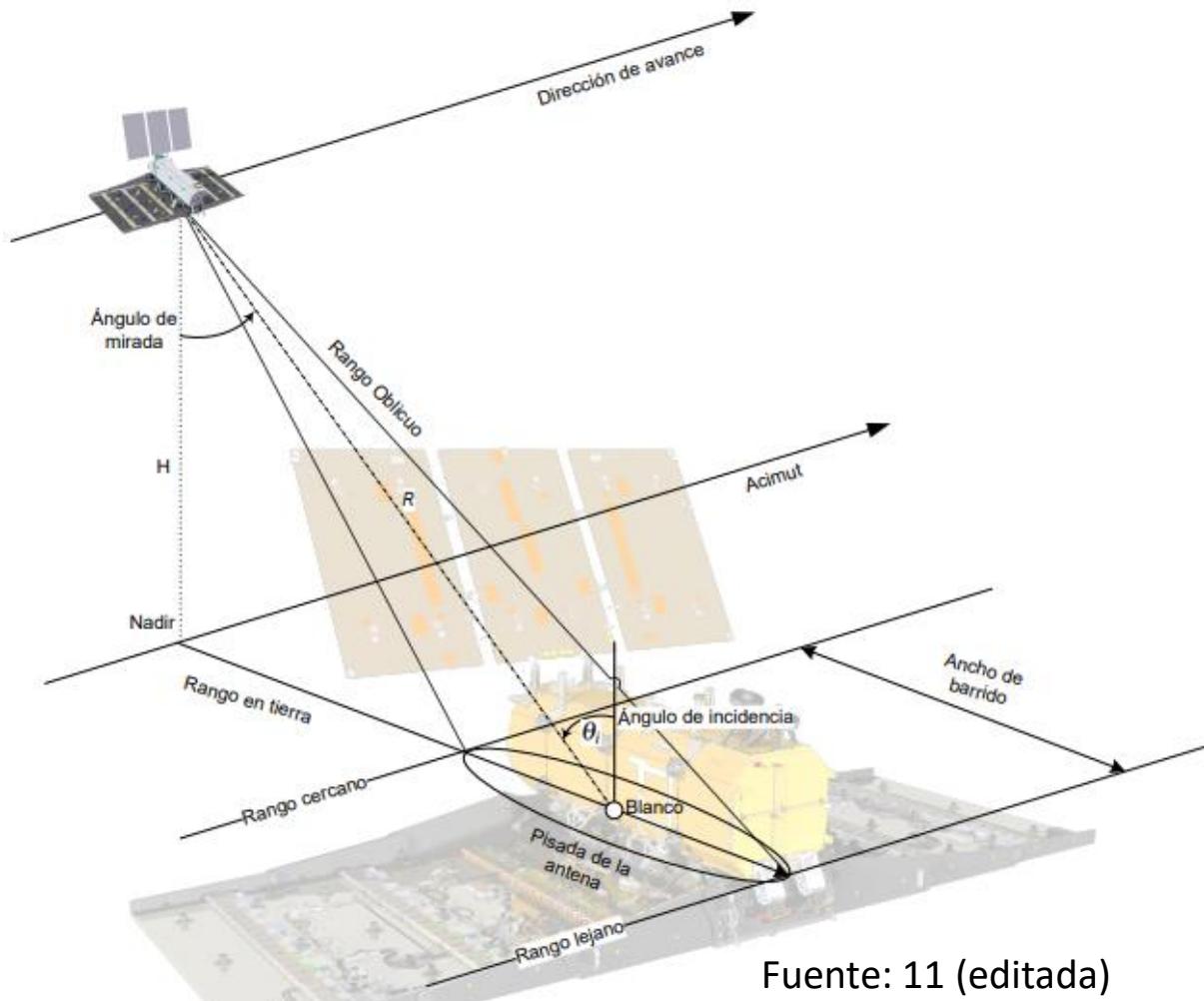
$$\rho_{rt} = \frac{c}{2B\sin\theta_i}$$

Resolución en Azimut

Aporte: apertura sintética

$$\rho_a = \frac{L_a}{2}$$

Mirada lateral



Fuente: 11 (editada)

01 - 03 - Breve reseña del SAR

1950 – Side Looking Radar (SLAR). Radar de visión lateral. Mayor longitud de antena = mejor resolución en la imagen. Scan continuo. Imágenes grabadas en película. Imágenes con niveles de gris. [10]

1950 -1960 – Adquisición de imágenes con SLAR, con propósitos militares. [10]

1952- Wiley (Goodyear) inventa el método llamado Doppler-beam sharpening. Permite mejorar la resolución sintetizando una antena más larga. NACIMIENTO DEL SAR. Resolución en sentido de vuelo independiente de la distancia sensor-tierra.[10]

Fuente: 10

01 - 03 – Modos de adquisición SAR

Stripmap

Scan SAR

SpotLight

Tops o TopSAR

Cada misión satelital SAR tiene sus propias particularidades para los modos.

Submodo: ángulos de incidencia.

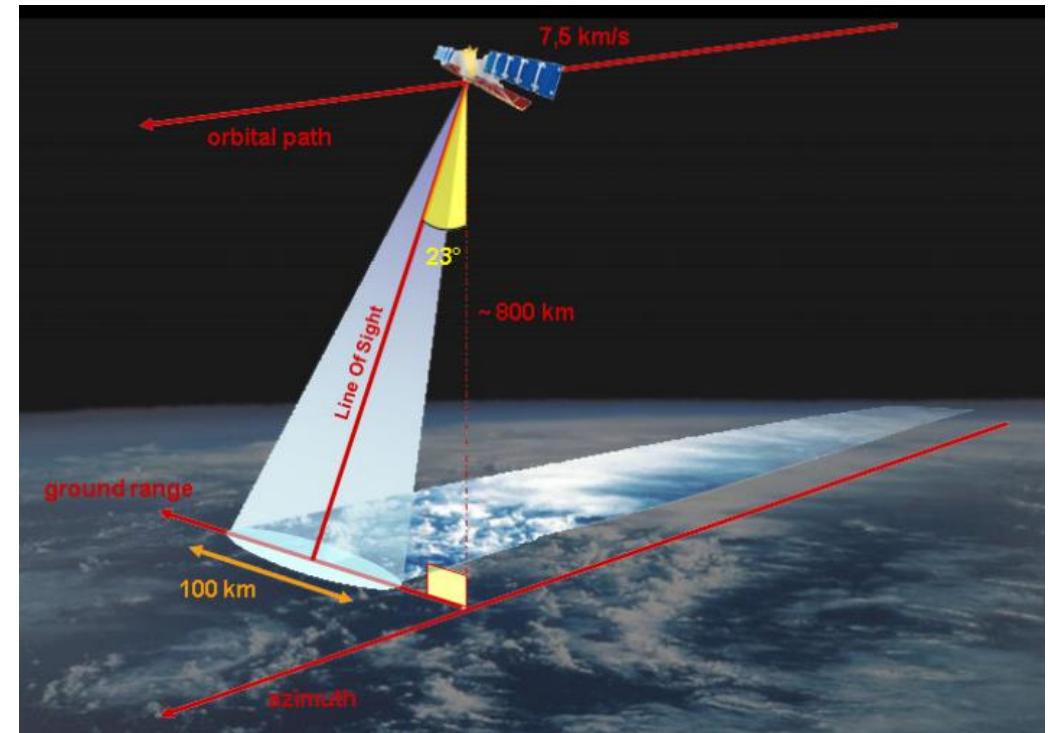
Fuente: 11

01 - 03 – Modo de adquisición Stripmap

Obtiene la imagen a lo largo de un ancho de barrido continuo, en el cual el haz de la antena es apuntado de forma ortogonal a la órbita del satélite.

Ancho de barrido medio \sim 30 a 100km.

Resolución media \sim 5 a 20m.

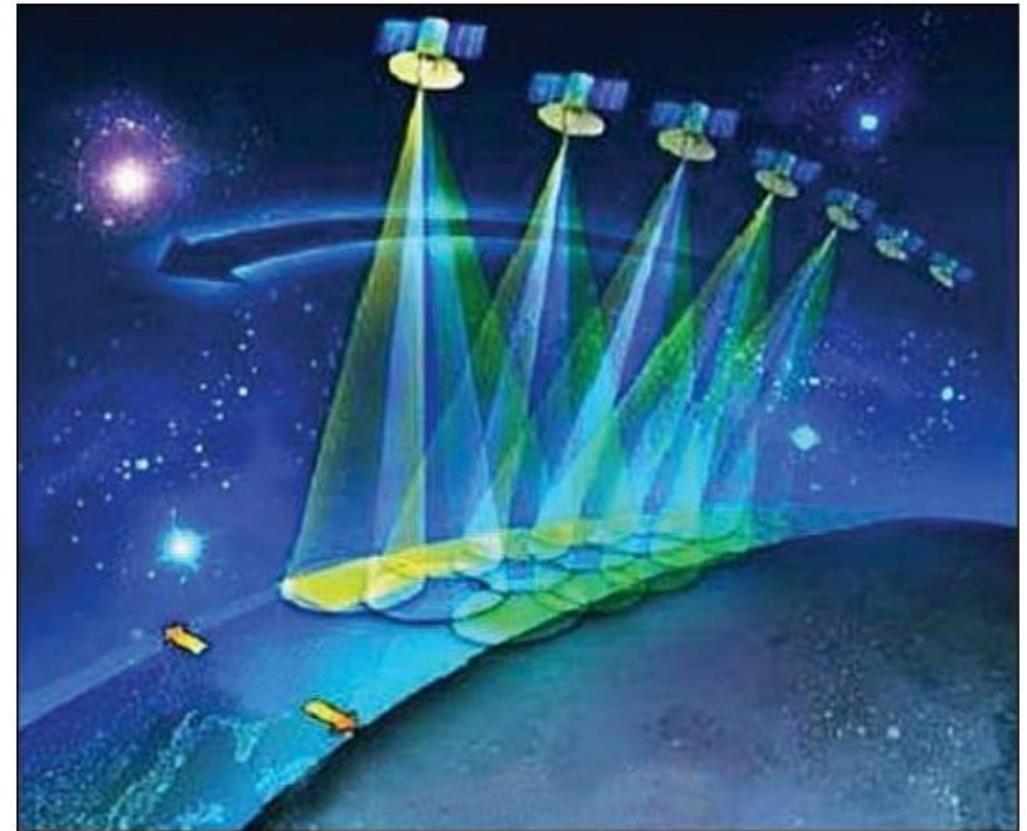


Fuente: 11

01 - 03 – Modo de adquisición Scan SAR

Obtiene un ancho de barrido mayor a partir de recolectar pequeños segmentos a distintos rangos y luego realizando un mosaico de ellos.

Ancho de barrido grande ~ 100 a 200km.
Resolución pobre ~ 100m.



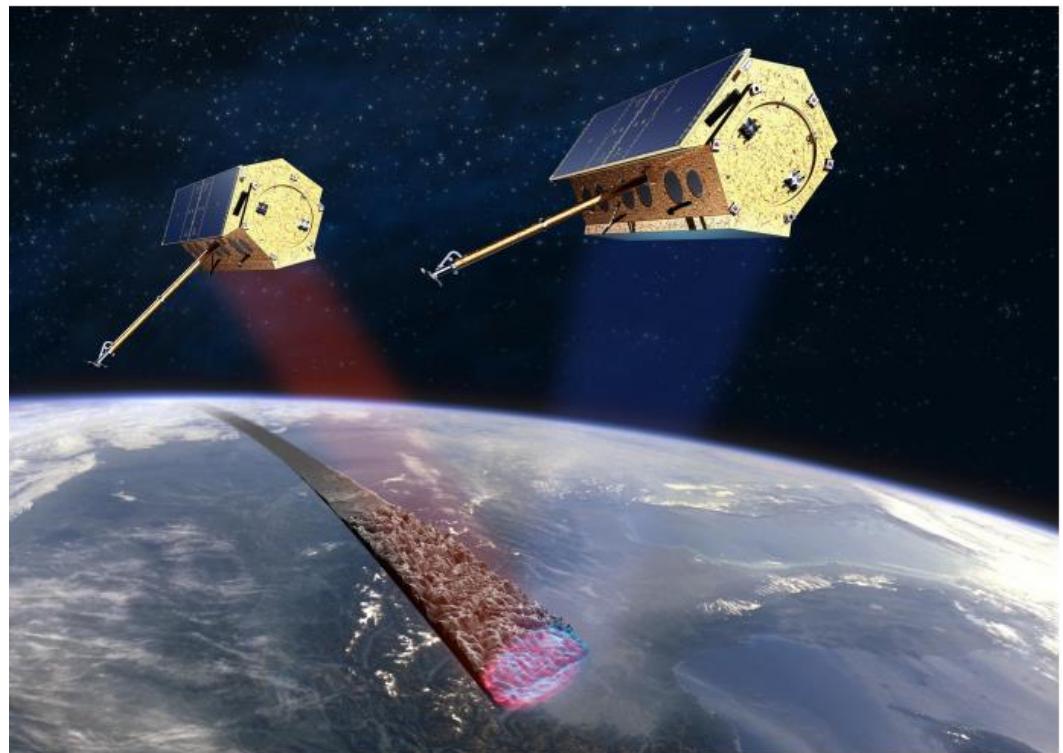
Fuente: 11

01 - 03 – Modo de adquisición Spot Light

Recolecta datos de una pequeña porción de la superficie terrestre haciendo apuntar la iluminación de la antena siempre al mismo área durante todo el período de adquisición.

Ancho de barrido pequeño ~ 10km.

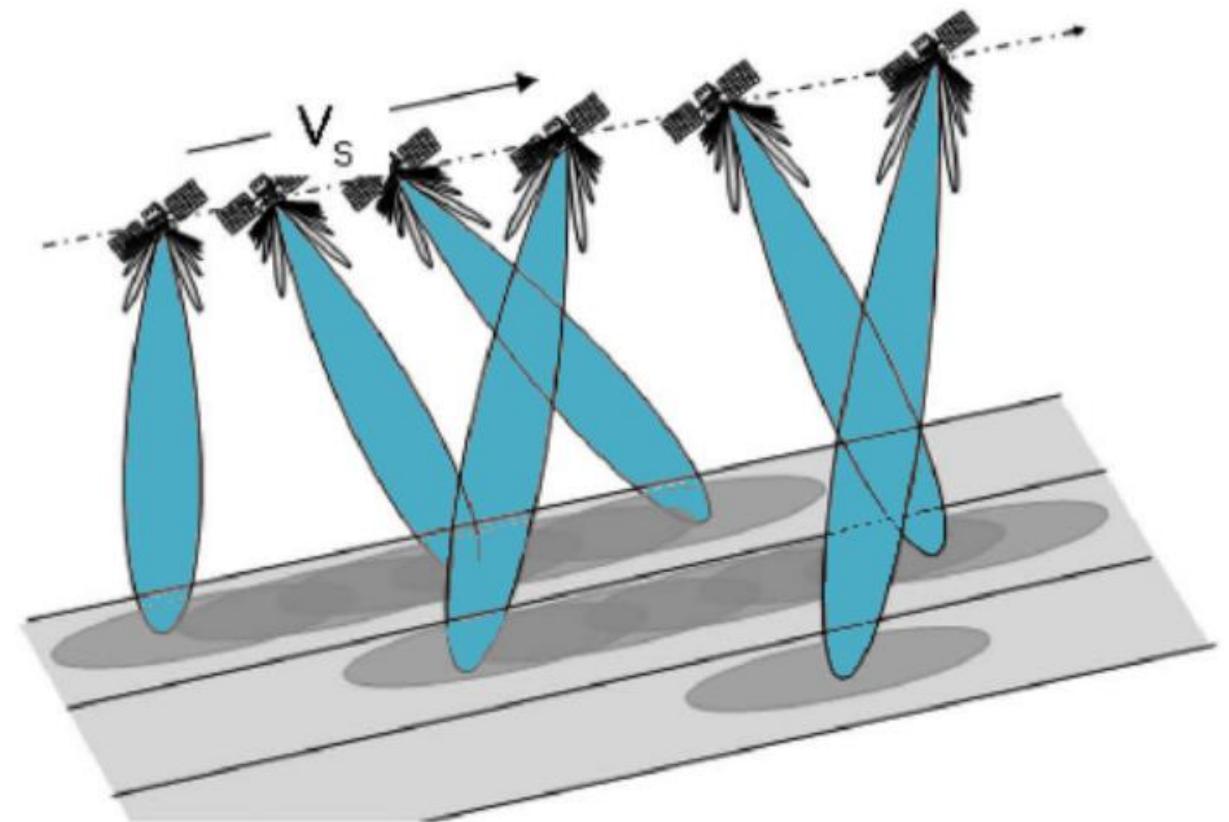
Resolución muy buena ~ 1m.



Fuente: 11

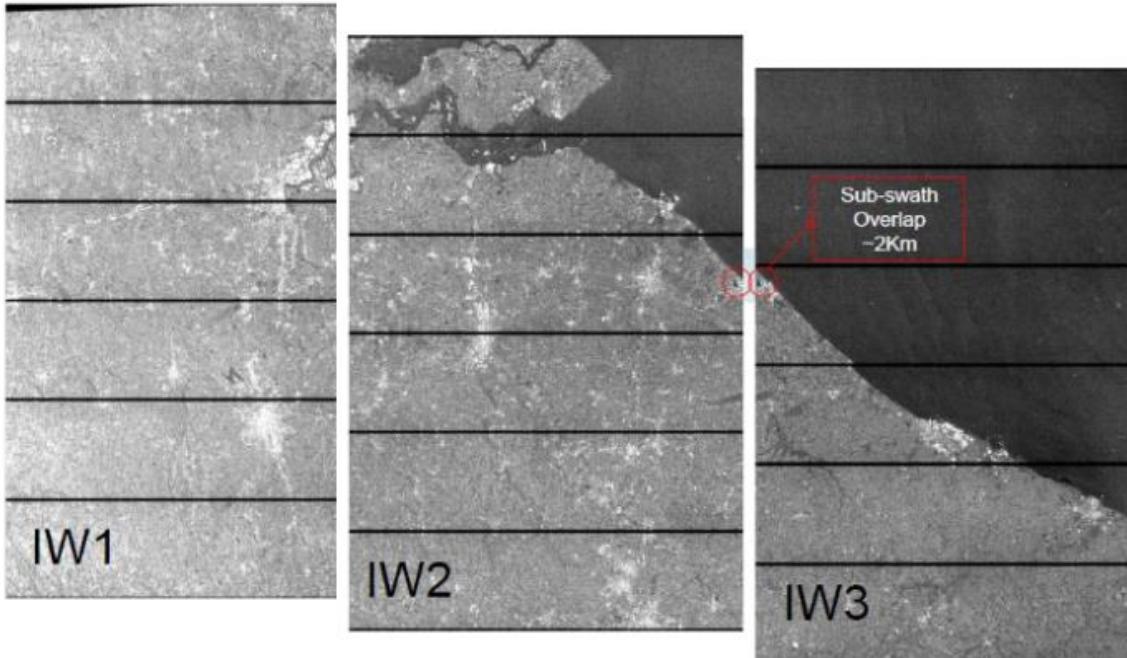
01 - 04 – Modo de adquisición Tops o TopSAR

Es una forma de ScanSAR, donde los datos adquiridos por partes cambiando la iluminación de la antena entre múltiples sub-swaths adyacentes.

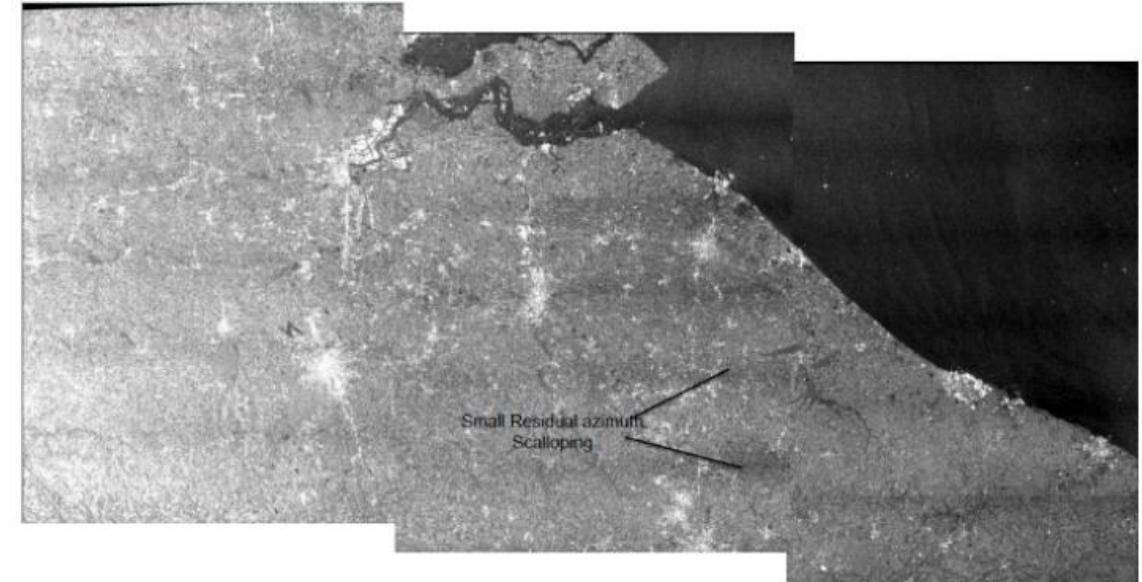


Fuente: 11

01 - 03 – Modo de adquisición Tops o TopSAR



Sentinel-1 TopSAR (bursts)



Sentinel-1 TopSAR (debursts)

Fuente: 11(Sentinel-1 User Handbook)

01 - 03 – Orbita

Los satélites de observación de la tierra (como los SAR) en general son de órbita baja y pueden adquirir datos en:

- Ascendente
- Descendente

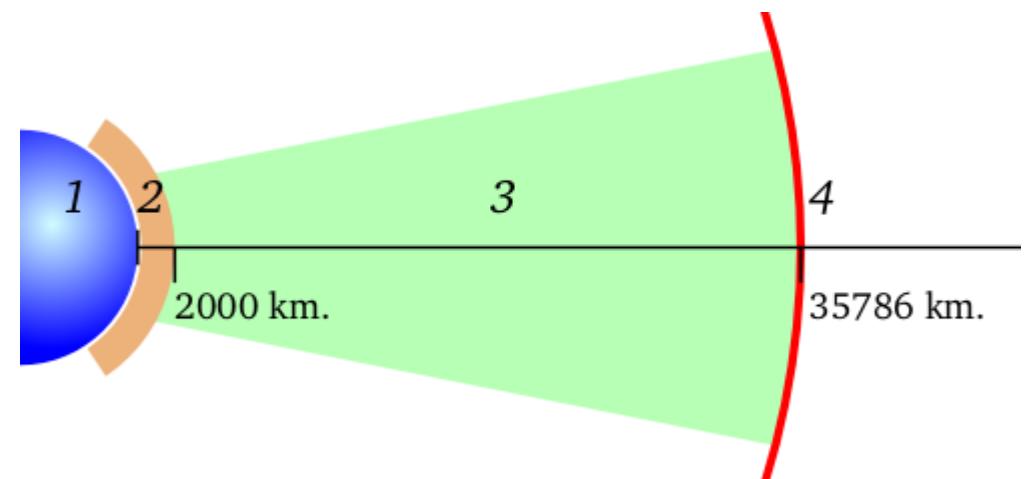


Diagrama de las diferentes regiones de altura que definen el tipo de órbita:
1 : La tierra
2 : Zona de órbitas bajas:
3 : Zona de órbitas medias
4 : Órbita geoestacionaria

Fuente: Wikipedia

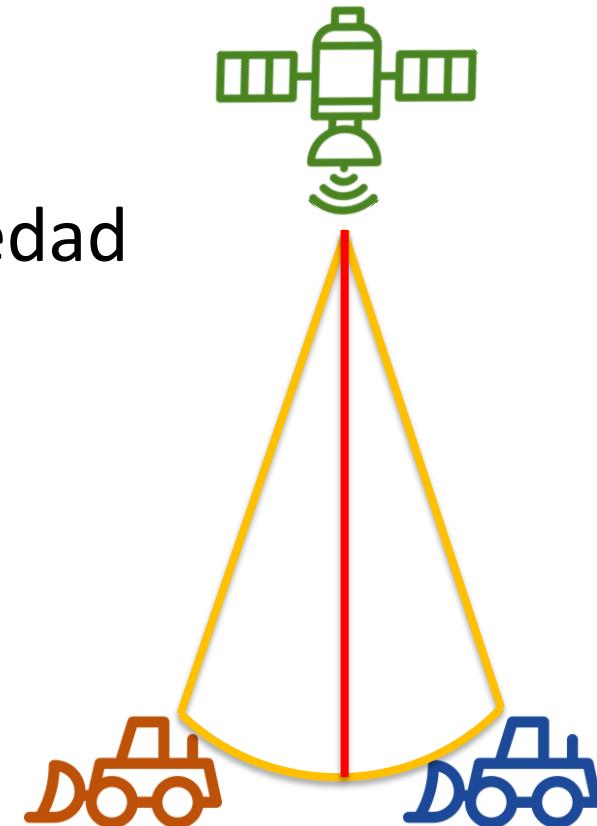
01 - 03 - Mirada

El SAR es de mirada lateral para evitar la ambigüedad derecha-izquierda de objetos ubicados simétricamente a ambos lados del sensor.

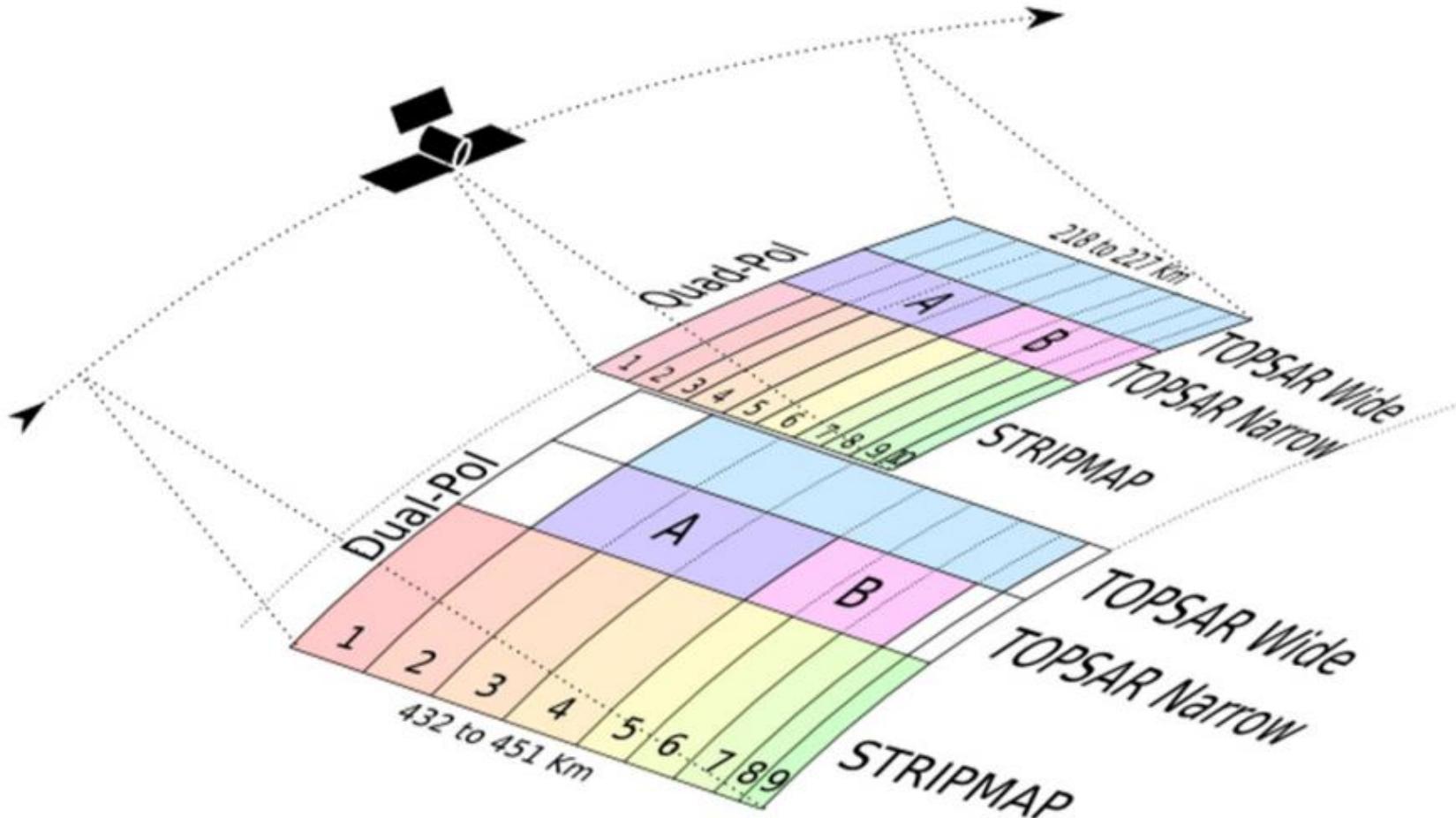
Las miradas pueden ser:

- Derecha
- Izquierda

Nota: algunos sensores tiene una mirada preestablecida y utilizan la restante para emergencias.

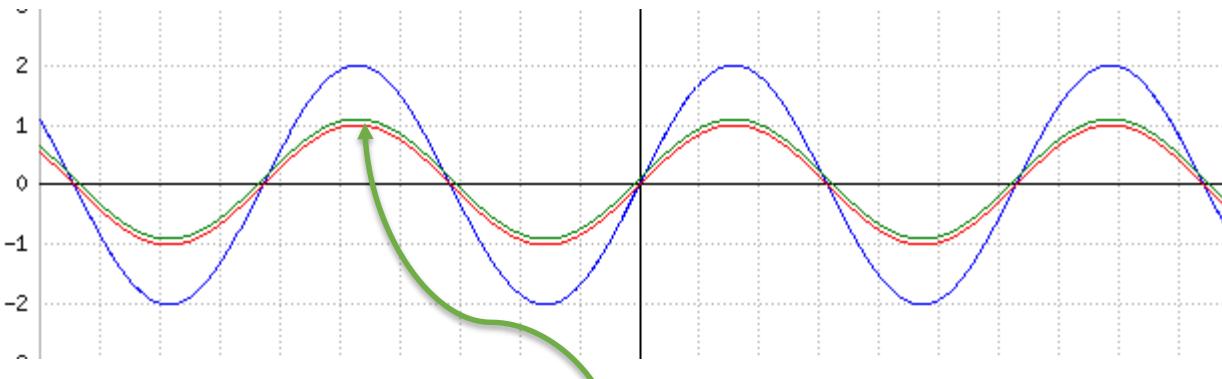


01 - 03 - Modos de adquisición SAOCOM

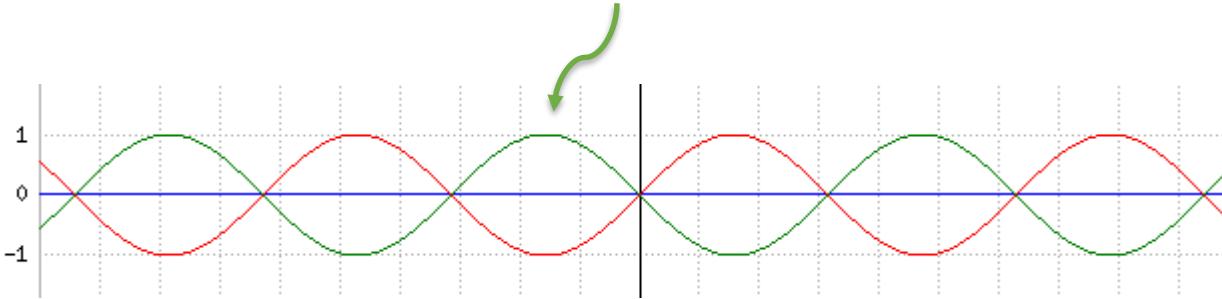


Fuente: 8

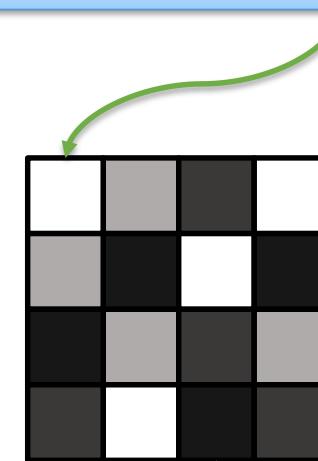
01 - 03 – Distorsiones Radiométricas



OEM coherente



Interferencia constructiva



Variación entre
constructiva y
destructiva

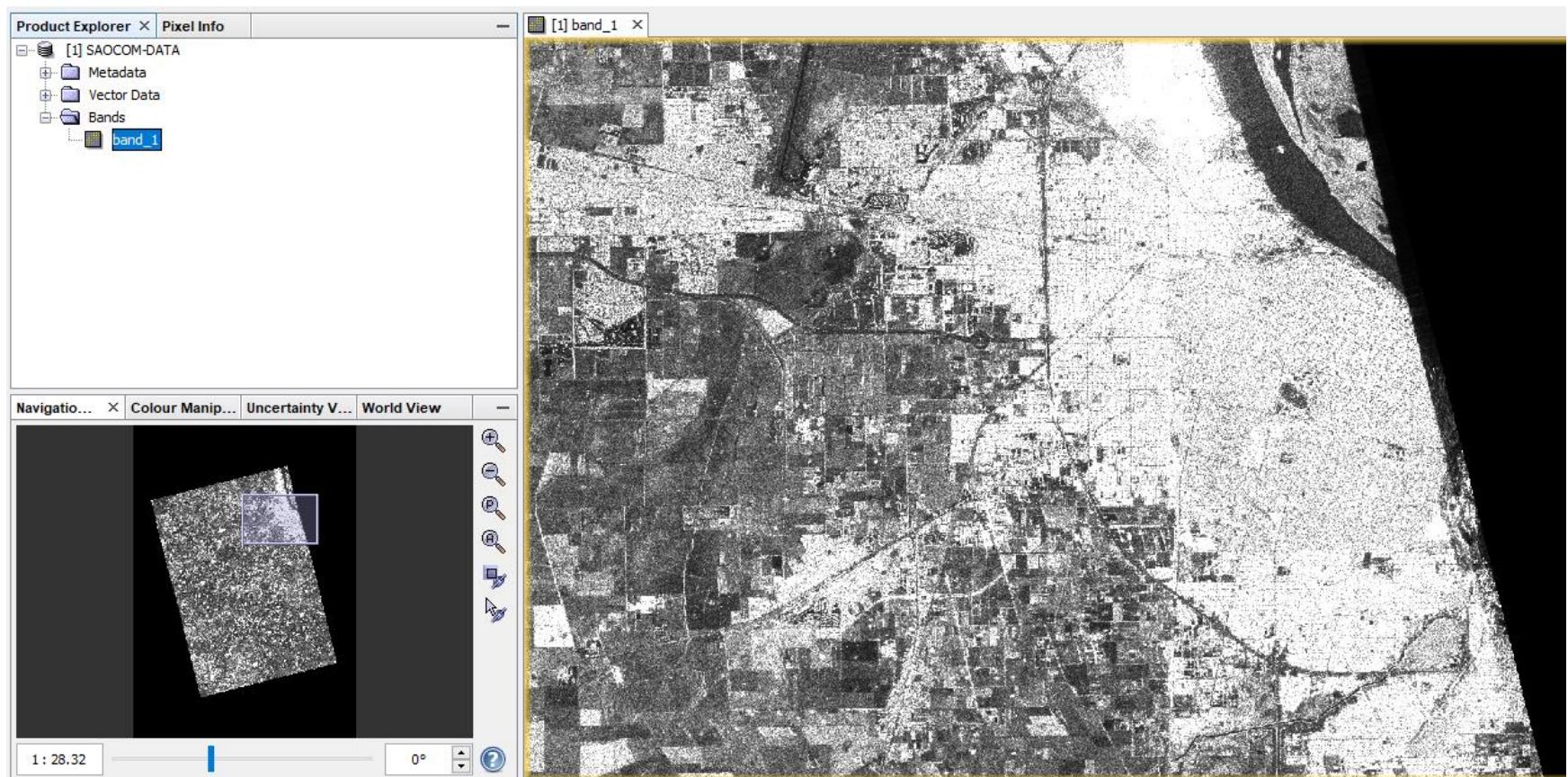
Interferencia destructiva

Fuente: 23

01 - 03 – Resultado: El Speckle

Alternativas

- Multilooking
- Filtros



Fuente: Imagen SAOCOM provista por VENG SA para el Taller “DEMs mediante interferometría SAR”. Todos los derechos reservados. ®

01 - 03 – Multilooking (mejorando el Speckle)

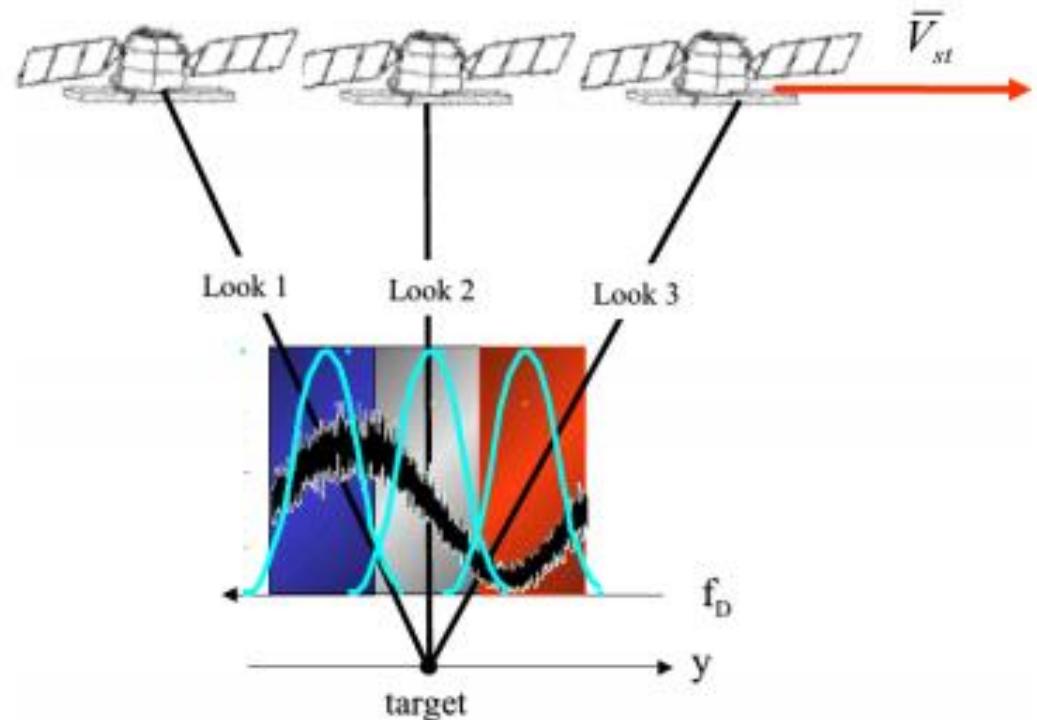
Looks: sub-imágenes formadas durante el procesamiento SAR.

Multilooking : promediar diferentes sub-imágenes de la misma escena.

Ventaja: reduce el speckle

Desventaja: disminuye la resolución geométrica.

Nota: SLC (nivel de procesamiento)



Fuente: 11 (Basado en Henderson y Lewis (1998a); y Franceschetti y Lanari (1999))

01 - 03 – Filtros (mejorando el Speckle)

Filtros adaptivos.

Adapitan sus pesos en la ventana a través de la imagen según el nivel de speckle. Ejemplos: Lee, Frost y Gamma Map.

Filtros no-adaptivos.

