

Mapeo y Monitoreo de Bosques con Datos SAR: Análisis Multi-Temporal

Erika Podest, Amber McCullum, Juan Luis Torres Pérez, Sean McCartney

12 de mayo de 2020

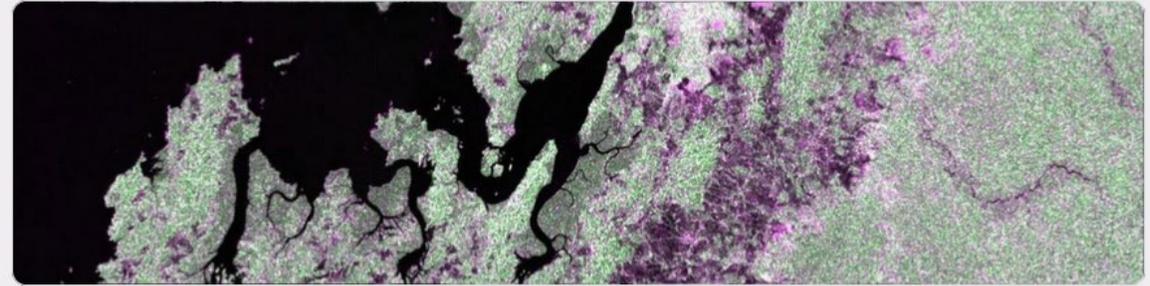
Estructura del Curso

- Cuatro sesiones de dos horas cada una los días **12, 14, 19 y 21 de mayo**
- Habrá dos sesiones por día presentando el mismo material en
 - Inglés (11:00-13:00 Hora Este de EE.UU.)
 - Español (14:00-16:00 Hora Este de EE.UU.)
 - **Por favor inscríbese y asista a solo una sesión por día.**
- Las grabaciones de las sesiones, las presentaciones PowerPoint y la tarea asignada se podrán encontrar después de cada sesión en la siguiente página:
 - <https://arset.gsfc.nasa.gov/land/webinars/forest-mapping-sar>
 - Preguntas y respuestas: Después de cada sesión y/o por correo electrónico:
 - erika.podest@jpl.nasa.gov
 - amberjean.mccullum@nasa.gov
 - juan.l.torresperez@nasa.gov



Tarea y Certificados

- **Tarea:**
 - Habrá una tarea asignada
 - Debe enviar sus respuestas vía Google Forms
- **Certificado de Finalización:**
 - Asistir a las cuatro sesiones en vivo
 - Completar la tarea asignada hasta el **4 de junio** (acceder desde la página web de ARSET)
 - Recibirán sus certificados aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: marines.martins@ssaihq.com



Homework: Advanced Webinar: Forest Mapping and Monitoring with SAR Data

This homework includes questions from the lectures and exercises from all sessions of this webinar. Some questions refer to portions of the exercise that can be best answered as you are completing the steps. Thus, it may be best to record your answers on a sheet of paper or elsewhere before submitting them here. You will not be able to save your answers and come back to complete this form at a later time.



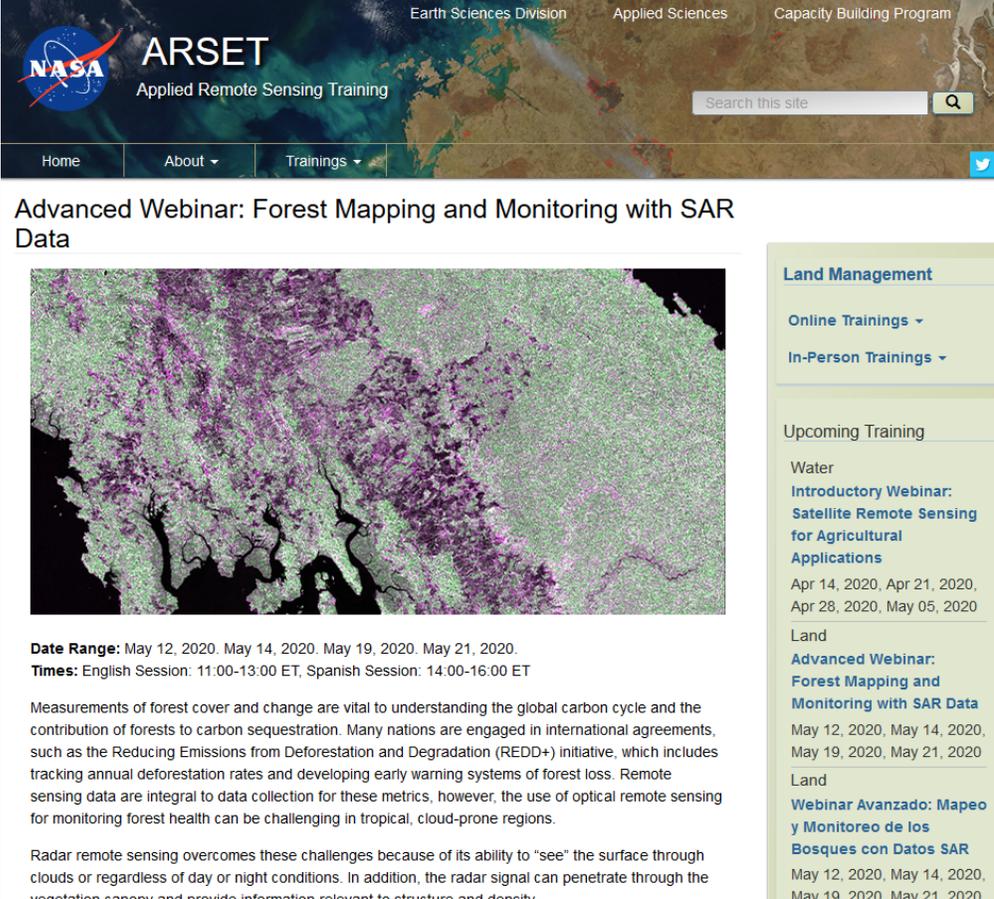
Prerrequisitos y Material del Curso

- **Prerrequisitos:**

- Por favor complete la siguiente capacitación o cuente con experiencia equivalente:
 - [Introducción al Radar de Apertura Sintética](#)
 - [Advanced Webinar: SAR for Landcover Applications](#)
- Abrir una cuenta en Google Earth Engine (gratis):
- <https://earthengine.google.com>

- **Material del Curso:**

- <https://arset.gsfc.nasa.gov/land/webinars/forest-mapping-sar>



The screenshot shows the ARSET (Applied Remote Sensing Training) website. The header includes the NASA logo, the text 'ARSET Applied Remote Sensing Training', and navigation links for 'Earth Sciences Division', 'Applied Sciences', and 'Capacity Building Program'. A search bar is present. Below the header, there are navigation tabs for 'Home', 'About', and 'Trainings'. The main content area features a webinar titled 'Advanced Webinar: Forest Mapping and Monitoring with SAR Data'. A satellite image of a forest is displayed. To the right, a sidebar lists 'Land Management' with sub-sections for 'Online Trainings' and 'In-Person Trainings'. Under 'Upcoming Training', there are two entries: one for 'Water' (Introductory Webinar: Satellite Remote Sensing for Agricultural Applications) and one for 'Land' (Advanced Webinar: Forest Mapping and Monitoring with SAR Data). The 'Land' entry is highlighted in blue. Below the webinar title, the 'Date Range' is listed as May 12, 2020, May 14, 2020, May 19, 2020, and May 21, 2020. The 'Times' are listed as English Session: 11:00-13:00 ET, Spanish Session: 14:00-16:00 ET. A paragraph of text describes the importance of forest cover measurements for carbon sequestration and deforestation monitoring. A second paragraph explains how radar remote sensing overcomes challenges in tropical, cloud-prone regions.

ARSET
Applied Remote Sensing Training

Earth Sciences Division Applied Sciences Capacity Building Program

Search this site

Home About Trainings

Advanced Webinar: Forest Mapping and Monitoring with SAR Data

Land Management

Online Trainings
In-Person Trainings

Upcoming Training

Water
Introductory Webinar: Satellite Remote Sensing for Agricultural Applications
Apr 14, 2020, Apr 21, 2020, Apr 28, 2020, May 05, 2020

Land
Advanced Webinar: Forest Mapping and Monitoring with SAR Data
May 12, 2020, May 14, 2020, May 19, 2020, May 21, 2020

Land
Webinar Avanzado: Mapeo y Monitoreo de los Bosques con Datos SAR
May 12, 2020, May 14, 2020, May 19, 2020, May 21, 2020

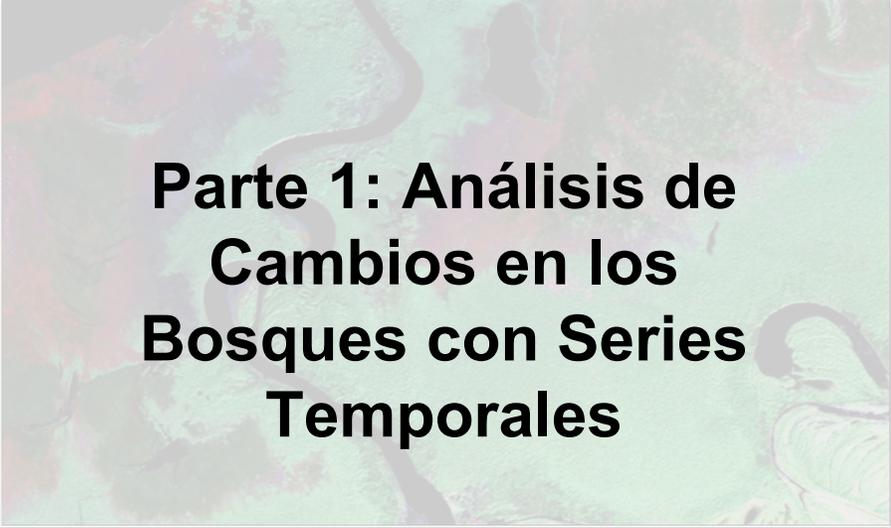
Date Range: May 12, 2020, May 14, 2020, May 19, 2020, May 21, 2020.
Times: English Session: 11:00-13:00 ET, Spanish Session: 14:00-16:00 ET

Measurements of forest cover and change are vital to understanding the global carbon cycle and the contribution of forests to carbon sequestration. Many nations are engaged in international agreements, such as the Reducing Emissions from Deforestation and Degradation (REDD+) initiative, which includes tracking annual deforestation rates and developing early warning systems of forest loss. Remote sensing data are integral to data collection for these metrics, however, the use of optical remote sensing for monitoring forest health can be challenging in tropical, cloud-prone regions.