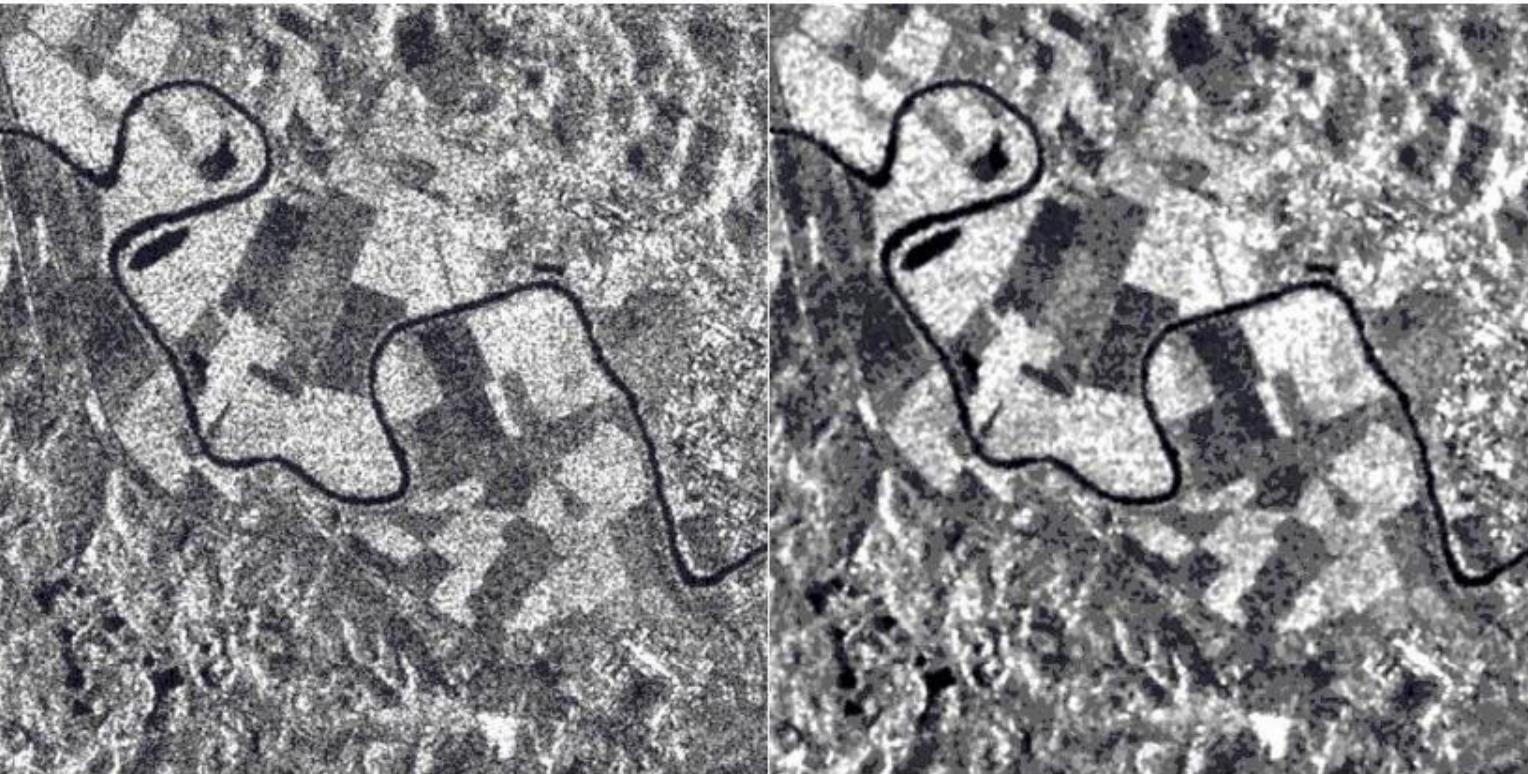
Aplican los mismos pesos de forma uniforme a través de toda la imagen. Ejemplos: filtro de media y filtro de mediana.

Ventajas: disminuye el speckle

Desventajas: pérdida de información

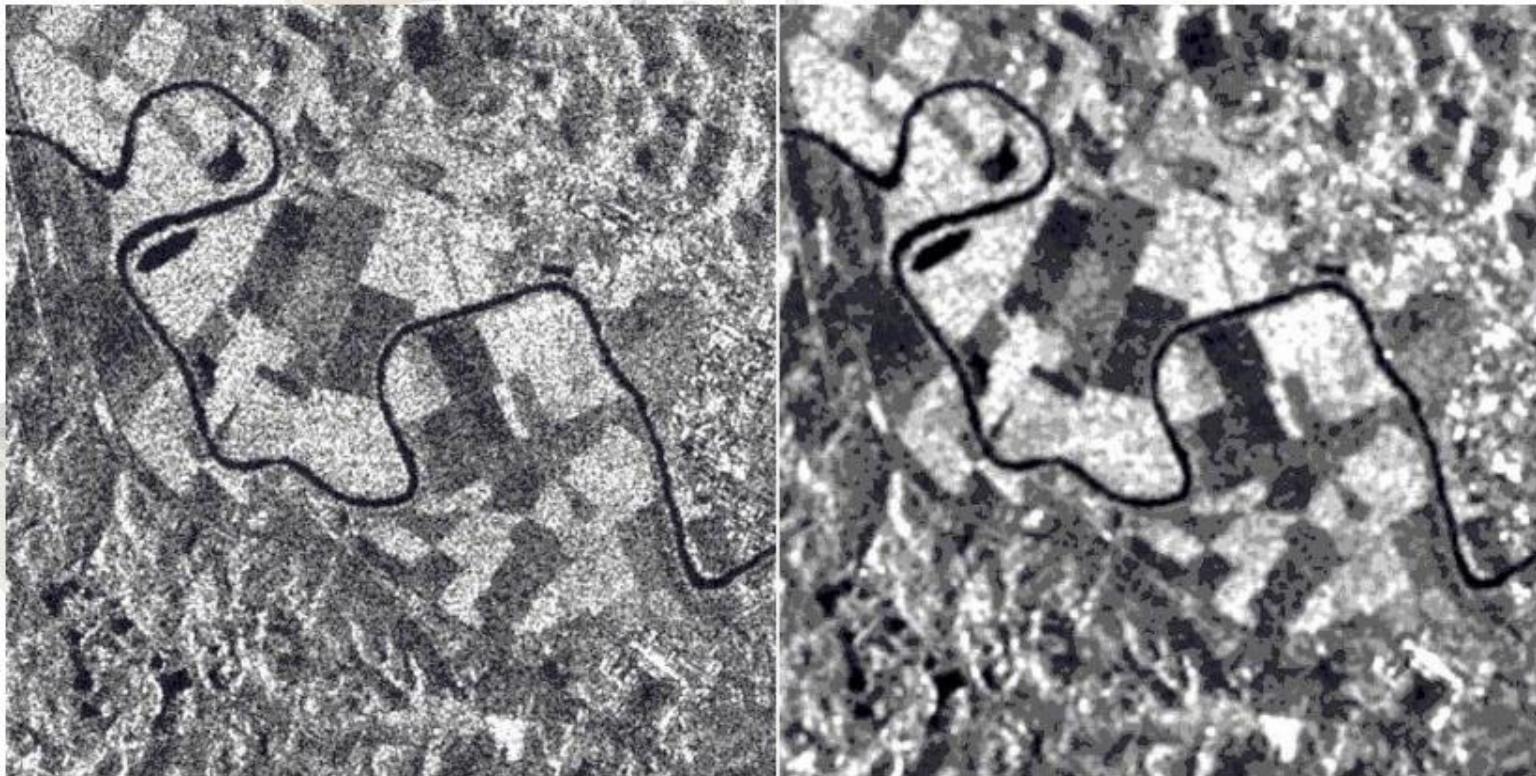
Fuente: 11

01 - 03 – Filtro de media



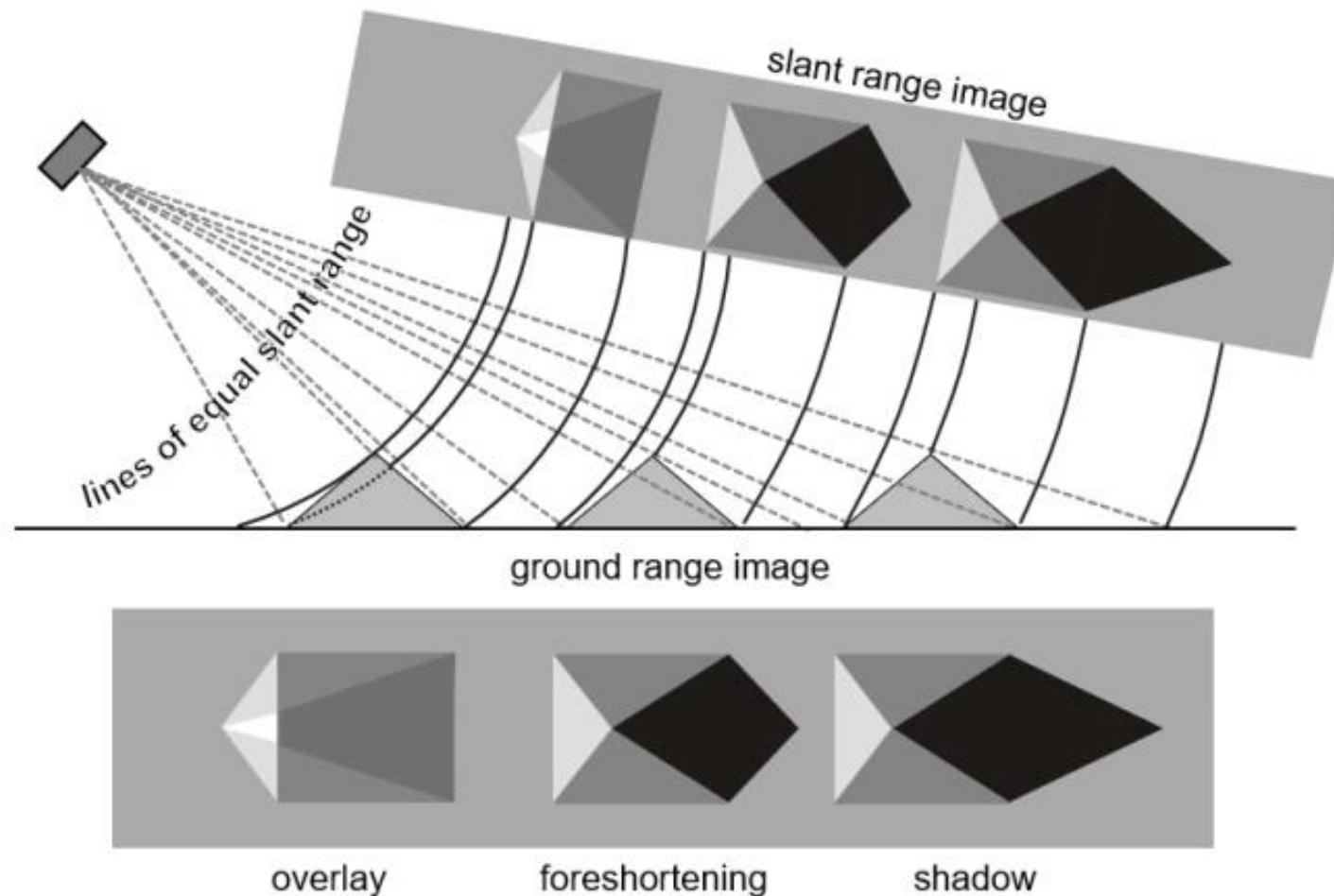
Fuente: 11(ESA Radar Course 3)

01 - 03 – Filtro de Frost



Fuente: 11(ESA Radar Course 3)

01 - 03 – Distorsiones Geométricas



Fuente: 25

01 - 03 – Niveles de Procesamiento (SAOCOM)

L0 es la imagen no enfocada (algoritmos de procesamiento)

L1A: Single Look Complex (SLC).

Generada a partir del producto de nivel L0.

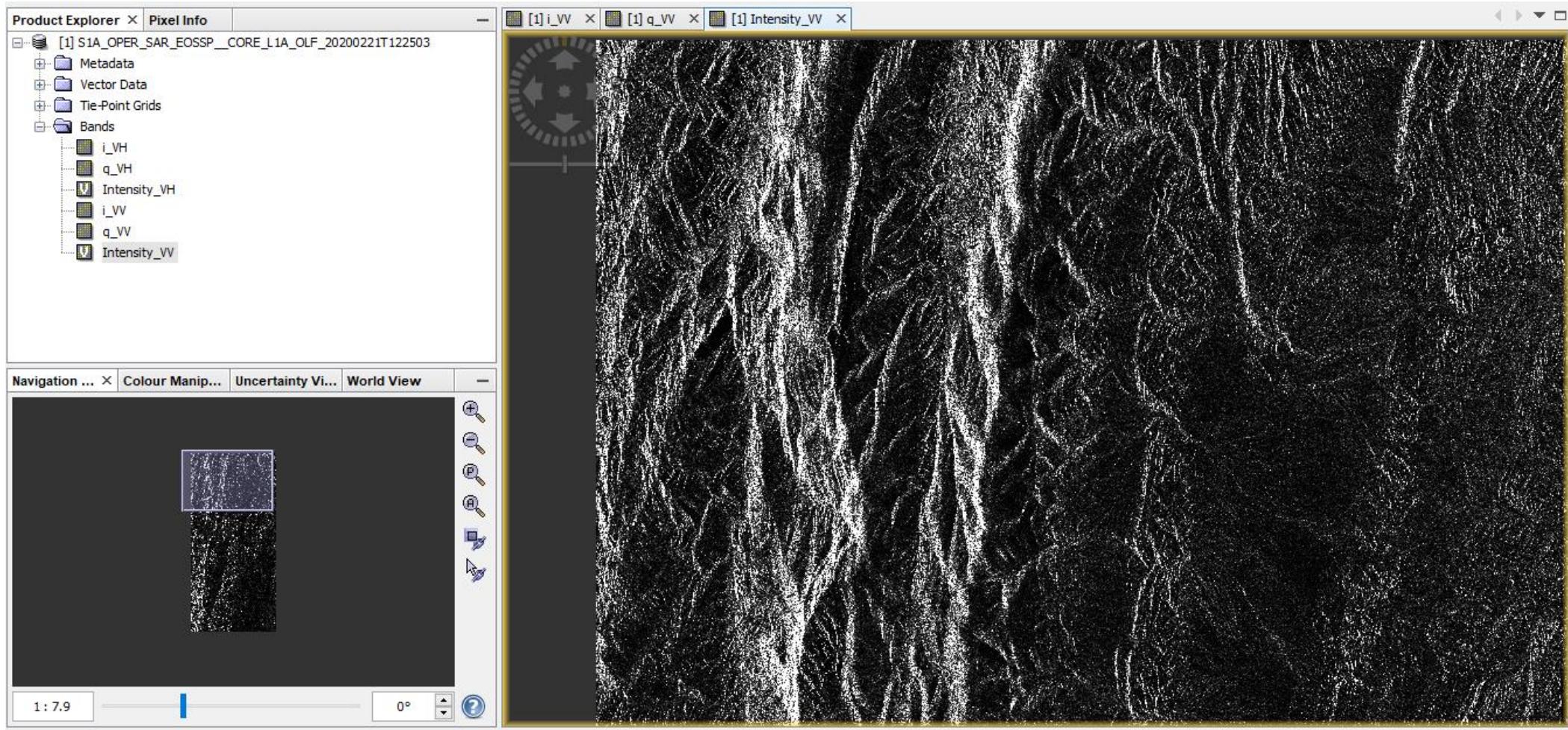
Dato complejo en rango oblicuo.

Radiométricamente calibrada.

Sin correcciones geométricas.

Fuente: Wikipedia y 11

01 - 03 – Niveles L1 – SLC(SAOCOM)



Fuente: 11

¡Muchas gracias!

Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor

sales.sat@veng.com.ar

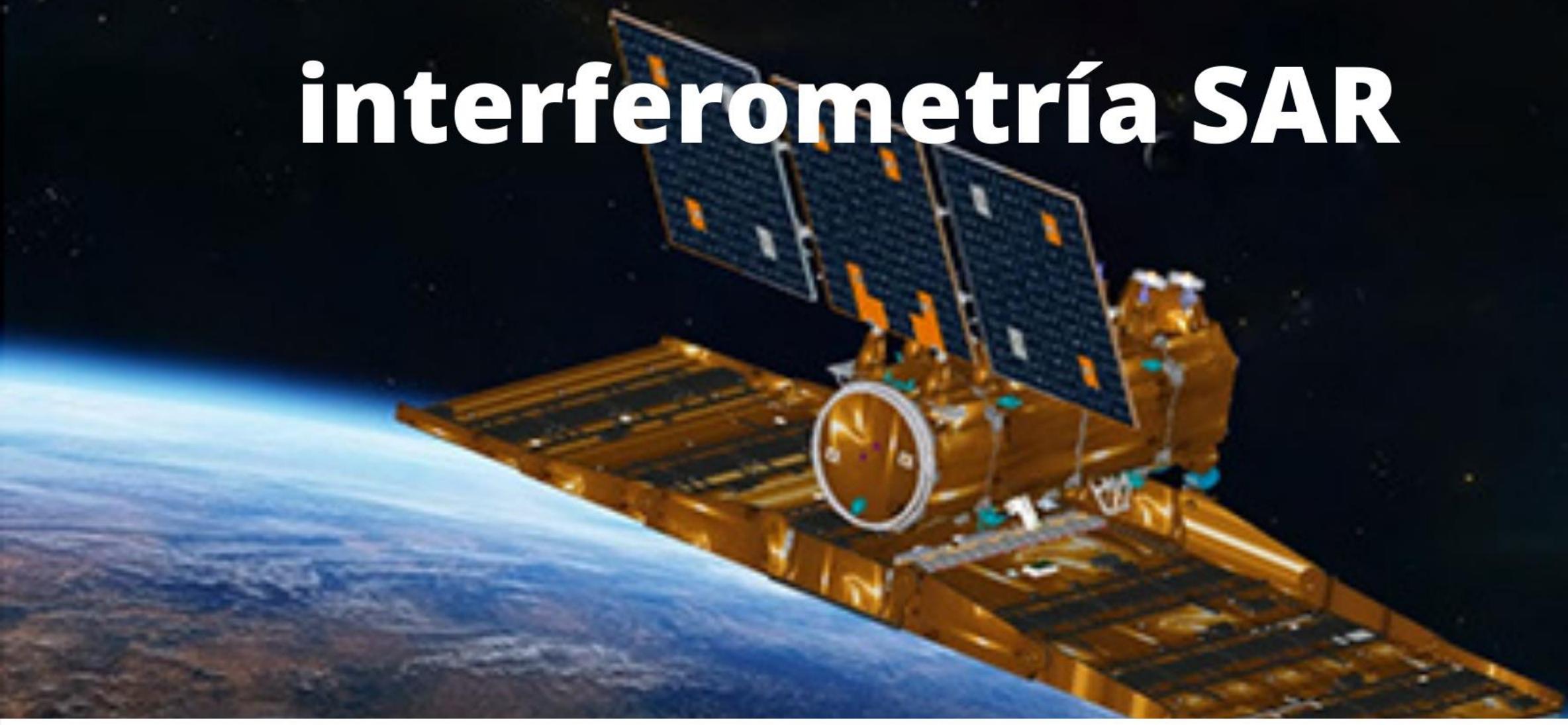
DEMs mediante interferometria SAR



DEM^s mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



DEM^s mediante interferometría SAR



Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



00 - 01 – Sobre el Taller

Organiza: Federación Argentina de Agrimensores

Sponsor: VENG SA

Disertante: Guillermo O'Connor

Año: 2020

Temática: Modelos digitales de elevación mediante Interferometría de imágenes SAR

Cronograma: 3 encuentros de aproximadamente 2 horas

00 - 02 - Bibliografía

- 1) E. Chuvieco. Teledetección Ambiental. Editorial Ariel SA. Sep 2008.
- 2) Franceschetti, G. y R. Lanari (1999). Fundamentals of Synthetic Aperture Radar Processing. pp. CRC Press LLC.Boca Raton (Florida).
- 4) Hanssen, R. (2001). Radar Interferometry. Data Interpretation and Error Analysis. Kluwer Academic Publishers. New York
- 5) C. Fiorentino and M. Virelli, COSMO-SkyMed Mission and Products Description. ASI, 2016.
- 7) I. S. Agency, COSMO SkyMed SAR Products Handbook. ASI,2007.
- 8) SAOCOM - 1. SAR Level – 1 Product Format. Jan 2020
- 9) SAOCOM – 1. Apertura de Imágenes en SNAP. Undefined date

00 - 02 - Más bibliografía y Software

- 10) Pablo Euillades y Leonardo Euillades. Curso: Interferometría de imágenes de radar y sus aplicaciones. Gulich, 2018
- 11) Romina Solorza, Mirko Panizzo Zénere. Curso: Introducción a las Aplicaciones de Radar de Apertura Sintética. Gulich, 2018
- 13) SNAP Forum (<https://forum.step.esa.int/>)
- 14) Wikipedia (<https://es.wikipedia.org/>)

Software

15. SNAP ESA (<http://step.esa.int/main/download/snap-download/>)
16. QGIS (<https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>)

00 – 03 – Imágenes y diseños

Imágenes SAR

18. Sentinel 1 de la ESA (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)
19. SAOCOM de la CONAE de Argentina.® (<https://saocom1a.com.ar/map>)

Paginas de diseño

20. <https://www.notebookcast.com/en/new-board>
21. <https://www.freepik.es/home>
22. <https://www.desmos.com/>
23. Daniel Schmidt-Loebe (<https://www.mathe-fa.de/>)



00 - 02 - Más bibliografía

- 24) Mercedes Salvia. Curso: Introducción a las Aplicaciones de Radar de Apertura Sintética. Gulich, 2018
- 25) S1TBX TOPSAR Interferometry with Sentinel-1 Tutorial_v2
- 26) S1TBX DEM generation with Sentinel-1 IW Tutorial
- 27) First assessment of the interferometric capabilities of SAOCOM-1A: new results over Domuyo Volcano, Neuquén, Argentina. Roa el al, 2020

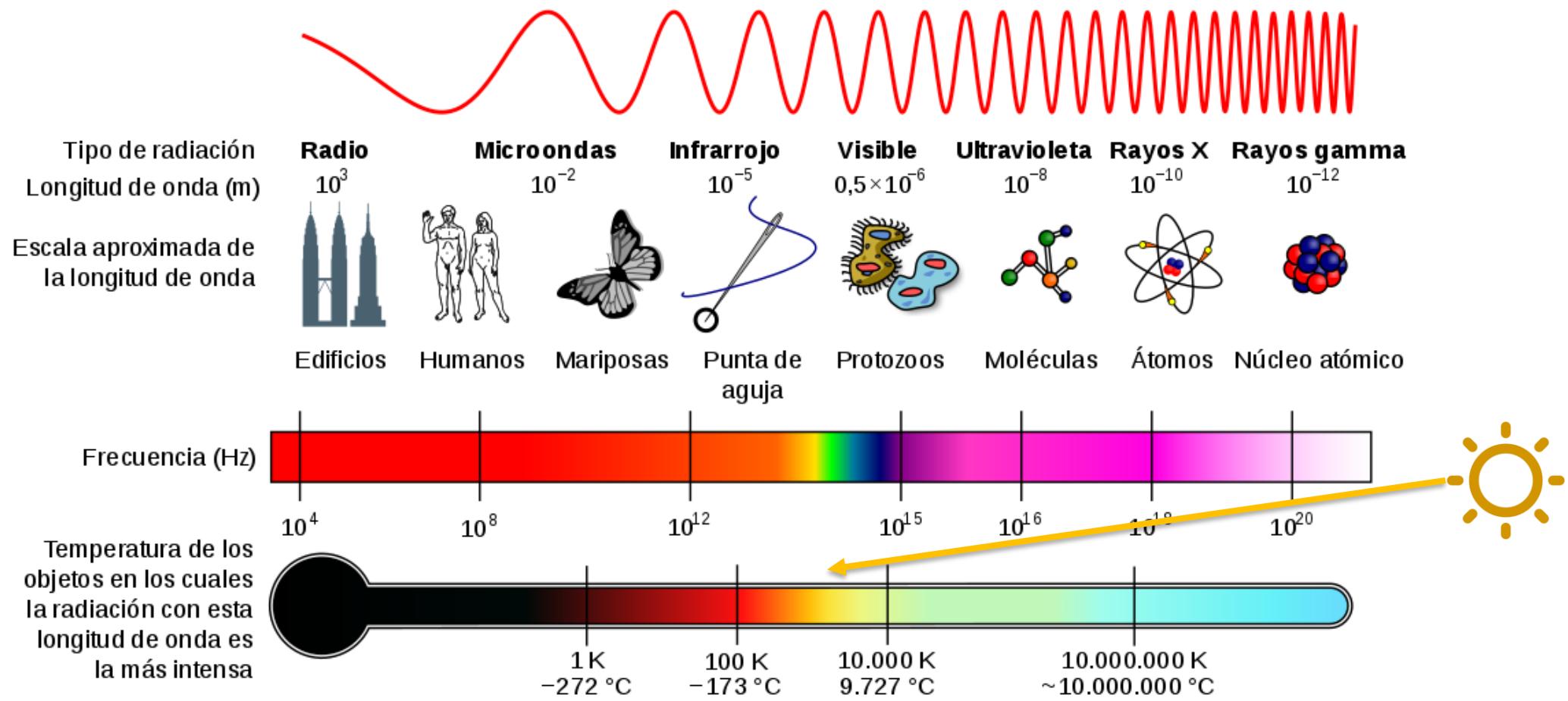
00 - 02 - Colaboraciones

- Santiago Seppi (IG-CONAE/UNC)
- Romina Solorza (SAOCOM/CONAE)

02 - Segundo modulo

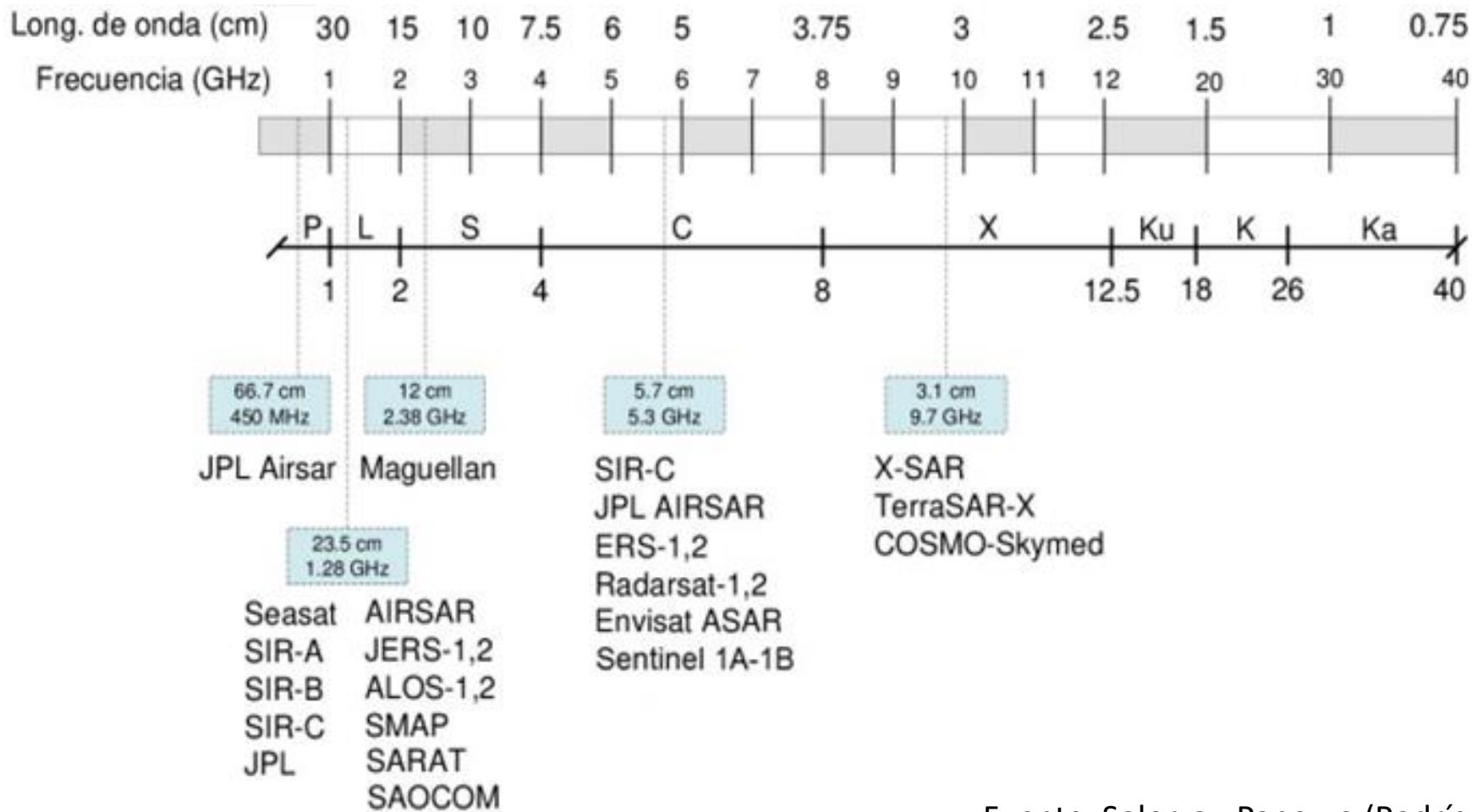
- 1) Interacciones de los objetivos en distintas longitudes de onda
- 2) Misiones satelitales SAR de interés
- 3) La misión SAOCOM y la comercialización de imágenes.

02 - 01 - Longitudes de onda



Fuente: Wikipedia(editada)

02 - 01 - Longitudes de onda radar



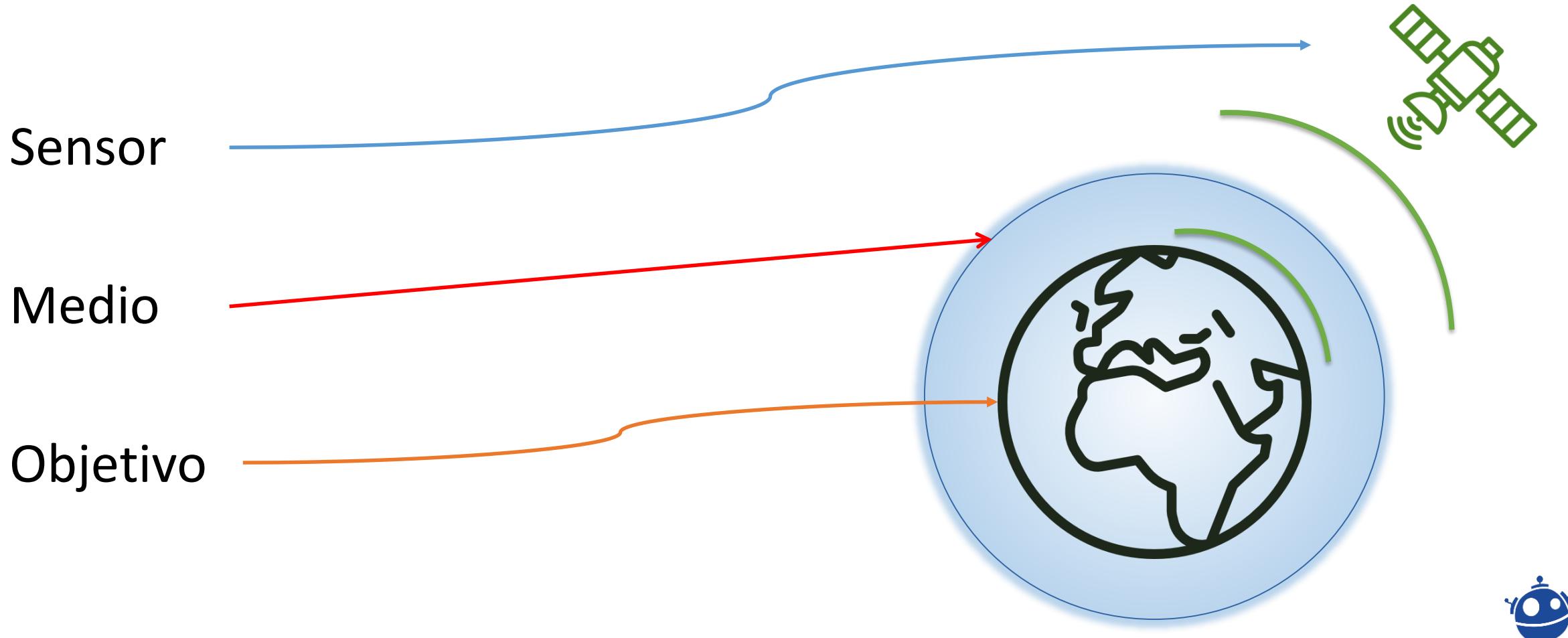
Fuente: Solorza - Panizzo (Rodríguez 2007)(Editado)

02 - 01 – Interacciones de los objetivos en distintas longitudes de onda

- a) Factores propios del sensor
- b) Factores propios del target (u objetivo).
 - a) Propiedades geométricas (tipo de superficie)
 - b) Propiedades dieléctricas (contenido de humedad, salinidad)
- c) Factores ambientales (medio)

Fuente: 11

02 - 01 – Interacciones de los objetivos en distintas longitudes de onda



02 - 01 – Interacciones de los objetivos en distintas longitudes de onda

Factores principales

- Características geométricas (patrón de retrodispersión)
- Contenido de humedad (intensidad)

Fuente: 11

02 - 01 –Interacciones en distintas longitudes de onda



Austrian pine

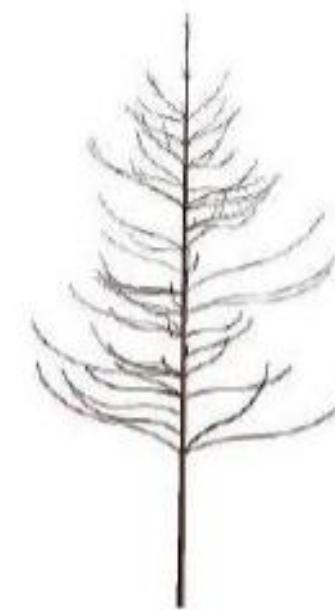
X band
 $\lambda = 3 \text{ cm}$



L band
 $\lambda = 27 \text{ cm}$



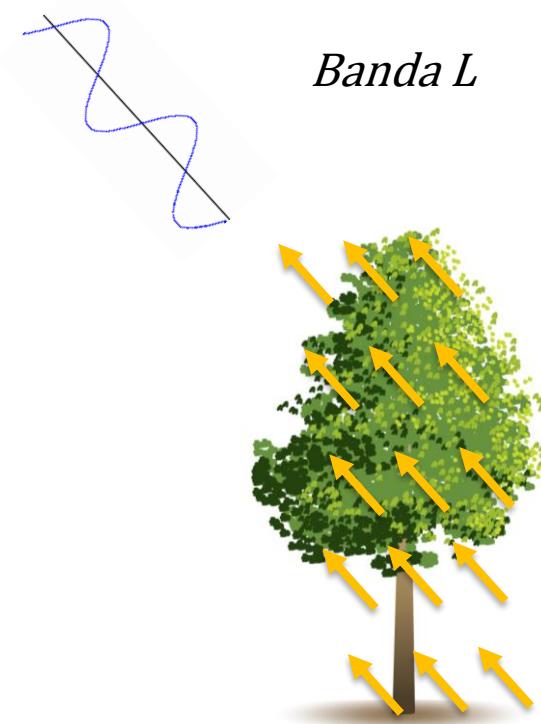
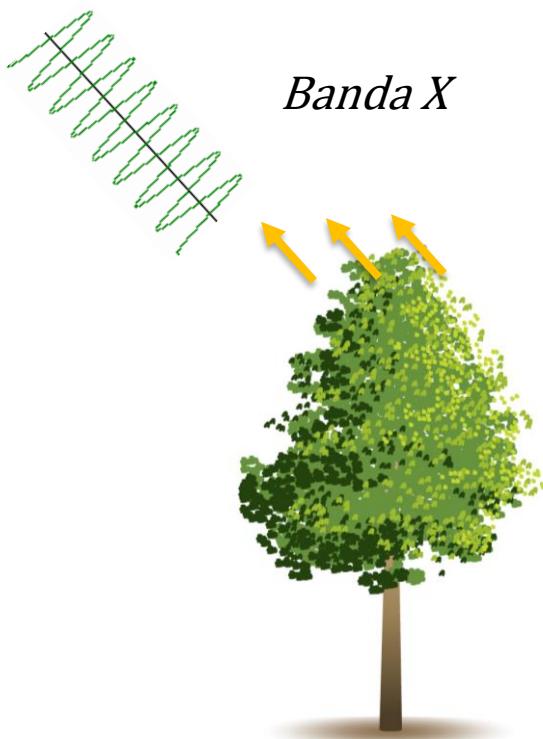
P band
 $\lambda = 70 \text{ cm}$



VHF
 $\lambda > 3 \text{ m}$

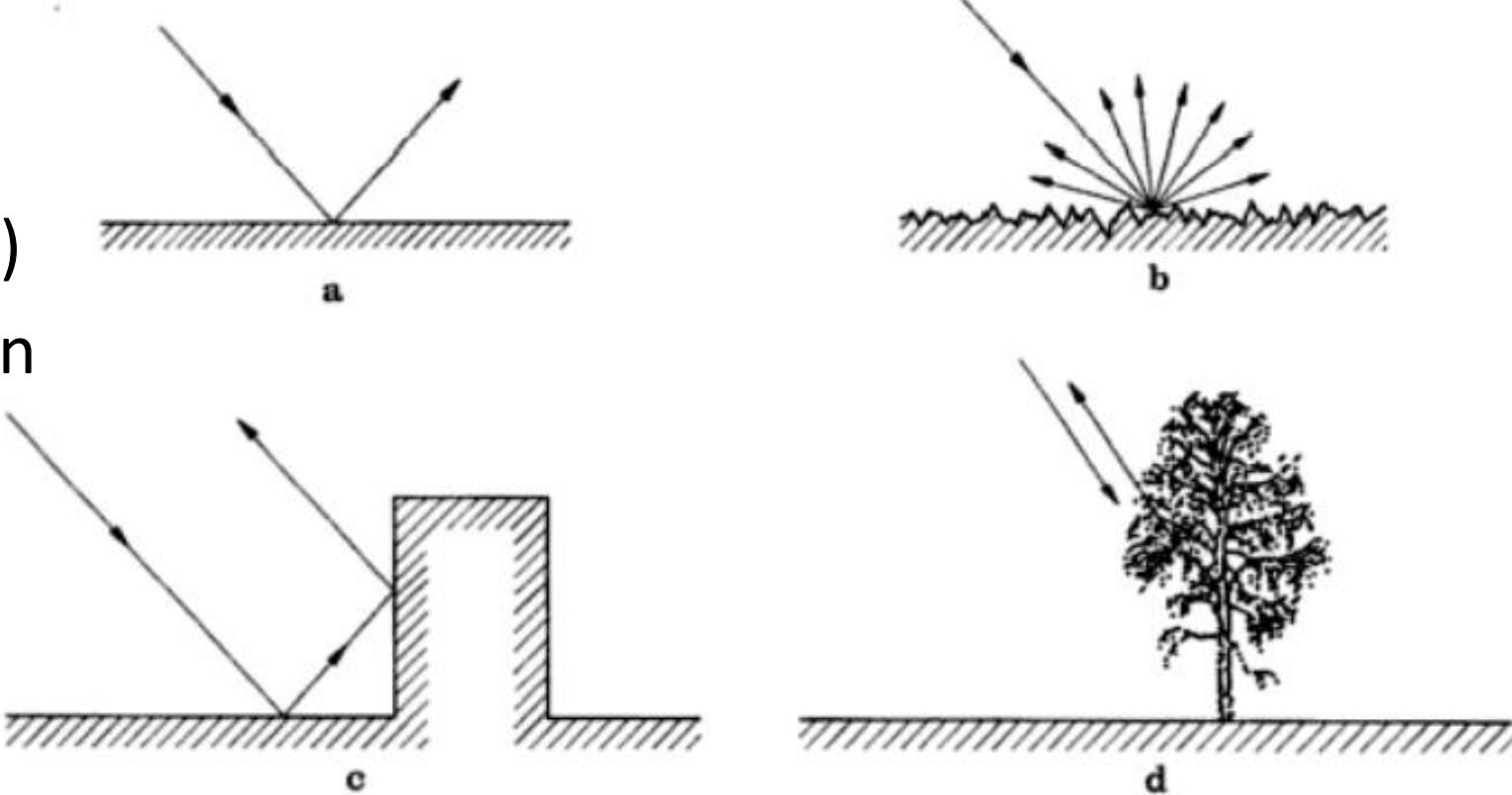
Fuente: 10

02 - 01 – Interacciones en distintas longitudes de onda



02 - 01 – Retrodispersión (tipo de superficie)

- a) Especular(agua)
- b) Difusa(suelo rugoso)
- c) Doble rebote(edificios)
- d) En volumen(vegetación y nieve seca)



Fuente: 11 (Richards and Jia, 2006)

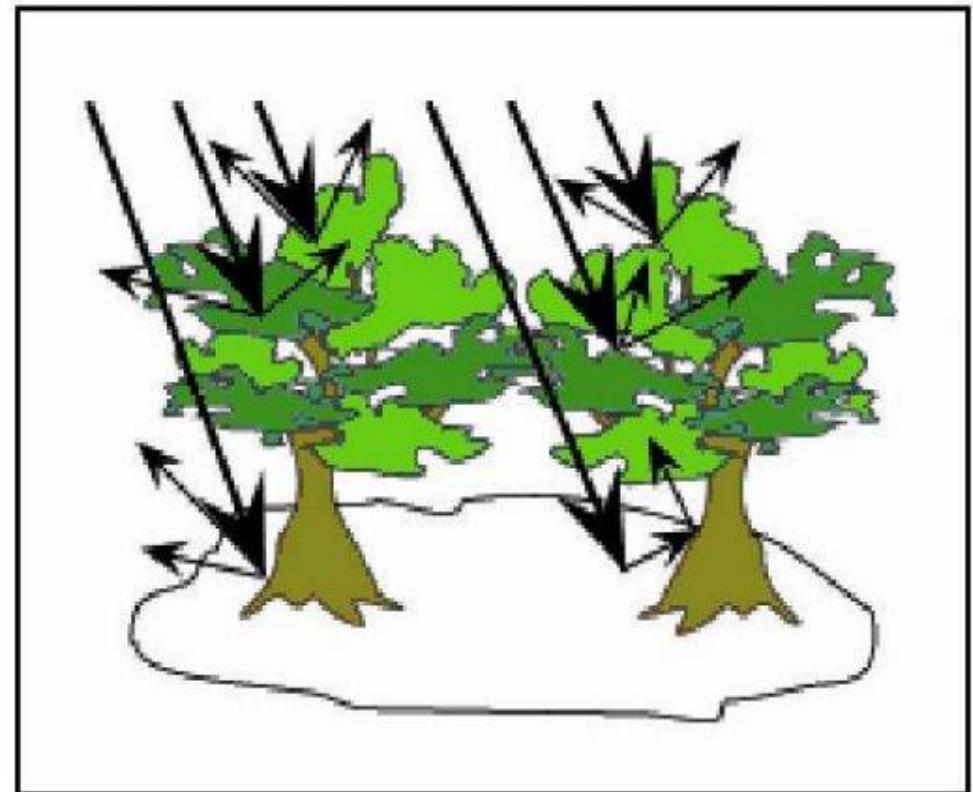
02 - 00 – Retrodispersión en volumen

La señal retro dispersada depende de:

- Densidad del medio
- Geometría de los elementos
- Propiedades dieléctricas

Ejemplos

- Vegetación densa
- Nieve seca



Fuente: 24

02 - 01 - Contenido de humedad

La Constante dieléctrica (ϵ) o *permitividad* describe las propiedades eléctricas de una superficie rugosa.