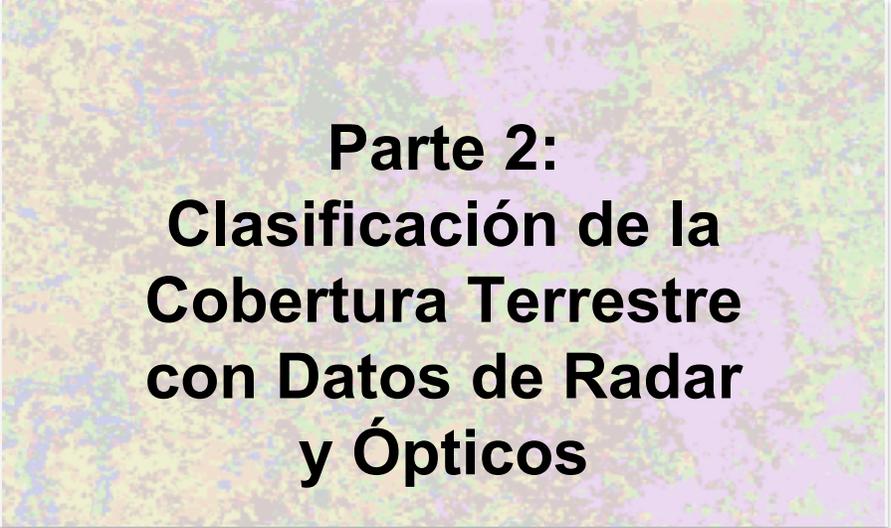
Radar remote sensing overcomes these challenges because of its ability to "see" the surface through clouds or regardless of day or night conditions. In addition, the radar signal can penetrate through the vegetation canopy and provide information relevant to structure and density.



Esquema del Curso



Parte 1: Análisis de Cambios en los Bosques con Series Temporales



Parte 2: Clasificación de la Cobertura Terrestre con Datos de Radar y Ópticos



Parte 3: Mapeo de Manglares



Parte 4: Altura de Rodales Forestales

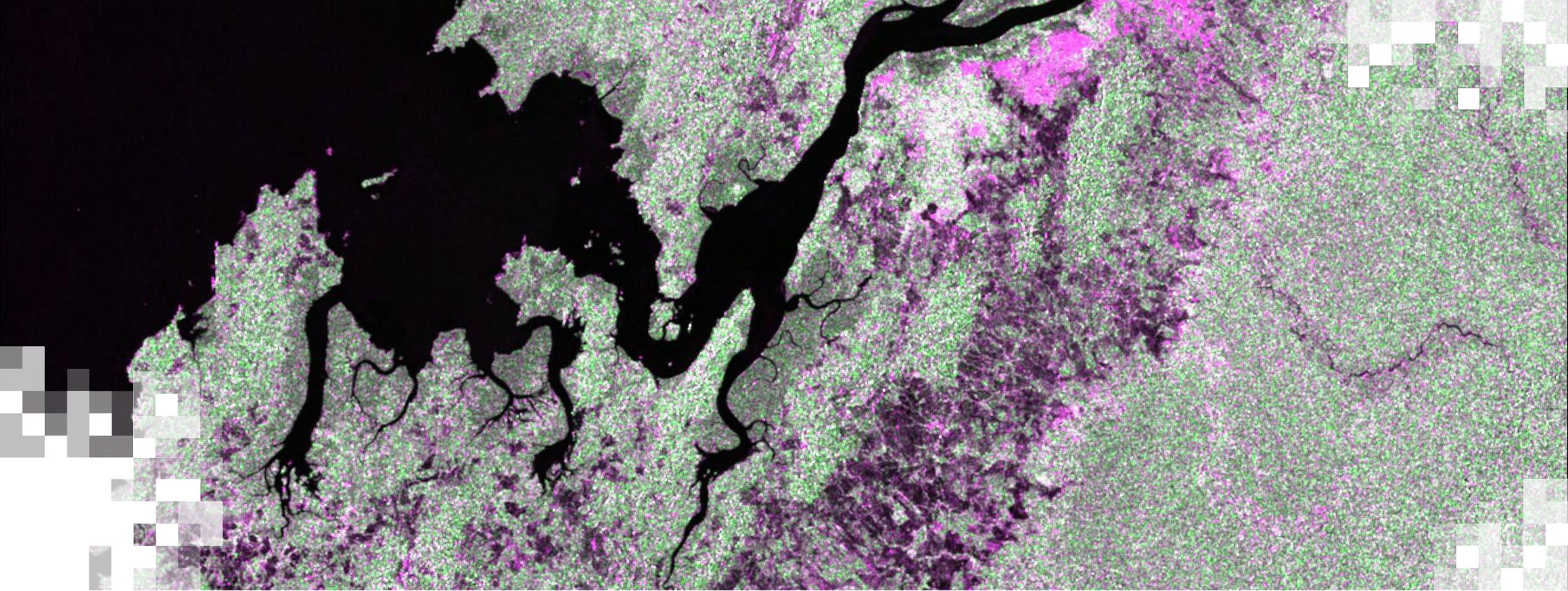


Objetivos de Aprendizaje

Al final de esta presentación, usted podrá:

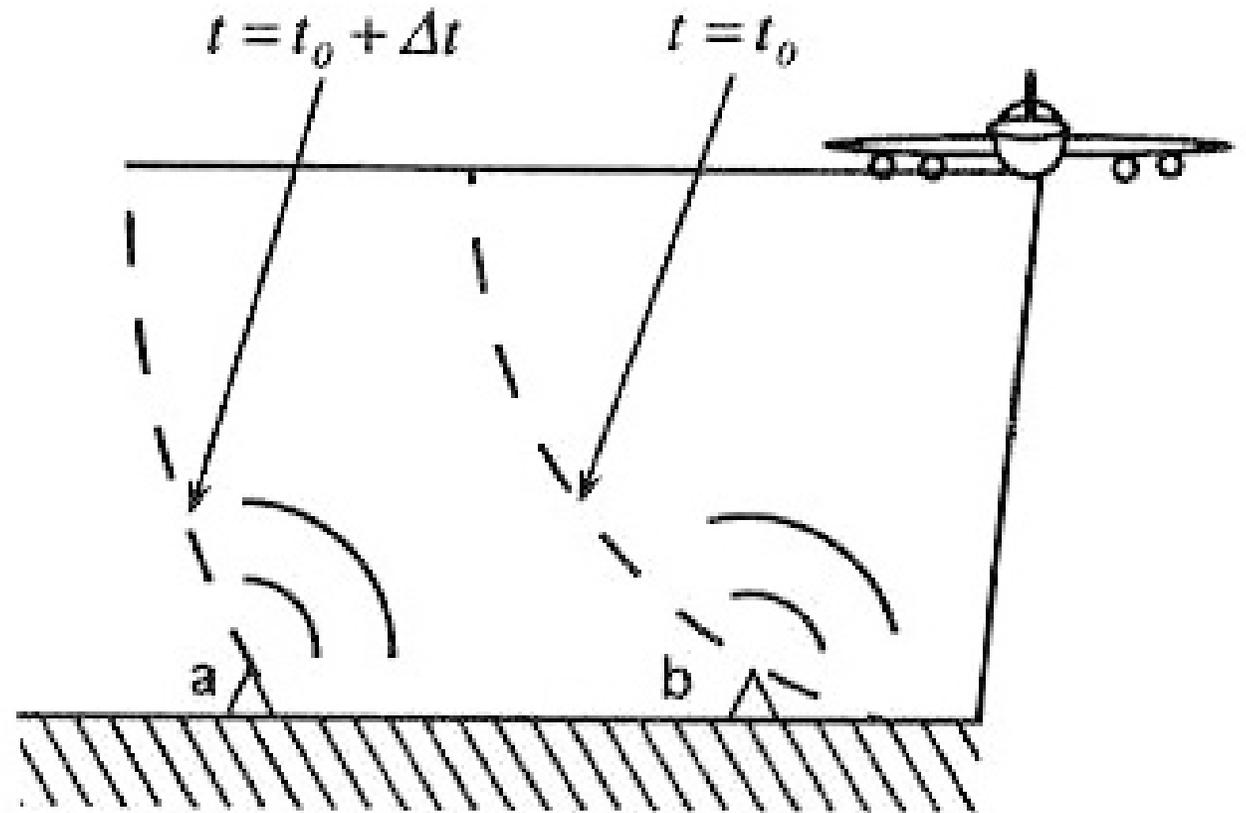
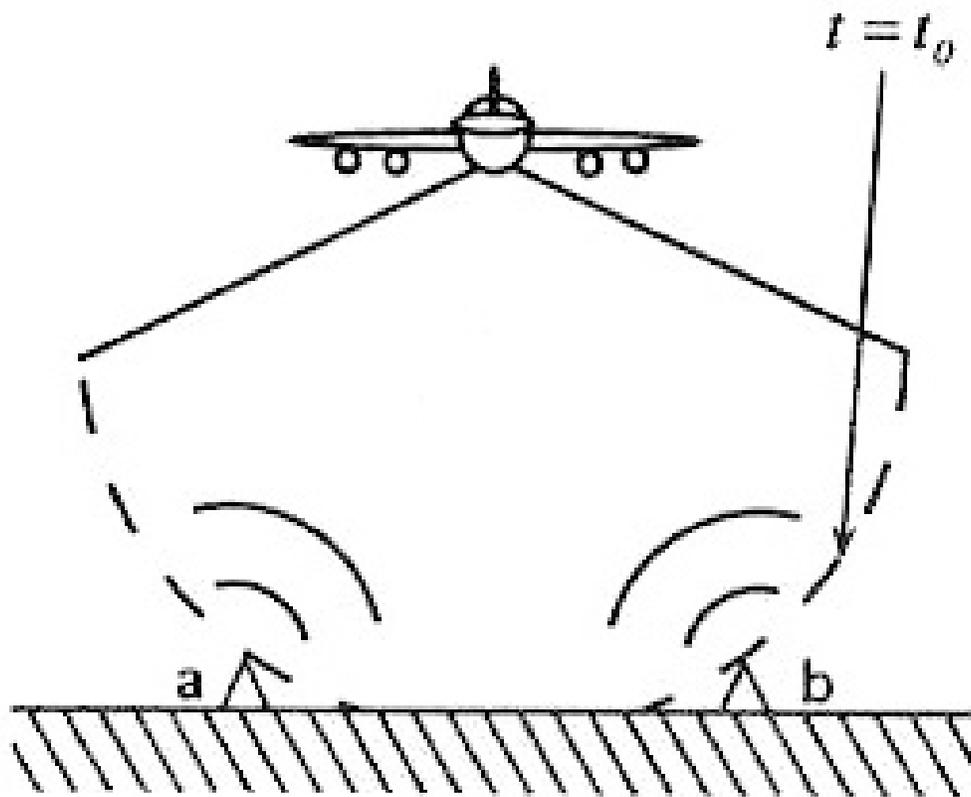
- Identificar los atributos únicos de los datos de radar
- Entender cómo se pueden usar múltiples imágenes de radar para analizar el cambio en la vegetación a lo largo del tiempo
- Realizar un análisis de datos SAR multitemporales del cambio en la vegetación utilizando datos de radar en Google Earth Engine





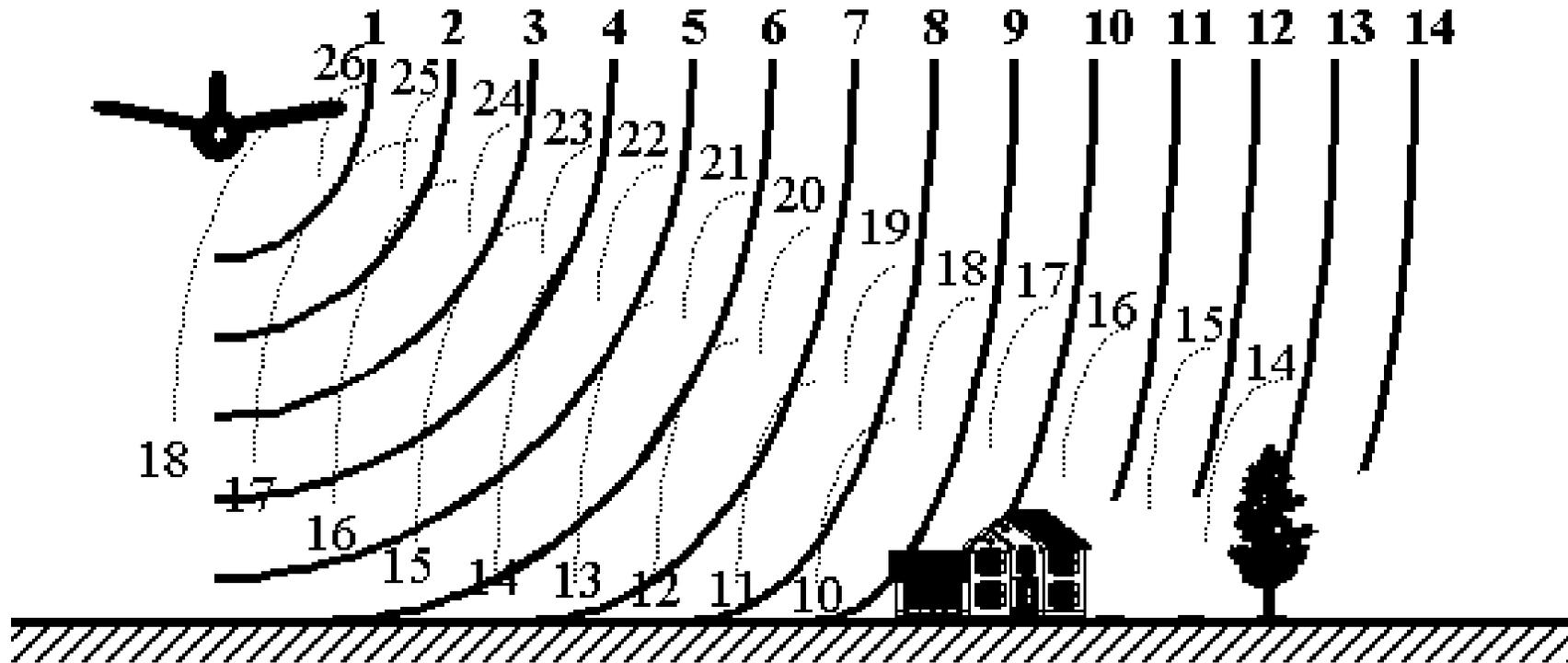
Resumen de SAR

Conceptos Básicos : Radar Orientado Hacia Abajo vs. Radar Orientado Lateralmente



Conceptos Básicos : Radar Orientado Lateralmente

- Cada pixel en la imagen de radar representa la energía reflejada de vuelta al satélite
- La magnitud de cada pixel representa la intensidad de la señal reflejada



Fuente: [Paul Messina, CUNY NY](#), luego Drury 1990, Lilles y Kiefer, 1994

Los Parámetros del Radar por Considerar en Estudios de Mapeo de la Cobertura Terrestre

Parámetros del Radar

- Longitud de Onda
 - Polarización
- Angula de Incidencia

Parámetros de la Superficie

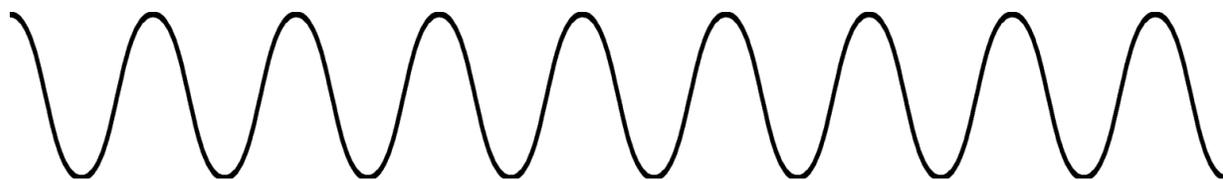
- Estructura
- Propiedades Dieléctricas



Parámetro del Radar: Longitud de Onda

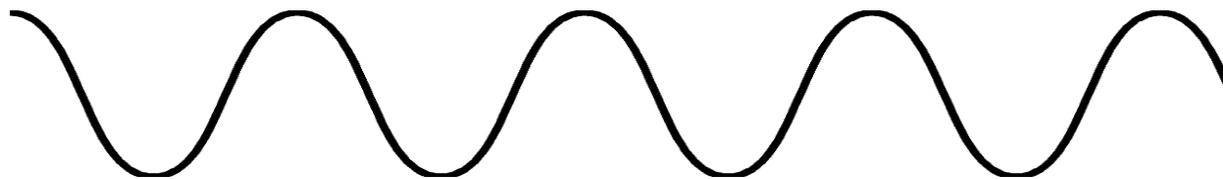
$$\text{Longitud de onda} = \frac{\text{Velocidad de la luz}}{\text{Frecuencia}}$$

Frecuencia Alta



Longitud de Onda Corta

Frecuencia Baja



Longitud de Onda Larga

Designación de Bandas*	Longitud de onda (λ), cm	Frecuencia (ν), GHz (10^9 ciclos·seg $^{-1}$)
Ka (0,86 cm)	0,8 – 1,1	40,0 – 26,5
K	1,1 – 1,7	26,5 – 18,0
Ku	1,7 – 2,4	18,0 – 12,5
X (3,0 cm)	2,4 – 3,8	12,5 – 8,0
C (5,0 cm)	3,8 – 7,5	8,0 – 4,0
S	7,5 – 15,0	4,0 – 2,0
L (24 cm)	15,0 – 30,0	2,0 – 1,0
P (68 cm)	30,0 – 100,0	1,0 – 0,3

*las longitudes de onda mas comúnmente utilizadas en SAR se encuentran en paréntesis



Penetración como Función de Longitud de Onda

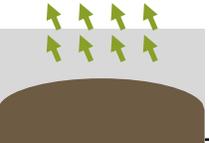
Vegetación			
Suelos Secos			
	Banda-X 3 cm	Banda-C 5 cm	Banda-L 23 cm

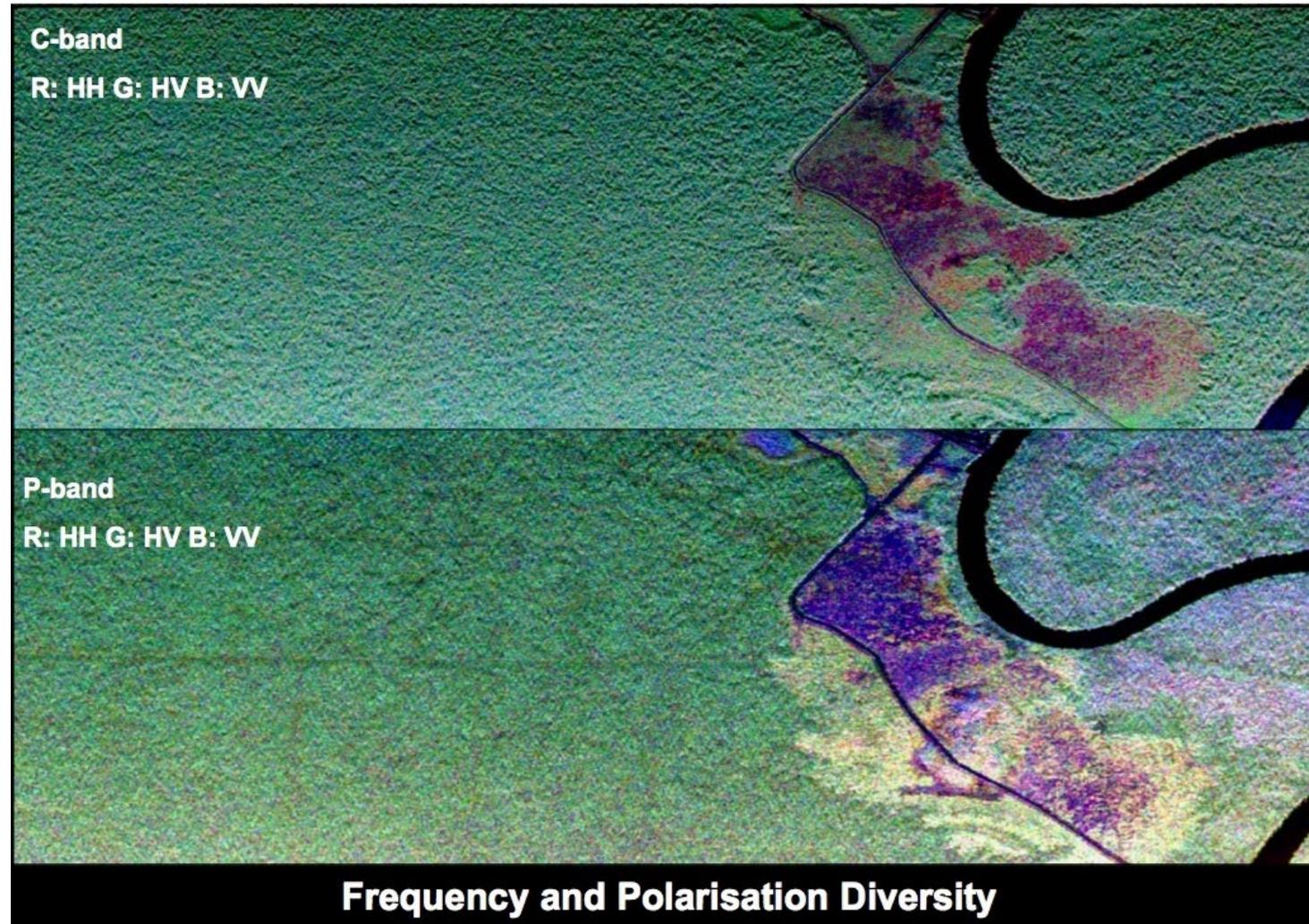
Imagen (izq.) basada en [ESA Radar Course 2](#); Tabla (der.) Crédito: DLR

- La penetración es el **factor principal** en la selección de la longitud de onda
- Generalmente, mientras mas larga la longitud de onda mayor la penetración