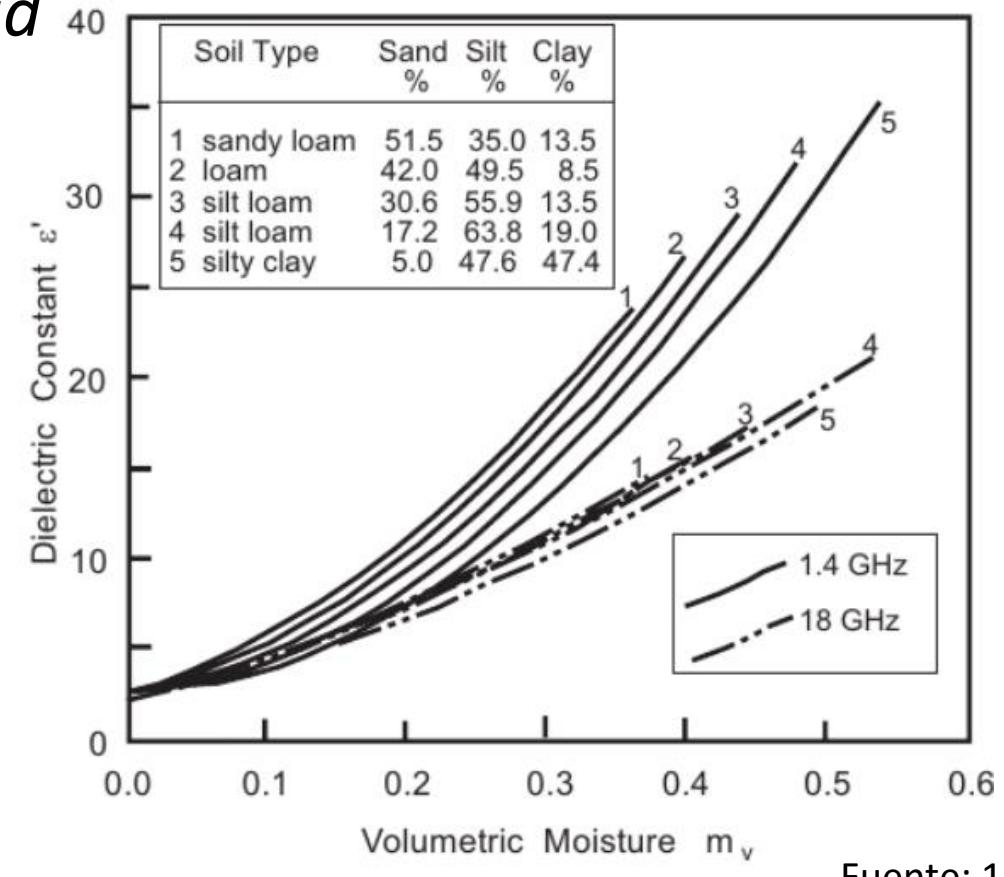
Alta variación según el contenido de humedad.

Ejemplos:

Agua: 80

Suelo húmedo: 24

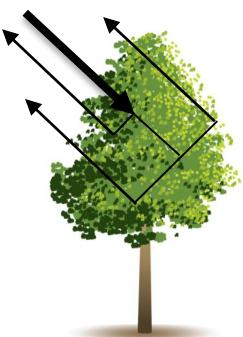
Suelo seco: 6



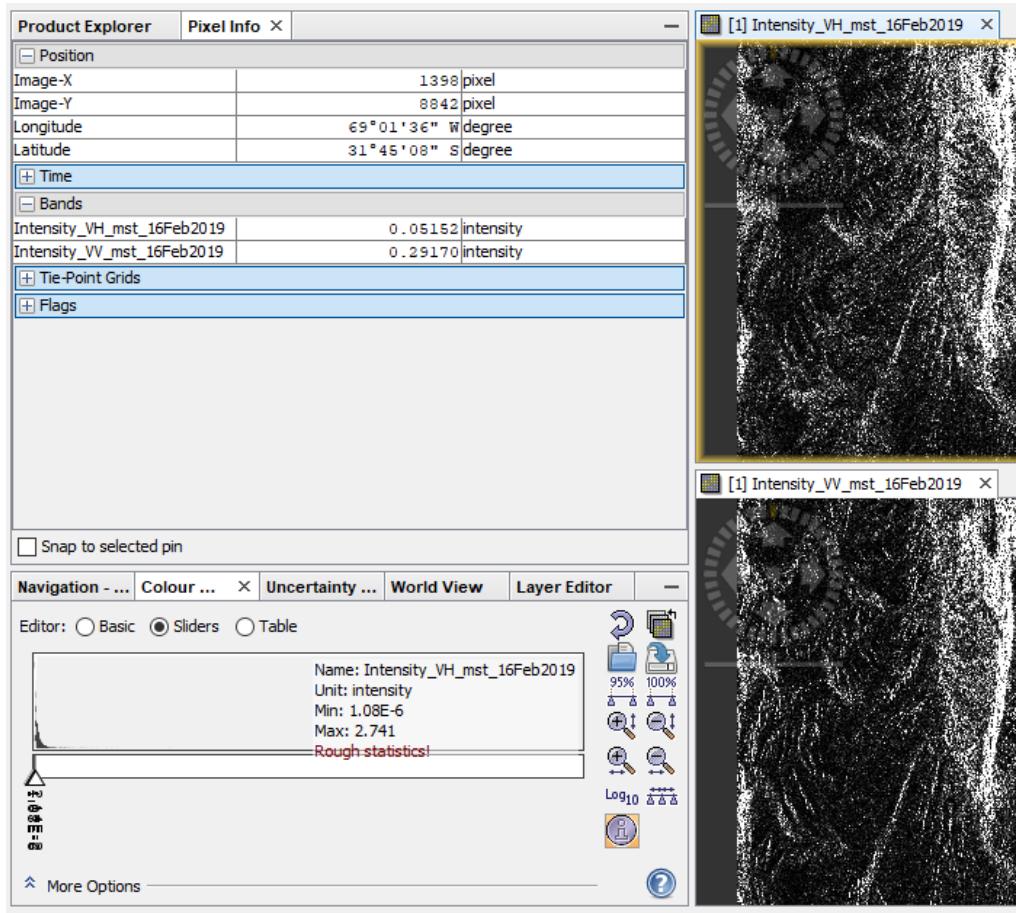
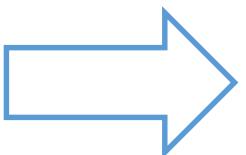
Fuente: 11

02 - 01 - Polarización

a. horizontal

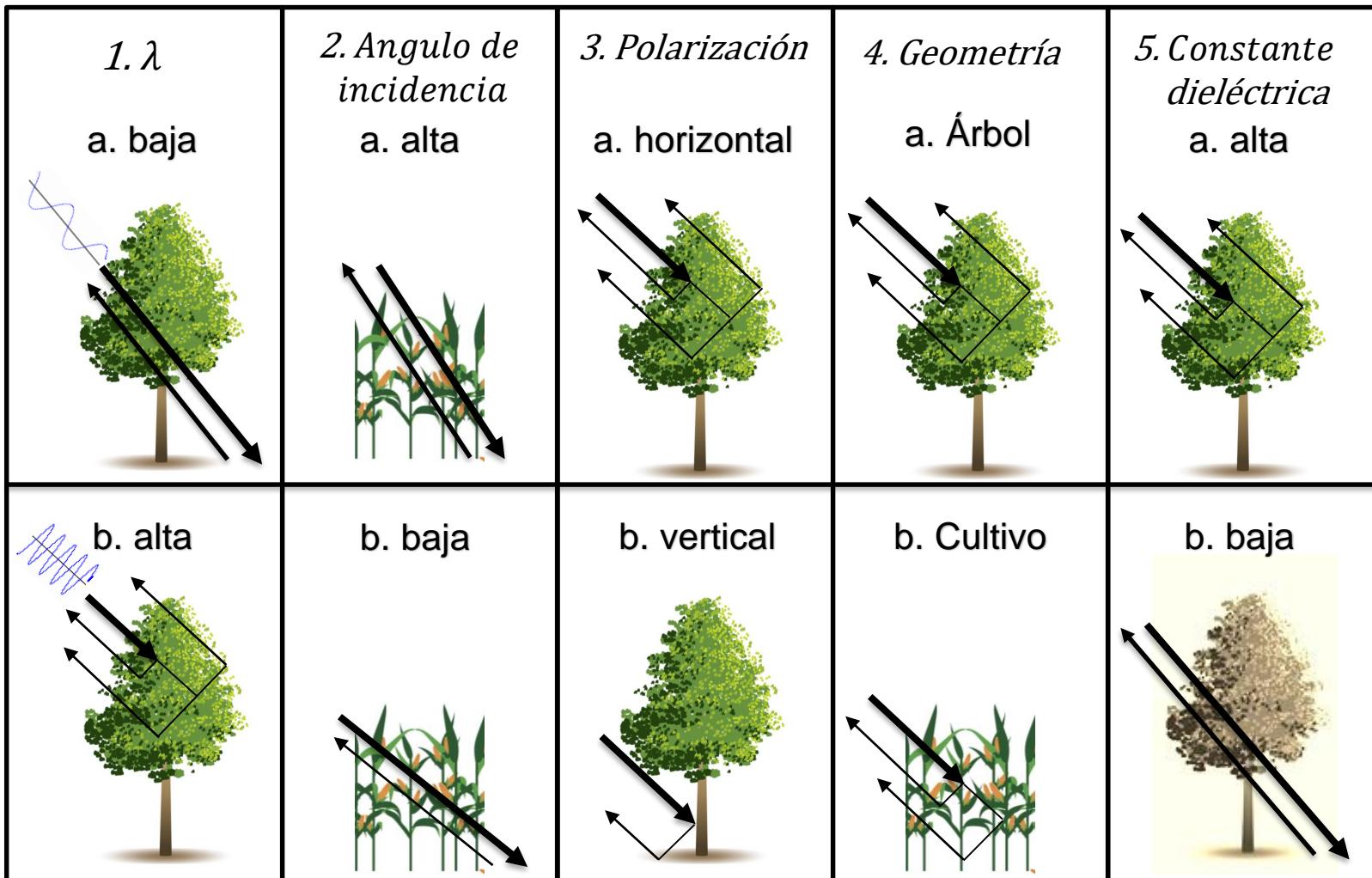


b. vertical



Fuente: 11

02 - 01 – Sumando ...



02 - 01 - ¿Por qué es importante en InSAR?

La interferometría de imágenes de radar de apertura sintética (InSAR) utiliza lo que llamamos par interferométrico:

- Master (primera en el tiempo)
- Slave (posterior en el tiempo)

Fuente: 11

02 - 01 – El par interferométrico

InSAR, master y slave iguales en:

- Banda (λ)
- Modo (Stripmap, ScanSAR, Spotlight, TopSAR,)
- Sub modo (ángulo de incidencia)
- Polarización (VV,VH,HH,HV)
- Orbita y mirada

Cercanas en el tiempo para disminuir....

Cambios en la cobertura (podría cambiar altura mediante DInSAR)

Fuente: 11

02 - 01 – Orbita

Los satélites de observación de la tierra (como los SAR) en general son de órbita baja y pueden adquirir datos en:

- Ascendente
- Descendente

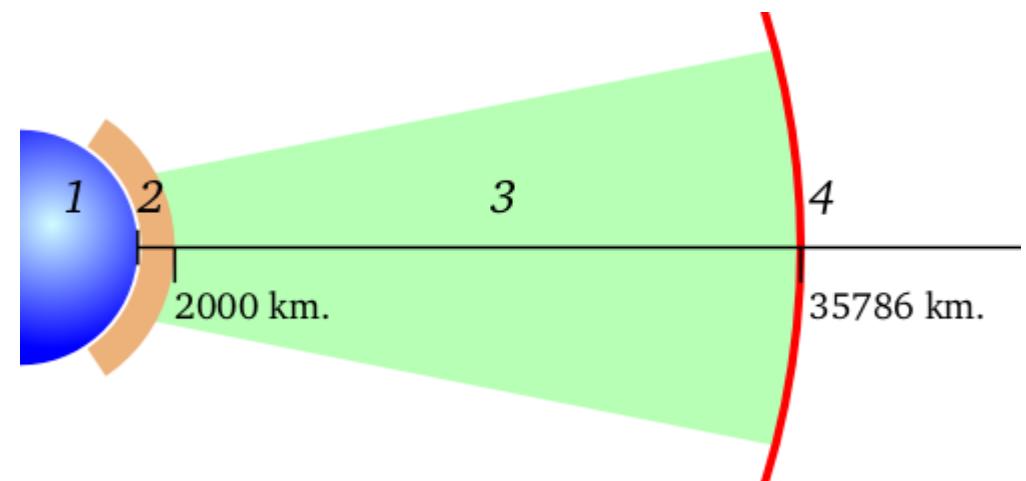


Diagrama de las diferentes regiones de altura que definen el tipo de órbita:
1 : La tierra
2 : Zona de órbitas bajas:
3 : Zona de órbitas medias
4 : Órbita geoestacionaria

Fuente: Wikipedia

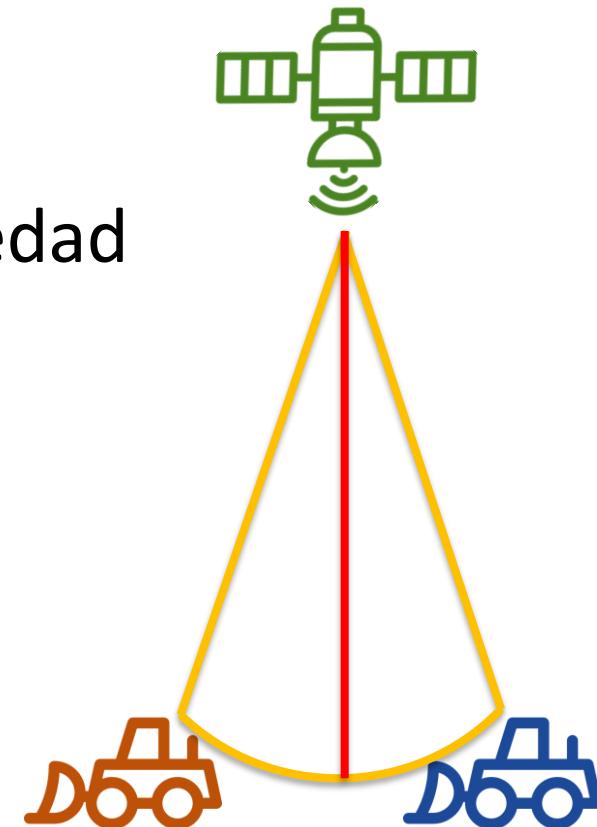
02 - 01 - Mirada

El SAR es de mirada lateral para evitar la ambigüedad derecha-izquierda de objetos ubicados simétricamente a ambos lados del sensor.

Las miradas pueden ser:

- Derecha
- Izquierda

Nota: algunos sensores tiene una mirada preestablecida y utilizan la restante para emergencias.



02 - 01 - DInSAR

DInSAR es la interferometría diferencial de radar de apertura sintética.

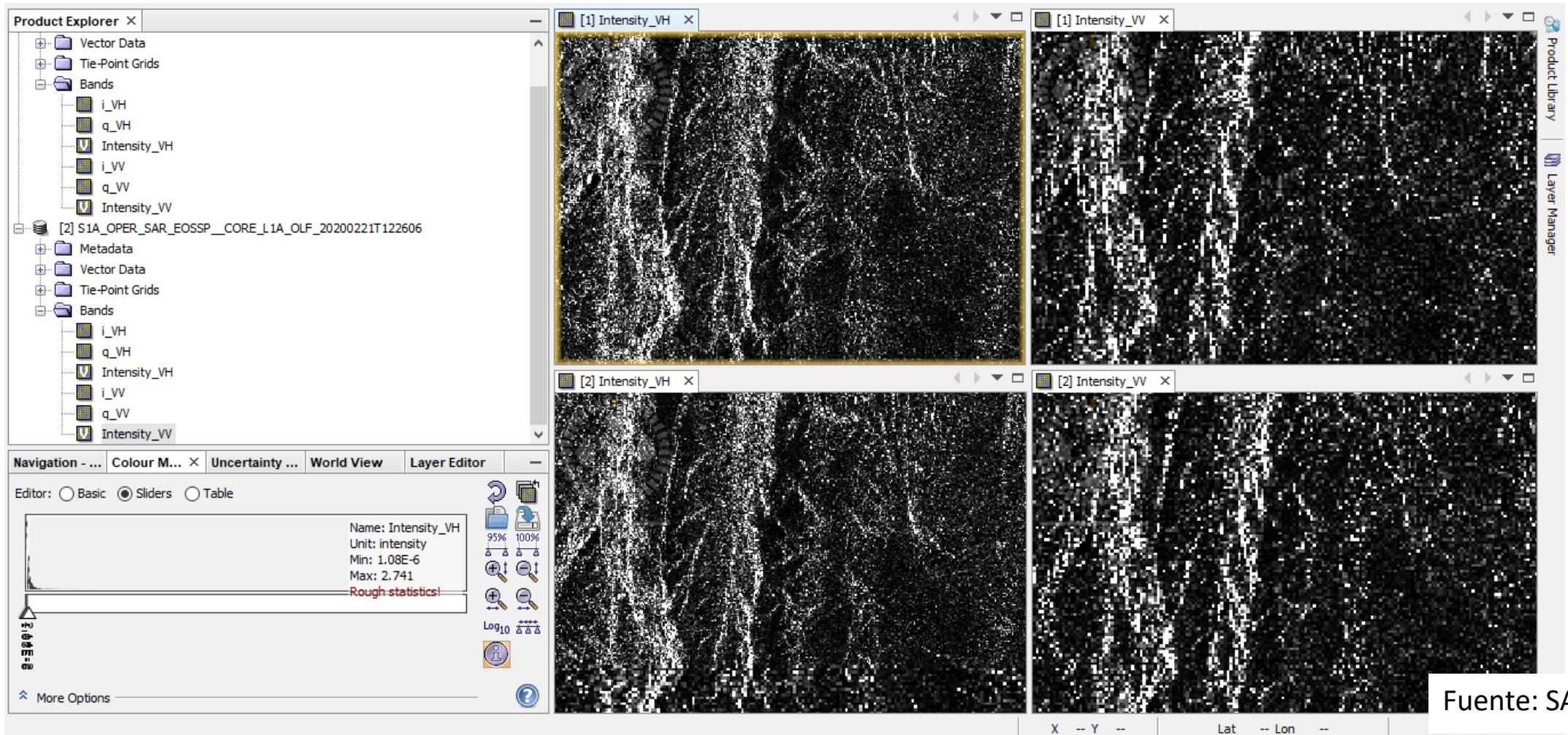
Resta la fase topografía y permite observar variaciones sub centimétricas de la altura de la superficie en la línea de vista del sensor.

En DInSAR al igual que InSAR, master y slave iguales en:

- Banda (λ)
- Modo (Stripmap, ScanSAR, Spotlight, TopSAR,)
- Sub modo (ángulo de incidencia)
- Polarización (VV,VH,HH,HV)
- Orbita y mirada

Fuente: 11

02 - 01 – Par interferométrico SAOCOM



Fuente: SAOCOM

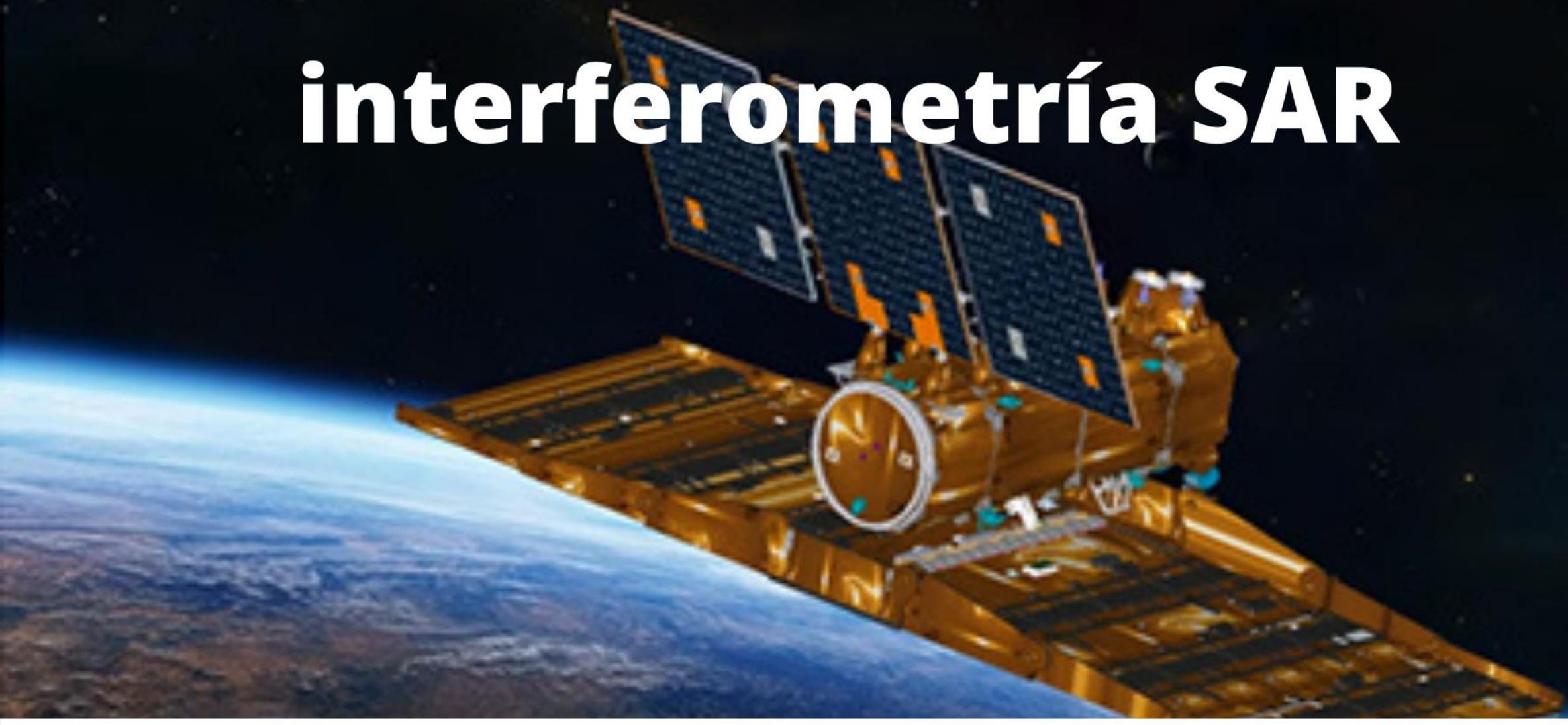
02 - 01 – Características del par interferométrico

InSAR, master y slave iguales en:

- Banda (λ)
- Modo (Stripmap, ScanSAR, Spotlight, TopSAR,)
- Sub modo (ángulo de incidencia)
- Polarización (VV,VH,HH,HV)
- Orbita y mirada

Fuente: 11

DEM^s mediante interferometría SAR



Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



02 - 02 - Misiones satelitales SAR de interés

Banda X - 2.4 a 3.8 cm

- TerraSAR-X
- Cosmo-SkyMed

Banda C - 3.8 a 7.5 cm

- SRTM
- Sentinel 1

Banda L - 15 a 30 cm

- SAOCOM

02 - 02- TerraSAR-X (especificaciones)

Banda: X

Pais: Alemania

Agencia: DLR

Uso principal: Observación de la Tierra (InSAR y DinSAR)

Mejor resolución

Modo: Staring Spotlight

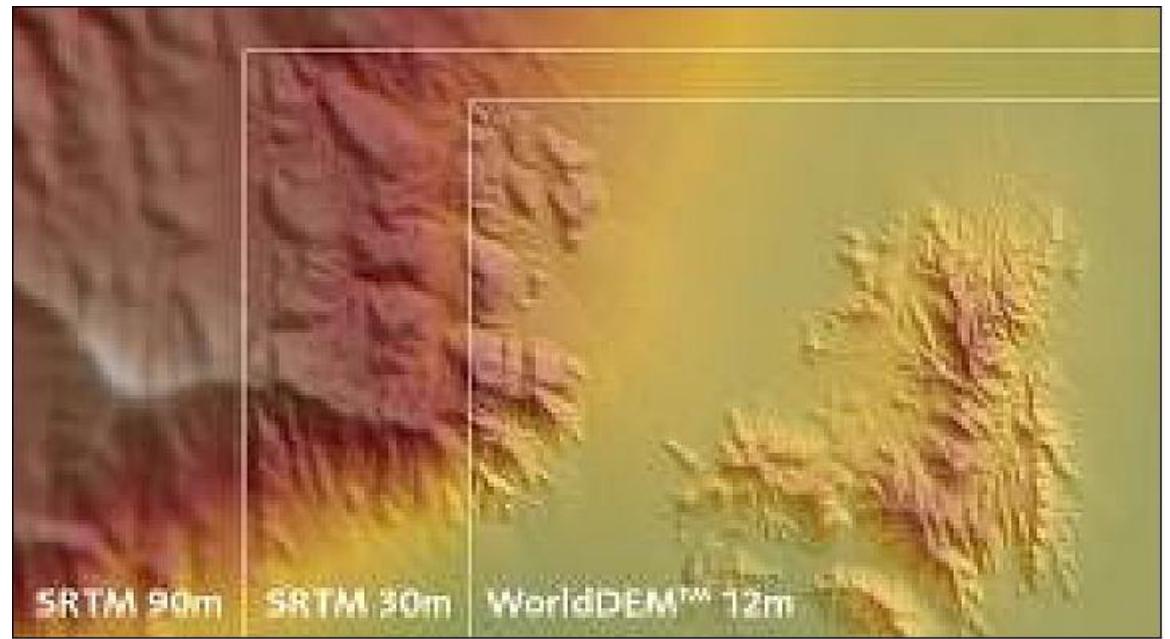
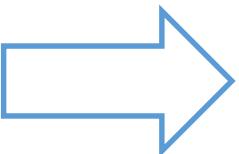
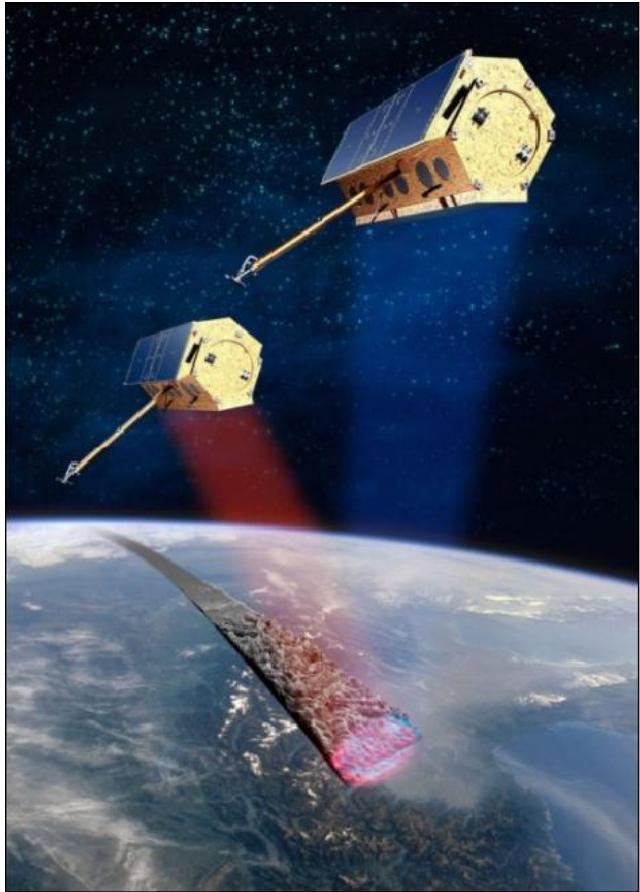
Resolución espacial: sub métrico

Polarización: VV o HH

Cantidad de satélites: 2

Rango ángulos: 20° - 45°

02 - 02- TerraSAR-X (plataforma y productos)



Fuente: ESA

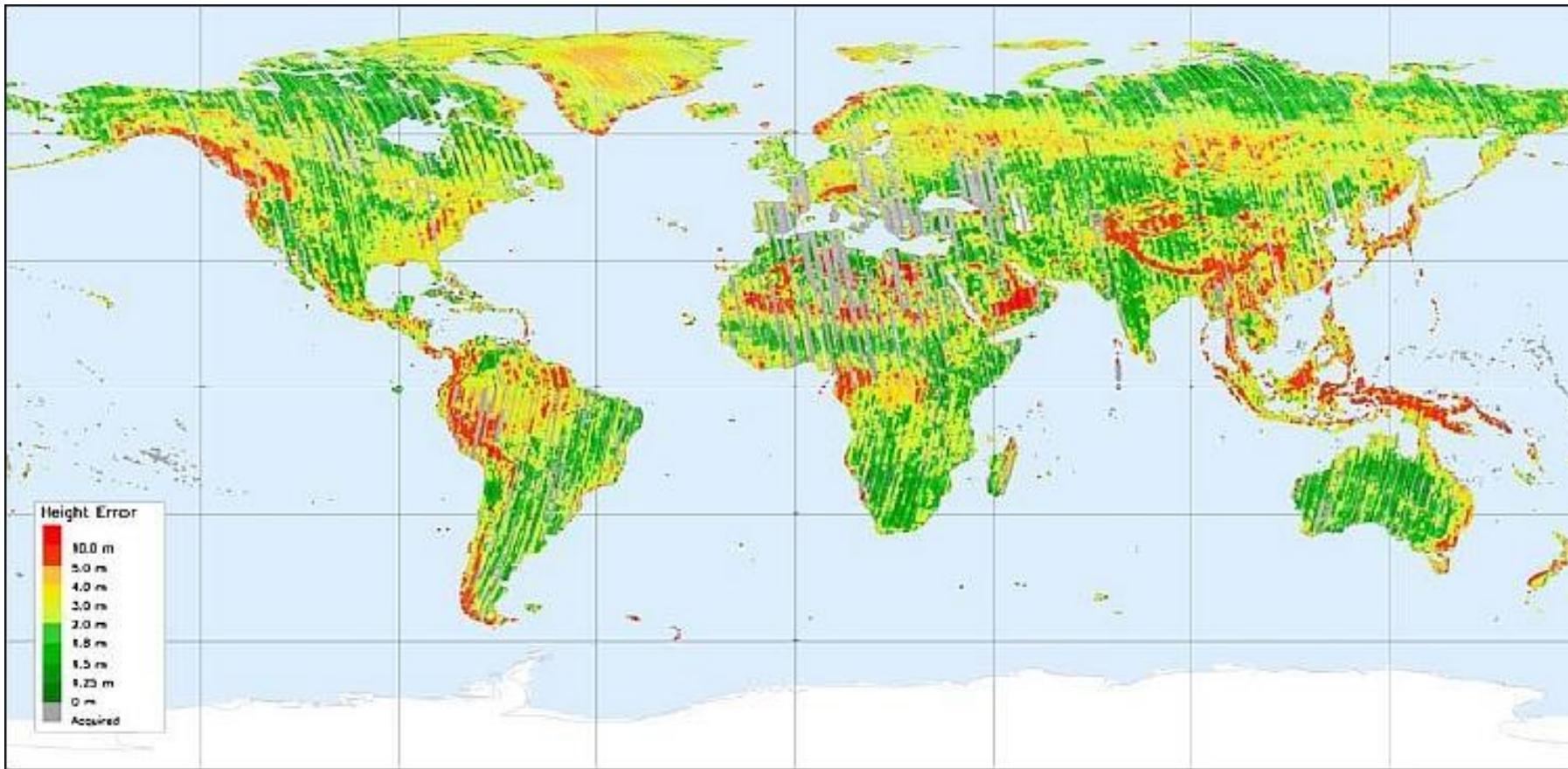
DEM^s mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor

 saocom®

 VENG

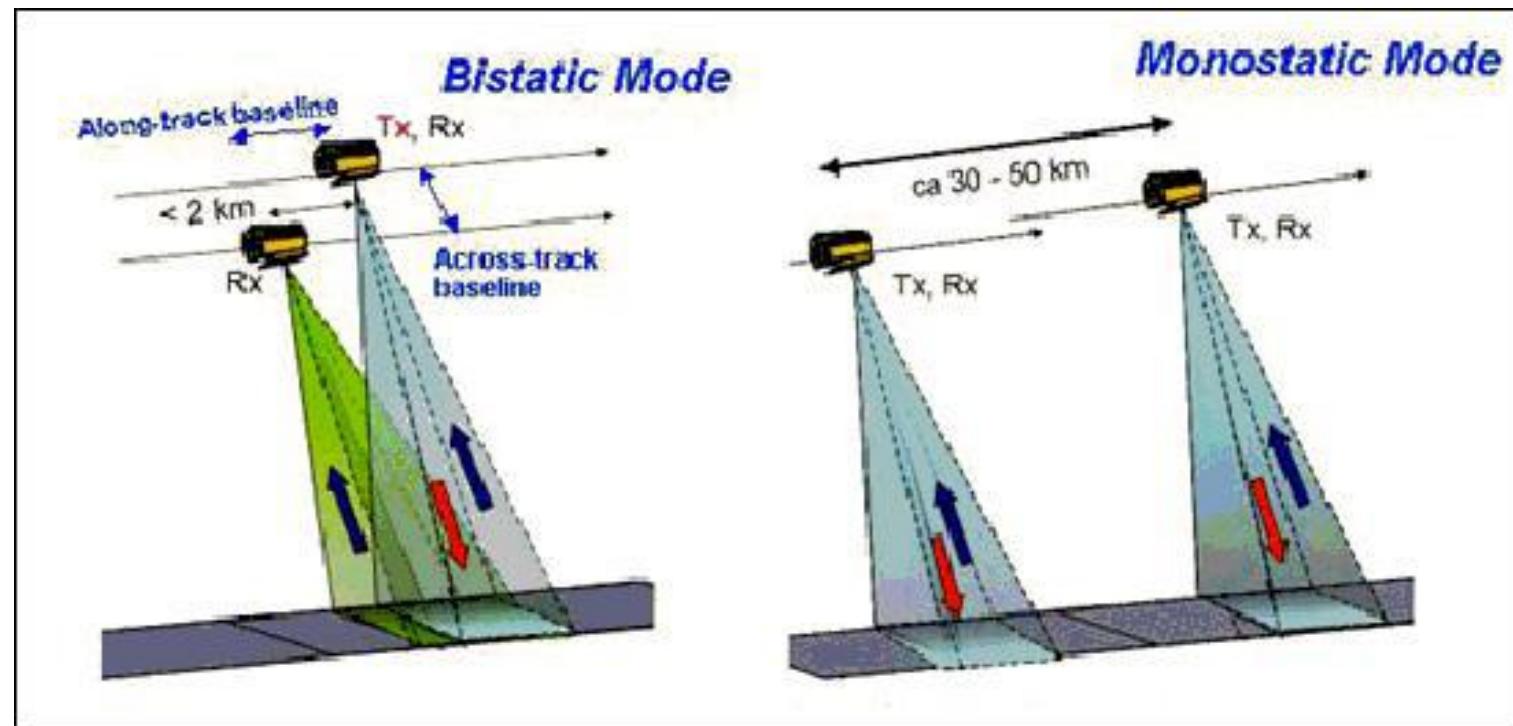


02 - 02- TerraSAR-X (WorldDem)



Fuente: ESA

02 - 02- TerraSAR-X (Tandem-X)



Fuente: ESA

02 - 02- Cosmo-SkyMed (especificaciones)

Cosmo-SkyMed: Constelación de pequeños satélites para la observación de la cuenca mediterránea

Banda: X

Pais: Italia

Agencia: ASI

Uso principal: Emergencia, Riesgo, ciencia, comercial, defensa

Mejor resolución

Modo: Spotlight

Resolución espacial: 1 m

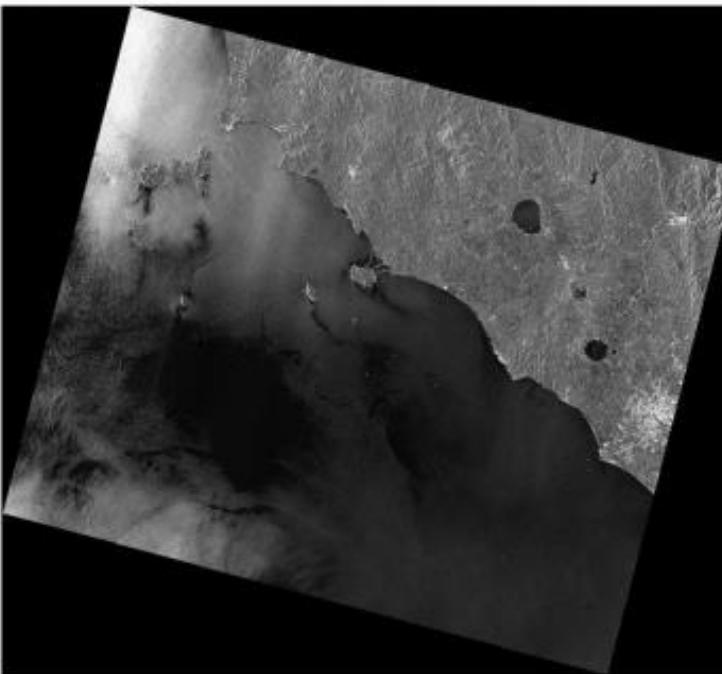
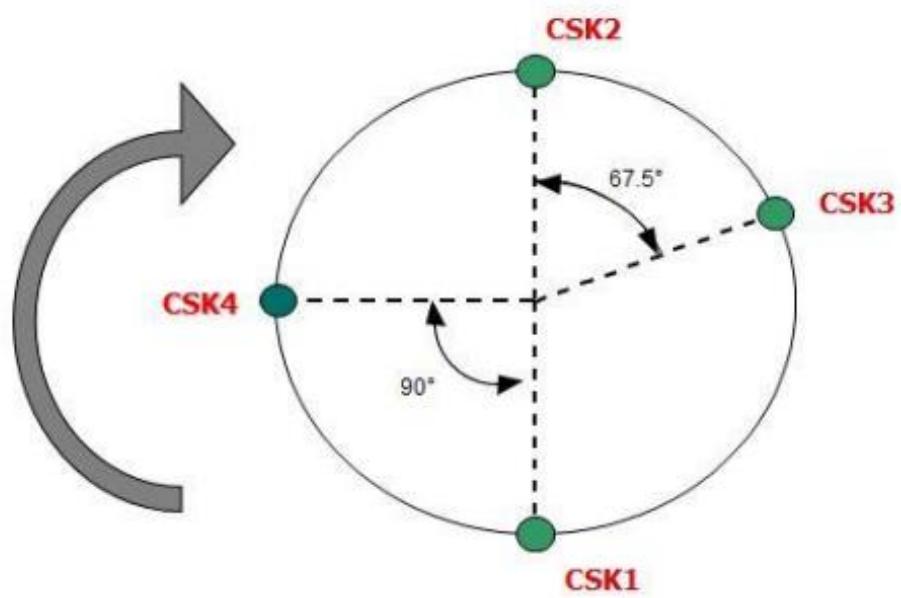
Polarización: HH o VV