Banda de Frecuencias	Ejemplos de Aplicaciones
VHF	follaje y penetración en el suelo, biomasa
Banda-P	biomasa, hum. del suelo, penetración
Banda-L	agricultura, silvicultura, hum. del suelo
Banda-C	océano, agricultura
Banda-X	agricultura, océano, radar de alta resolución
Banda-Ku	glaciología (mapeo de la cobertura de nieve)
Banda-Ka	radar de alta resolución



Ejemplo de la Penetración de la Señal de Radar en la Vegetación

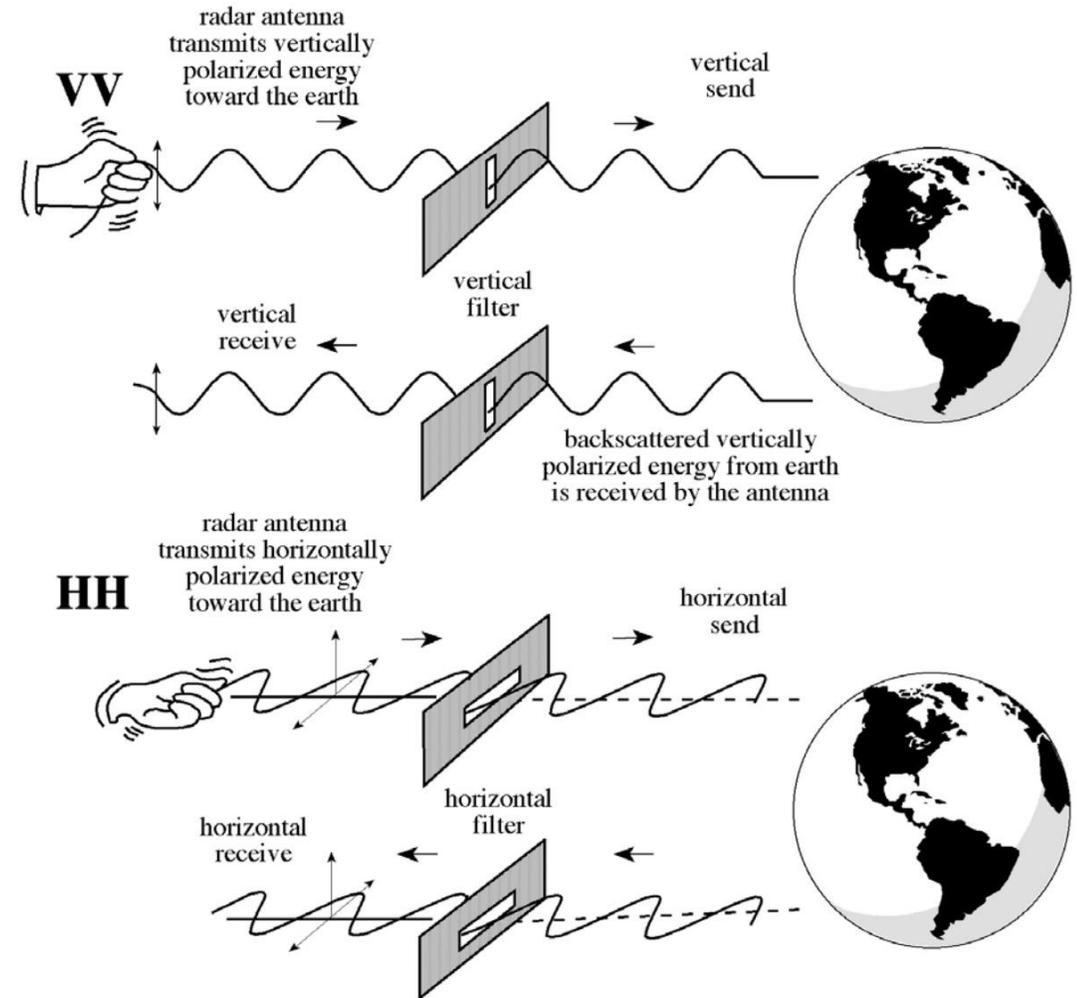
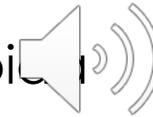


Crédito para la imagen: A. Moreira - ESA



Parámetros del Radar: Polarización

- La señal de radar es polarizada
- Las polarizaciones normalmente se controlan entre H y V:
 - HH: Transmitida Horizontalmente, Recibida Horizontalmente
 - HV: Transmitida Horizontalmente, Recibida Verticalmente
 - VH: Transmitida Verticalmente, Recibida Horizontalmente
 - VV: Transmitida Verticalmente, Recibida Verticalmente
- Configuración Quad-Pol: Cuando se miden las cuatro polarizaciones
- Diferentes polarizaciones pueden ser utilizadas para determinar las propiedades físicas del objeto observado



Fuente de la Imagen: J.R. Jensen, 2000, Remote Sensing of the Environment



Ejemplo de Polarizaciones Múltiples para Estudios de la Vegetación

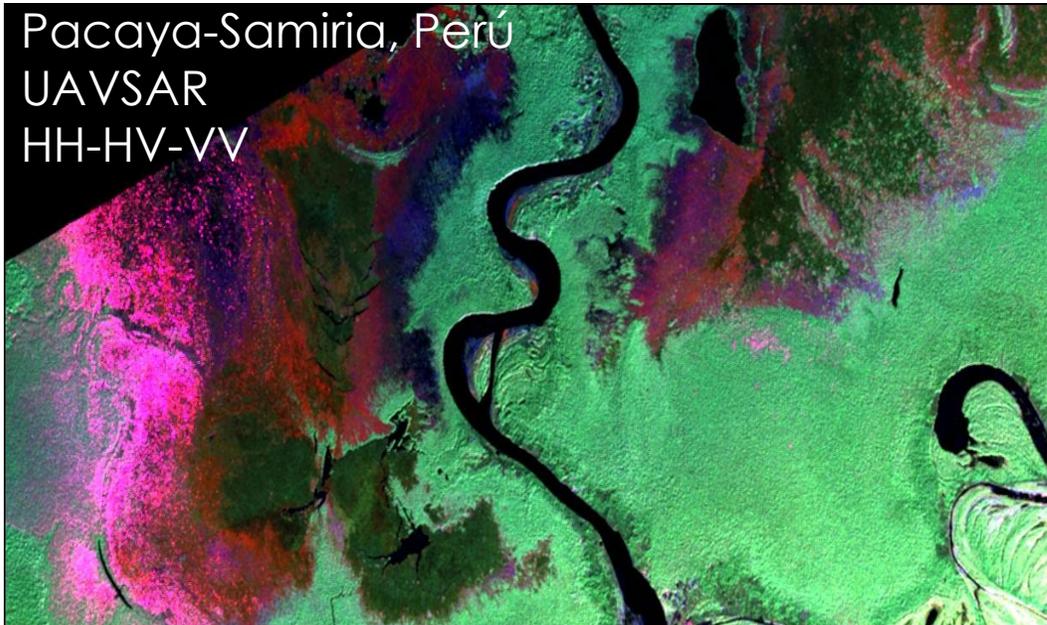
Reserva Forestal Pacaya-Samiria en Perú

Imágenes de UAVSAR (HH, HV, VV)

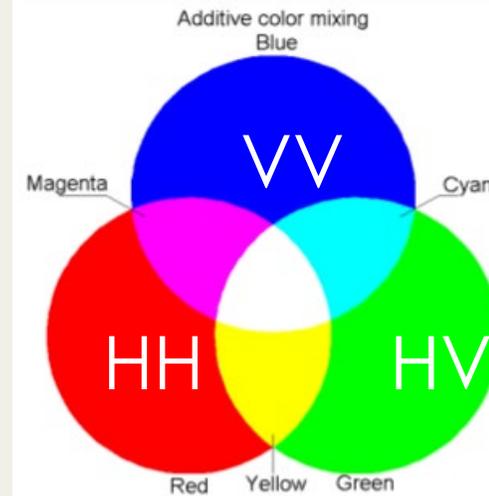


Ejemplo de Polarizaciones Múltiples para Estudios de la Vegetación

Reserva Forestal Pacaya-Samiria en Perú



<i>Img Layer 1</i>	<i>Img Layer 2</i>	<i>Img Layer 3</i>	<i>Resultant</i>
Blue	Green	Red	Color
<i>Tonal Change on Image</i>			
White	Black	Black	Blue
Black	White	Black	Green
Black	Black	White	Red
White	White	Black	Cyan
White	Black	White	Magenta
Black	White	White	Yellow
<i>No Tonal Change on Image</i>			
White	White	White	White
Black	Black	Black	Black
Grey	Grey	Grey	Grey



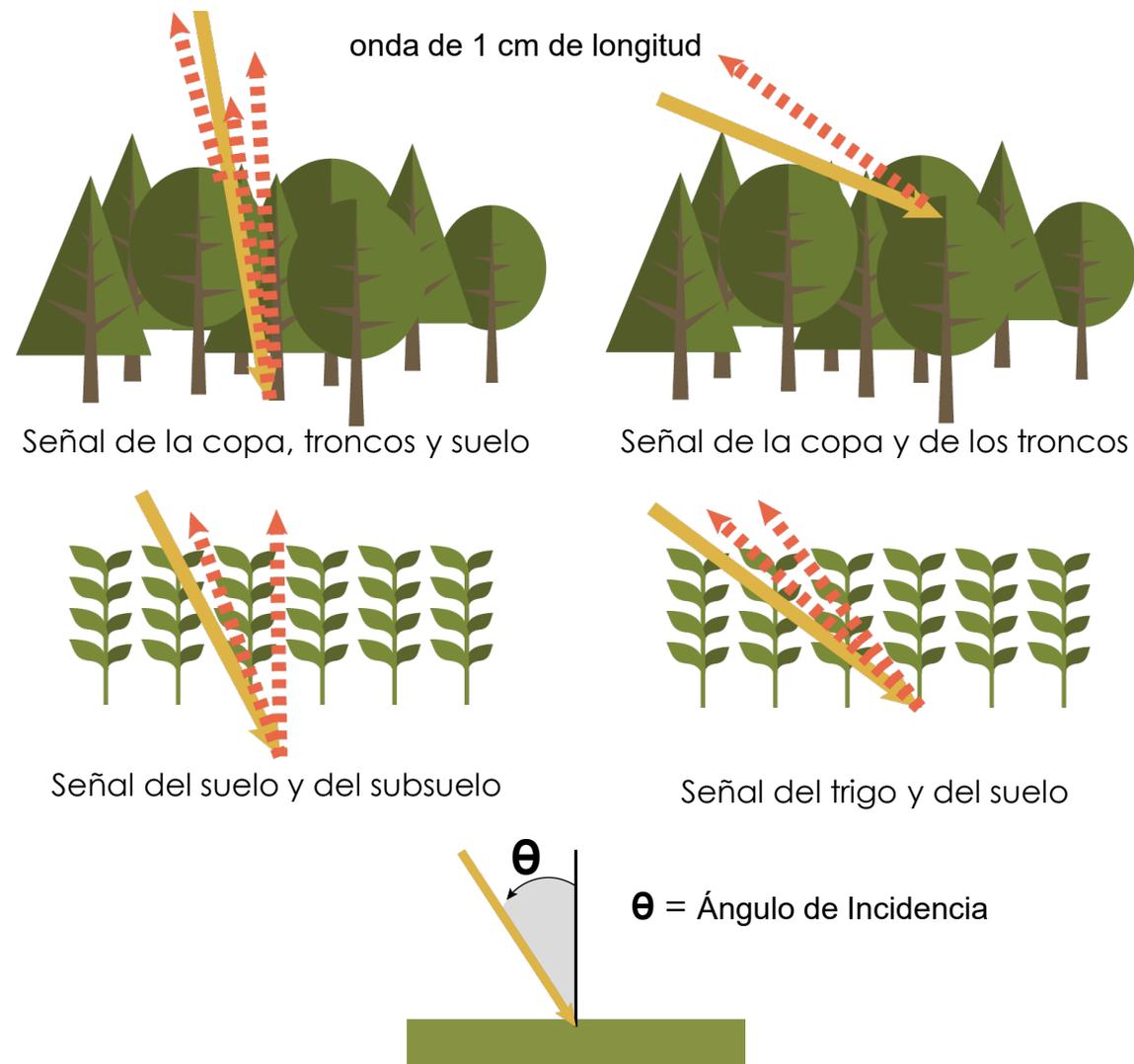
Fuente: Guía del Usuario SAR, Capítulo 2 por J. Kellndorfer