Cantidad de satélites: 5

Rango ángulos: 20° - 59,5°

Fuente: 6

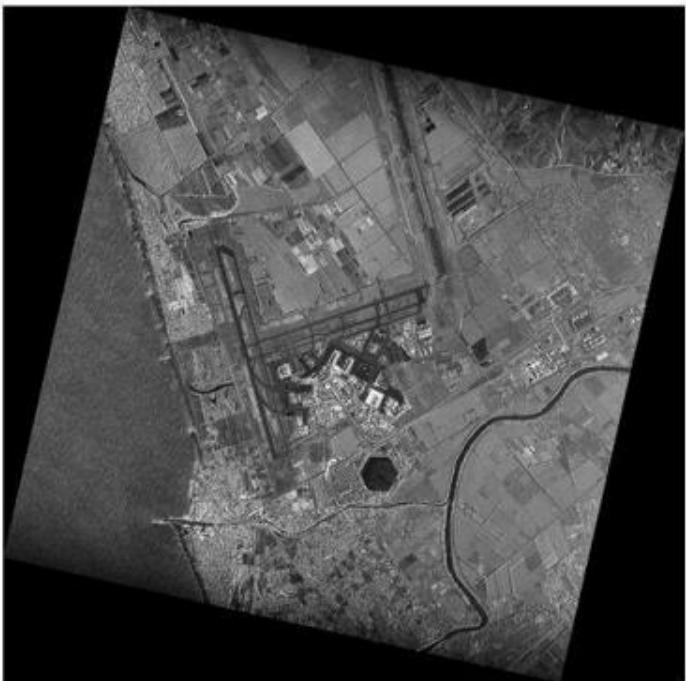
02 - 02- Cosmo-SkyMed (constelación y modos)



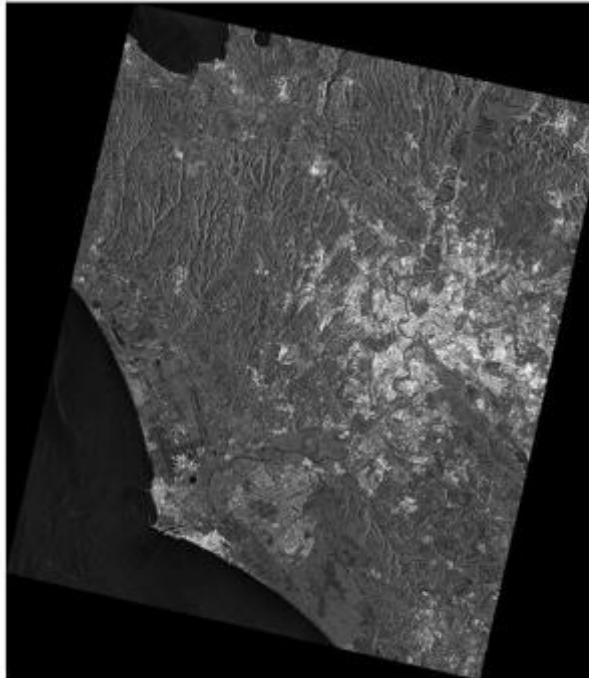
	SCANSAR WIDE	SCANSAR HUGE
Multi-look resolution (m)	30	100
Scene size (Km)	100 x 100	200 x 200
Polarization (T/R)	SINGLE, HH or VV or VH or VV	
Incidence angles (deg)	18.4 – 59.9	

Fuente: 6

02 - 02- Cosmo-SkyMed (modos)



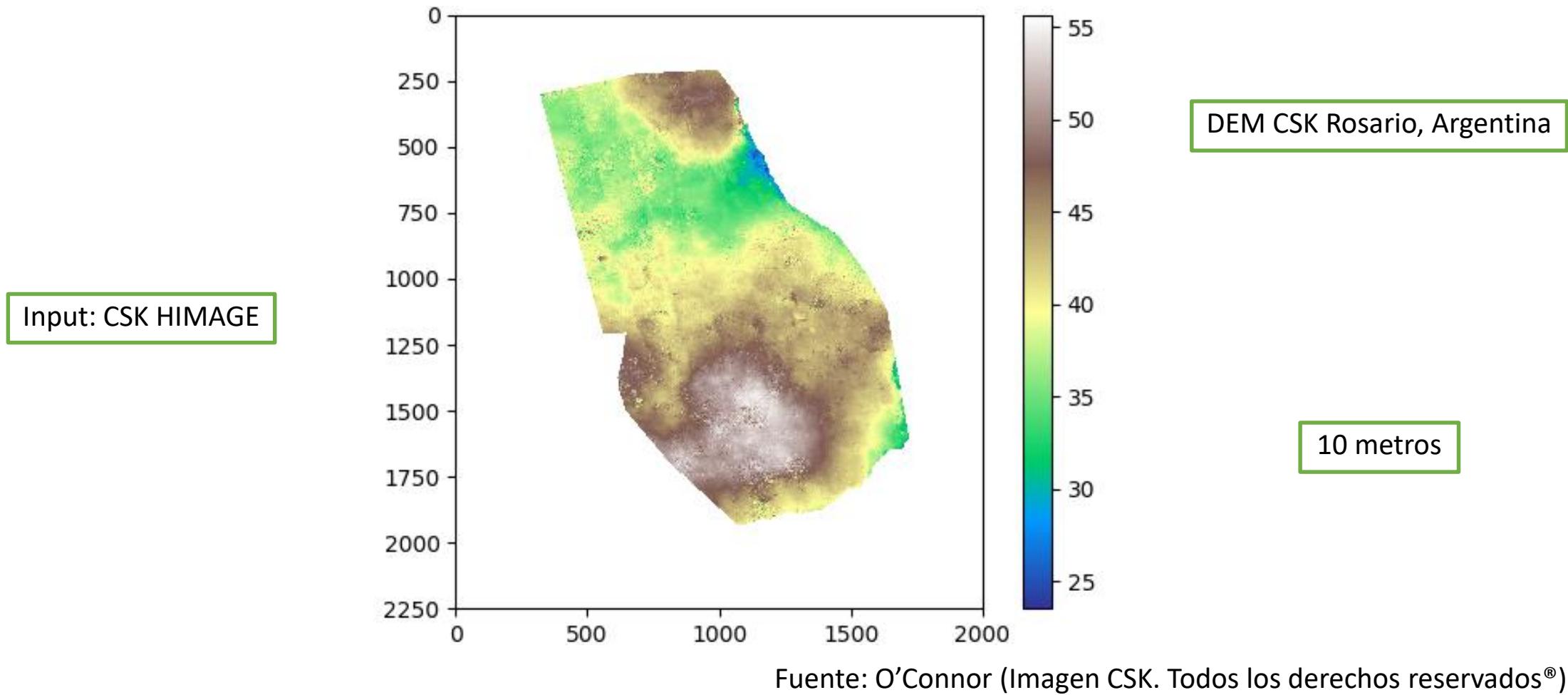
SPOTLIGHT	
Resolution (m)	1
Scene size (Km)	10 x 10
Polarization (T/R)	SINGLE, HH or VV
Incidence angles (deg)	20.0 – 59.5



	STRIPMAP HIMAGE	STRIPMAP PING PONG
Multi-look resolution (m)	5	20
Scene size (Km)	40 x 40	30 x 30
Polarization (T/R)	SINGLE, HH or VV or VH or VV	ALTERNATING, HH/VV or HH/HV or VV/VH
Incidence angles (deg)	18.0 – 59.8	18.86 – 59.49

Fuente: 6

02 - 02- Cosmo-SkyMed (productos)



02 - 02- SRTM (especificaciones)

SRTM: Misión Topográfica Shuttle Radar

Banda: X y C

Pais: EEUU

Agencia: NASA,NSA

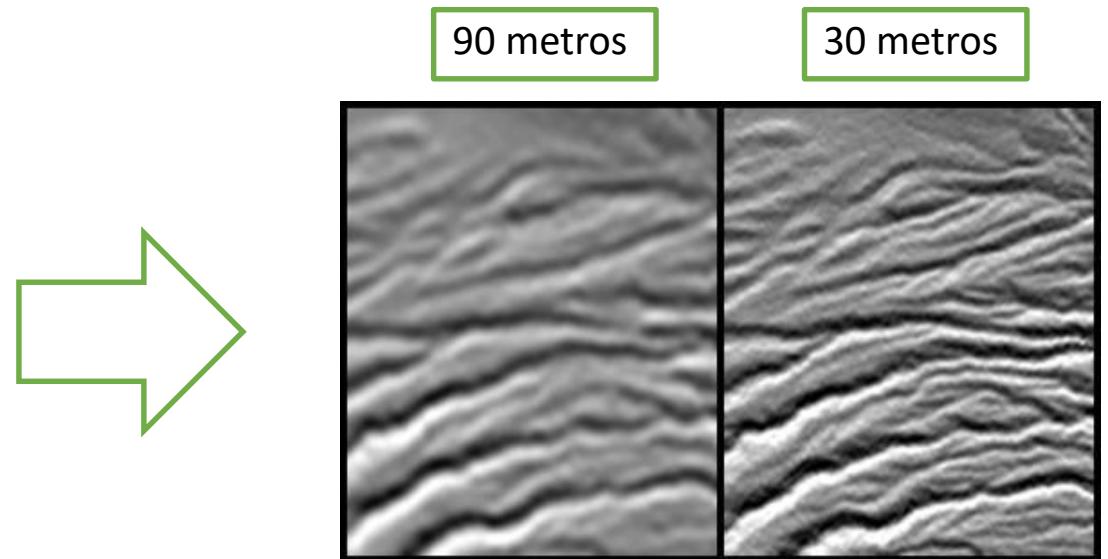
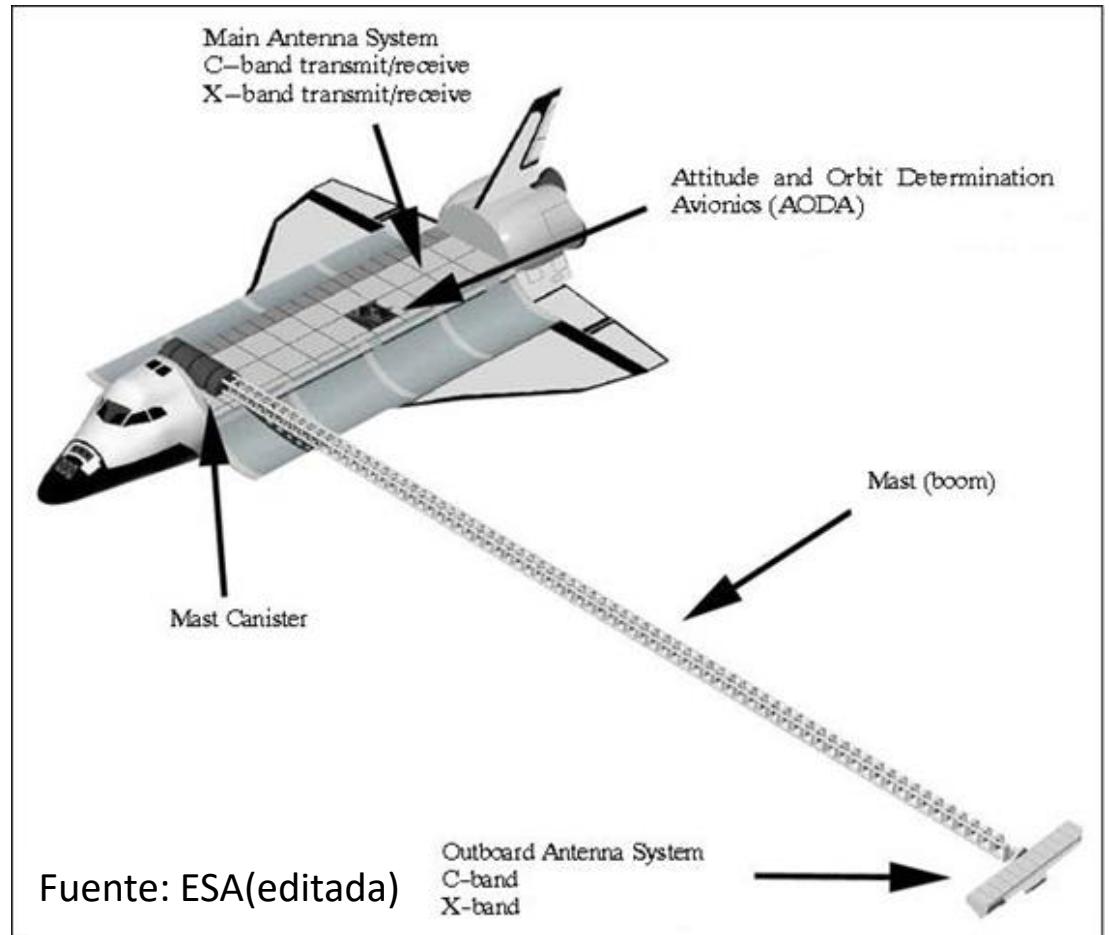
Uso principal: topográfico

Plataforma: transbordador espacial

Mejor resolución: 30 metros

Importancia: DEM entre latitud 60°Norte y 56° Sur de todo el globo

02 - 02- SRTM (Plataforma y productos)



Fuente: JPL-NASA

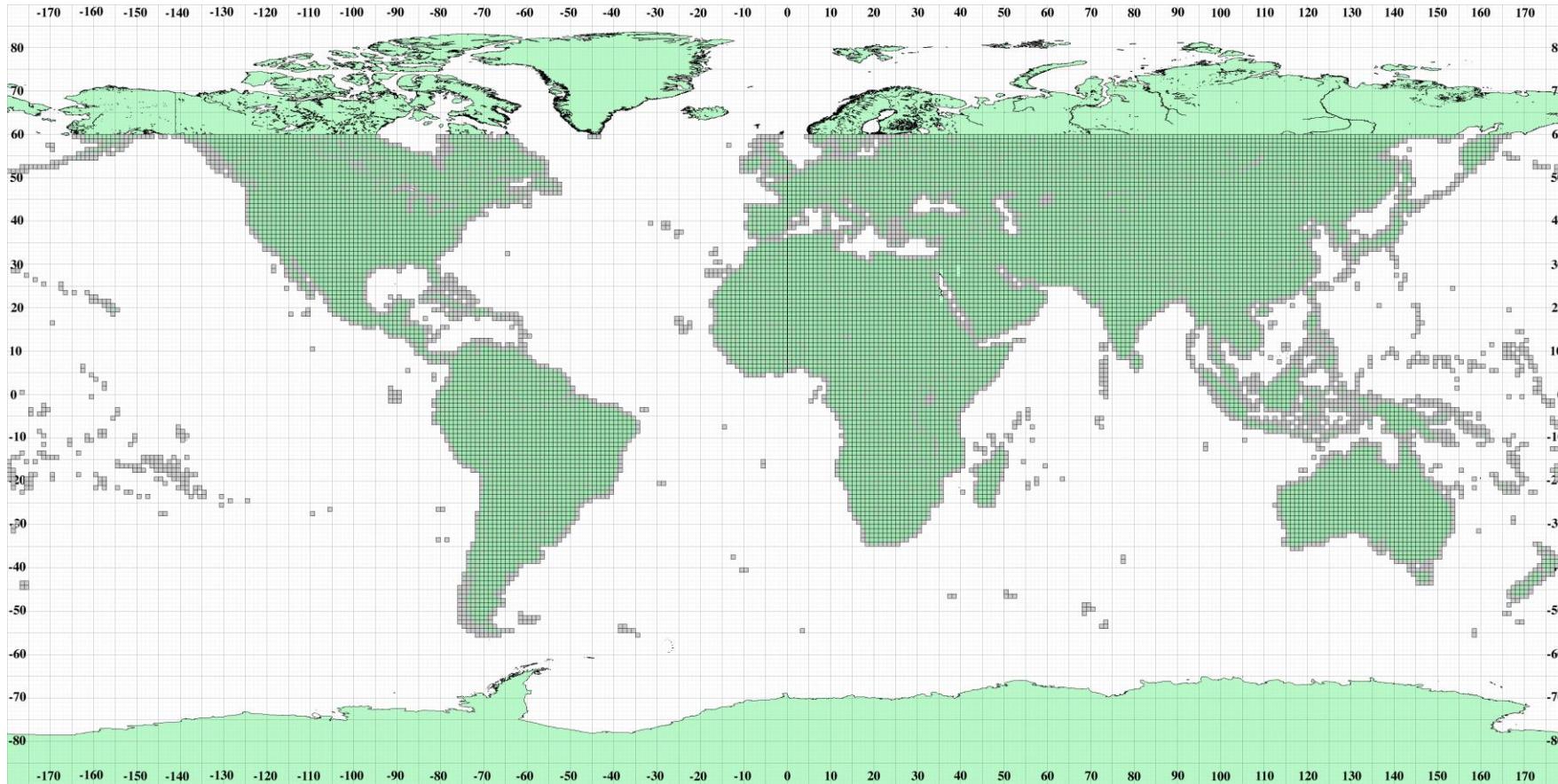
DEM^s mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor

 saocom®

 VENG



02 - 02- SRTM (cobertura)



Fuente: JPL-NASA

02 - 02- Sentinel 1 (especificaciones)

Sentinel 1: Parte del Programa Copérnico

Banda: C

Países: Unión Europea

Agencia: ESA

Uso principal: vigilancia del tráfico marítimo, hielo marino, los derrames de petróleo, los terremotos y deslizamientos (capacidad operativa INSAR)

Mejor resolución

Modo: Stripmap (IW)

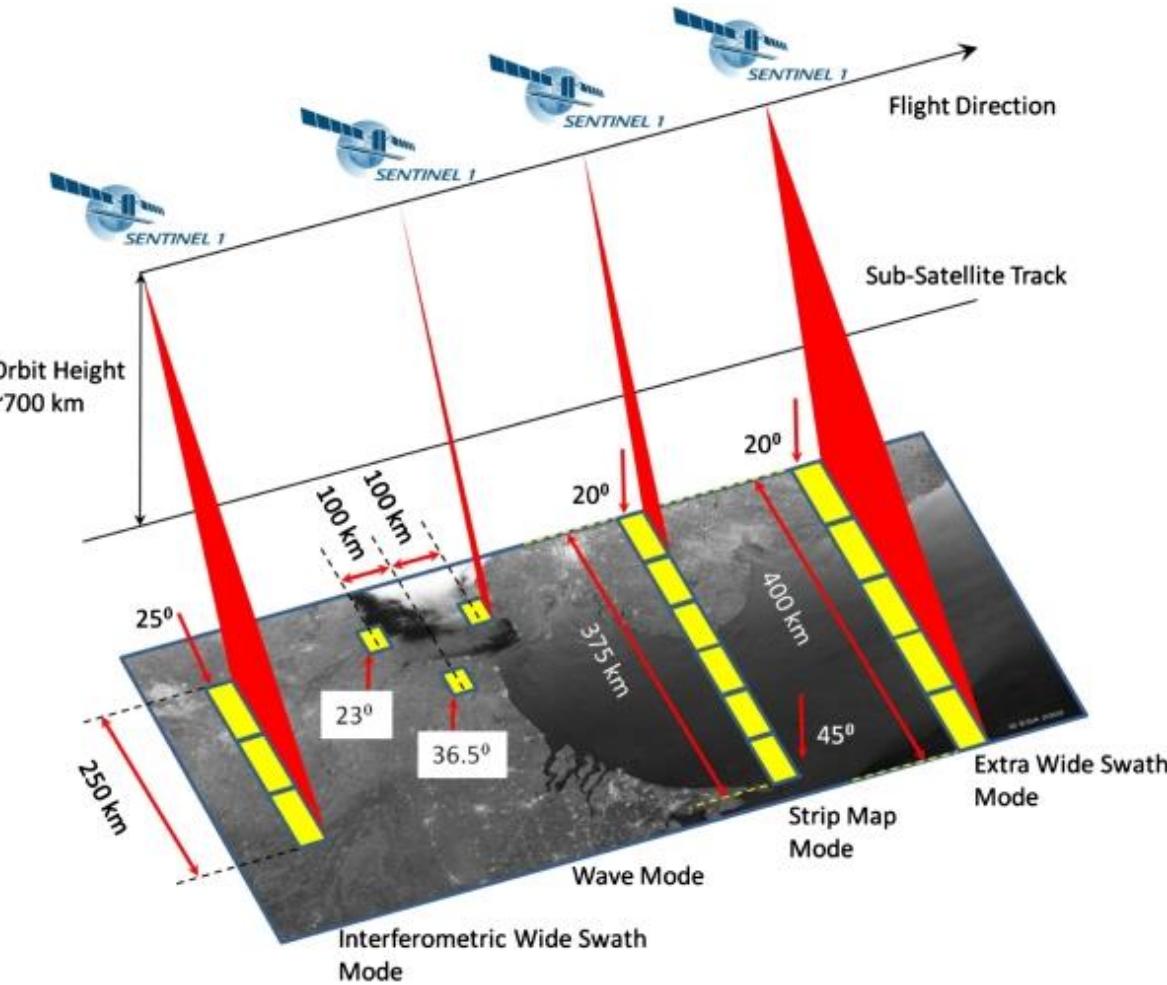
Resolución espacial: 5 m (20 m)

Polarización: HH+HV, VH+VV, HH, VV

Cantidad de satélites: 2

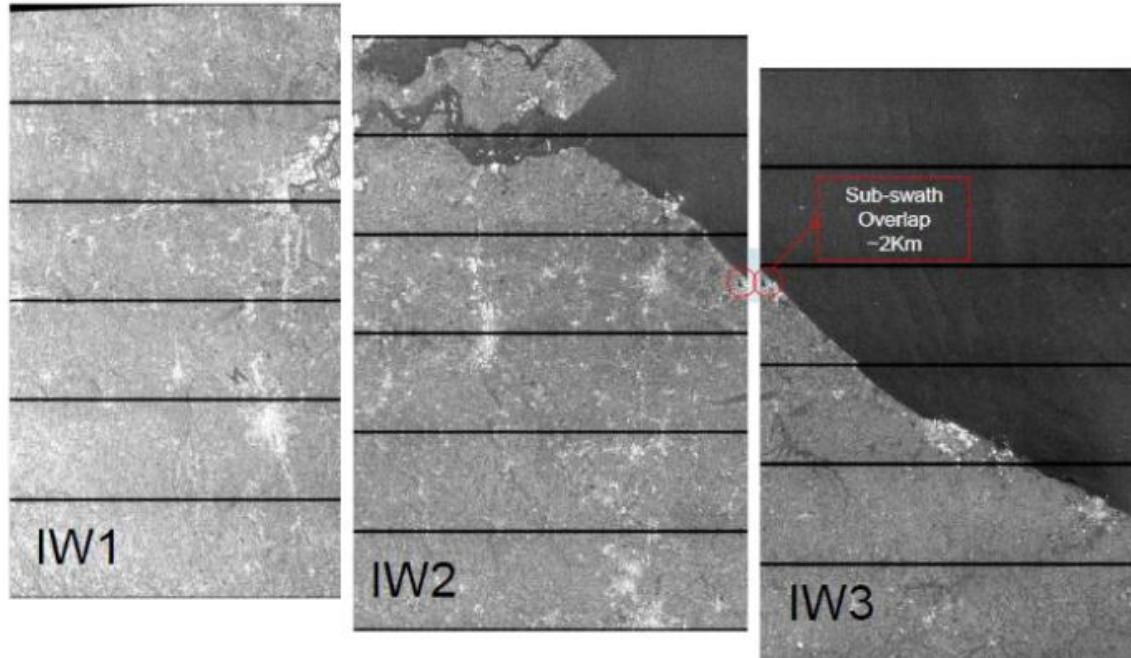
Rango ángulos: 18,3° - 46,8°

02 - 02- Sentinel 1 (Modos)

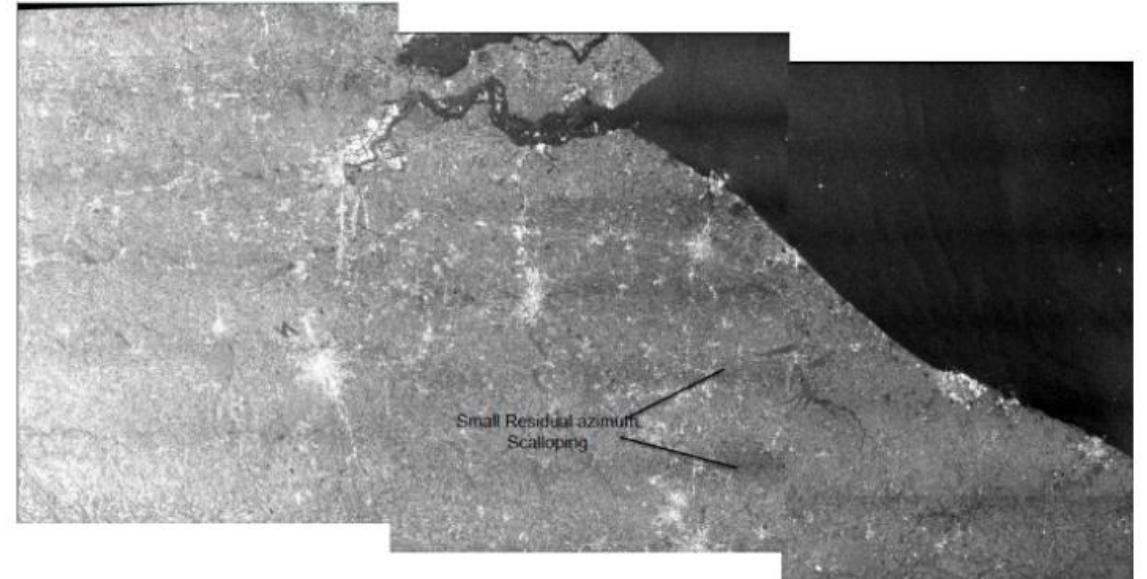


Fuente: ESA

02 - 02- Sentinel 1 (IW)



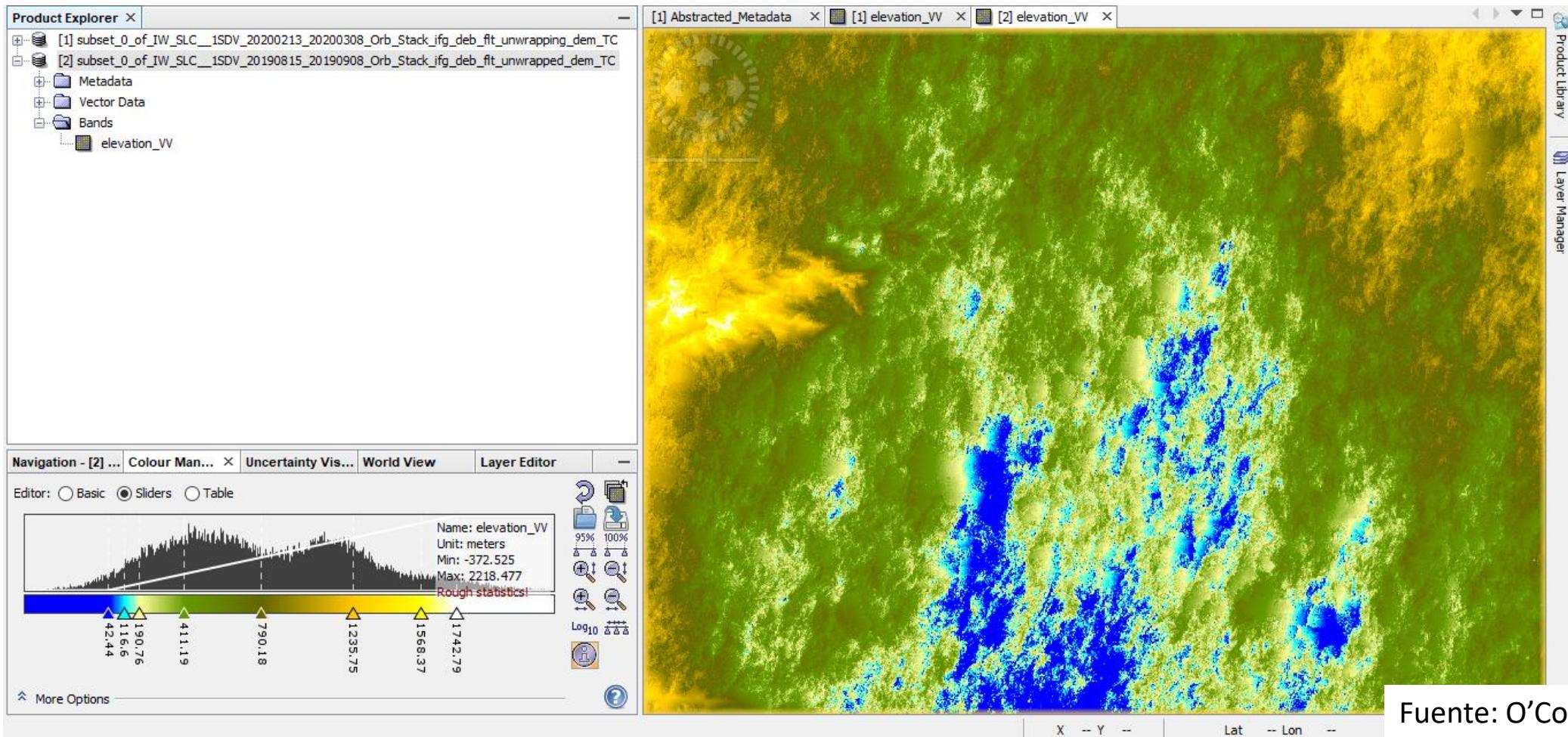
Sentinel-1 TopSAR (bursts)



Sentinel-1 TopSAR (debursts)

Fuente: 11(Sentinel-1 User Handbook)

02 - 02- Sentinel 1 (productos IW)



02 - 02- SAOCOM

SAOCOM: Satélite Argentino de Observación con Microondas

Banda: L

Pais: Argentina

Agencia: CONAE

Uso principal: medición de la humedad del suelo y aplicaciones en emergencias

Mejor resolución

Modo: Stripmap

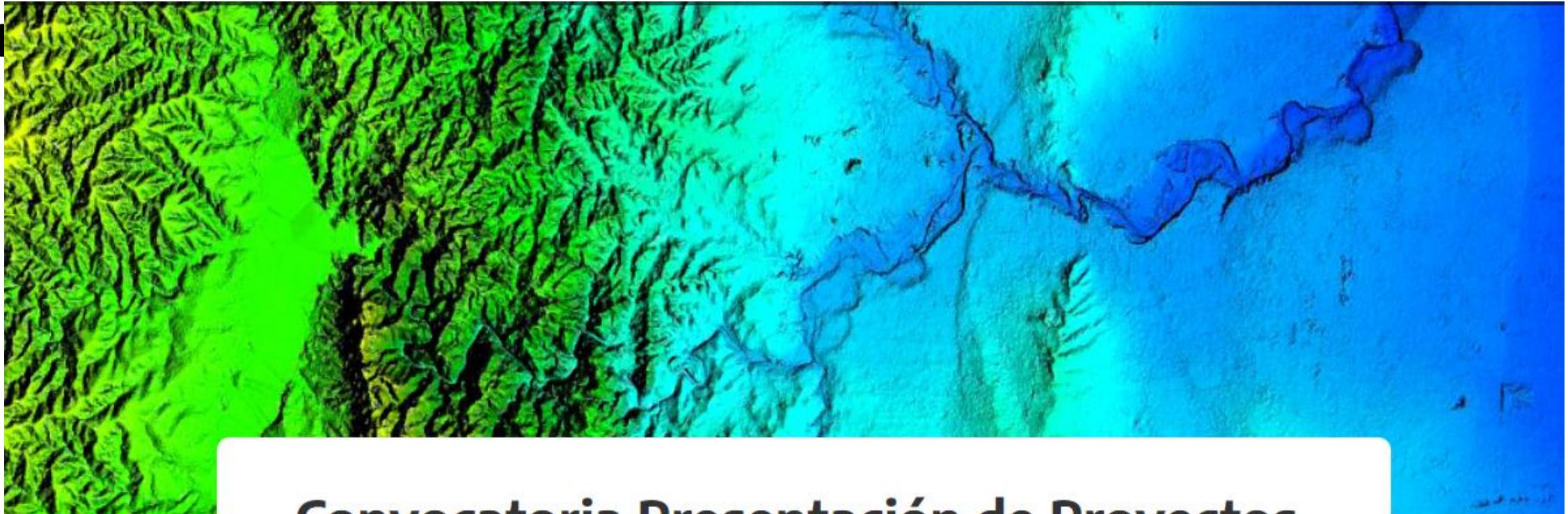
Mejor resolución: 10 m

Polarización: HH/HV o VV/VH o QuadPol

Cantidad de satélites: 2

Rango ángulos: 20,7° - 50,2°

02 - 02- SAOCOM



**Convocatoria Presentación de Proyectos
de Aplicación Misión SAOCOM: Modelos
Digitales de Elevación**

Fuente: SAOCOM

DEMs mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



02 - 02- Constelación SIASGE (especificaciones)

SIASGE: Sistema Italo Argentino para la Gestión de las Emergencias

Banda: X y L

Países: Argentina e Italia

Agencia: ASI y CONAE

Uso principal: incendios, inundaciones, erupciones, terremotos, avalanchas, derrumbes y deslaves.

Polarización: HH o VV + HH/HV o VV/VH o QuadPol

Cantidad de satélites:

- 5 en banda X
- 2 en banda L

SIASGE: RADARES ARGENTINOS E ITALIANOS EN EL ESPACIO

1



Fuente: SAOCOM

DEM^s mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor

 **saocom**®



02 - 02- Algunos catálogos

Catalogo CONAE

<https://catalog.saocom.conae.gov.ar/catalog/>

Catalogo VENG

<https://saocom1a.com.ar/>

Catalogo E-Geos

<http://catalog.e-geos.it/>

Catalogo Alaska

<https://search.asf.alaska.edu/>

Catalogo EOS

<https://eos.com/landviewer/>

Catalogo Copernicus

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

Catalogo USGS

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

02 - 02- Conclusiones ...

- I. Interacciones de la señal SAR con el target
- II. Par interferométrico en mismas características de adquisición
- III. Algunas misiones satelitales SAR
 - Características
 - Productos
 - Algunos catálogos

Nota: instalar SNAP ESA desde:

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

¡Muchas gracias!

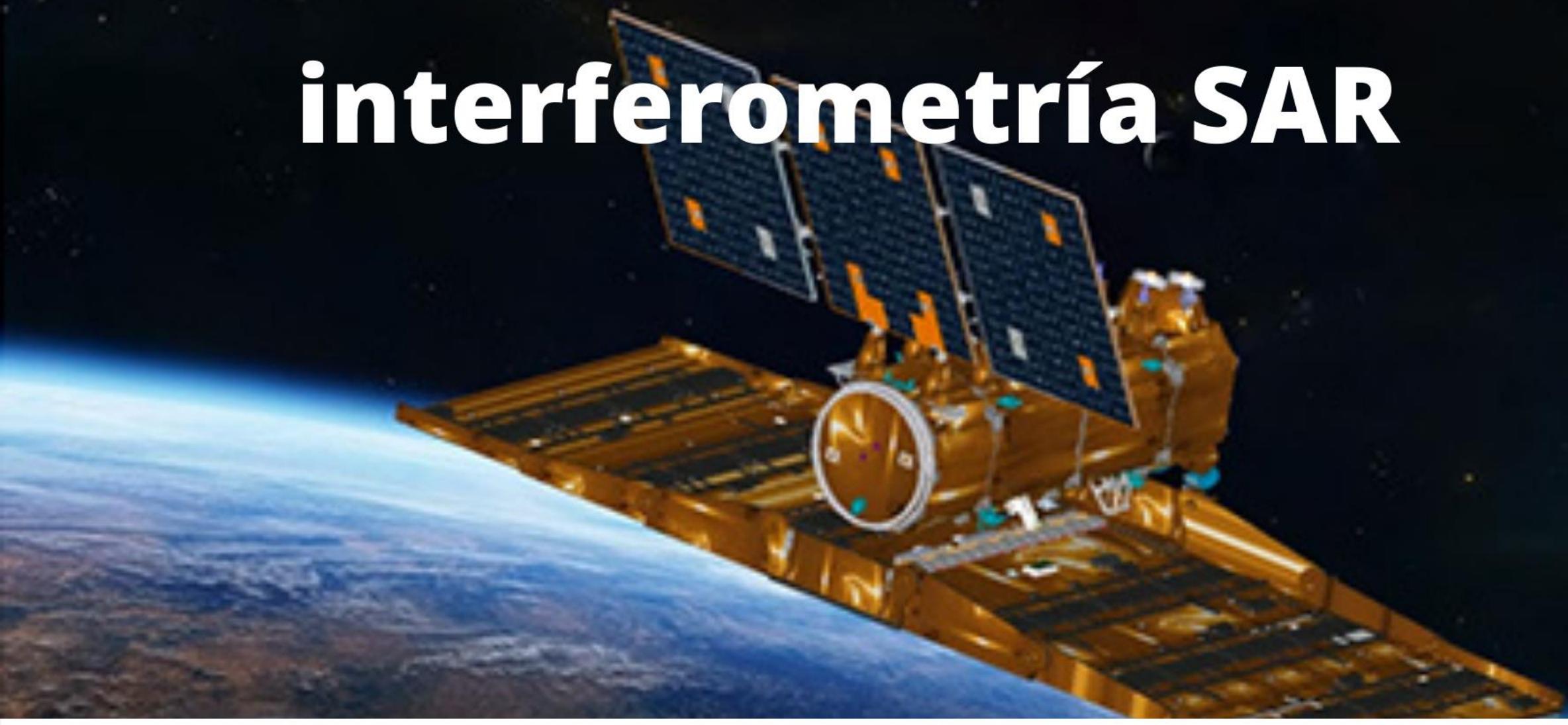
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor

sales.sat@veng.com.ar

DEMs mediante interferometria SAR



DEM^s mediante interferometría SAR



Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



02 - 03- La misión SAOCOM y la comercialización de imágenes

A cargo de:

Mgtr. Ing. Adrián Unger
Lic. Natalia Varela
Ing. Lucas Barrera



sales.sat@veng.com.ar

DEM^s mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



¡Muchas gracias!

Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor

sales.sat@veng.com.ar

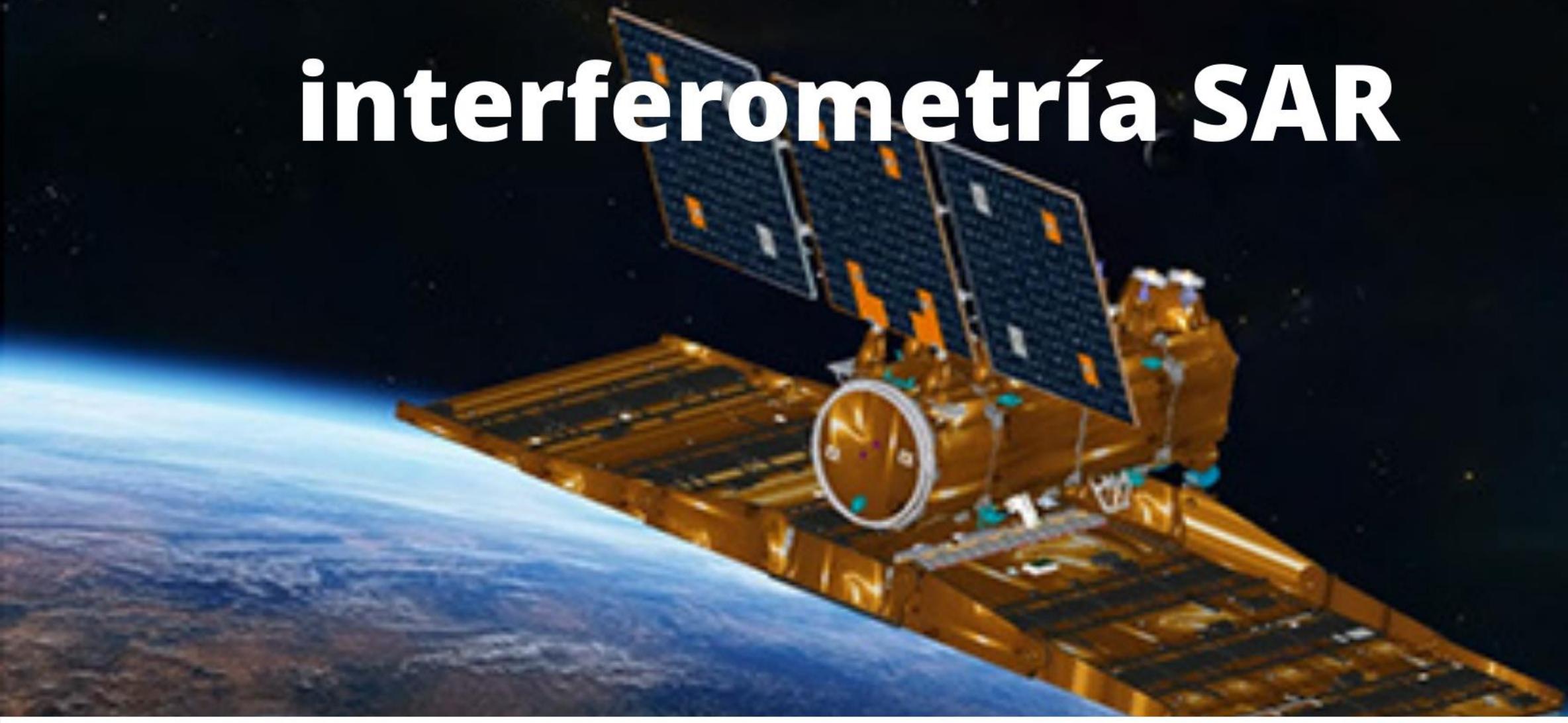
DEMs mediante interferometria SAR



DEM^s mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



DEM^s mediante interferometría SAR



Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



00 - 01 – Sobre el Taller

Organiza: Federación Argentina de Agrimensores

Sponsor: VENG SA

Disertante: Guillermo O'Connor

Año: 2020

Temática: Modelos digitales de elevación mediante Interferometría de imágenes SAR

Cronograma: 3 encuentros de aproximadamente 2 horas

01 - Primer modulo

- 1)Fundamentos de la teledetección
- 2)El espectro electromagnético
- 3)Longitudes de onda
- 4)El radar de apertura sintética

02 - Segundo modulo

- 1) Interacciones de los objetivos en distintas longitudes de onda
- 2) Misiones satelitales SAR de interés
- 3) La misión SAOCOM y la comercialización de imágenes.