Parámetro del Radar: Ángulo de Incidencia

Ángulo de Incidencia Local:

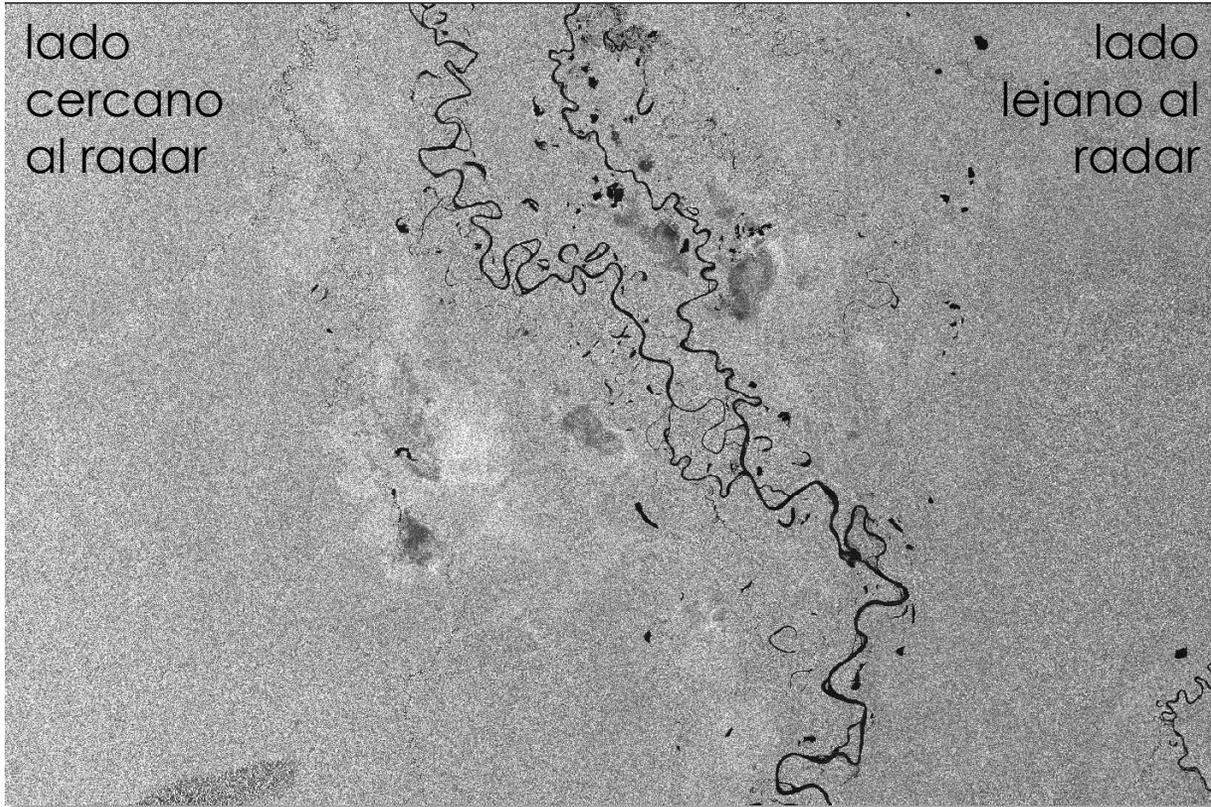
- El ángulo entre la dirección de iluminación del radar y la vertical de la superficie del terreno
- toma en cuenta la inclinación local de la superficie
- influye la intensidad de la imagen
- El ángulo de incidencia cambia dependiendo de la altura del sensor
- Por ello la geometría de la imagen varía de punto a punto en la dirección de rango



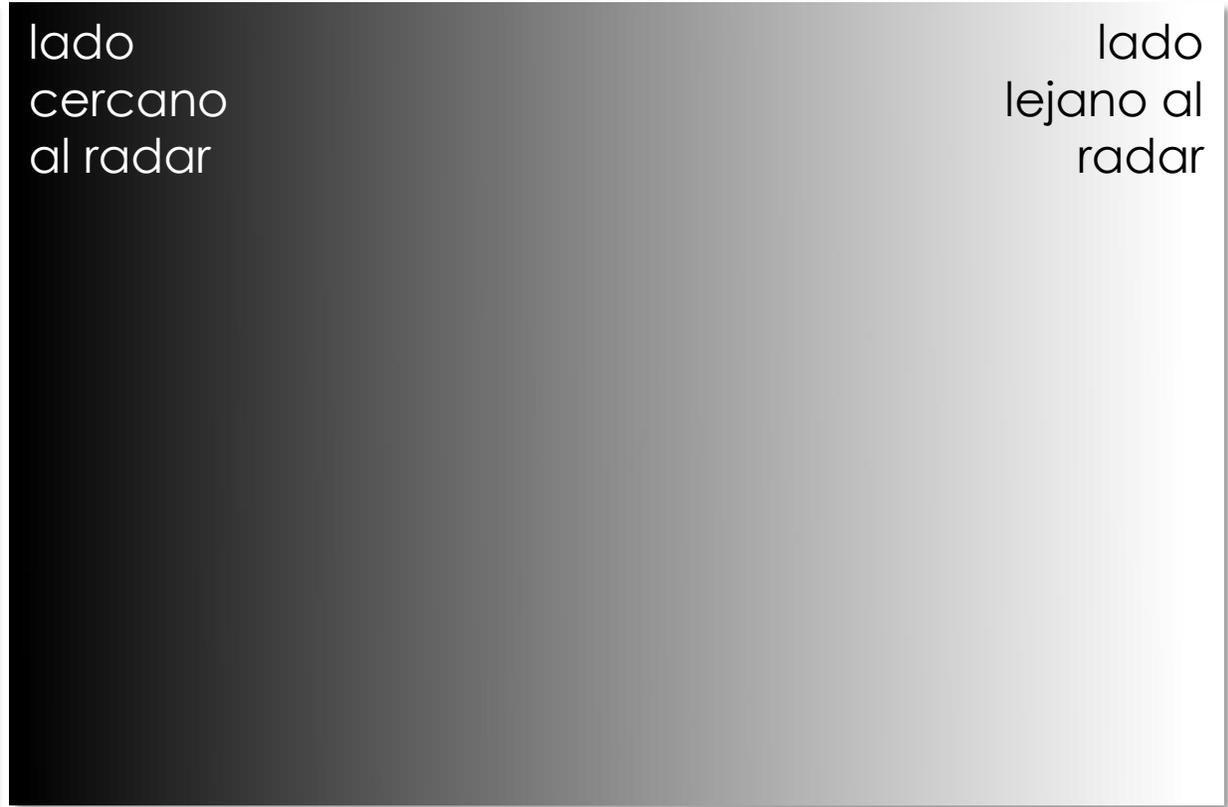
Imágenes basadas en: superior: Ulaby et al. (1981a), inferior: ESA



El Efecto de la Variación del Ángulo de Incidencia

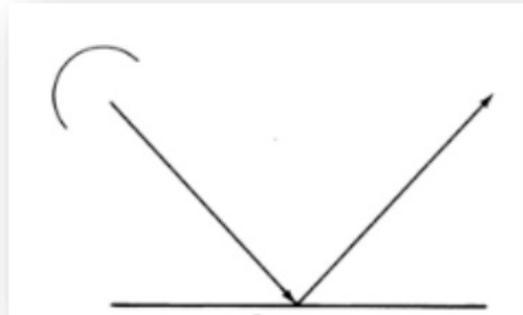


Sentinel-1

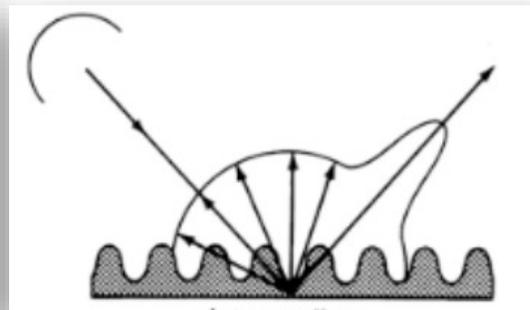


Interacción de la Señal de Radar

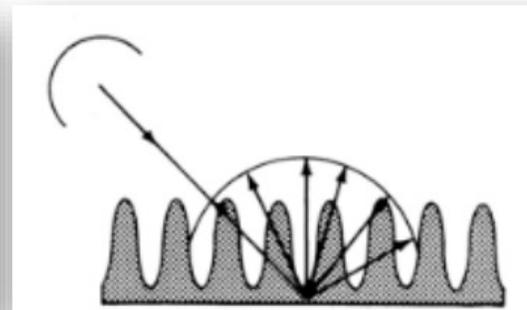
- La escala de la superficie con relación a la longitud de onda determina cuán lisa o rugosa aparece y cuán brillante u oscura se verá en la imagen
- Mecanismos de Retrodispersión:



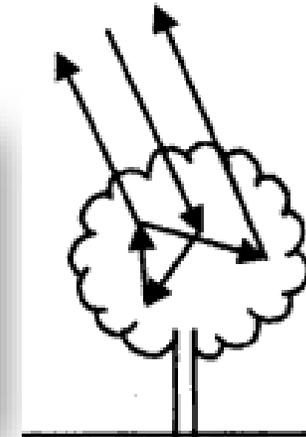
Superficie Lisa



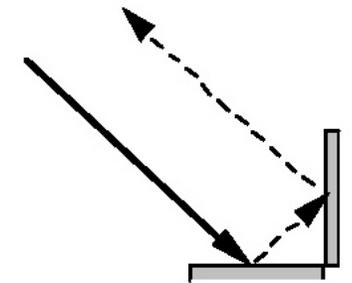
Superficie Rugosa
(Áspera)