03 - Tercer modulo

- 1) Formulas básicas y parámetros de importancia
- 2) El proceso interferométrico
- 3) DEMs según longitudes de onda

00 - 02 - Bibliografía

- 1) E. Chuvieco. Teledetección Ambiental. Editorial Ariel SA. Sep 2008.
- 2) Franceschetti, G. y R. Lanari (1999). Fundamentals of Synthetic Aperture Radar Processing. pp. CRC Press LLC.Boca Raton (Florida).
- 4) Hanssen, R. (2001). Radar Interferometry. Data Interpretation and Error Analysis. Kluwer Academic Publishers. New York
- 5) C. Fiorentino and M. Virelli, COSMO-SkyMed Mission and Products Description. ASI, 2016.
- 7) I. S. Agency, COSMO SkyMed SAR Products Handbook. ASI,2007.
- 8) SAOCOM - 1. SAR Level – 1 Product Format. Jan 2020
- 9) SAOCOM – 1. Apertura de Imágenes en SNAP. Undefined date

00 - 02 - Más bibliografía y Software

- 10) Pablo Euillades y Leonardo Euillades. Curso: Interferometría de imágenes de radar y sus aplicaciones. Gulich, 2018
- 11) Romina Solorza, Mirko Panizzo Zénere. Curso: Introducción a las Aplicaciones de Radar de Apertura Sintética. Gulich, 2018
- 13) SNAP Forum (<https://forum.step.esa.int/>)
- 14) Wikipedia (<https://es.wikipedia.org/>)

Software

15. SNAP ESA (<http://step.esa.int/main/download/snap-download/>)
16. QGIS (<https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>)

00 – 03 – Imágenes y diseños

Imágenes SAR

18. Sentinel 1 de la ESA (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)
19. SAOCOM de la CONAE de Argentina.® (<https://saocom1a.com.ar/map>)

Paginas de diseño

20. <https://www.notebookcast.com/en/new-board>
21. <https://www.freepik.es/home>
22. <https://www.desmos.com/>
23. Daniel Schmidt-Loebe (<https://www.mathe-fa.de/>)



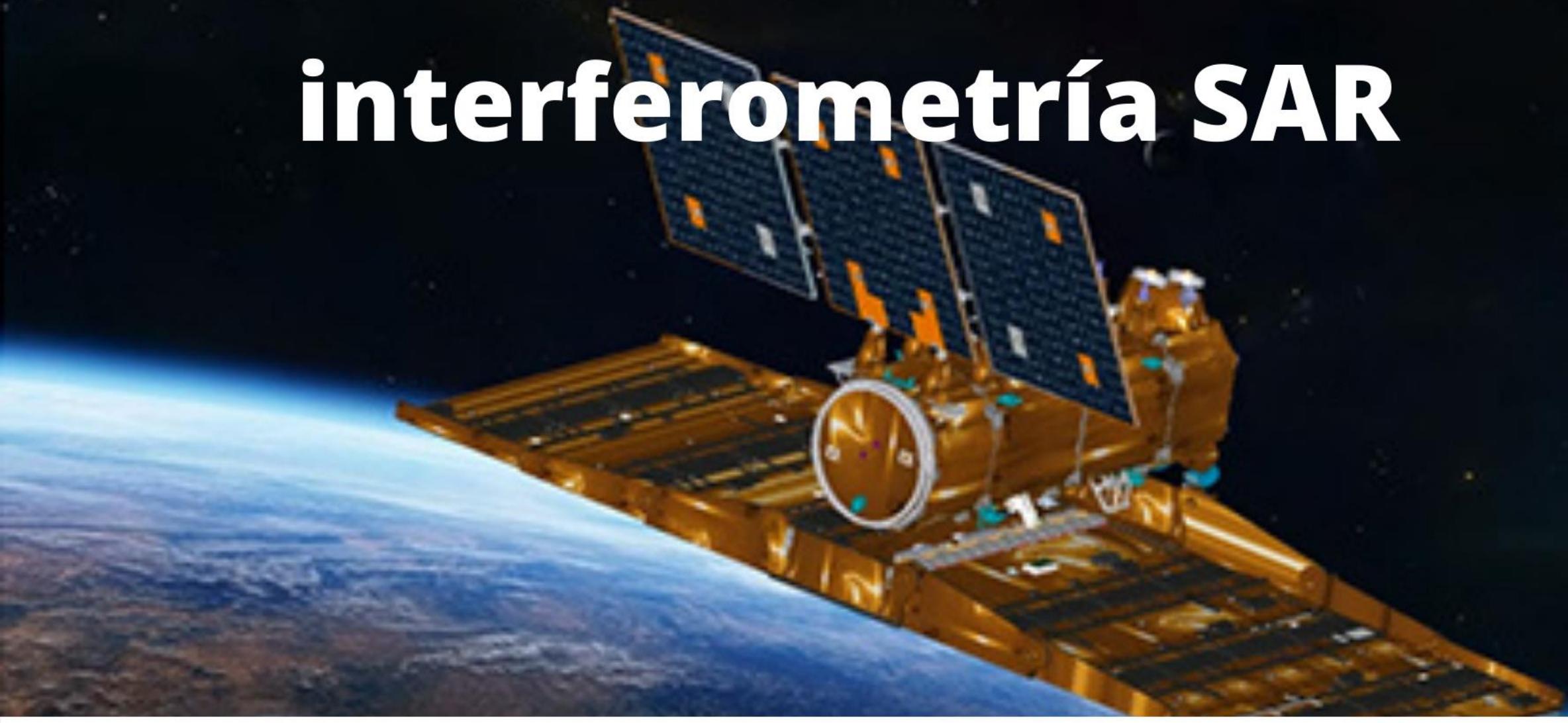
00 - 02 - Más bibliografía

- 24) Mercedes Salvia. Curso: Introducción a las Aplicaciones de Radar de Apertura Sintética. Gulich, 2018
- 25) S1TBX TOPSAR Interferometry with Sentinel-1 Tutorial_v2
- 26) S1TBX DEM generation with Sentinel-1 IW Tutorial
- 27) First assessment of the interferometric capabilities of SAOCOM-1A: new results over Domuyo Volcano, Neuquén, Argentina. Roa el al, 2020

00 - 04 - Colaboraciones

- Santiago Seppi (IG-CONAE/UNC)
- Romina Solorza (SAOCOM/CONAE)

DEM^s mediante interferometría SAR



Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



03 - 01- Formulas básicas y parámetros de importancia

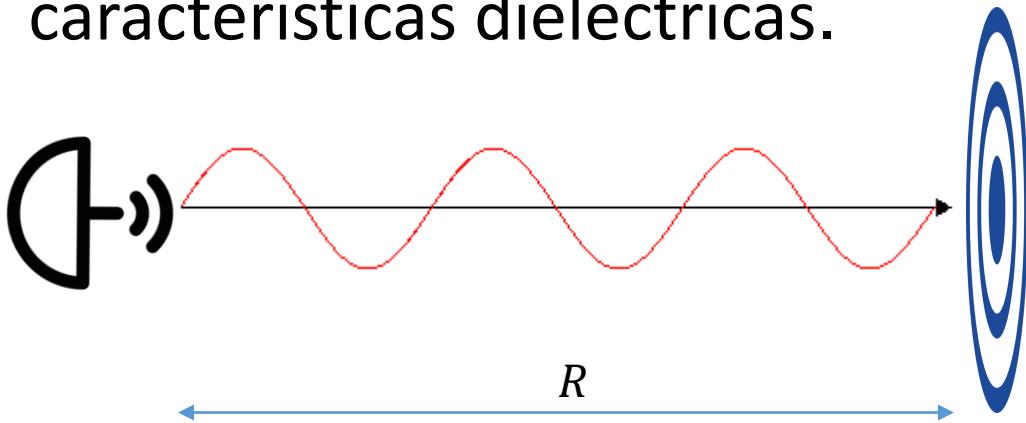
- 1) Respuesta en Amplitud y Fase
- 2) Par interferométrico - Geometría y fase interferométrica
- 3) Relación de parámetros de importancia

03 - 01- Respuesta en Amplitud y Fase

Amplitud: energía retro dispersada hacia el sensor

Fase

- Distancia R entre el sensor y el target
- Rotación de fase introducida por la estructura del target y sus características dieléctricas.



$$\psi = -\frac{4\pi R}{\lambda} + \psi_{target}$$

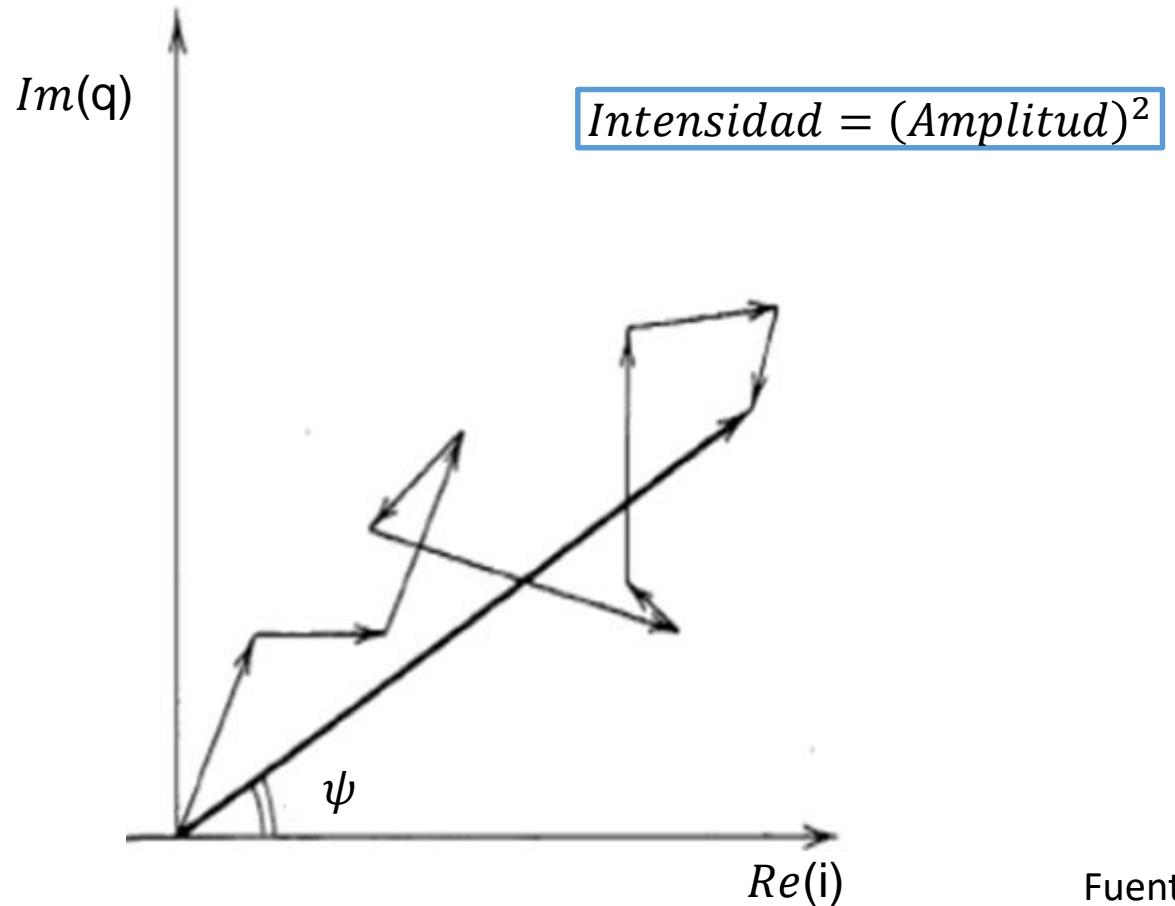


03 - 01- Respuesta en Amplitud y Fase

L0 – No enfocado

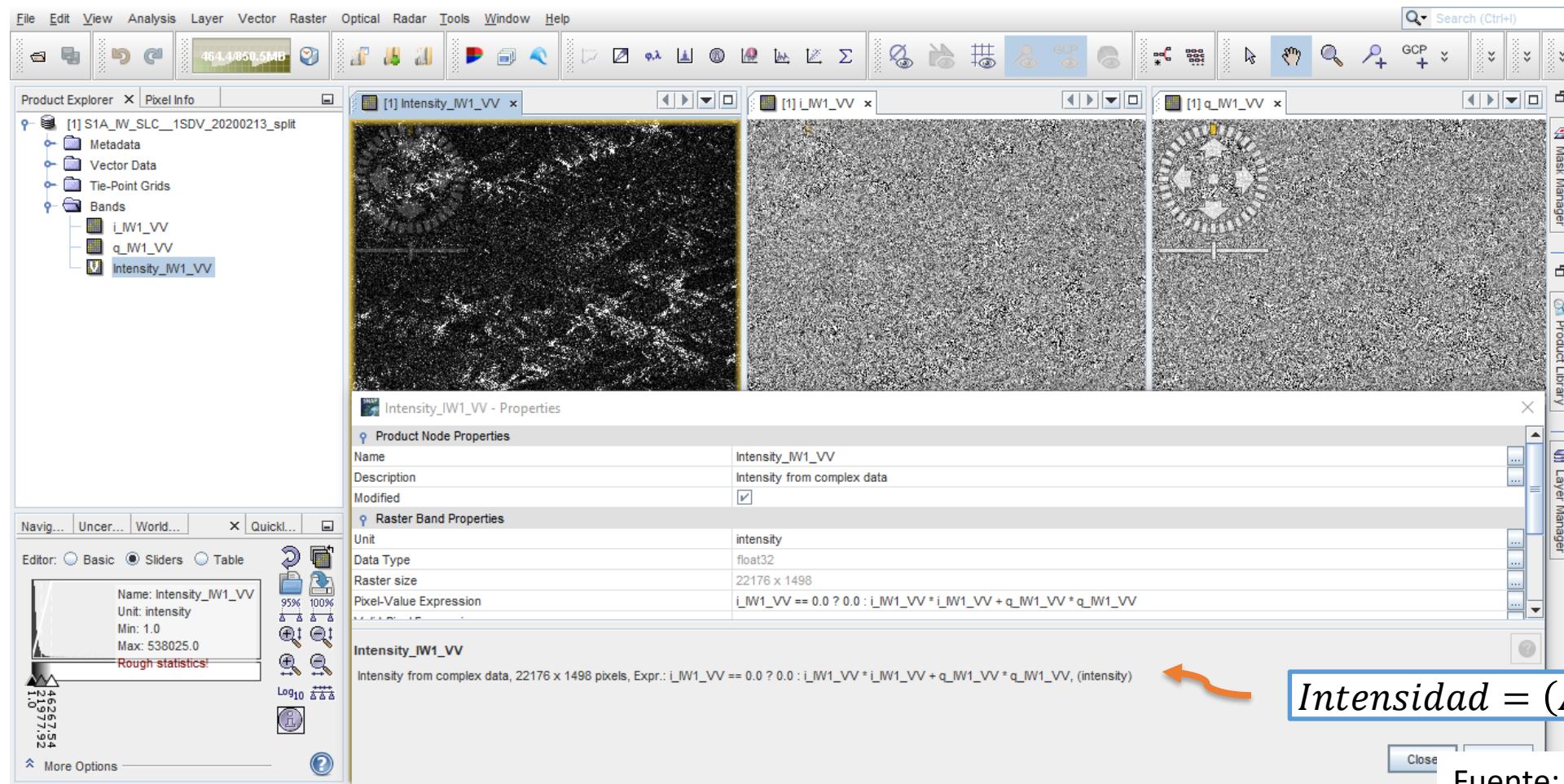
L1A – SLC (i,q)

L1A – SLC
(Intensidad y fase)

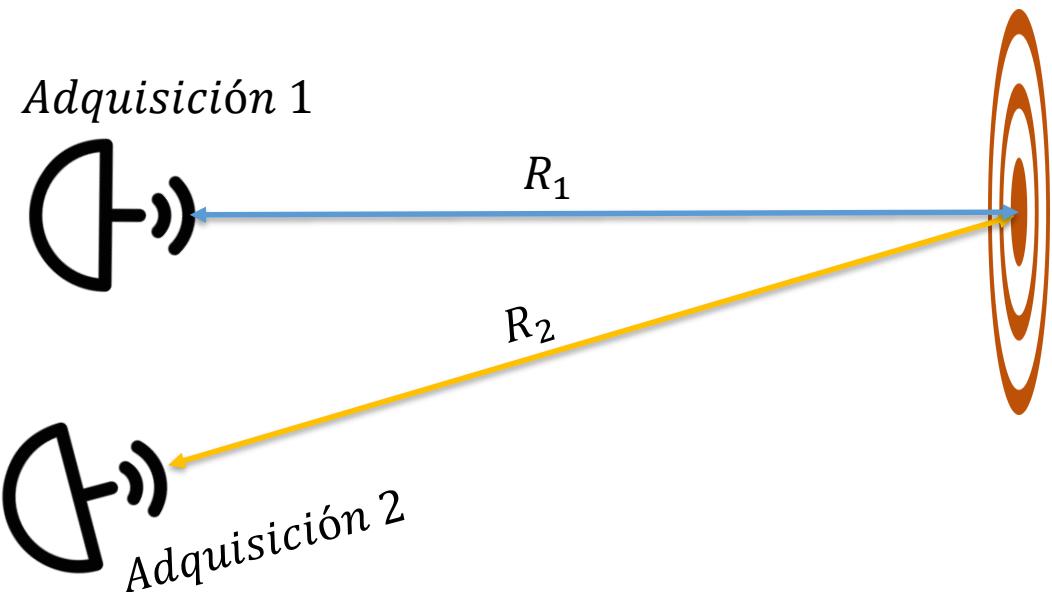


Fuente: 10

03 - 01- Respuesta en Intensidad y Fase



03 - 01- Par interferométrico - Geometría y fase interferométrica



$$\psi_1 = -\frac{4\pi R_1}{\lambda} + \psi_{target}$$

$$\psi_2 = -\frac{4\pi R_2}{\lambda} + \psi_{target}$$

Fase interferométrica

$$\phi = \psi_1 - \psi_2$$

$$\phi = -\frac{4\pi(R_1 - R_2)}{\lambda} + \psi_{target} - \psi_{target}$$

$$\phi = -\frac{4\pi(\Delta R)}{\lambda}$$

Elementos de la fase interferométrica

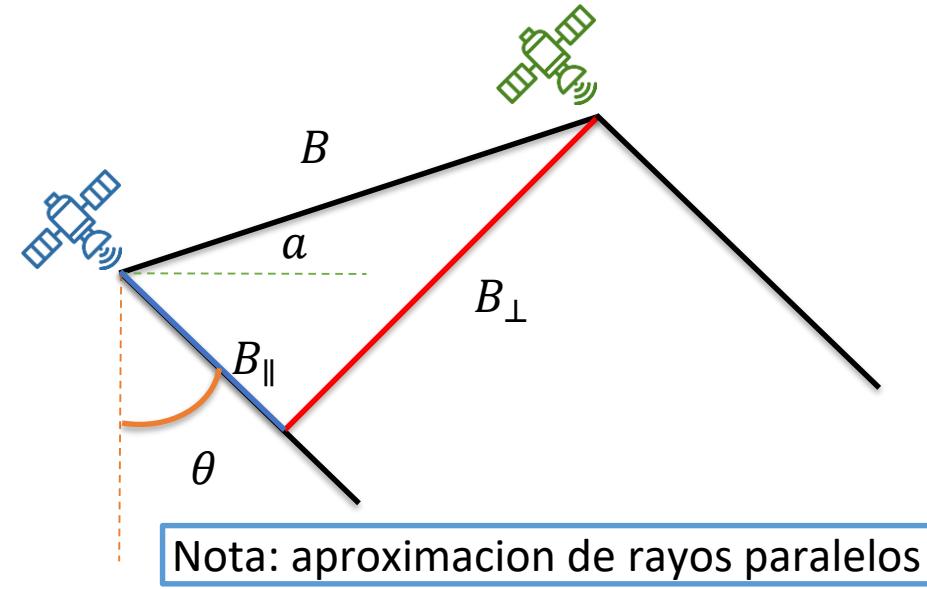
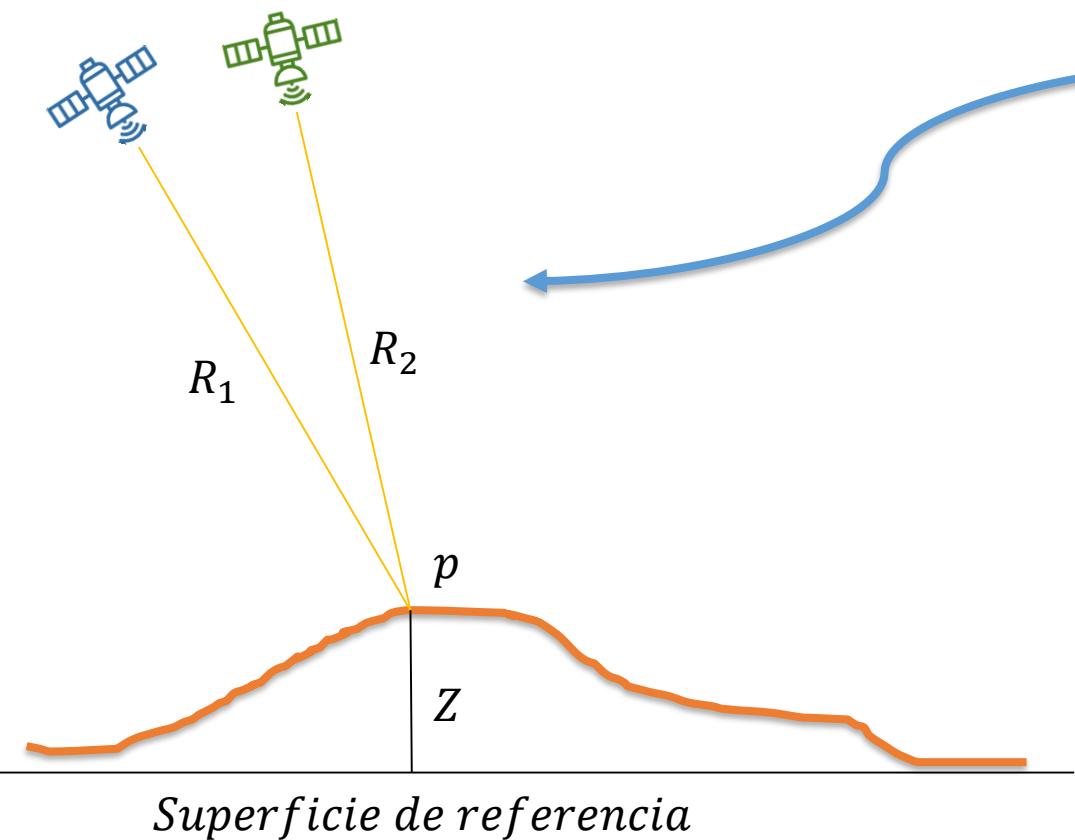
$$\phi = \phi_{DEM} + \phi_{plana} + \phi_{desp} + \phi_{atm} + \phi_{ruido}$$



03 - 01- Factores que afectan a la fase interferométrica

- Errores orbitales (plataforma del sensor)
- Atmósfera (medio)
- Ruido o noise (naturaleza coherente de los sensores SAR)

03 - 01- Sensibilidad a la Topografía



$$\phi = -\frac{4\pi B_{\perp}}{\lambda R_1 \sin \theta} z$$

despejando:

$$z = -\frac{\lambda R_1 \sin \theta}{4\pi B_{\perp}} \phi$$



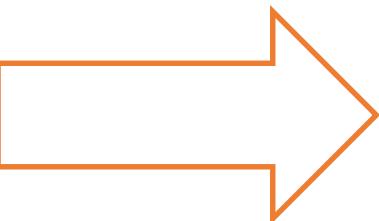
03 - 01- Sensibilidad a la Topografía

Si

$$z = -\frac{\lambda R_1 \sin \theta}{4\pi B_{\perp}} \phi$$

Con: $\phi = 2\pi$

$$z_{2\pi} = -\frac{\lambda R_1 \sin \theta}{2B_{\perp}}$$



B_{\perp}

$z_{2\pi}$



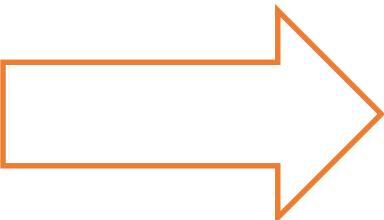
03 - 01- Sensibilidad a la Topografía

Si

$$z = -\frac{\lambda R_1 \sin \theta}{4\pi B_{\perp}} \phi$$

Con: $\phi = 2\pi$

$$z_{2\pi} = -\frac{\lambda R_1 \sin \theta}{4\pi B_{\perp}}$$



$$B_{\perp}$$

$$z_{2\pi}$$



Pero:

$$\gamma$$



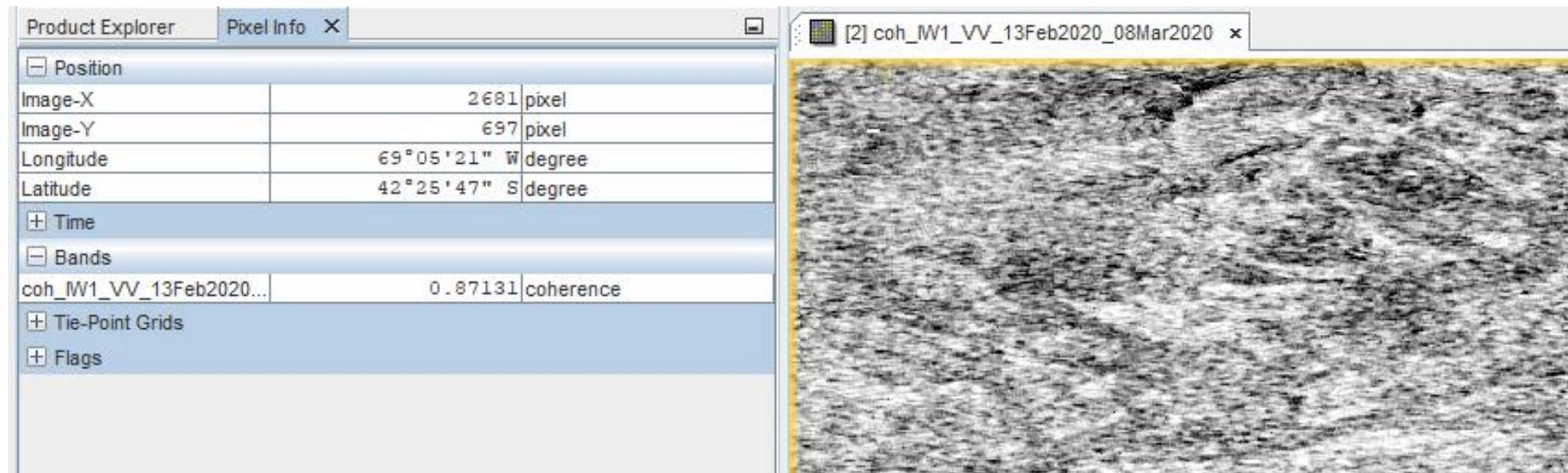
y...¿Que es (γ) y porque es importante?

03 - 01- Coherencia interferométrica

La Coherencia interferométrica (γ) indica que tan similares son las imágenes.

Valores cercanos a 1 \Rightarrow representan alta coherencia

Valores cercanos a 0 \Rightarrow representan baja coherencia



03 - 01- Decorrelación

γ geometrica: diferentes ángulos de incidencia

γ DC: diferencia en los Centroides Doppler de las adquisiciones

γ volumen: penetración de la onda radar en el medio de dispersión

γ termal: decorrelación termal o ruido del sistema, causado debido a las características del sistema

γ temporal: cambios físicos en el terreno

γ procesamiento: causada por los algoritmos de procesamiento

$$\gamma_1 = \gamma_{geometrica} * \gamma_{DC} * \gamma_{volumen} * \gamma_{termal} * \gamma_{temporal} * \gamma_{procesamiento}$$

03 - 01- Relación de parámetros de importancia

Base critica

$$B_{\perp,critica} = \lambda \left(\frac{B_R}{c} \right) R_1 \tan(\theta - \zeta)$$

Coherencia geométrica

$$|\gamma| = \frac{B_{\perp,critica} - B_{i?}}{B_{\perp,critica}}$$

Altura ambigüedad

$$z = - \frac{\lambda R_1 \sin \theta}{4\pi B_{\perp}} \phi$$

Donde:

λ : longitud de onda (SAOCOM=L=0,235 m)

B_R : ancho de banda en rango

R_1 : distancia en rango inclinado cercano

θ : ángulo de incidencia

ζ : pendiente topográfica

c : velocidad de la luz

$B_{\perp,critica}$: base perpendicular critica

$|\gamma|$:coherencia geométrica

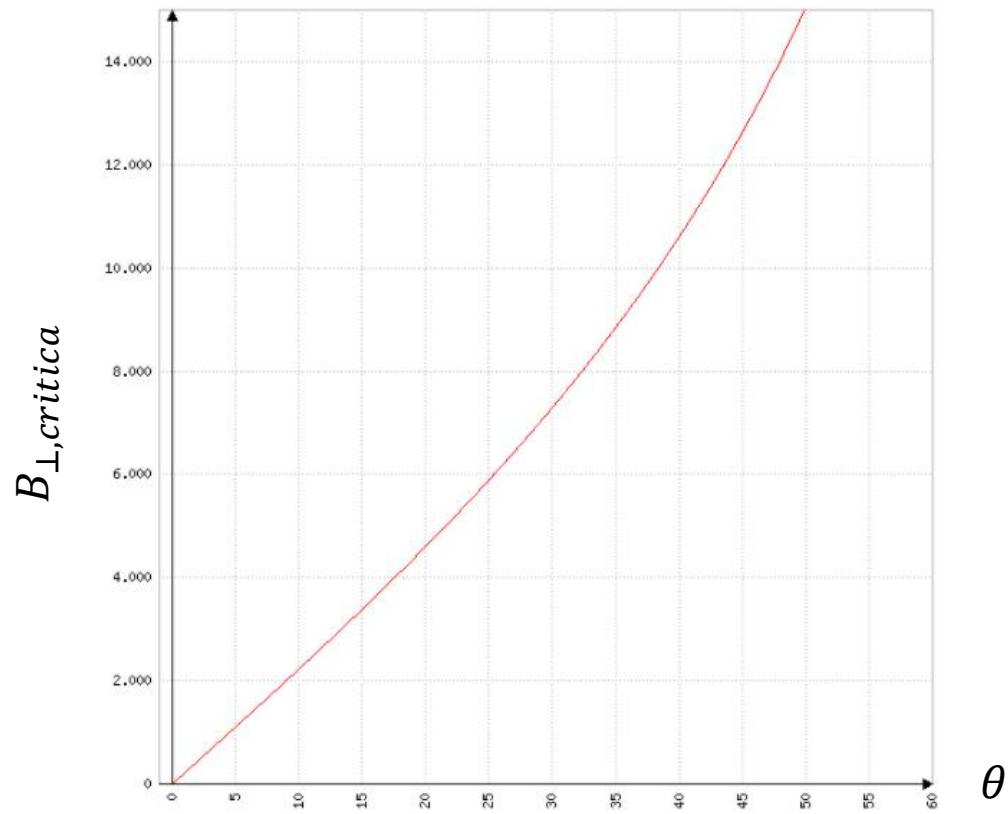
$B_{i?}$: base geométrica de prueba

ϕ : fase interferométrica

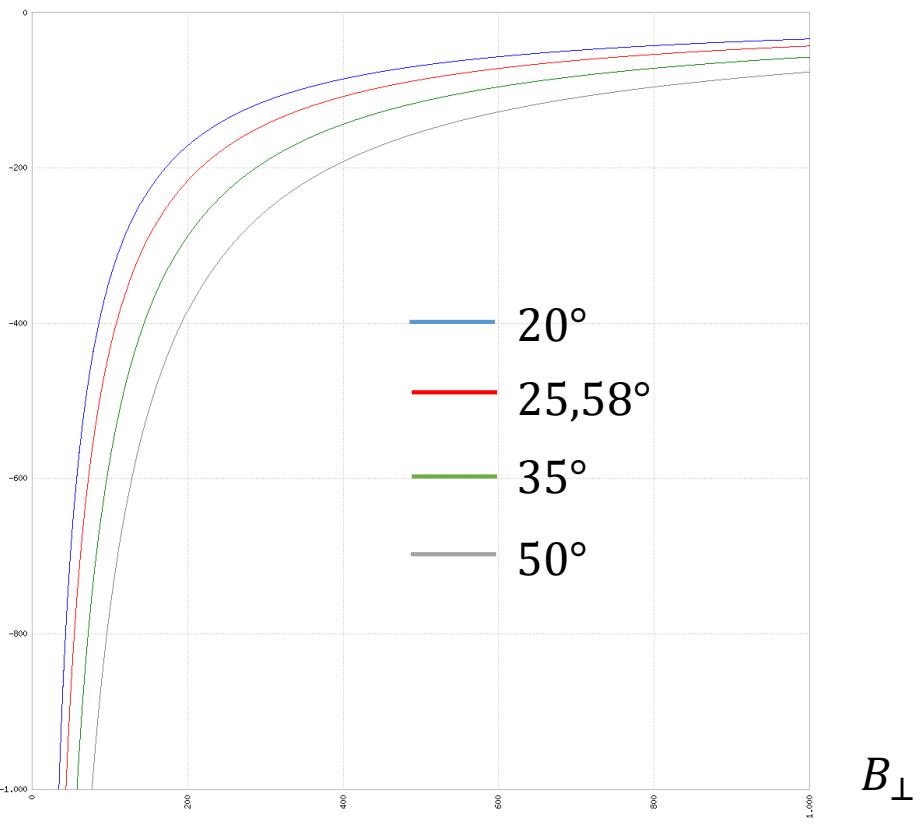
z : altura de ambigüedad

03 - 01- Graficas (SAOCOM)

$$B_{\perp,critica} = \lambda \left(\frac{B_R}{c} \right) R_1 \tan(\theta - \zeta)$$

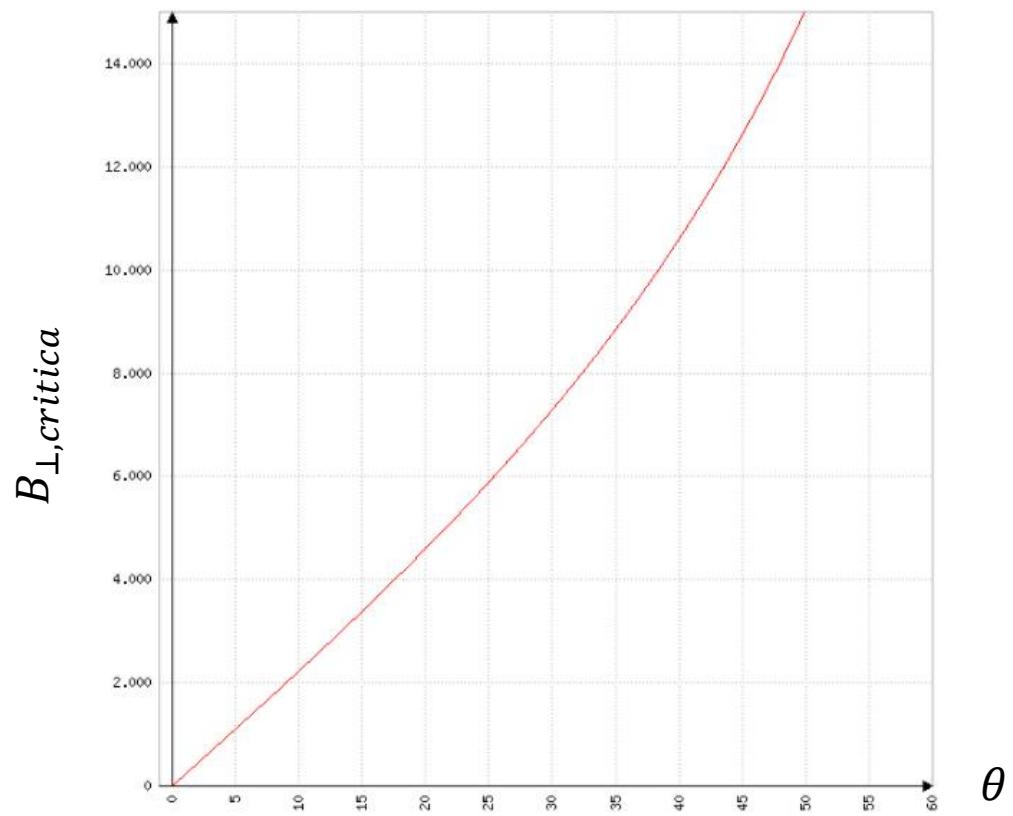


$$z = -\frac{\lambda R_1 \sin \theta}{4\pi B_{\perp}} \phi$$

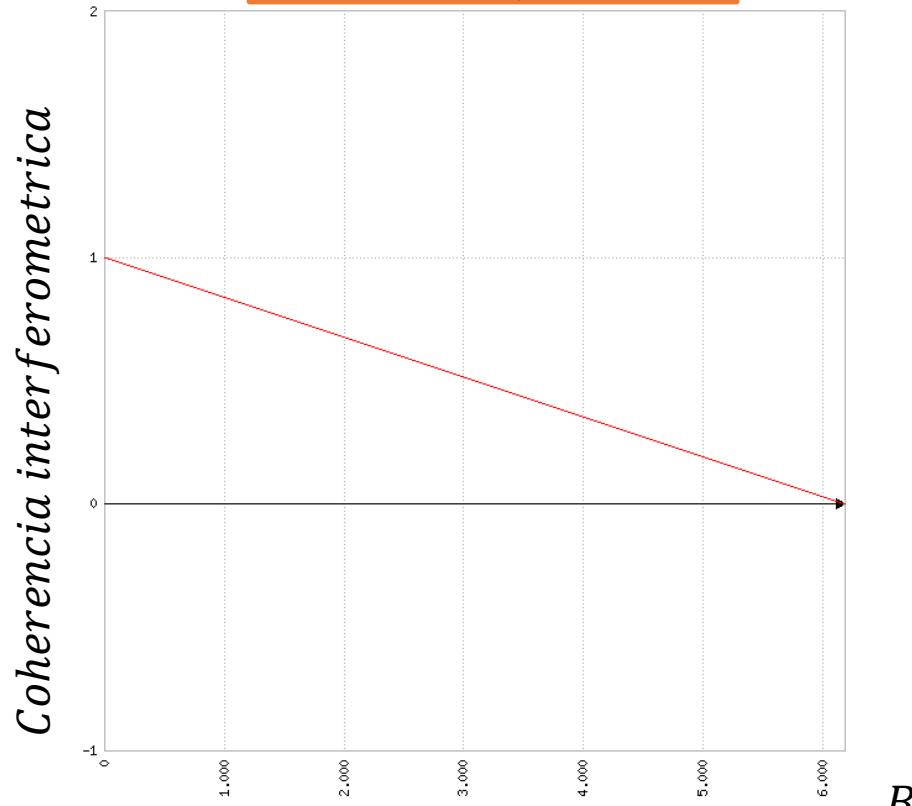


03 - 01- Graficas (SAOCOM)