Superficie Más
Rugosa



Dispersión por
Volumen

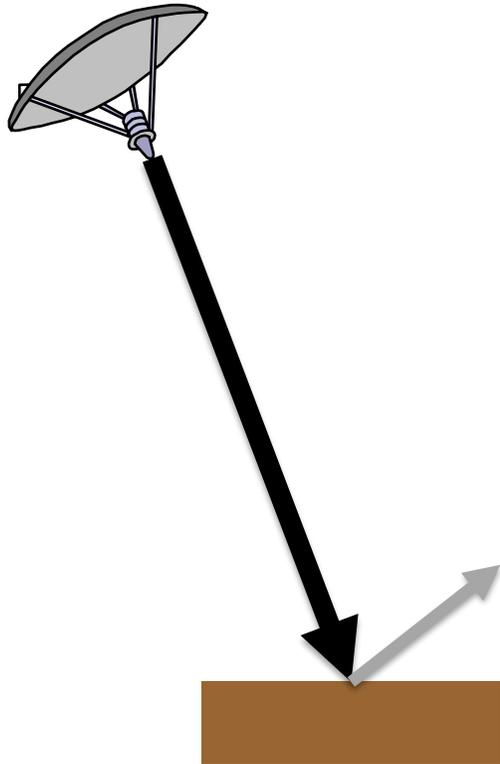


Doble Rebote



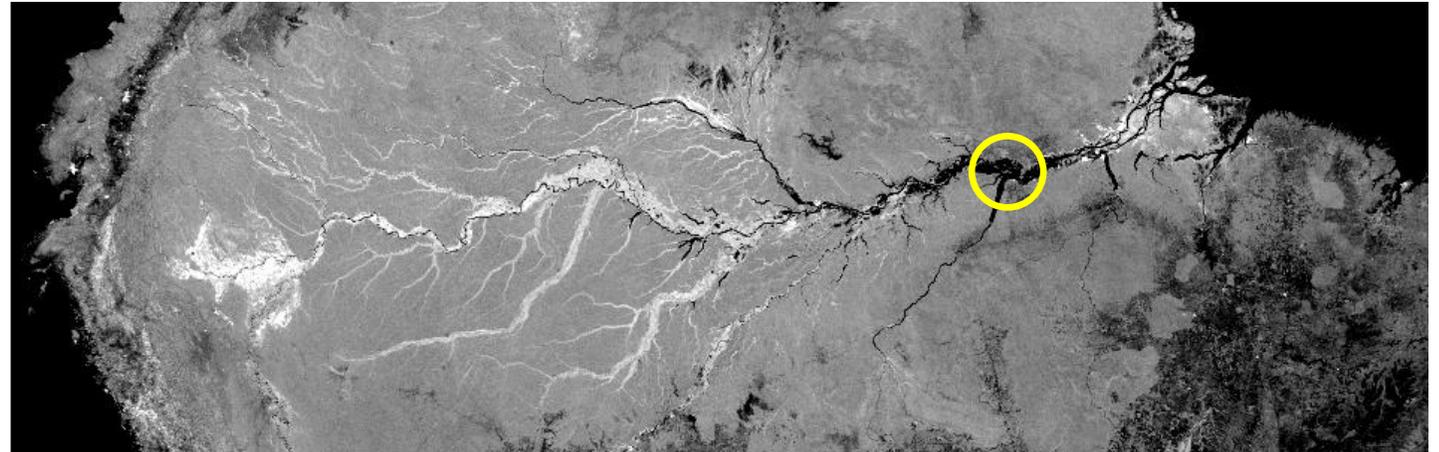
Ejemplo de la Interacción de la Señal de Radar

Dispersión por Espejo (Specular Reflection)

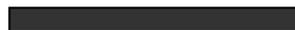


Superficie plana y lisa
(agua, carretera)

Mosaico de Radar de SMAP de la Cuenca Amazónica Abr. 2015 (L-band, HH, 3 km)

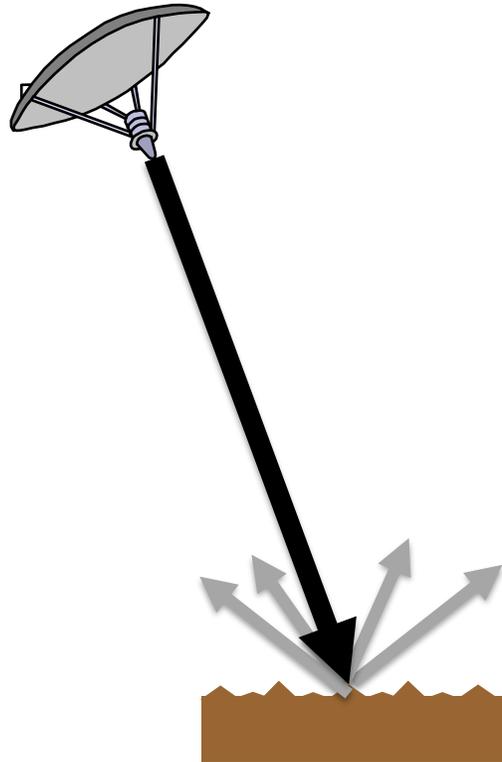


Color del Pixel



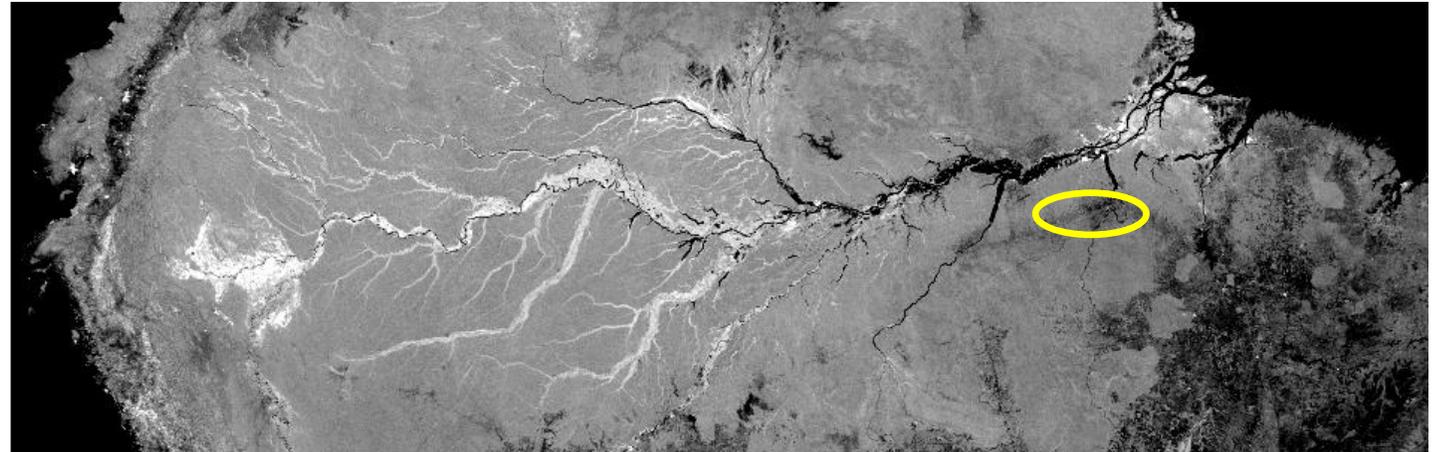
Ejemplo de la Interacción de la Señal de Radar

Dispersión por Superficie Rugosa (Rough Surface Scattering)



Superficie rugosa
(áreas deforestadas, campos agrícolas)

Mosaico de Radar de SMAP de la Cuenca Amazónica Abr. 2015 (L-band, HH, 3 km)

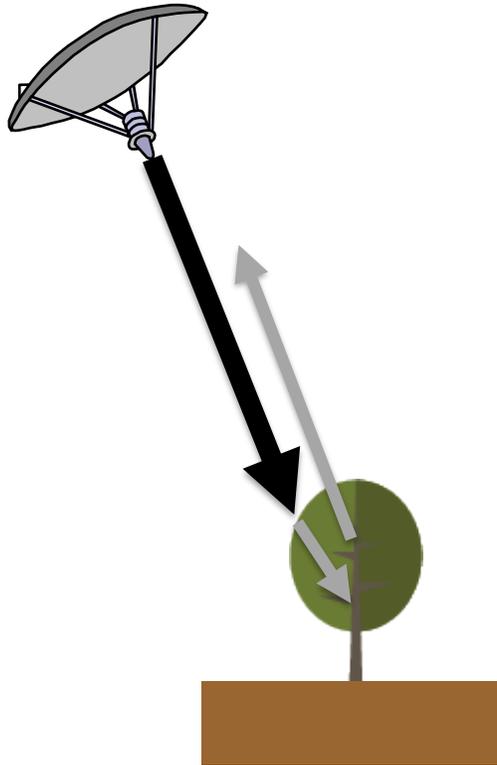


Color del Pixel



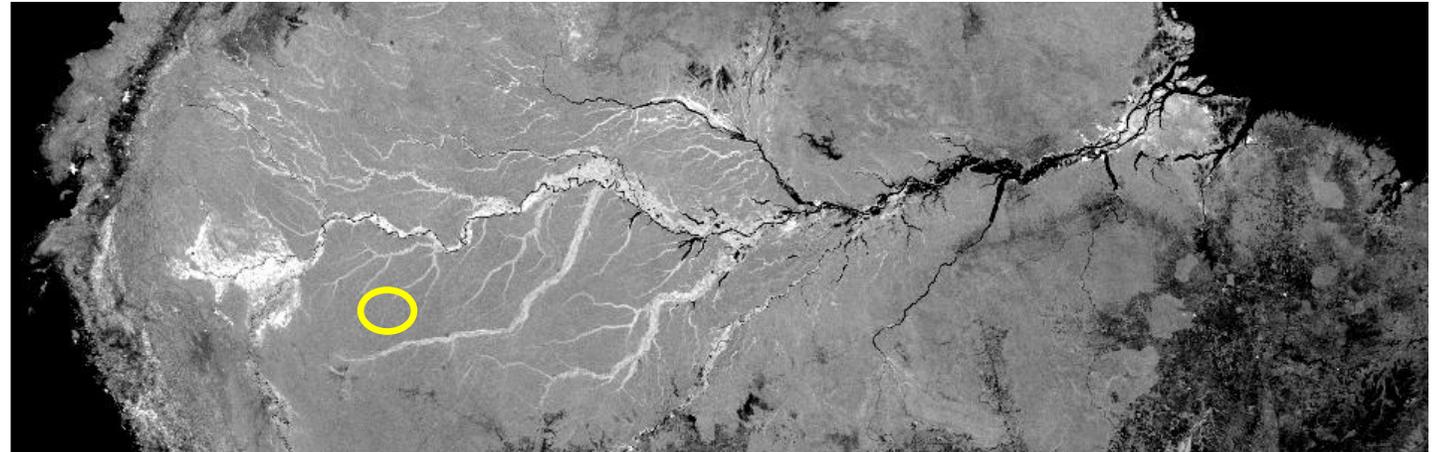
Ejemplo de la Interacción de la Señal de Radar