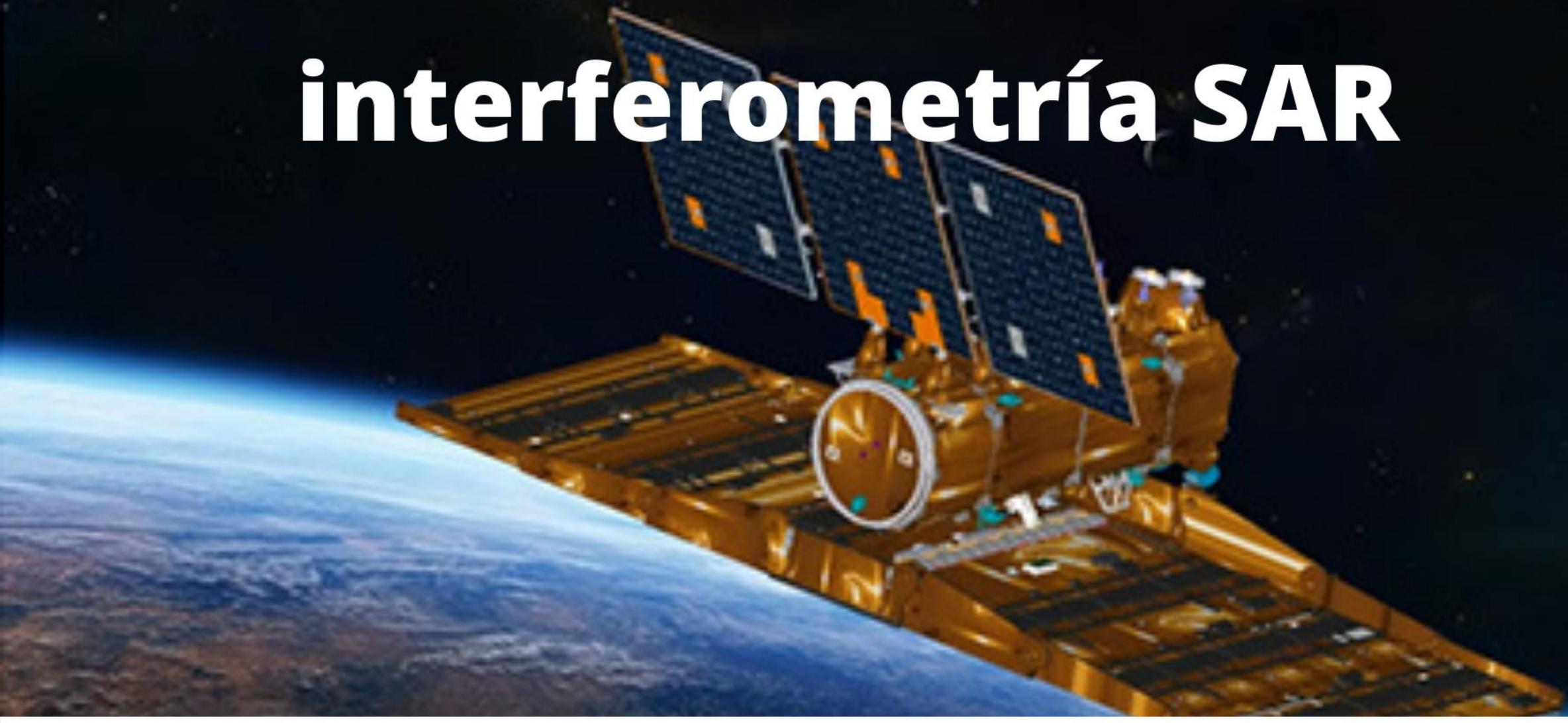
$$B_{\perp,critica} = \lambda \left(\frac{B_R}{c} \right) R_1 \tan(\theta - \zeta)$$



$$|\gamma| = \frac{B_{\perp,critica} - B_i?}{B_{\perp,critica}}$$



DEM^s mediante interferometría SAR



Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



03 - 02- El proceso interferométrico - SNAP

- 1) Install Snaphu (desenrollado de fase)
- 2) Split (sub swath y burst)
- 3) Apply Orbit File (corrección orbita precisa)
- 4) Back Geocoding (Corregistro)
- 5) Enhanced Spectral Diversity (si utiliza mas de un burst)
- 6) Interferogram Formation (y Coherence Estimation)
- 7) Deburst (fusión de burst)
- 8) Goldstein Phase Filtering (reduce residuo desenvolvimiento, adaptativo)
- 9) Subset (recortar área de interés)

03 - 02- El proceso interferométrico - SNAP

Desenrollado de fase

10) Snaphu Export

11) Snaphu Unwrapping (desenrollado) 16) Exportar GeoTIFF

12) Snaphu Import

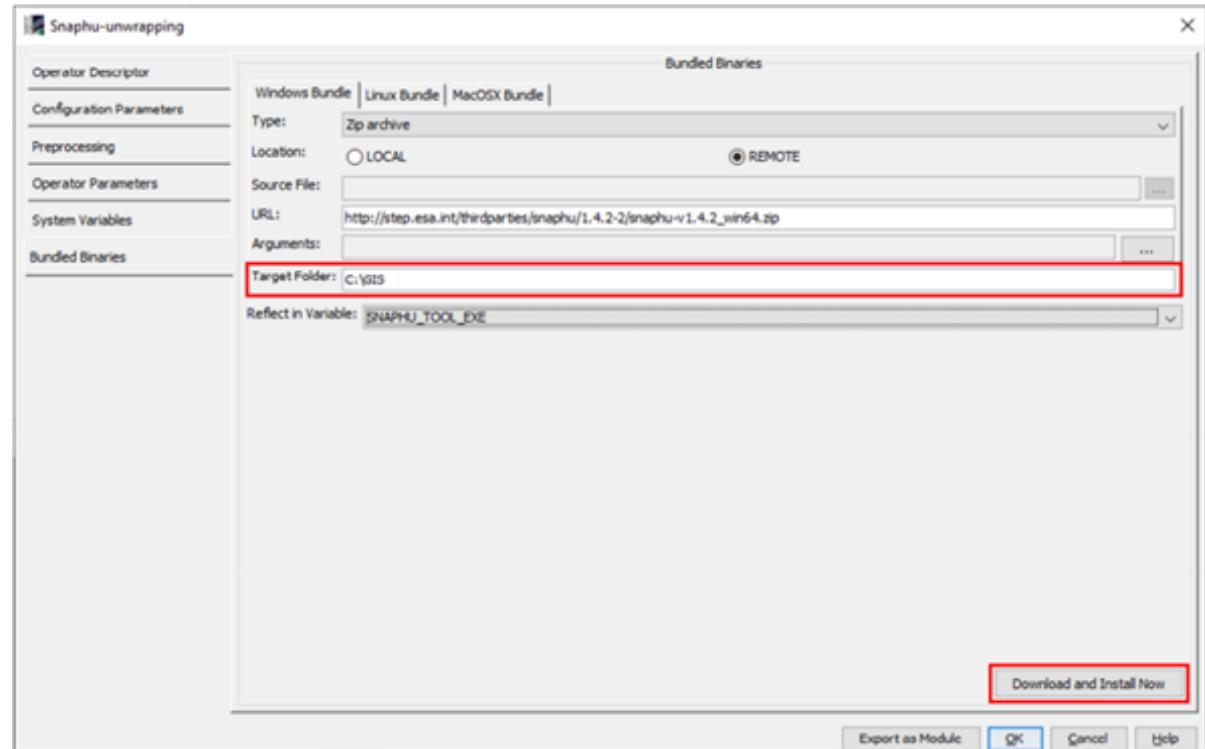
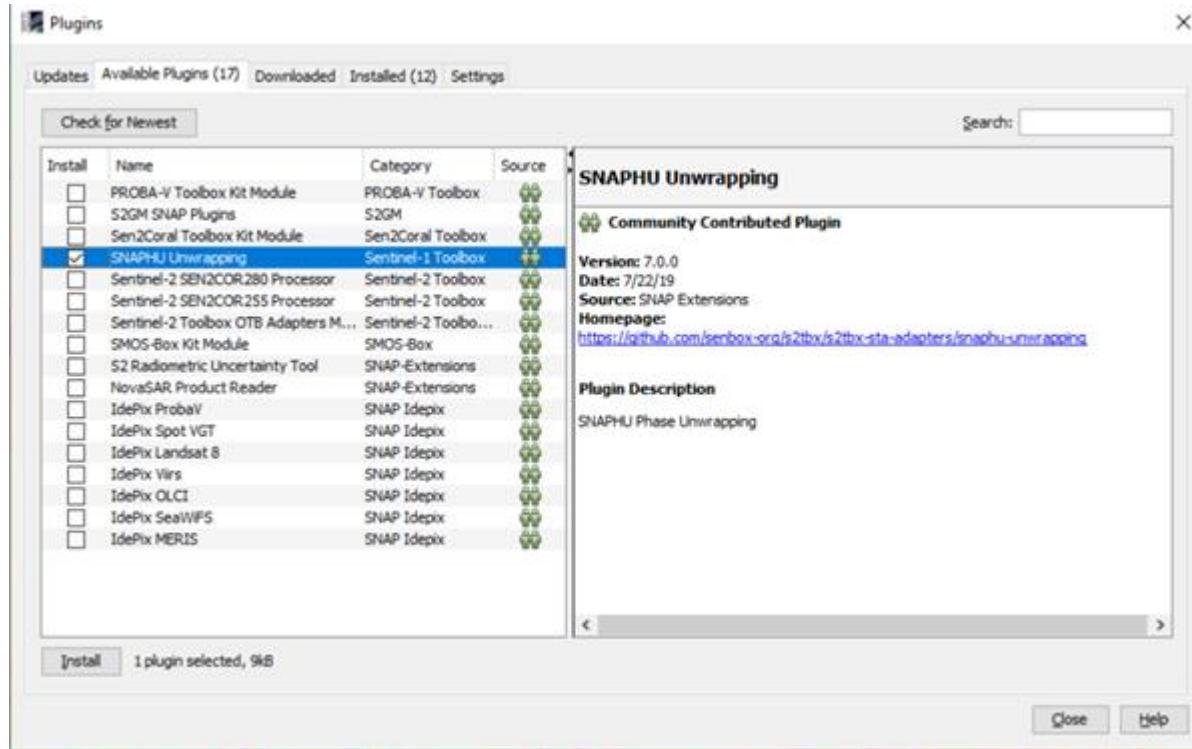
13) Phase to Elevation

14) Terrain Correction (distorsiones
geométrica)

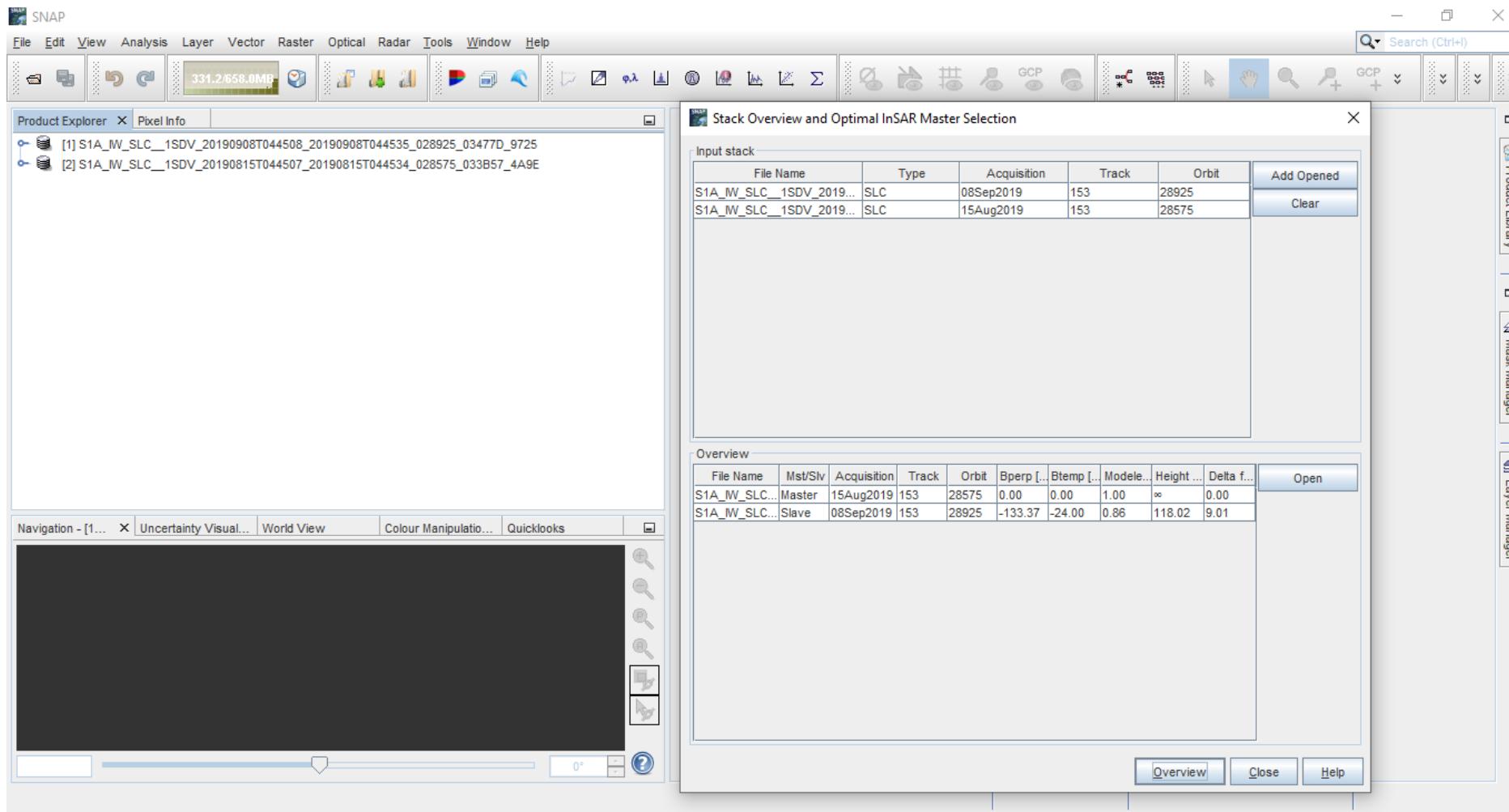
Procesos auxiliares

15) Exportar a Google Earth

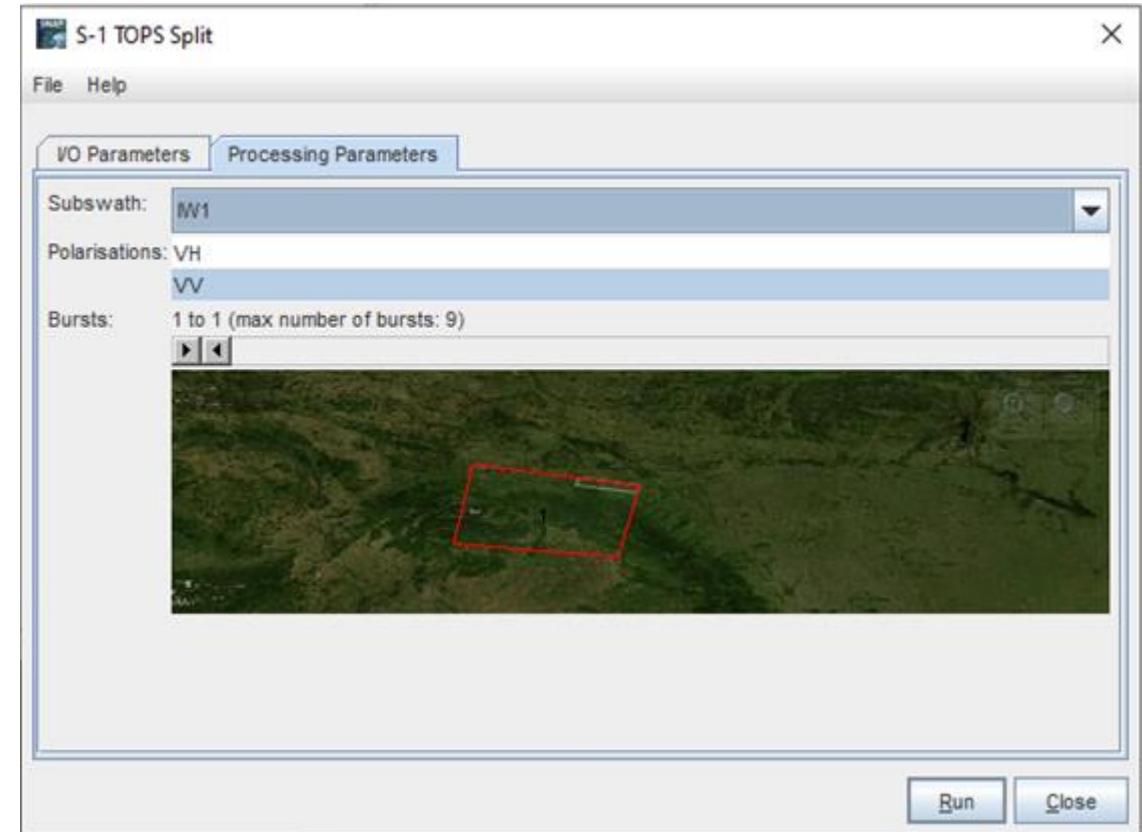
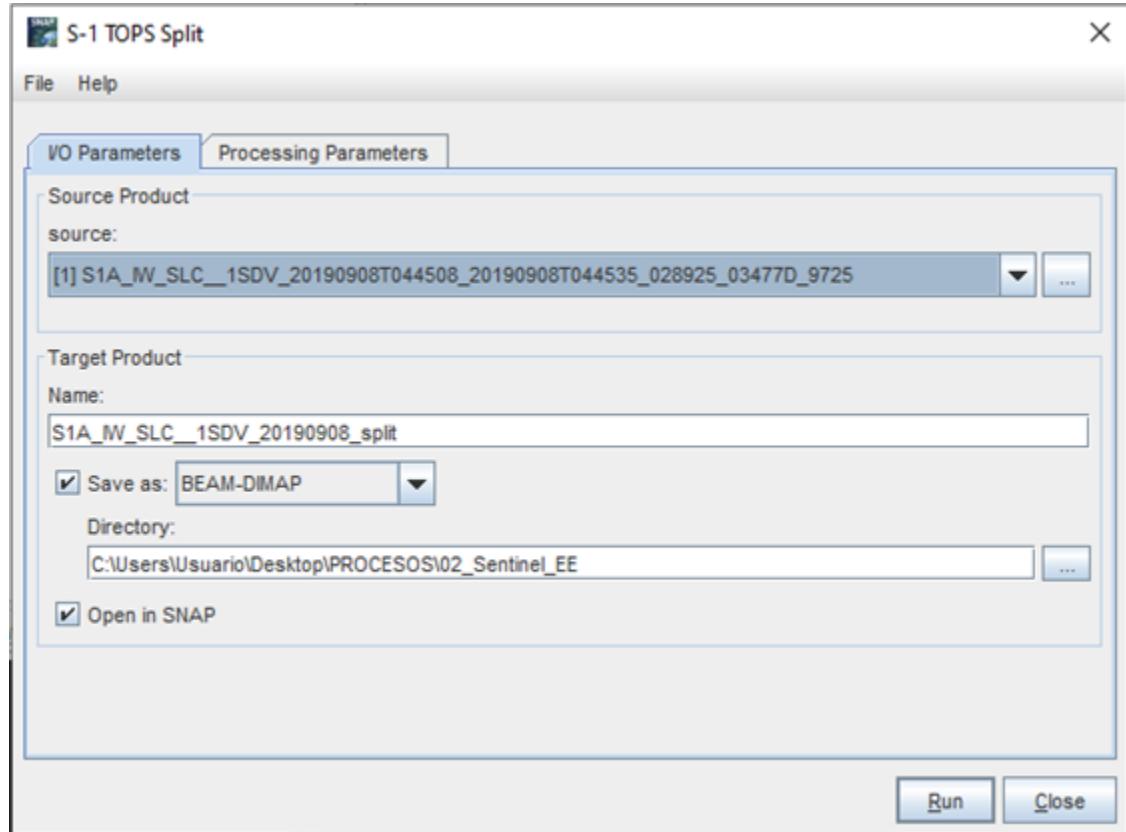
03 - 02- SNAP 01 – Install Snaphu



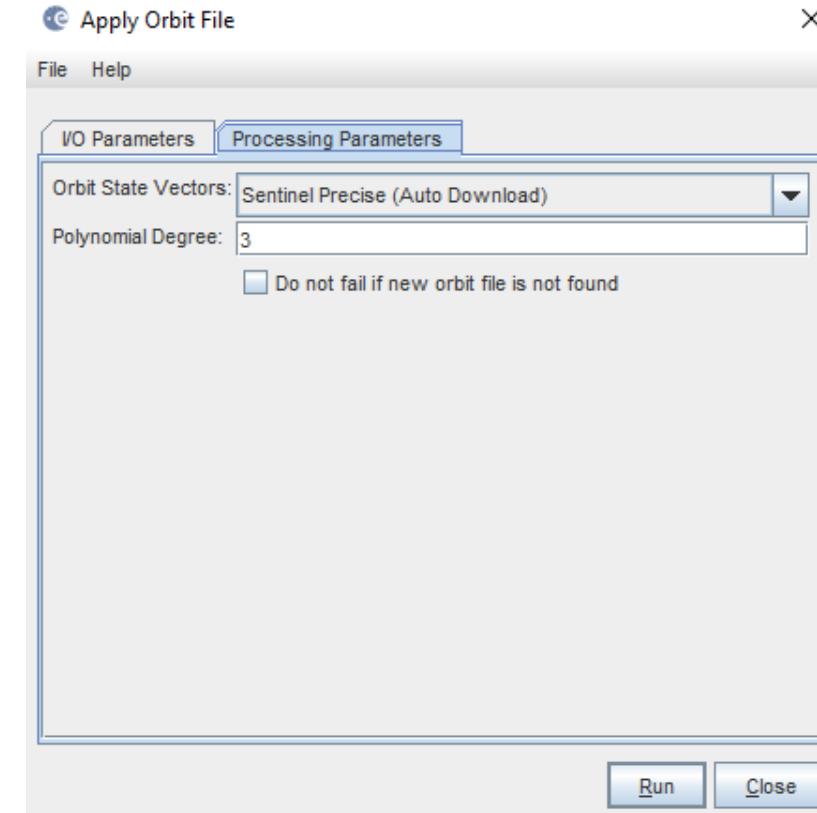
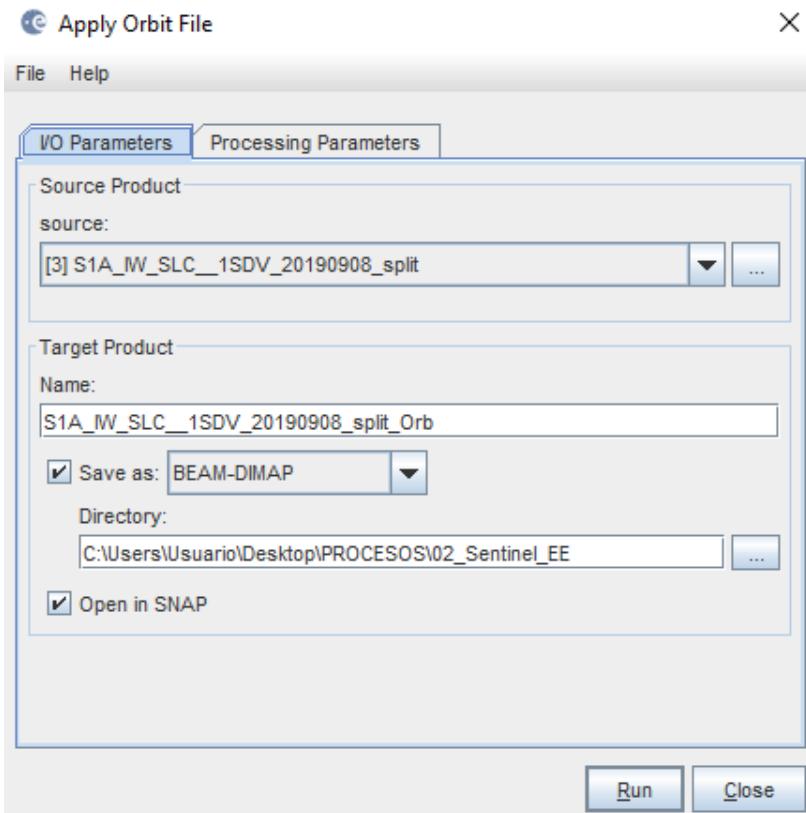
03 - 02- SNAP – InSAR Stack Overview



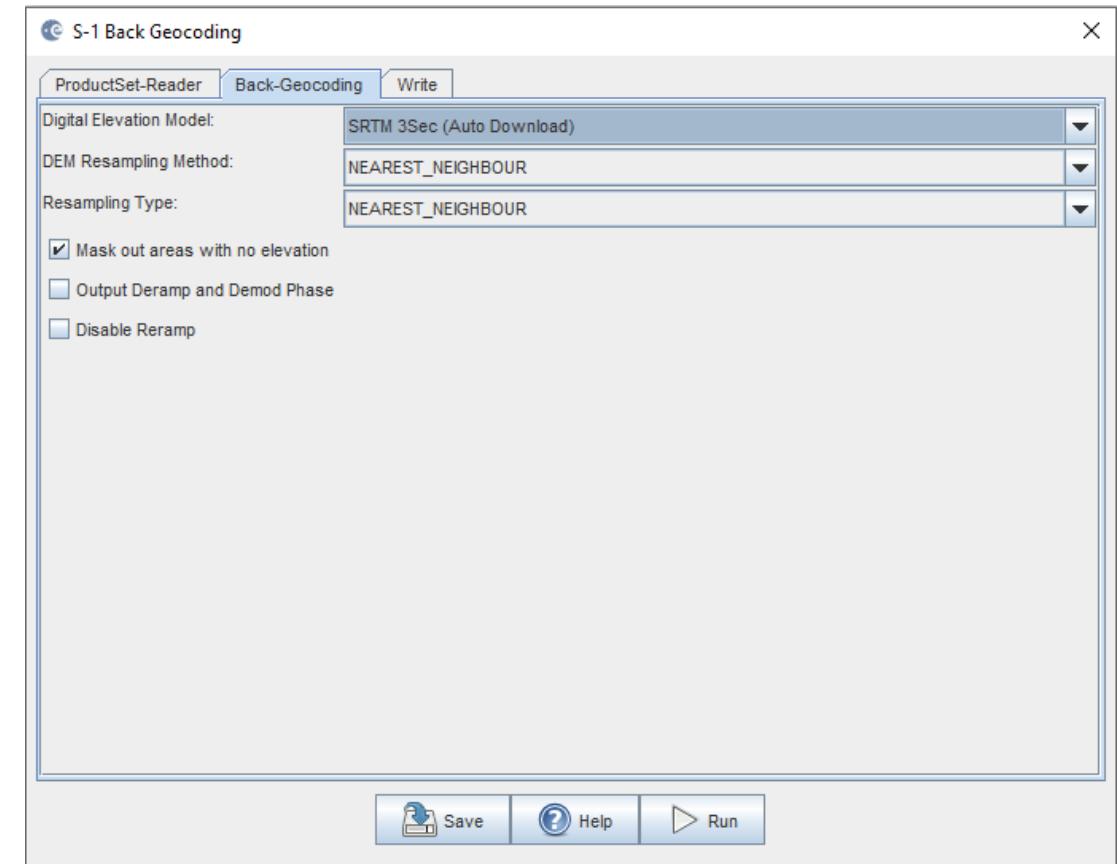
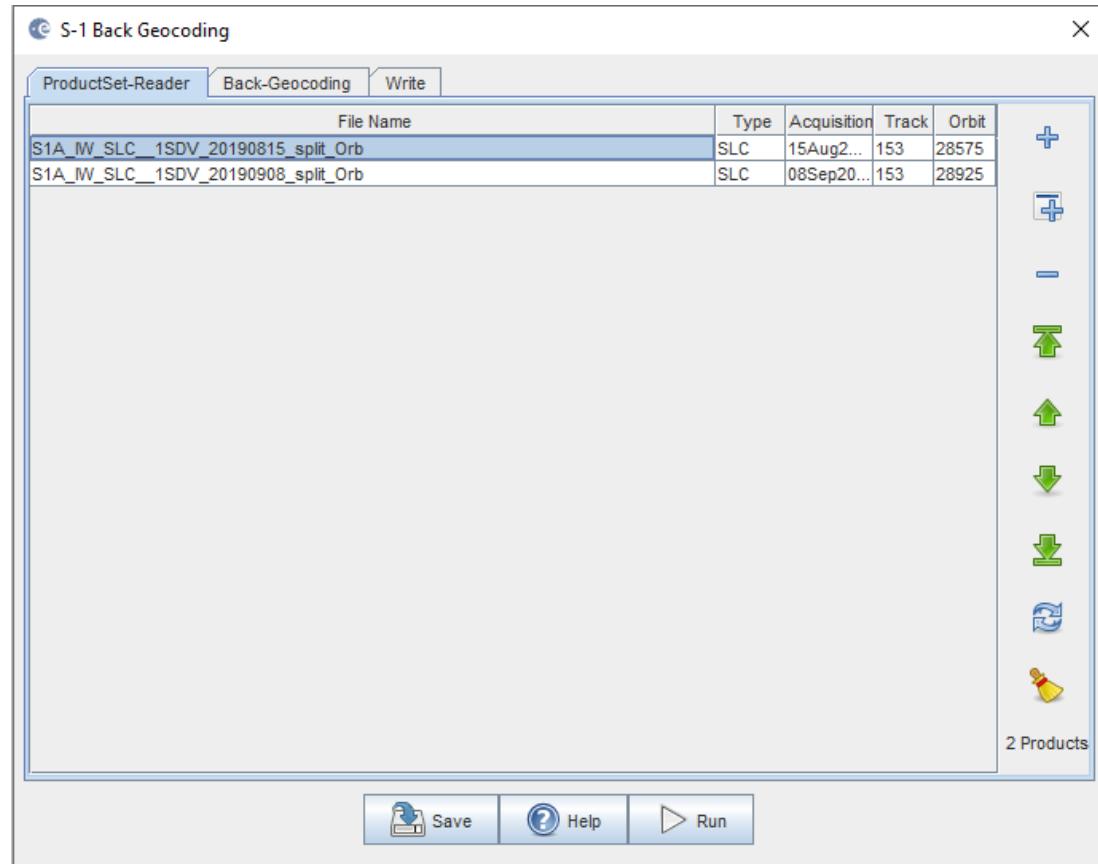
03 - 02- SNAP 02 - Split



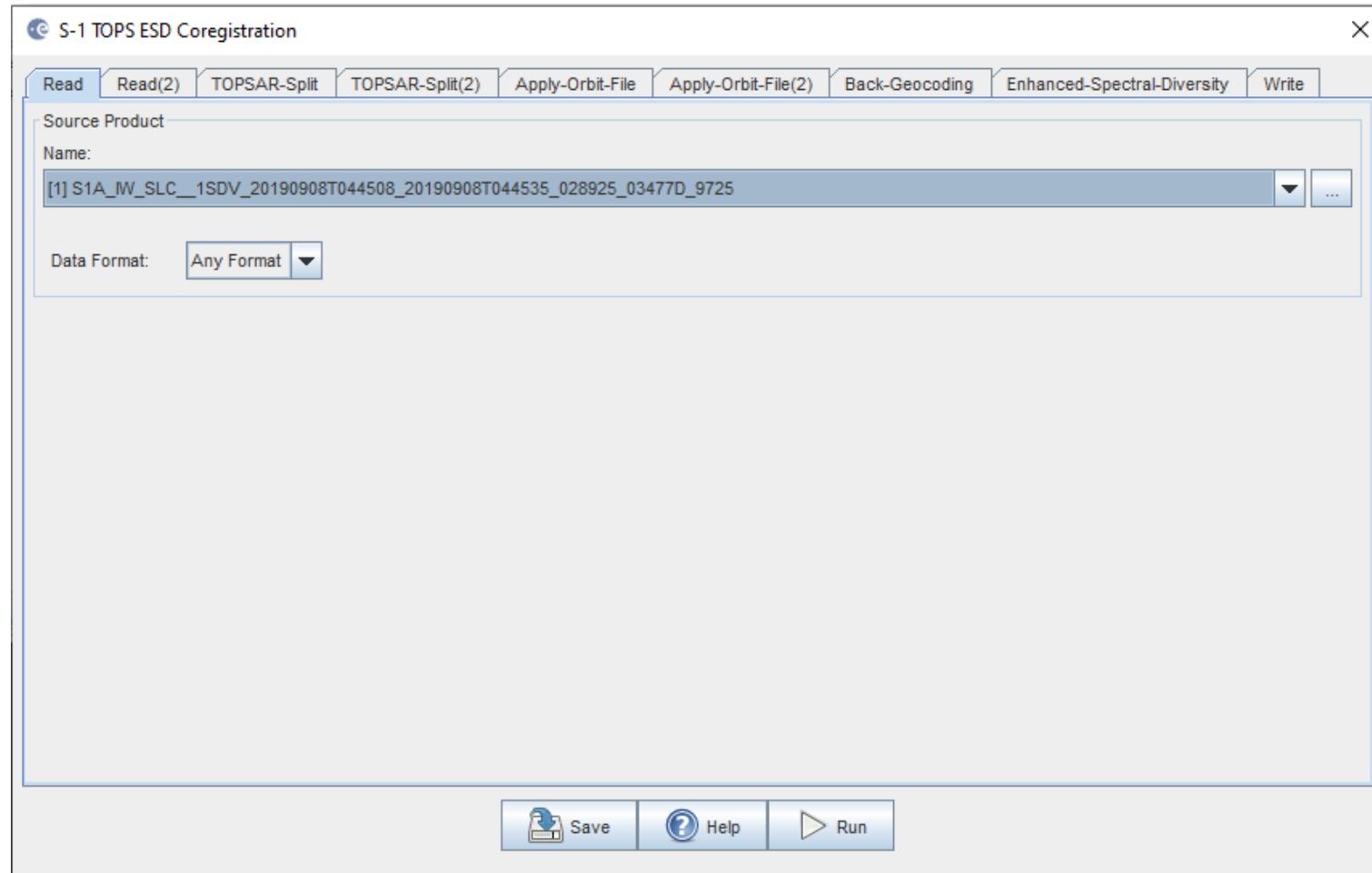
03 - 02- SNAP - 03 – Apply Orbit File



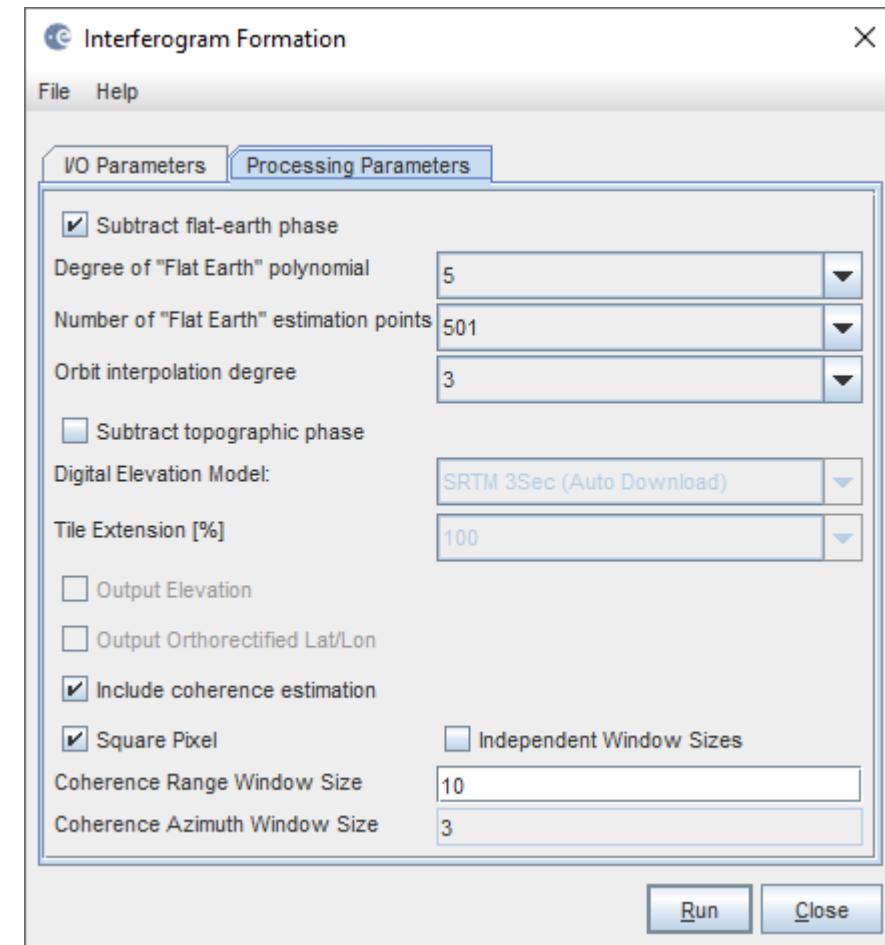
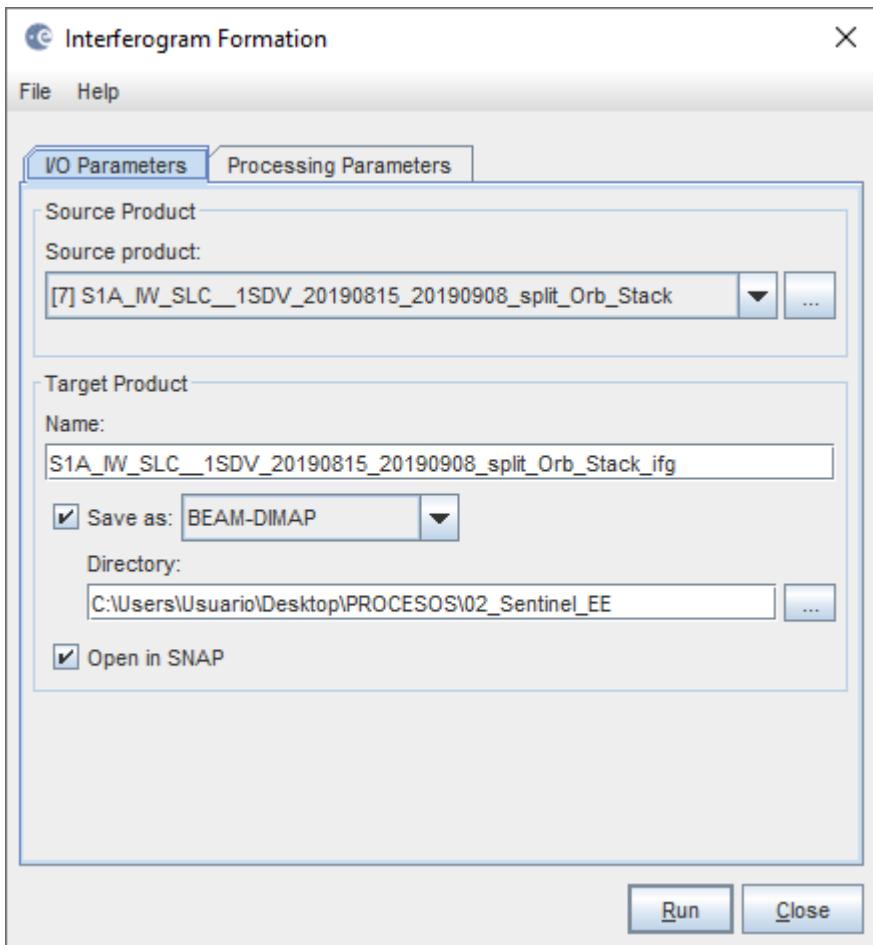
03 - 02- SNAP - 04 - Back Geocoding



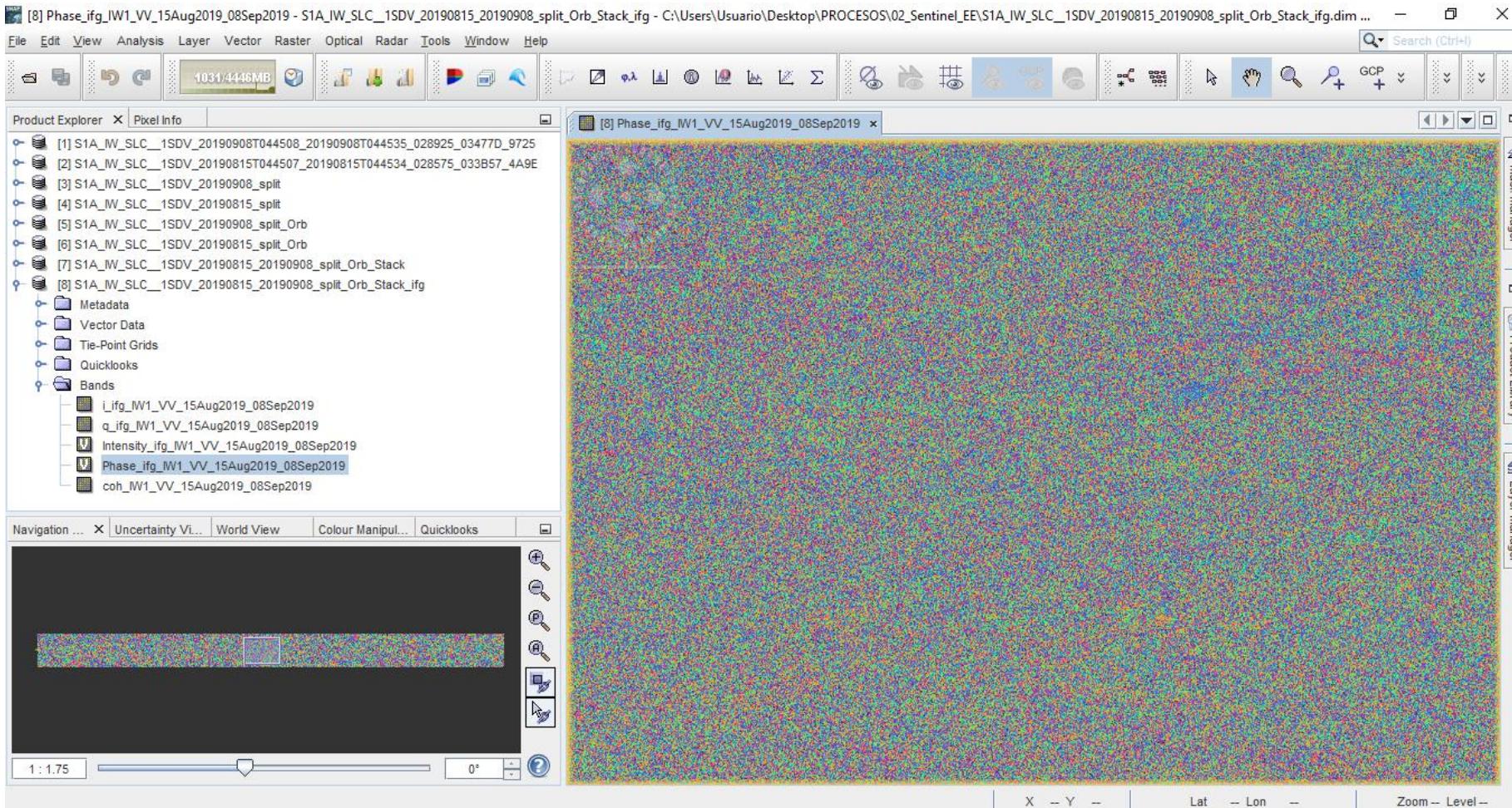
03 - 02- SNAP - 05 – ESD (más de un burst y todo junto)



03 - 02- SNAP - 06 – Interferogram Formation



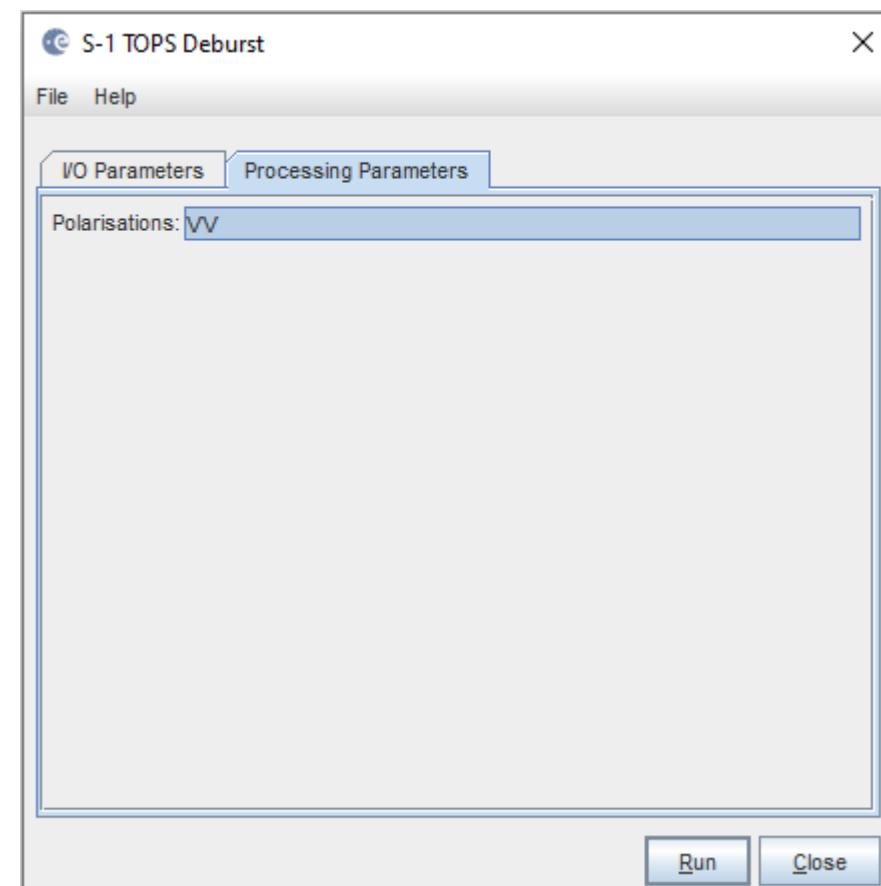
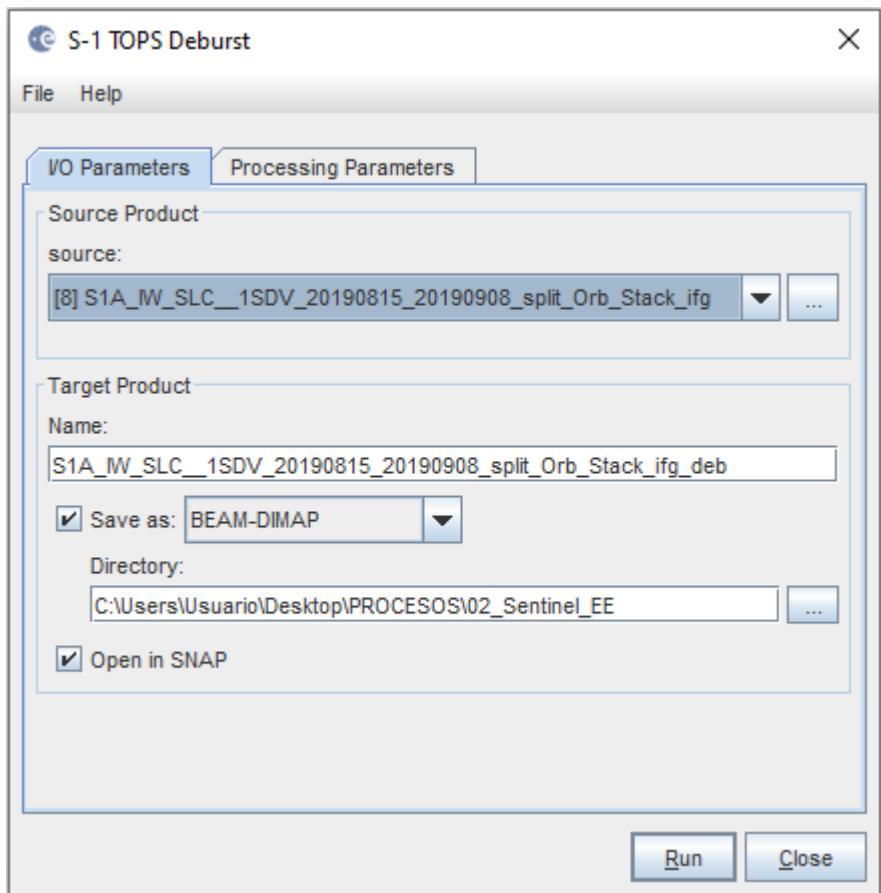
03 - 02- SNAP - 06 – Interferogram Formation



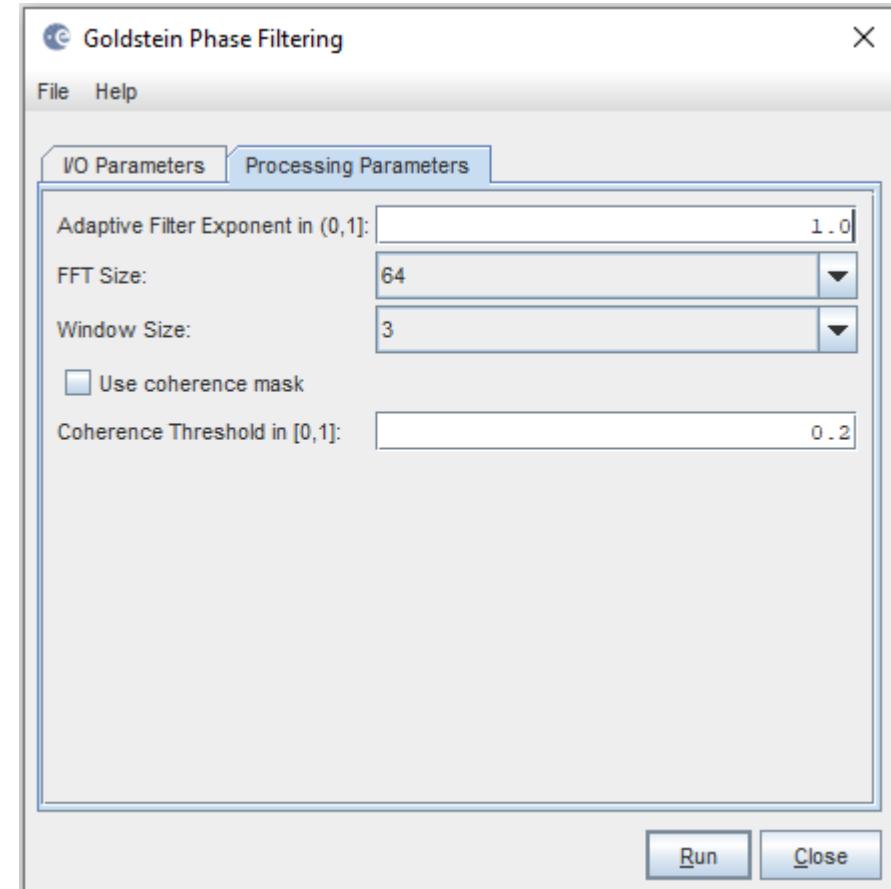
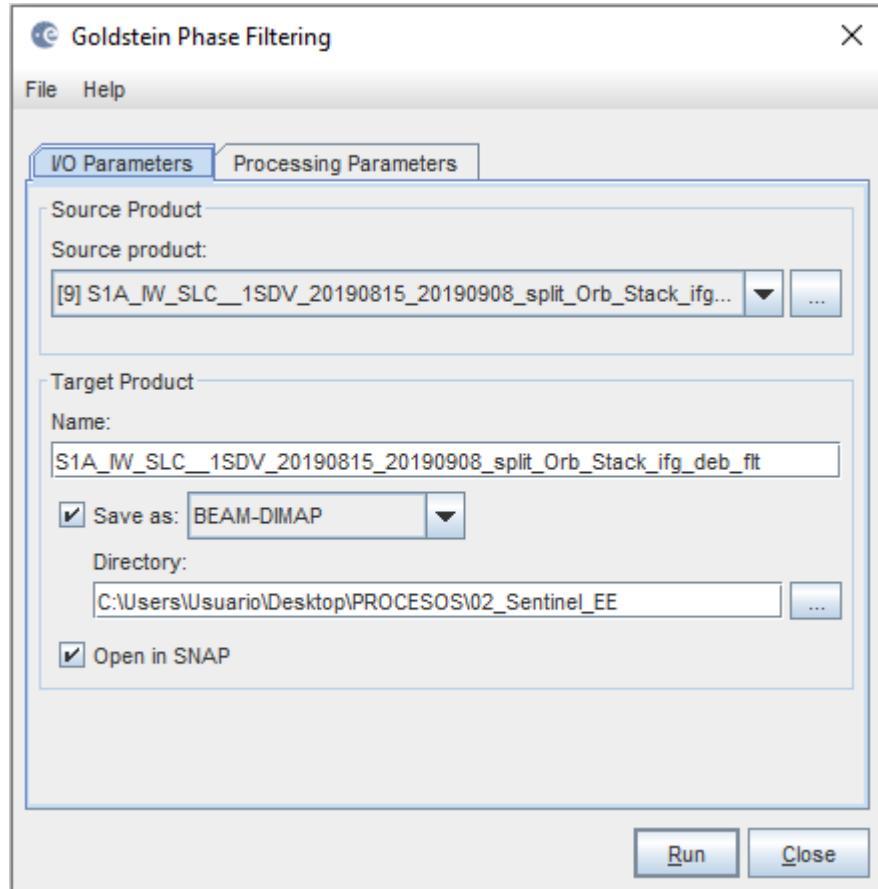
DEM's mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



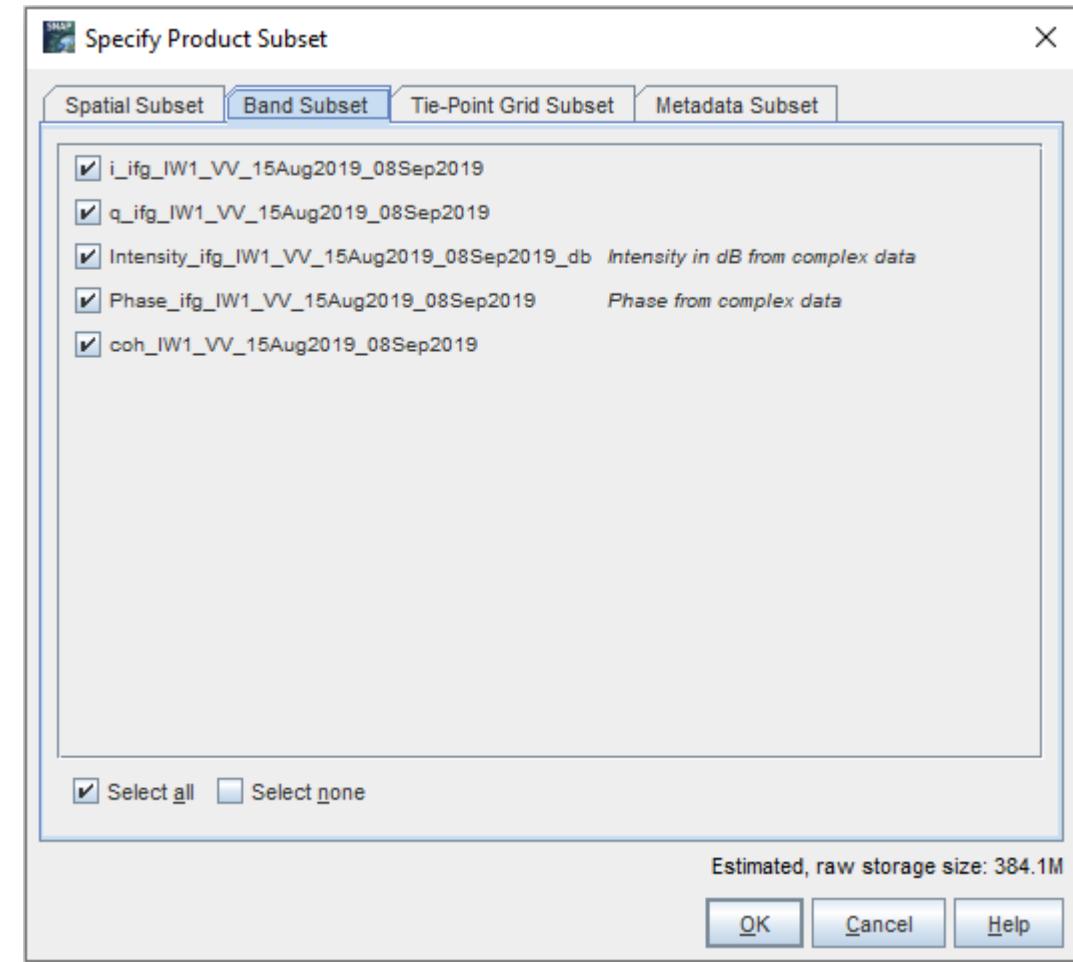
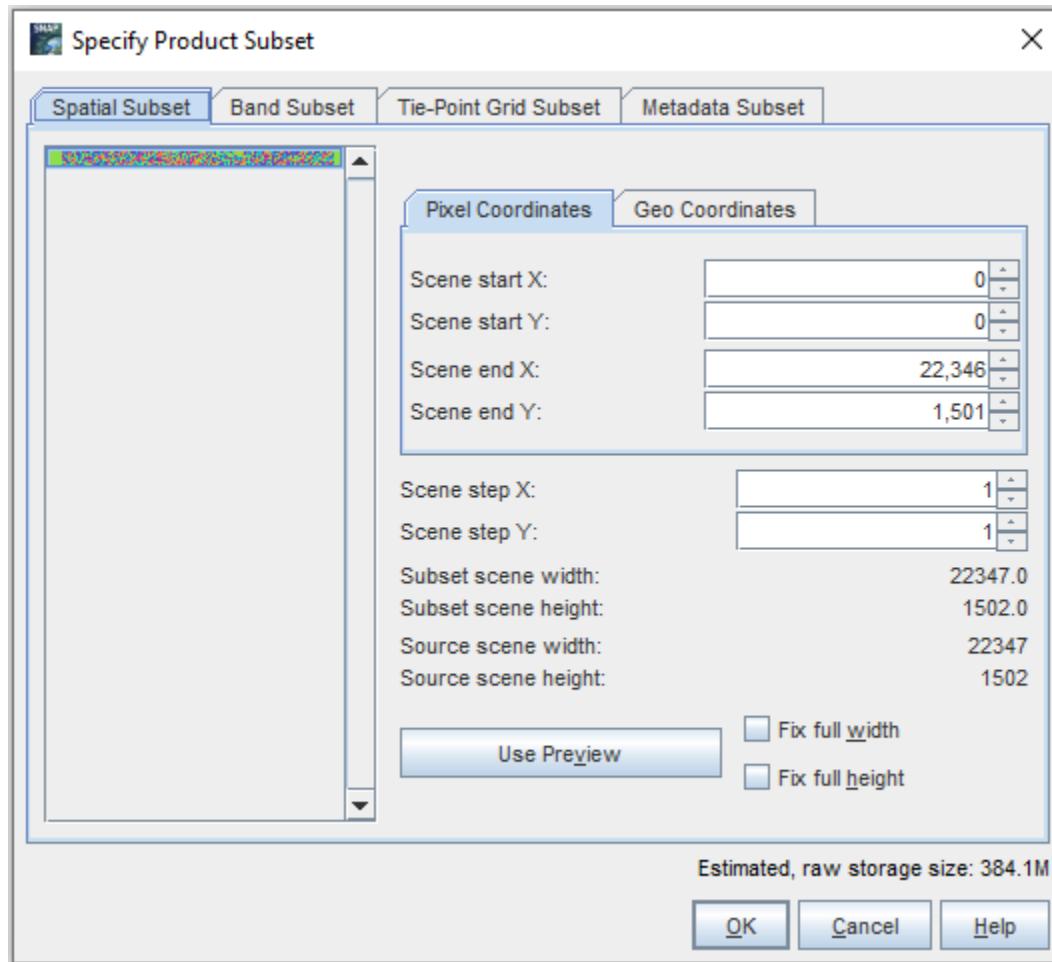
03 - 02- SNAP - 07 – Deburst



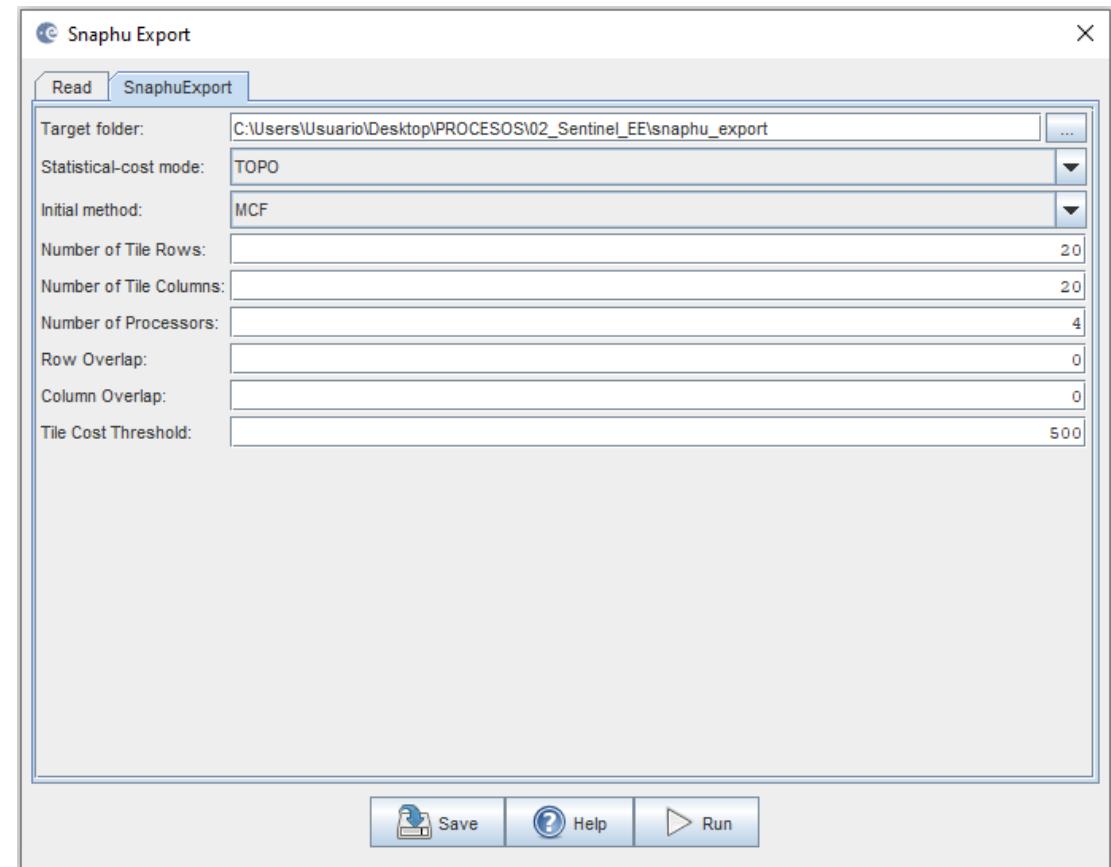
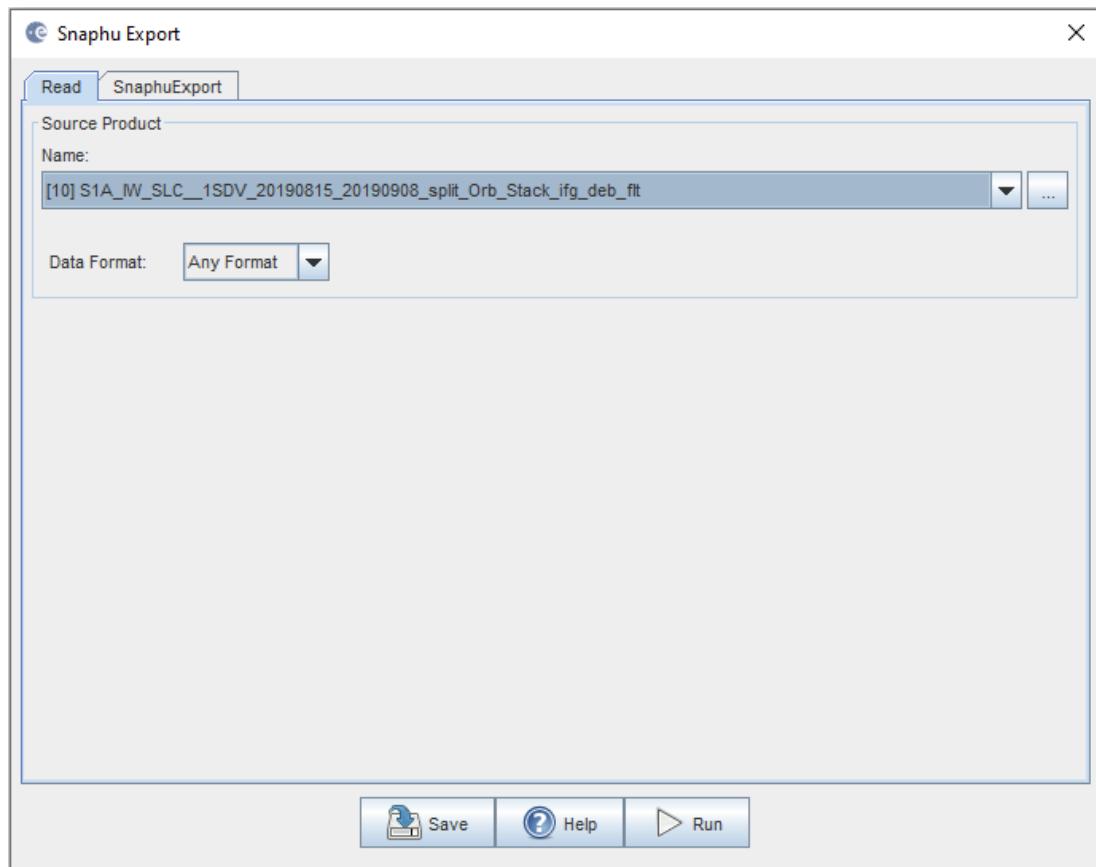
03 - 02- SNAP - 08 – Goldstein Phase Filtering



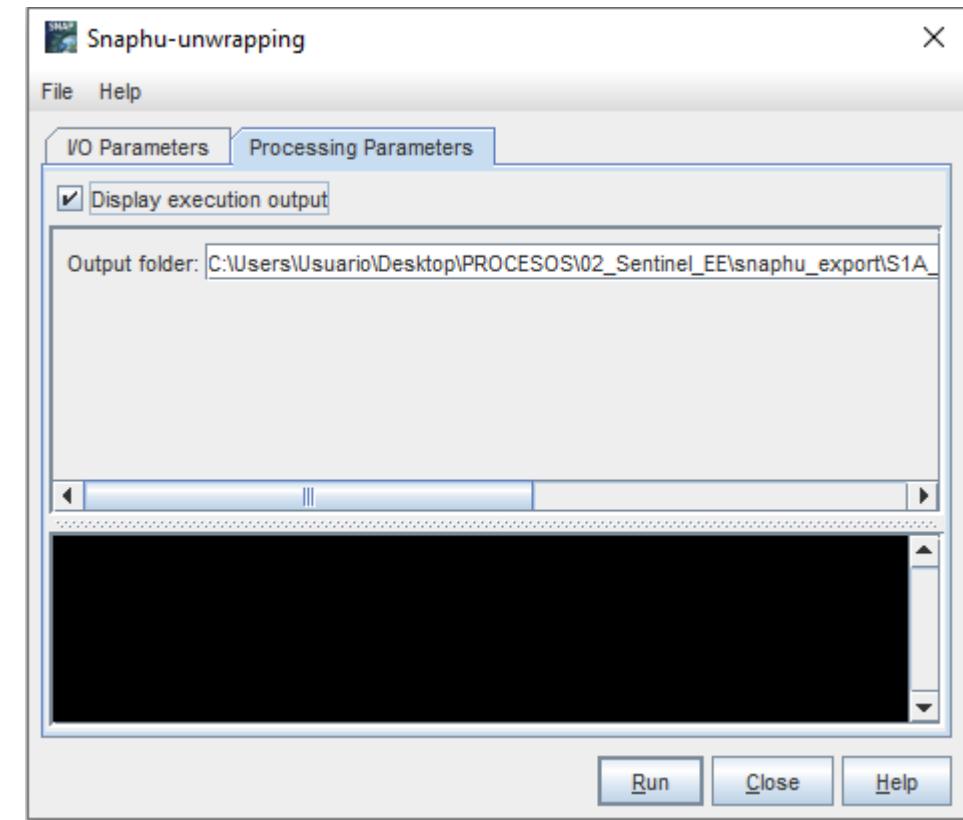
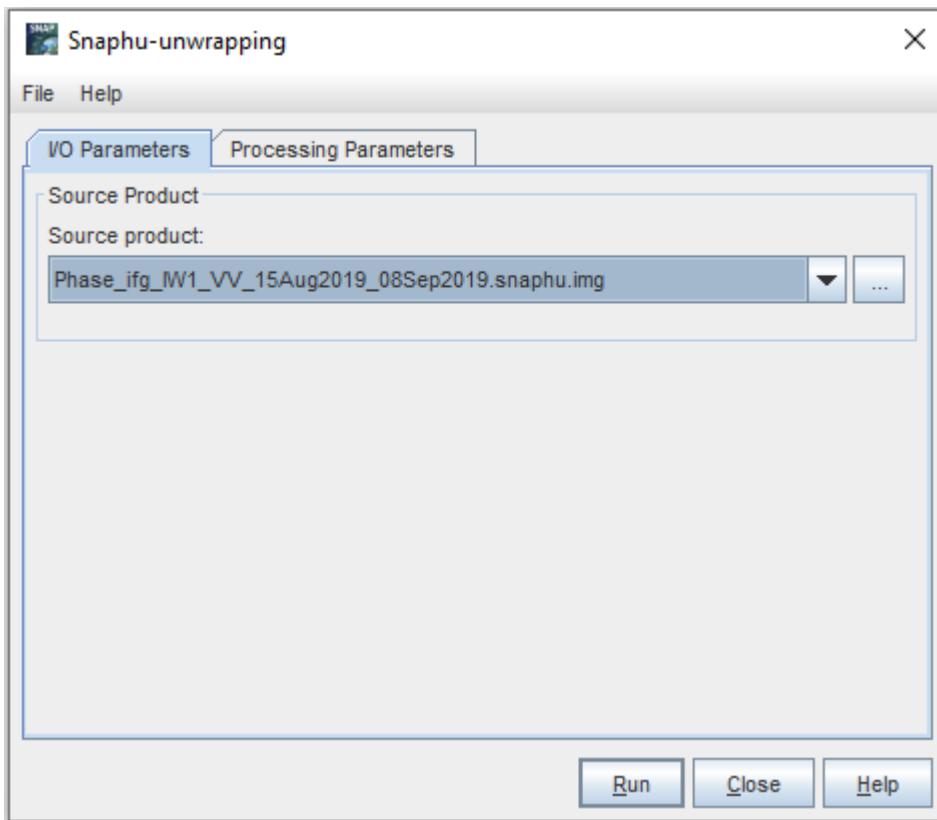
03 - 02- SNAP - 09 – Subset



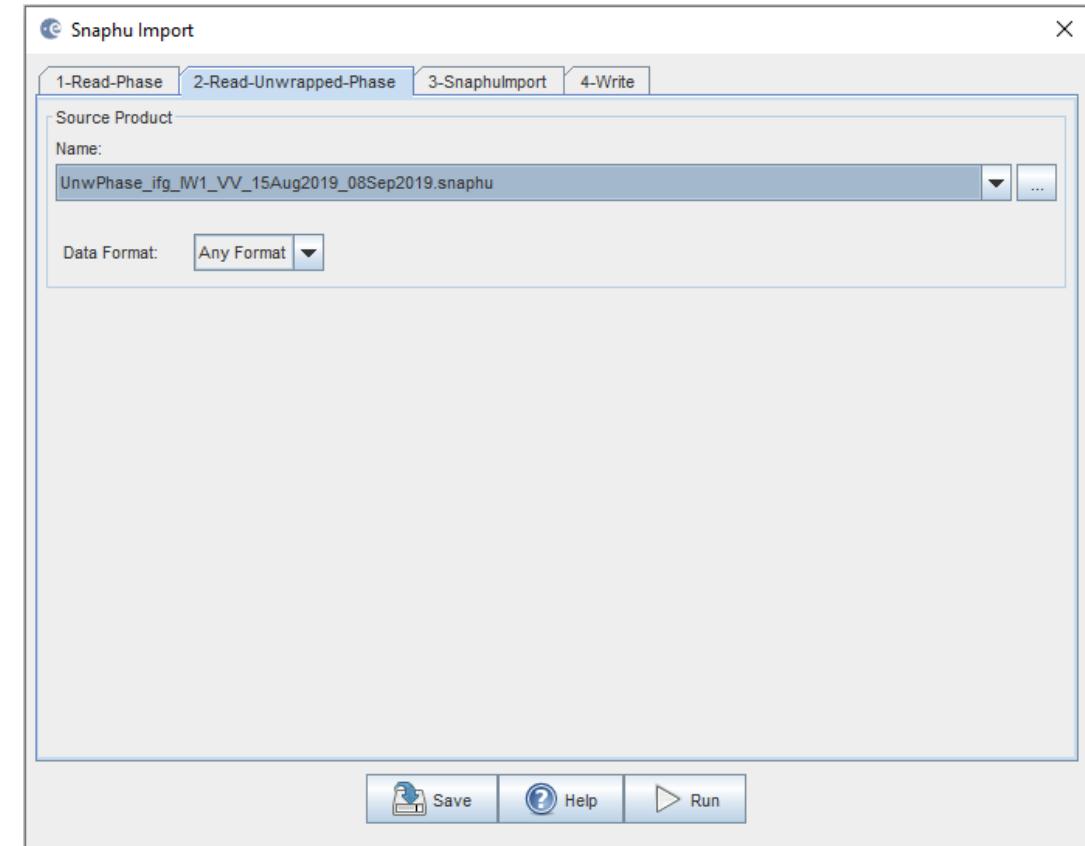
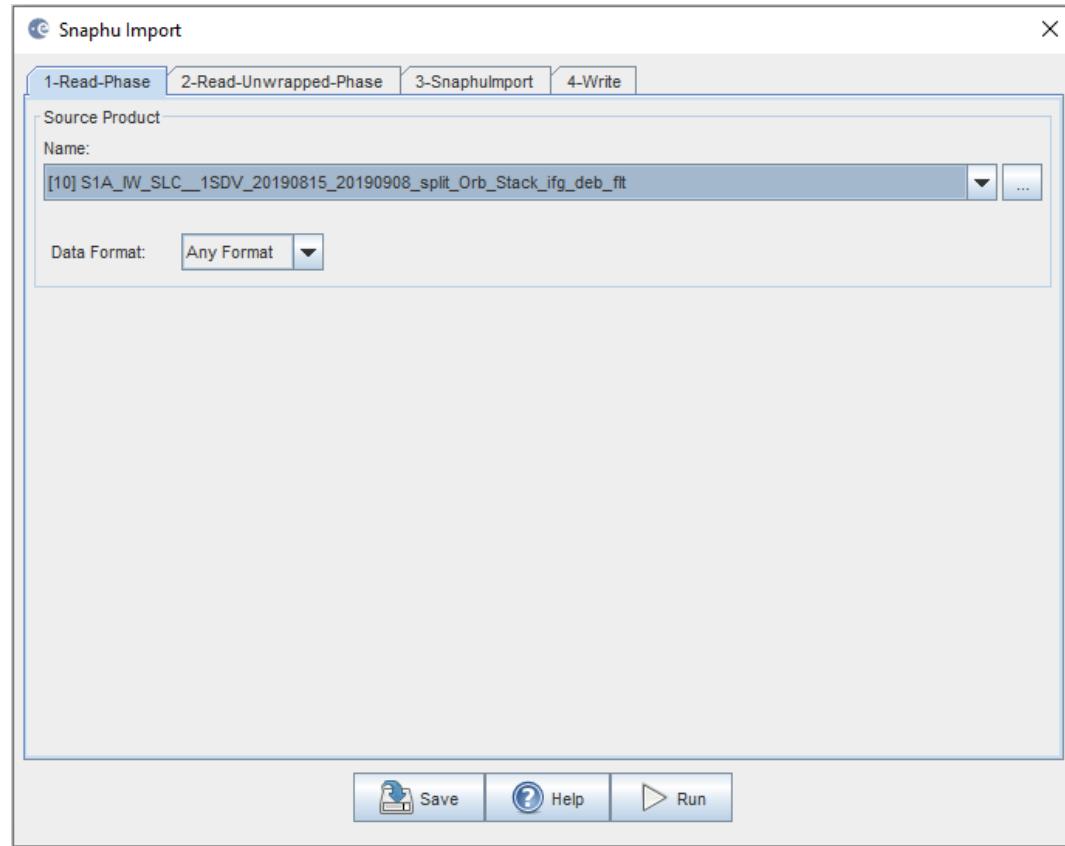
03 - 02- SNAP - 10 – Snaphu Export



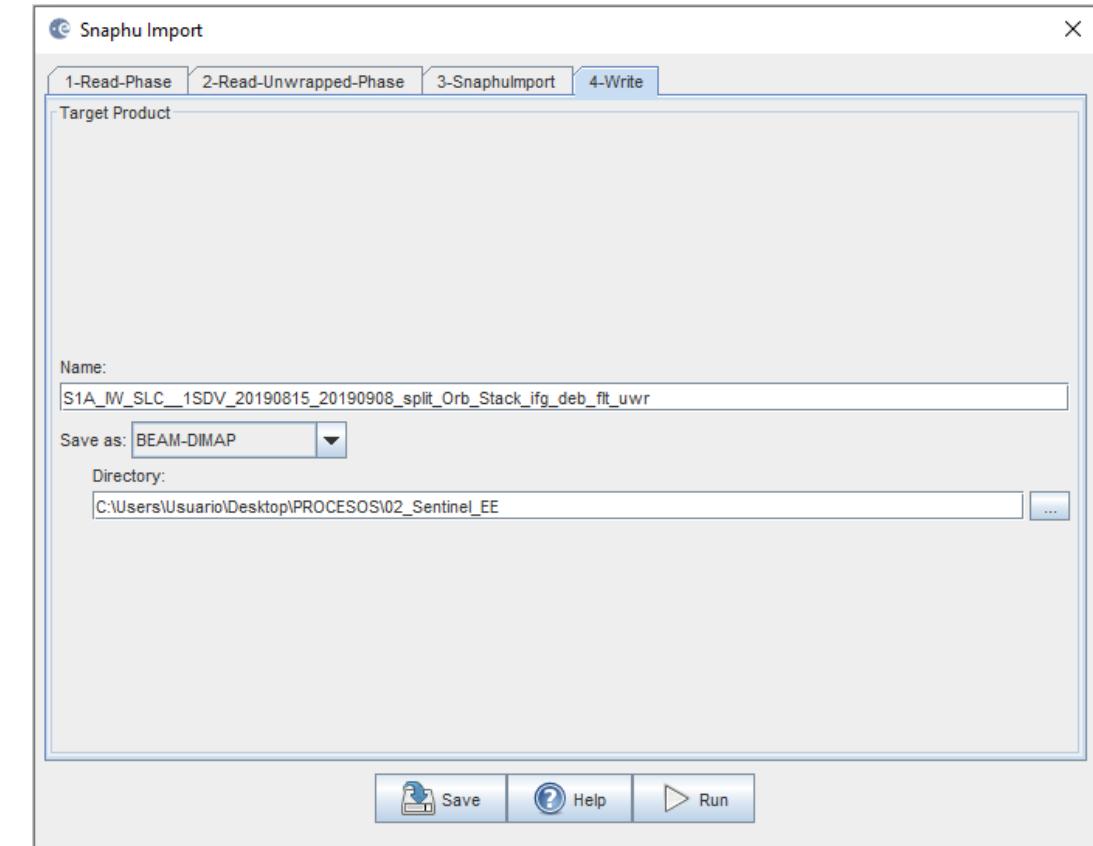
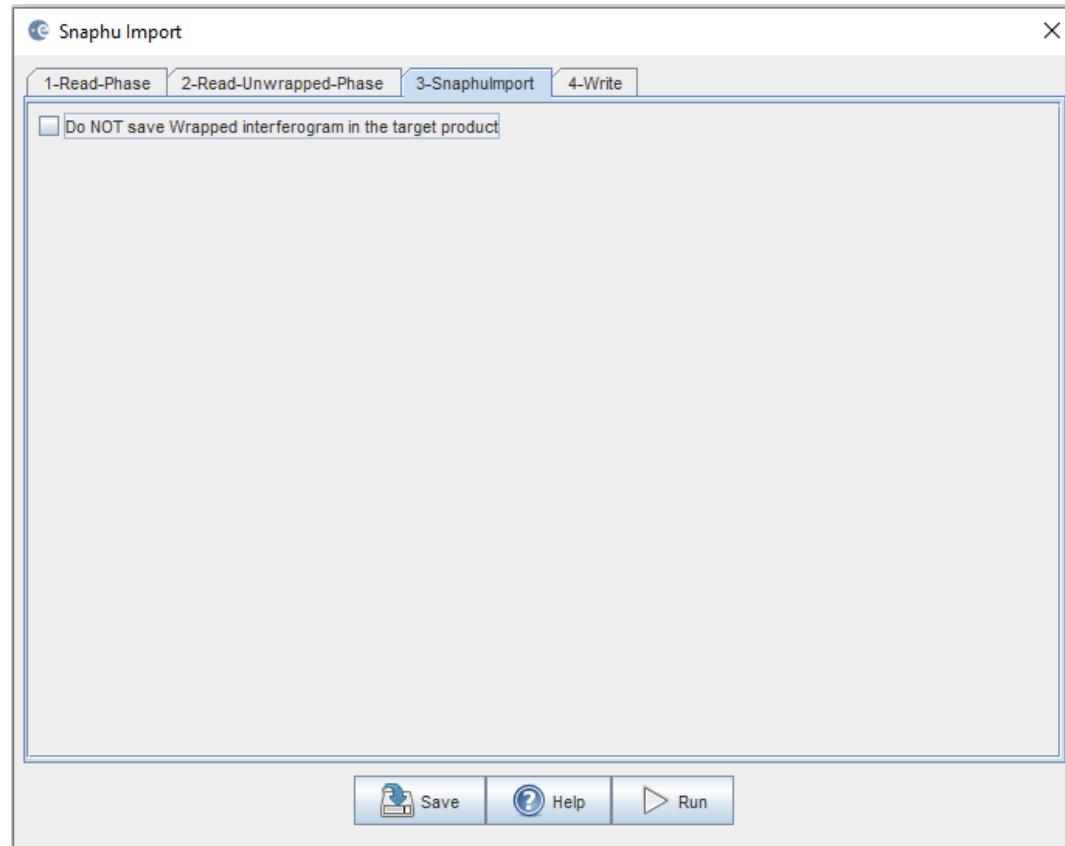
03 - 02- SNAP - 11 – Snaphu Unwrapping