Dispersión de Volumen



Vegetación

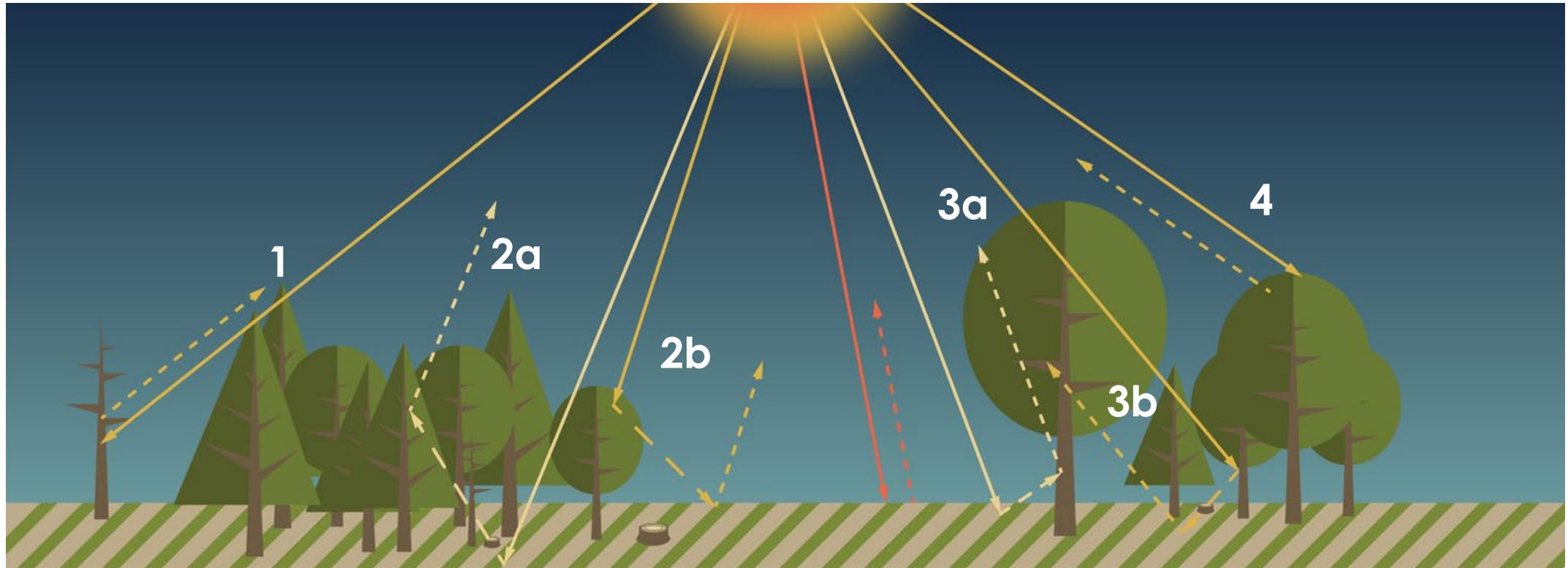
Mosaico de Radar de SMAP de la Cuenca Amazónica Abr. 2015 (L-band, HH, 3 km)



Color del Pixel



Retrodispersión de la Señal de Radar en un Bosque

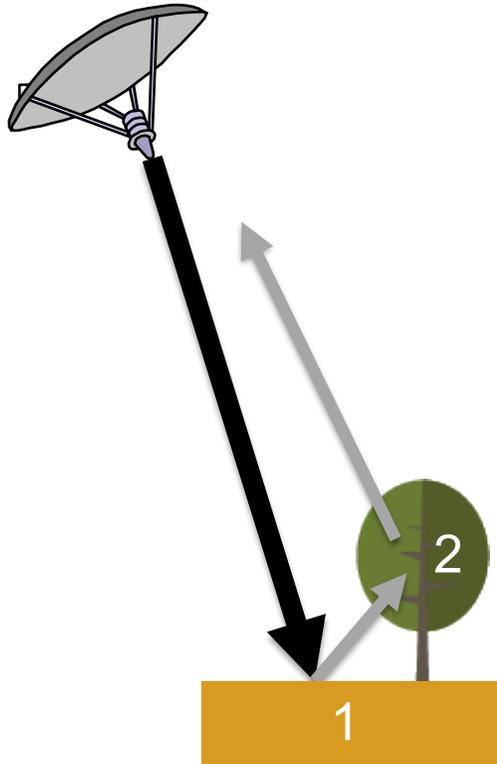


Mecanismos principales de retrodispersión en un bosque: (1) dispersión directa desde los troncos de los árboles, (2a) dispersión tierra-corona, (2b) dispersión corona-tierra, (3a) dispersión tierra-tronco, (3b) dispersión tronco-tierra, (4) dispersión del volumen de la corona.



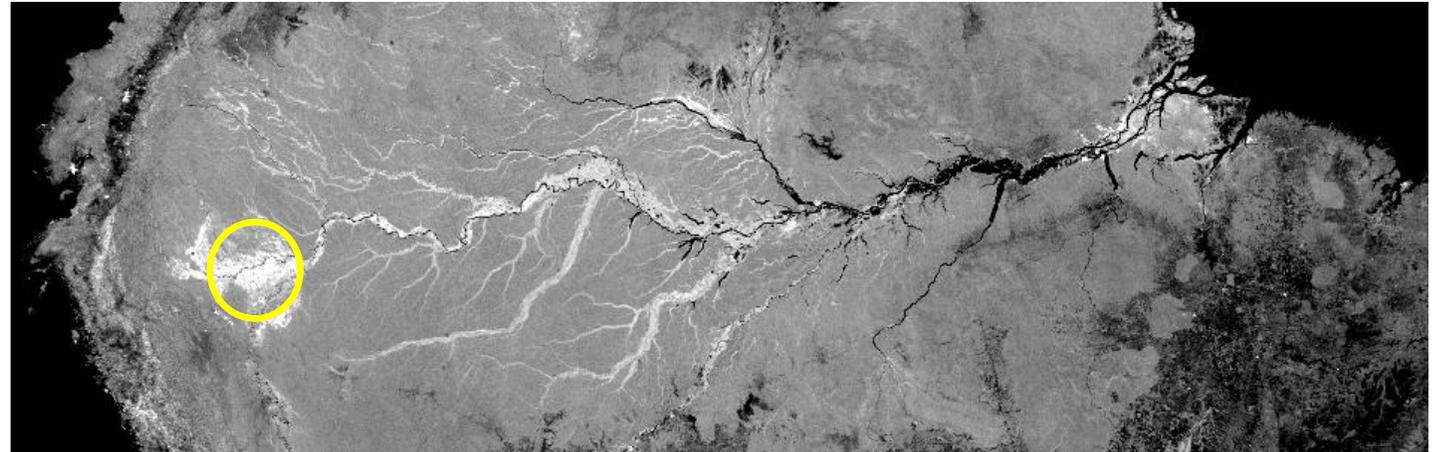
Ejemplo de la Interacción de la Señal de Radar

Dispersión Doble Rebote



Vegetación Inundada

Mosaico de Radar de SMAP de la Cuenca Amazónica Abr. 2015 (L-band, HH, 3 km)