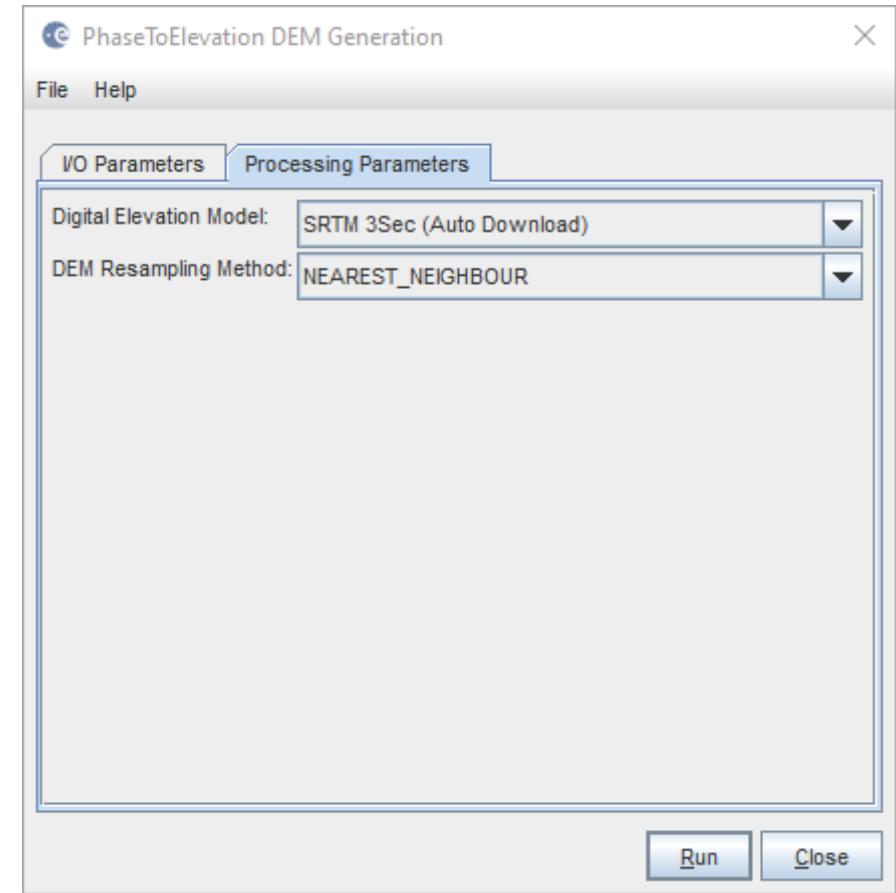
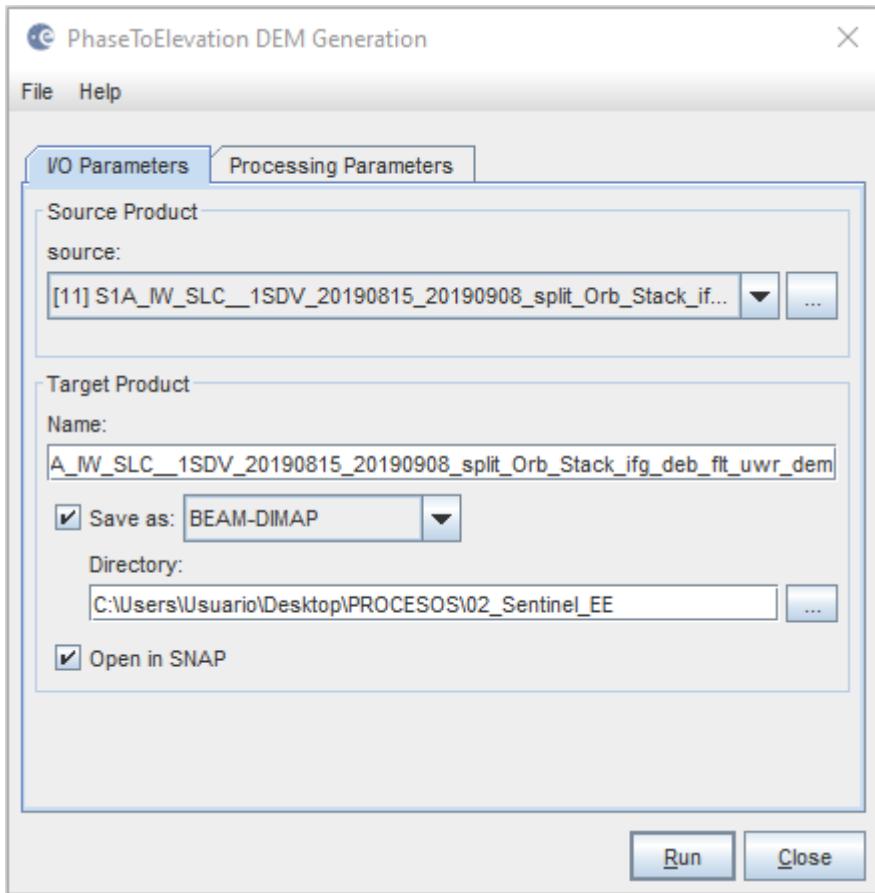
03 - 02- SNAP - 12 – Snaphu Import



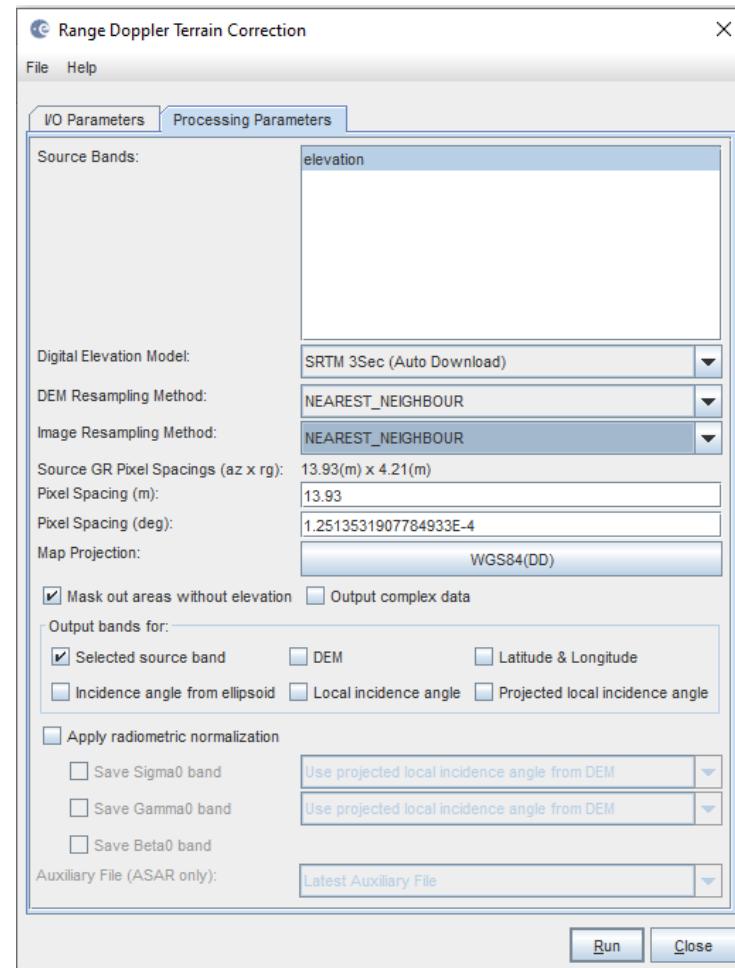
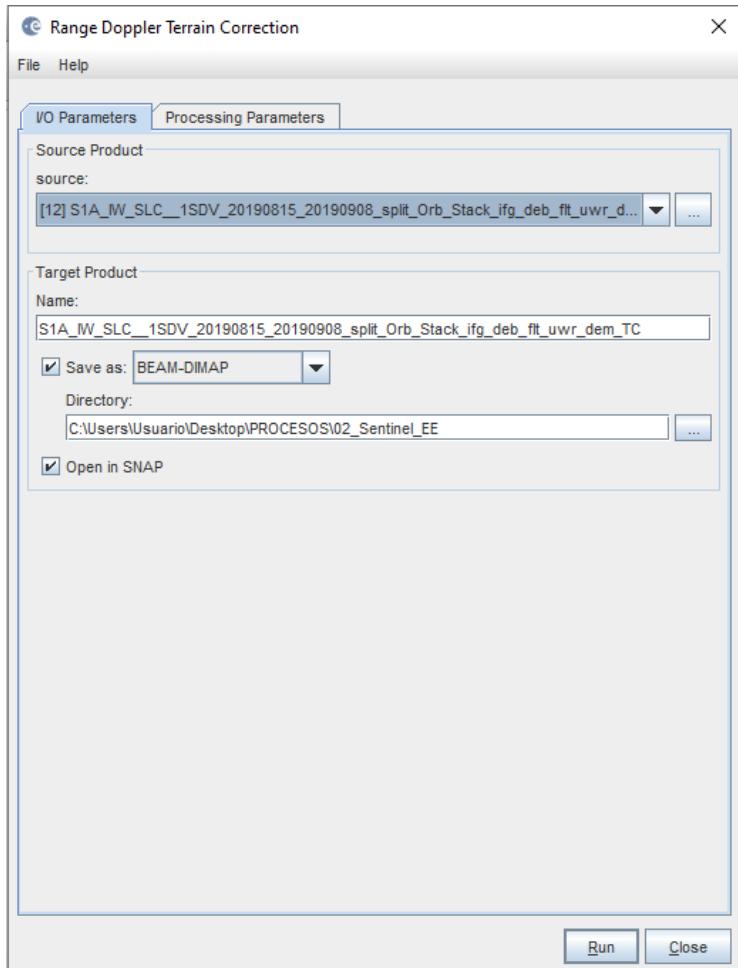
03 - 02- SNAP - 12 – Snaphu Import



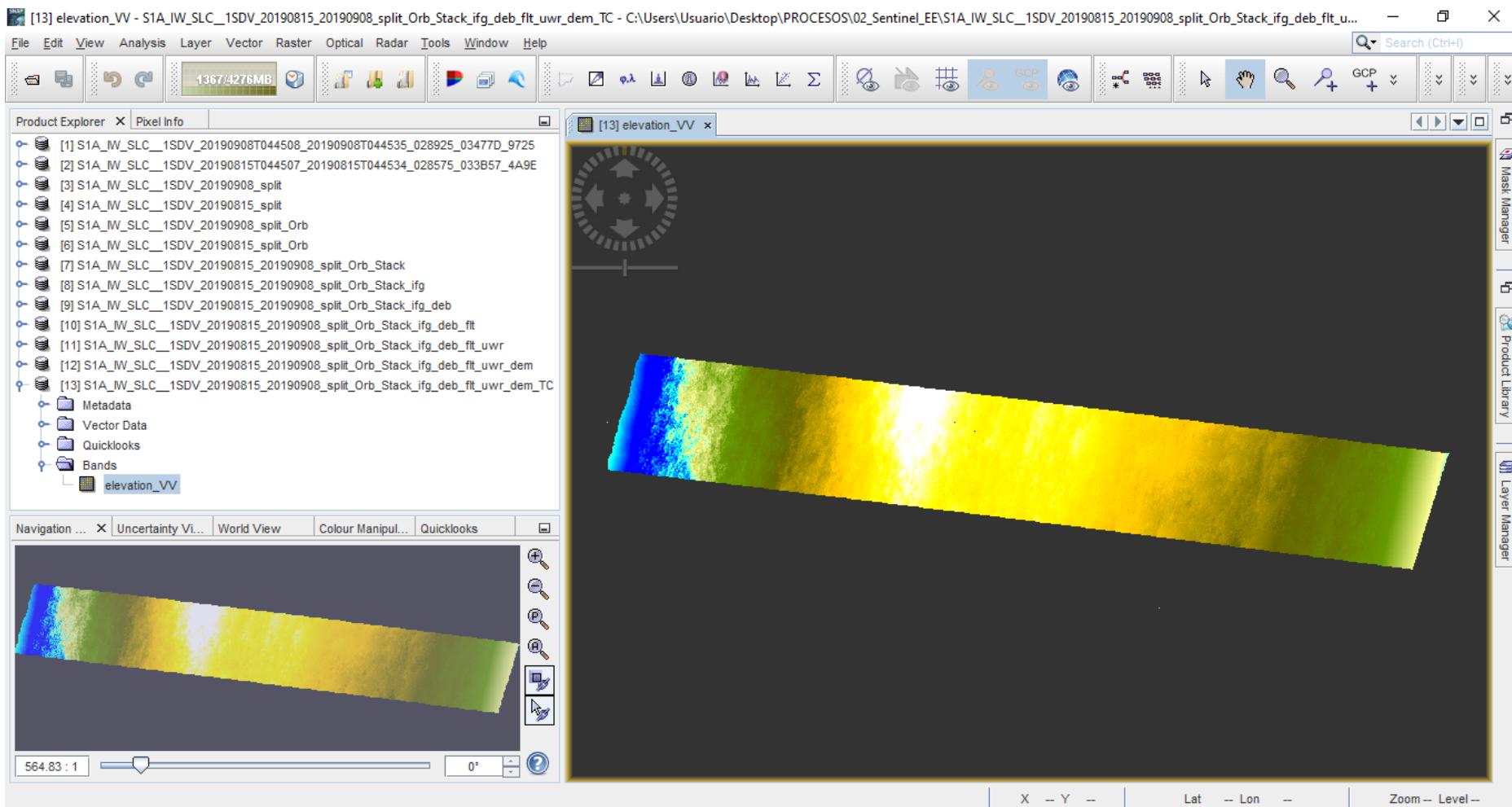
03 - 02- SNAP - 13 – Phase to Elevation



03 - 02- SNAP - 14 – Terrain Correction



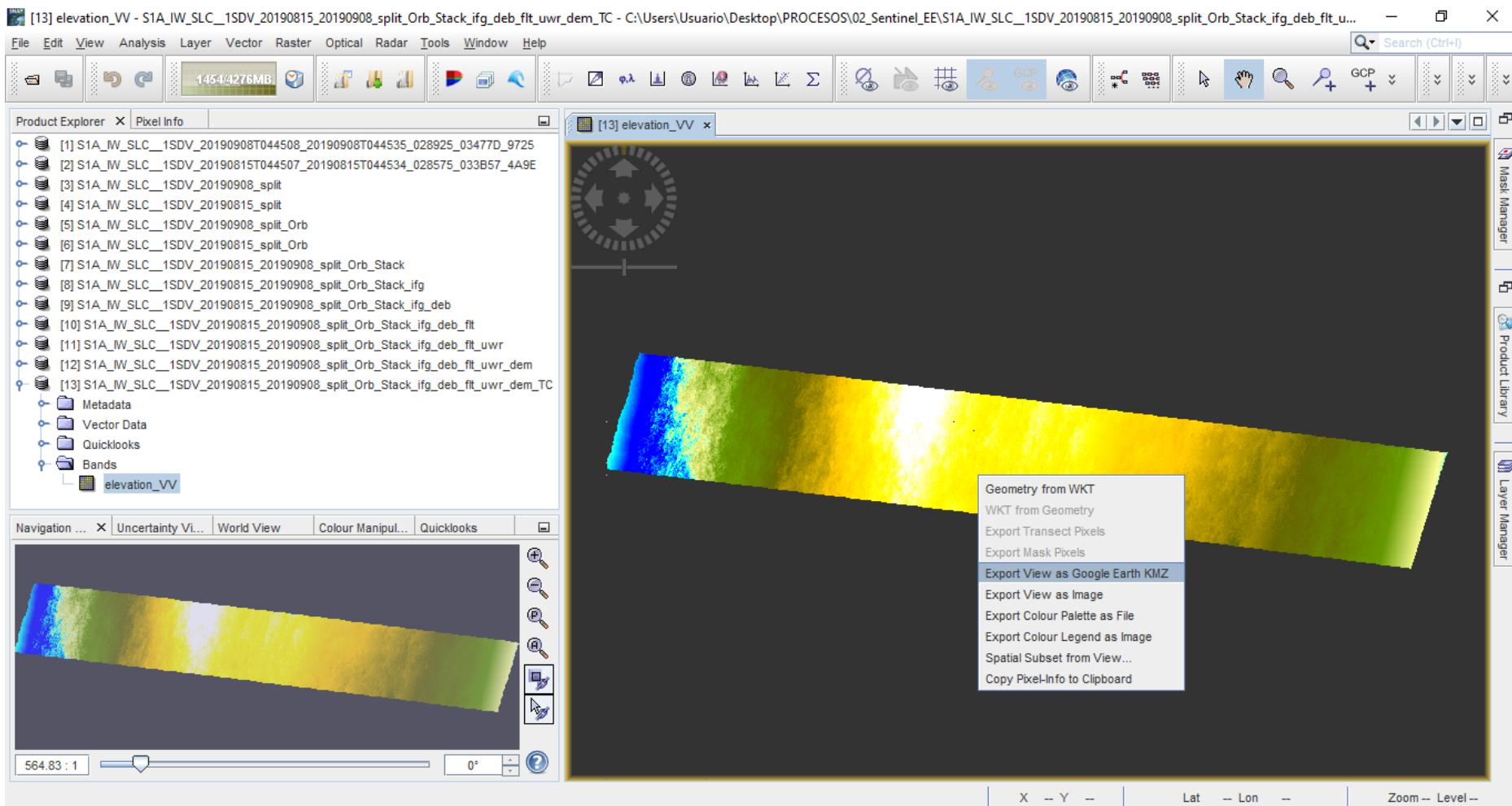
03 - 02- SNAP - 14 – Terrain Correction



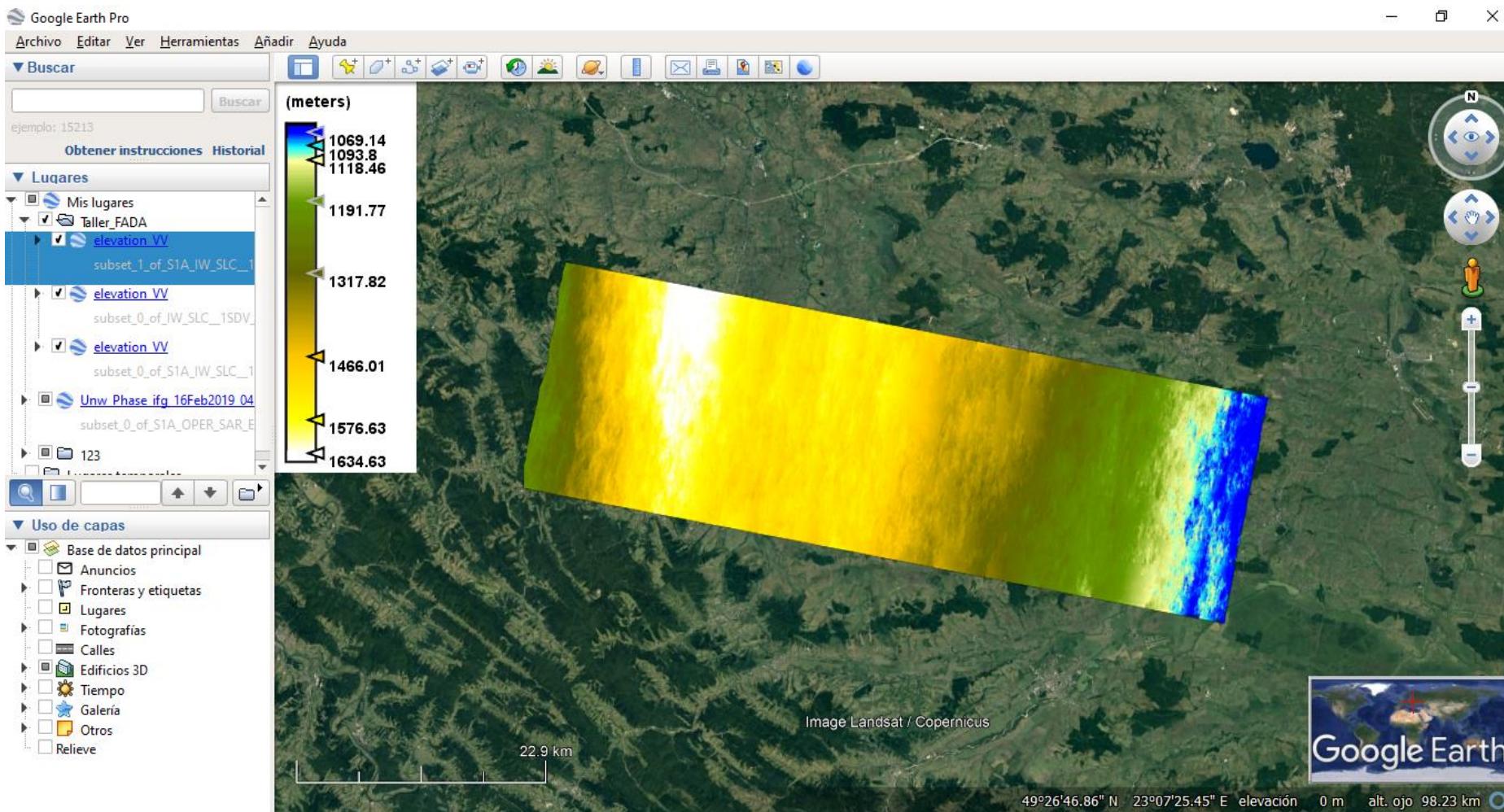
DEM^s mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



03 - 02- SNAP - 15 – Exportar a Google Earth



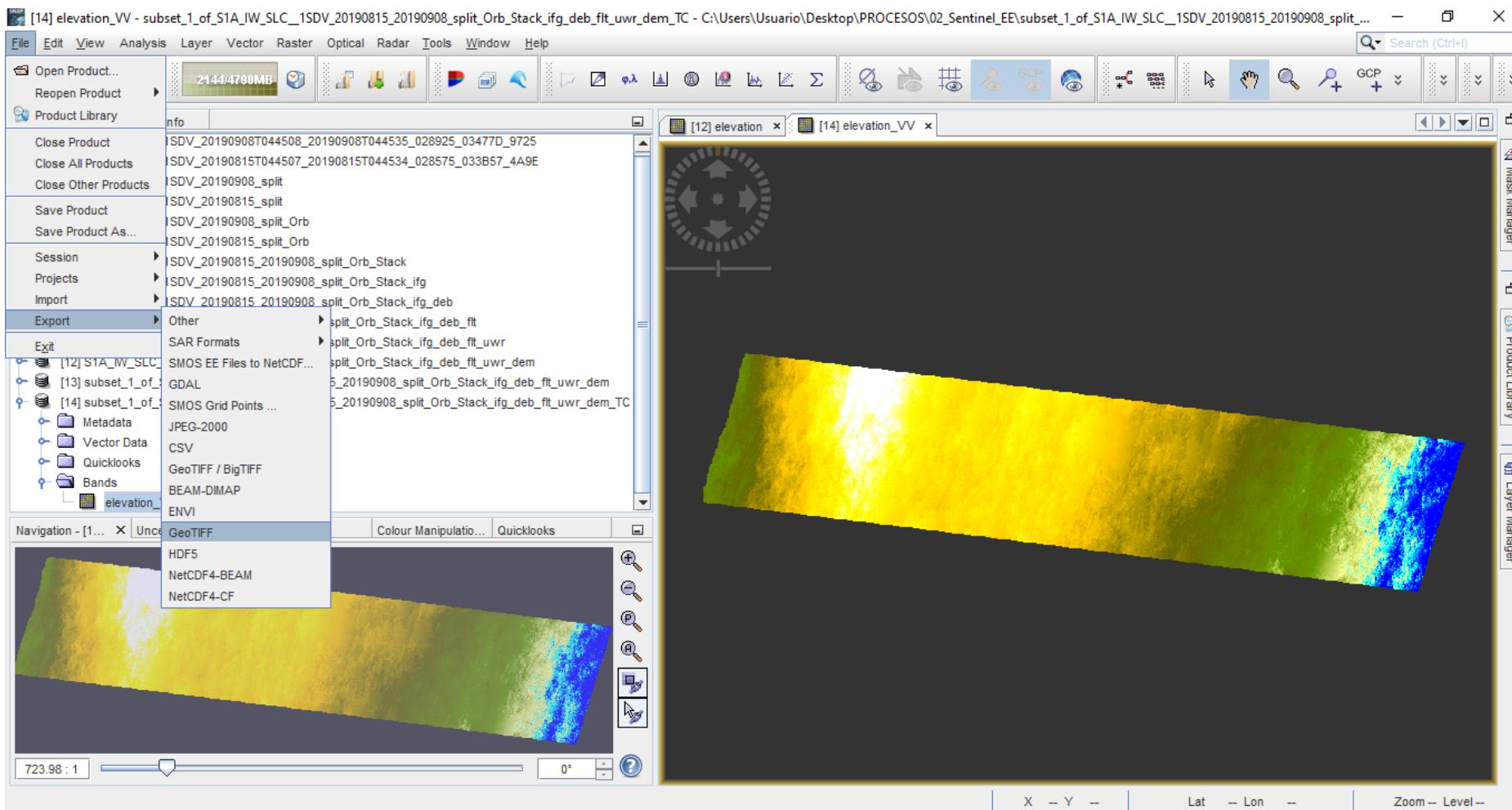
03 - 02- SNAP - 15 – Google Earth



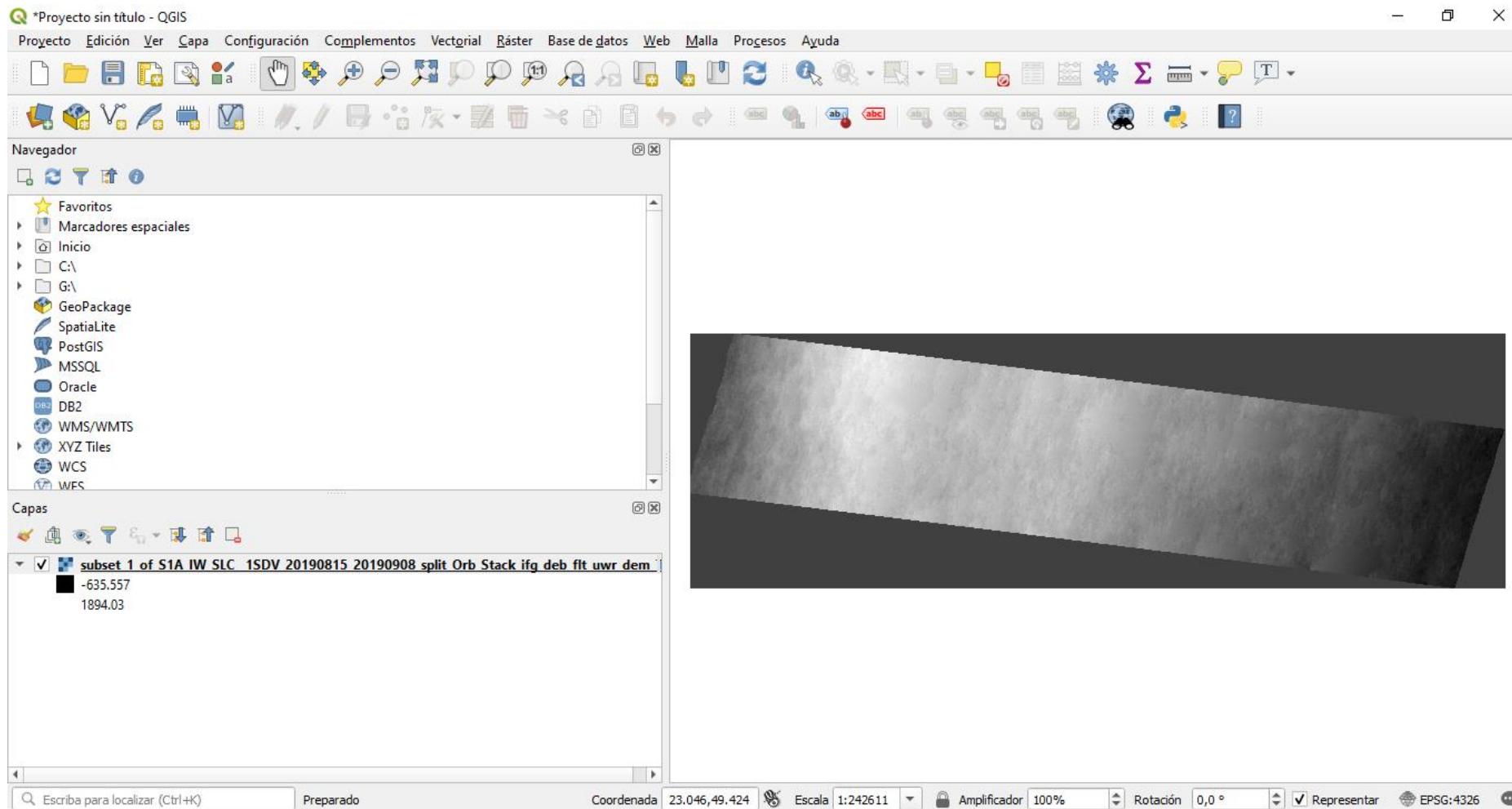
DEMs mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



03 - 02- SNAP - 16 - Exportar GeoTIFF



03 - 02- SNAP - 16 – GeoTIFF en QGis



DEM^s mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



03 - 02- Tutorial SNAP DEMs

Se enviará por mail y quedará en los canales de YouTube

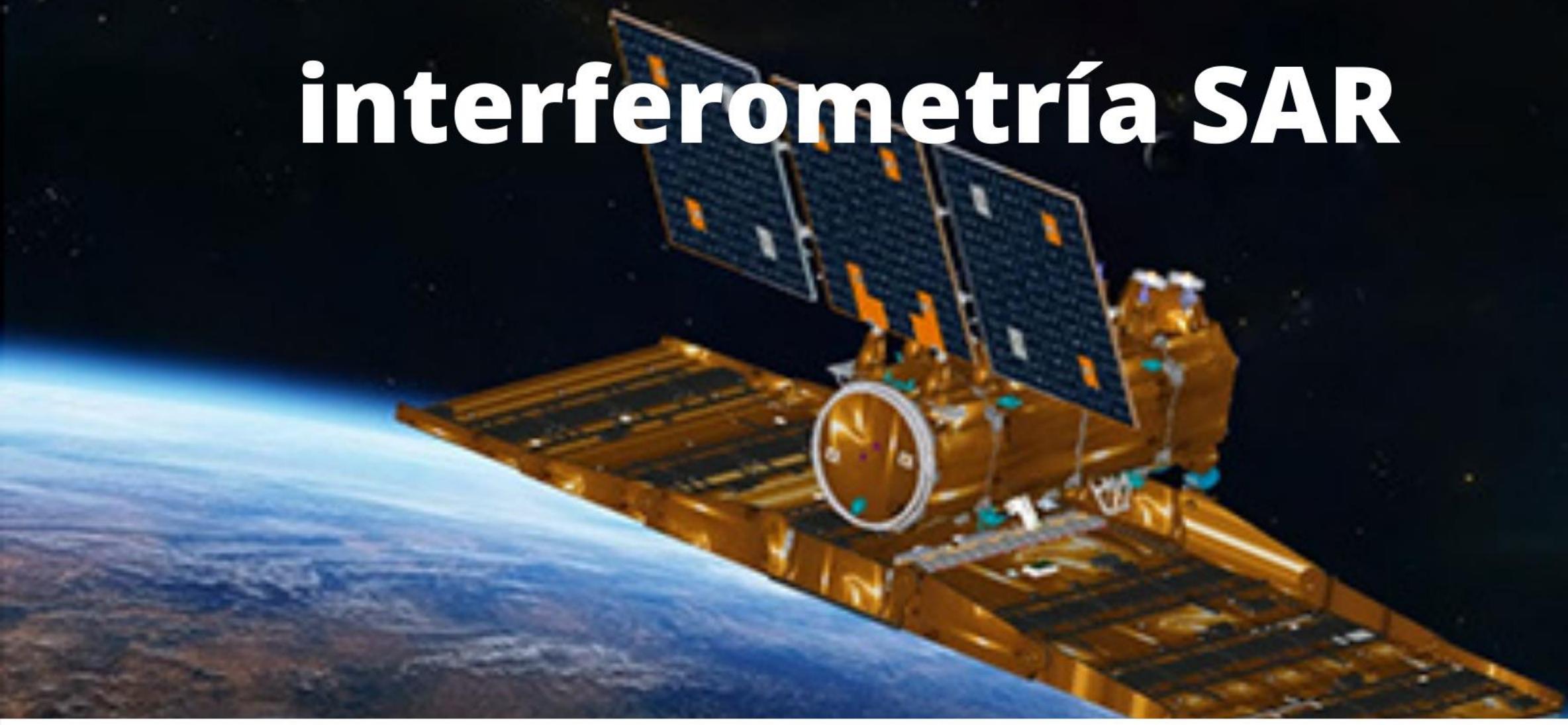
Así de sencillo:

https://www.youtube.com/channel/UCqVMYVGGuS0dRY_AYovA9_w

FADA - Federación Argentina de Agrimensores

https://www.youtube.com/channel/UCMSwTHXPp3_XrM2ES-iezrA

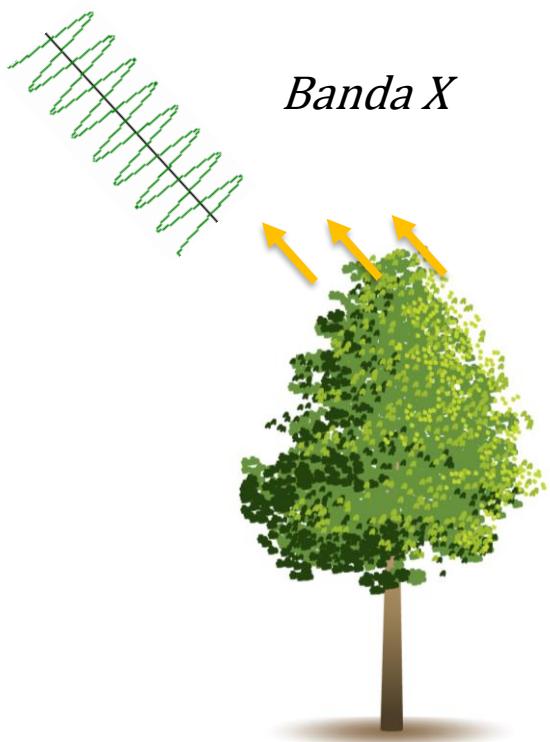
DEM^s mediante interferometría SAR



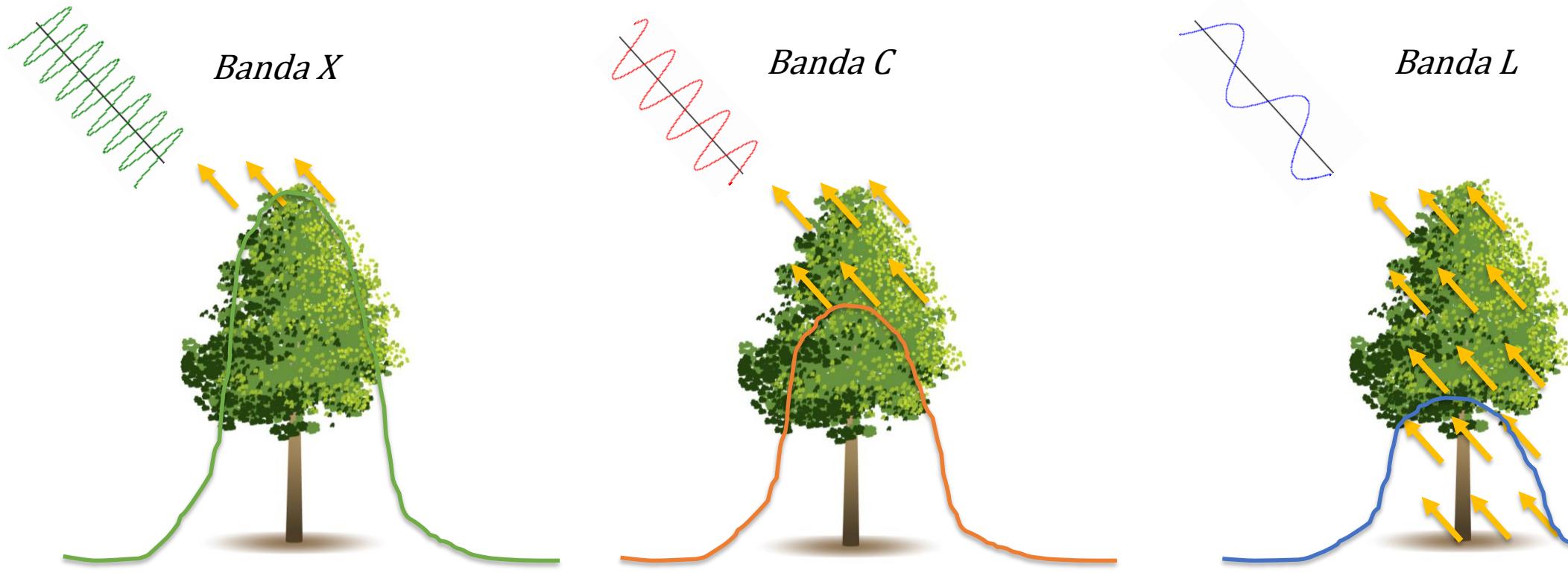
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor



03 - 03- DEMs según longitudes de onda



03 - 03- DEMs según longitudes de onda



La resolución condiciona la cantidad de retrodispersores que conforman un mismo pixel



03 - 03- DEMs según longitudes de onda

- 1) Fotogrametría (incluye coberturas)
- 2) Banda X (cercano a fotogramétrico)
- 3) Banda C (intermedio)
- 4) Banda L (mayor penetración de la cobertura)

Precisión y exactitud (banda, orbita, procesamiento)

Planimétrica

Altimétrica

03 - 03- Otras aplicaciones de interés con SAR

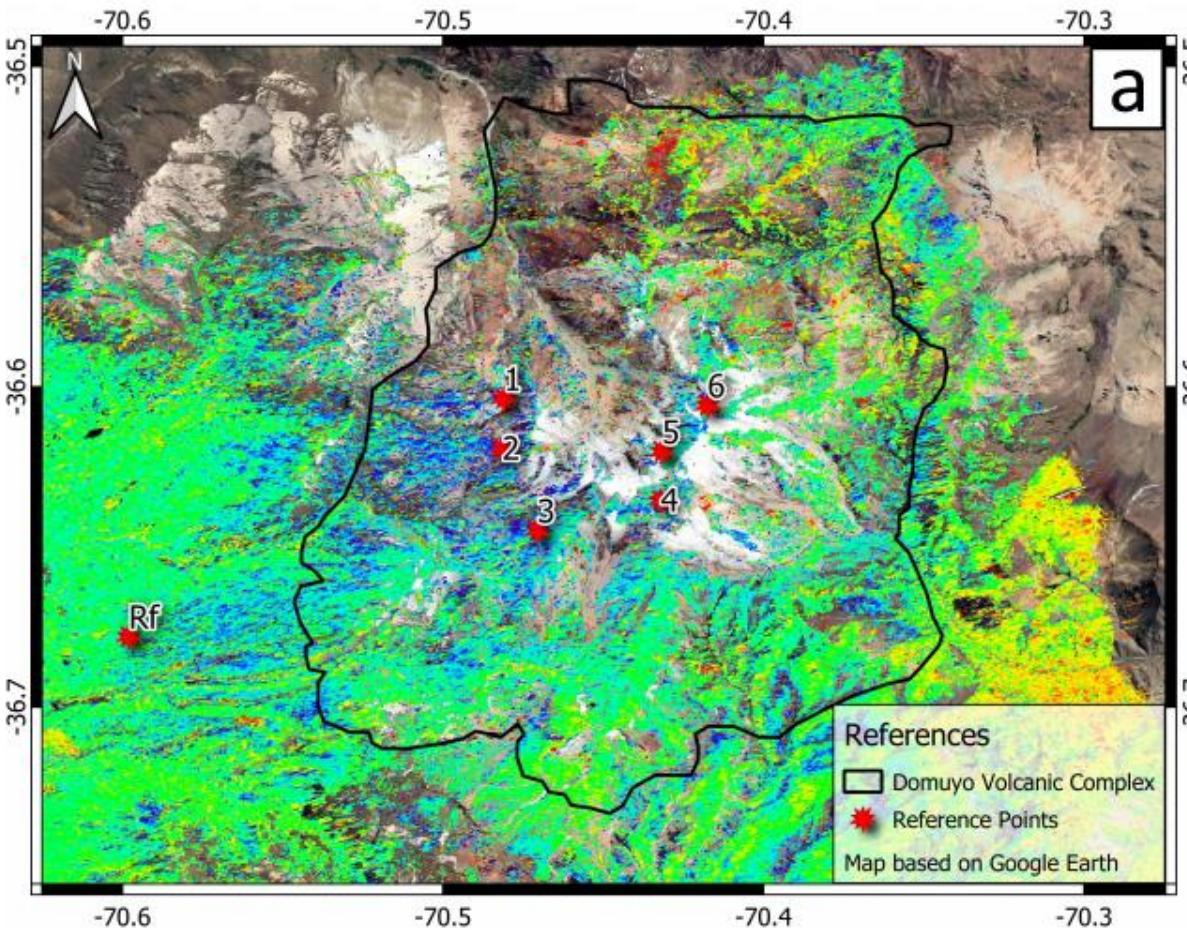
Radargrametria (DEM)

DInSAR (deslizamiento)

Coherencia interferométrica (cambios de cobertura)

Combinación de adquisiciones (SAOCOM / Cosmo-SkyMed)

03 - 03- DInSAR (vulcanismo)



Fuente: 27

Agradecimientos

Federación Argentina de Agrimensores
VENG SA (participación de Adrián Unger, Natalia Varela y Lucas Barrera)

Santiago Seppi

Romina Solorza

Asistentes

¡Muchas gracias!

Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor

sales.sat@veng.com.ar

DEMs mediante interferometria SAR



DEM^s mediante interferometria SAR
Mgtr. Ing. Agrimensor Jorge Guillermo O'Connor