Color del Pixel



Parámetros a Considerar para un Estudio de Mapeo de la Cobertura Terrestre

Parámetros del Radar

- Longitud de Onda
- Polarizaciones
- Ángulo de Incidencia

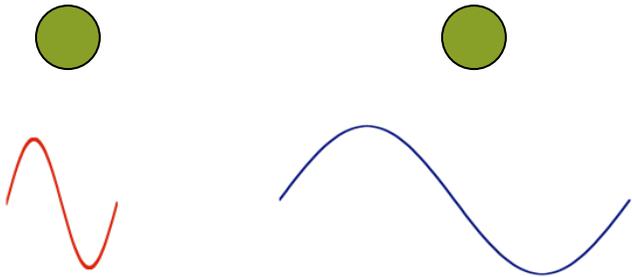
Parámetros de la Superficie

- Estructura
- Propiedades Dieléctricas

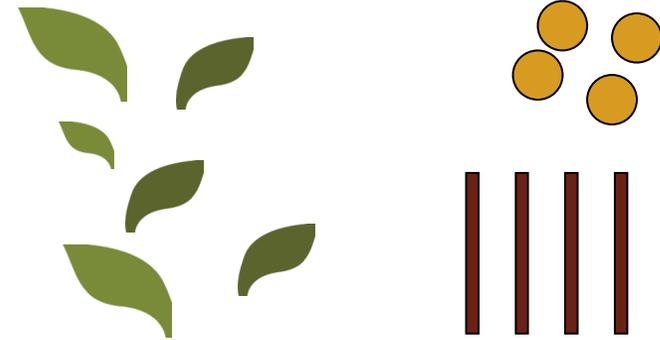


Parámetros de la Superficie Relacionados con la Estructura

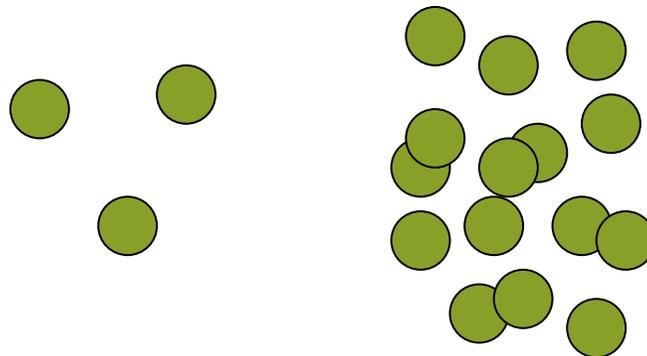
Tamaño Relativo a Longitud de Onda



Tamaño y Orientación



Densidad



Tamaño Relativo a Longitud de Onda



Pino austriaco



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



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



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

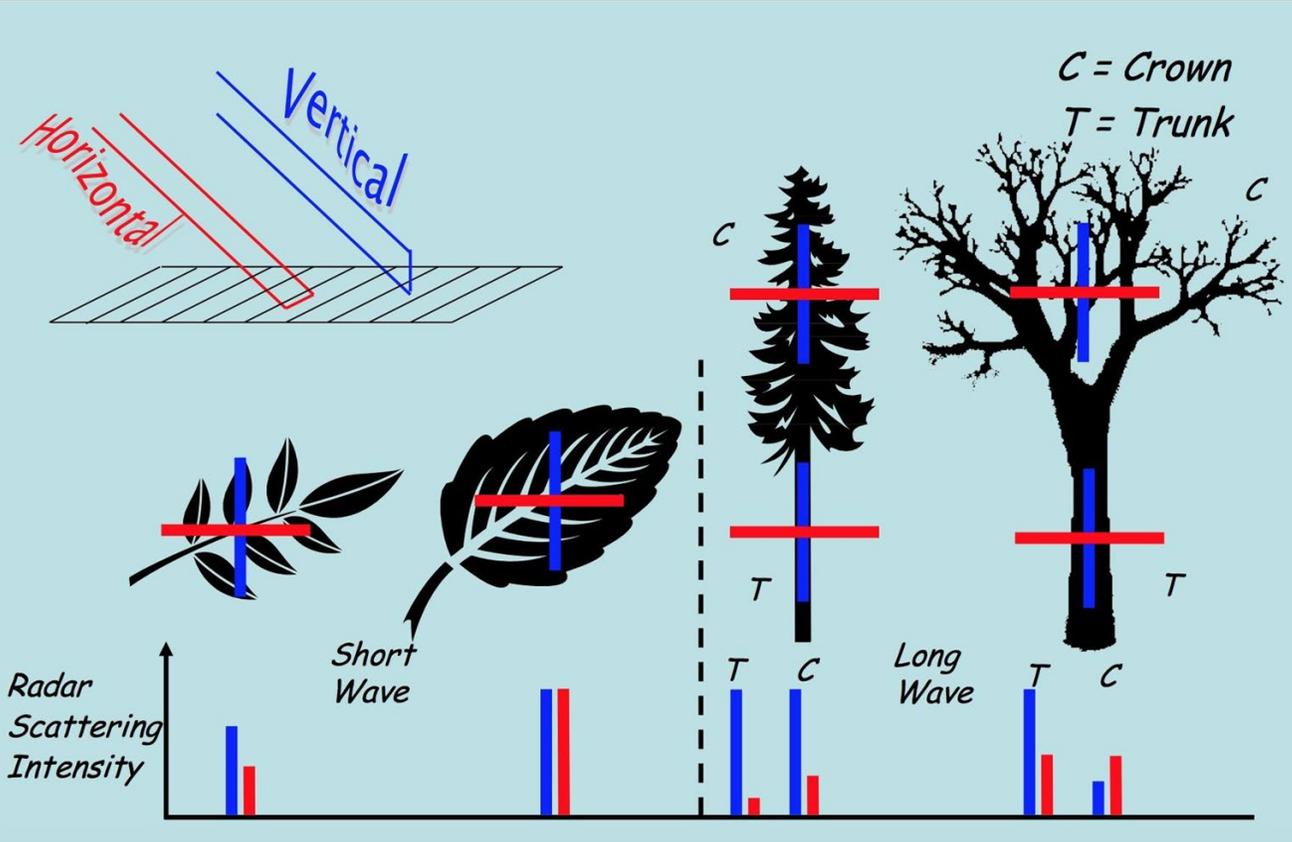
Fuente: Thuy le Toan

NASA's Applied Remote Sensing Training Program



Tamaño y Orientación

Polarization



Fuente: Walker, W. *Introduction to Radar Remote Sensing for Vegetation Mapping and Monitoring*

RELATIVE SCATTERING STRENGTH BY POLARIZATION:

Rough Surface Scattering

$$|S_W| > |S_{HH}| > |S_{HV}| \text{ or } |S_{VH}|$$

Double Bounce Scattering

$$|S_{HH}| > |S_W| > |S_{HV}| \text{ or } |S_{VH}|$$

Volume Scattering

Main source of $|S_{HV}|$ and $|S_{VH}|$

Fuente: Guía del Usuario de SAR

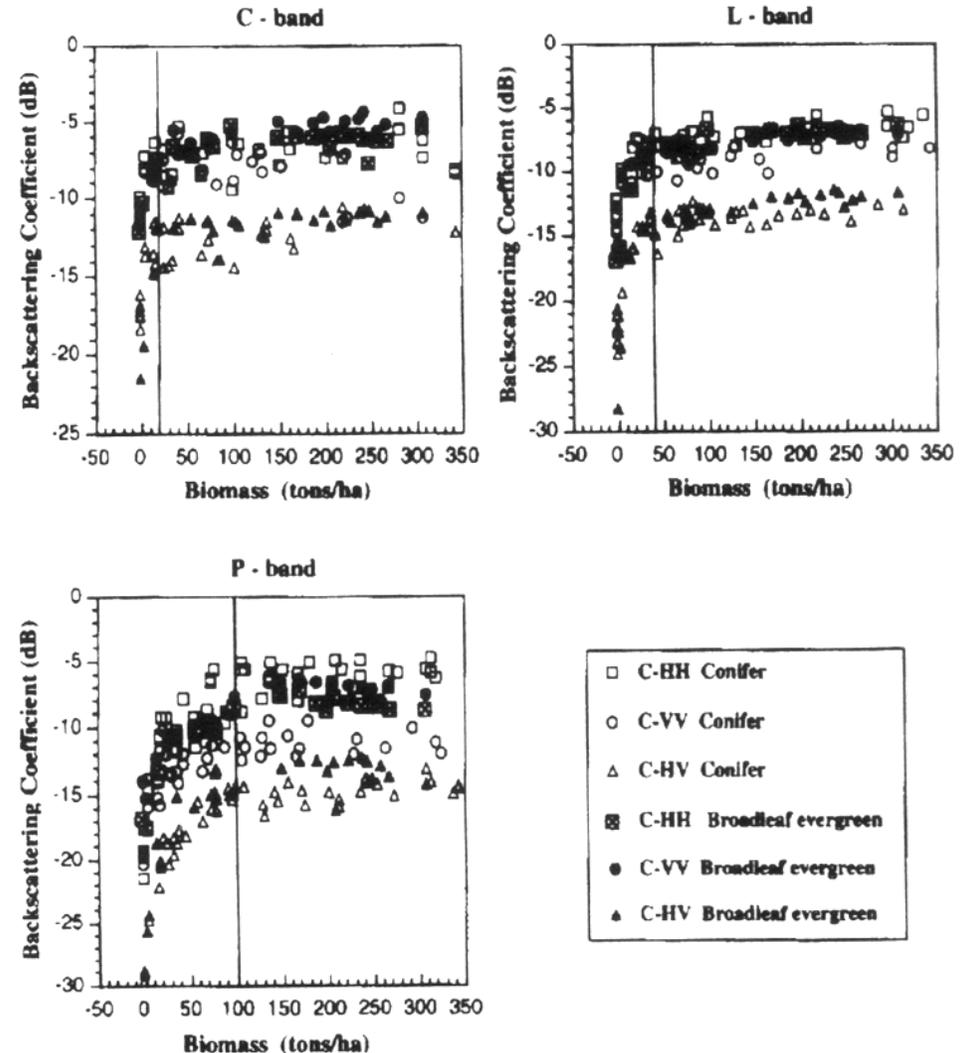


Densidad de la Vegetación

Cuanto más densa de la vegetación, menos probable que la señal penetre a través del dosel. Esta es una función de la longitud de onda.

- Problema de saturación – La señal se satura a cierto nivel de biomasa, el cual depende de la longitud de onda.
- Banda-C \approx 20 ton./ha (2 kg/m²)
- Banda-L \approx 40 ton./ha (4 kg/m²)
- Banda-P \approx 100 ton./ha (10 kg/m²)

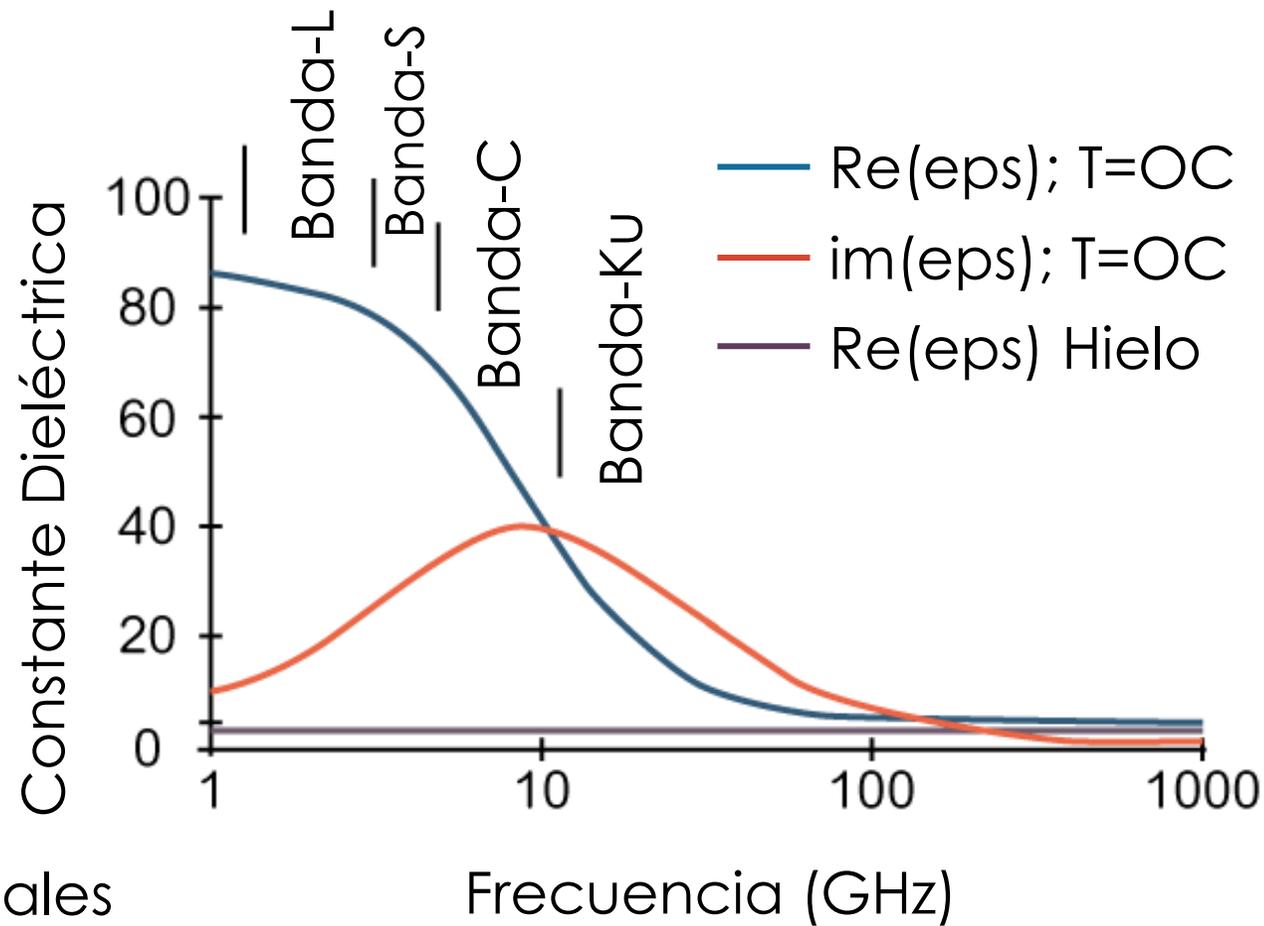
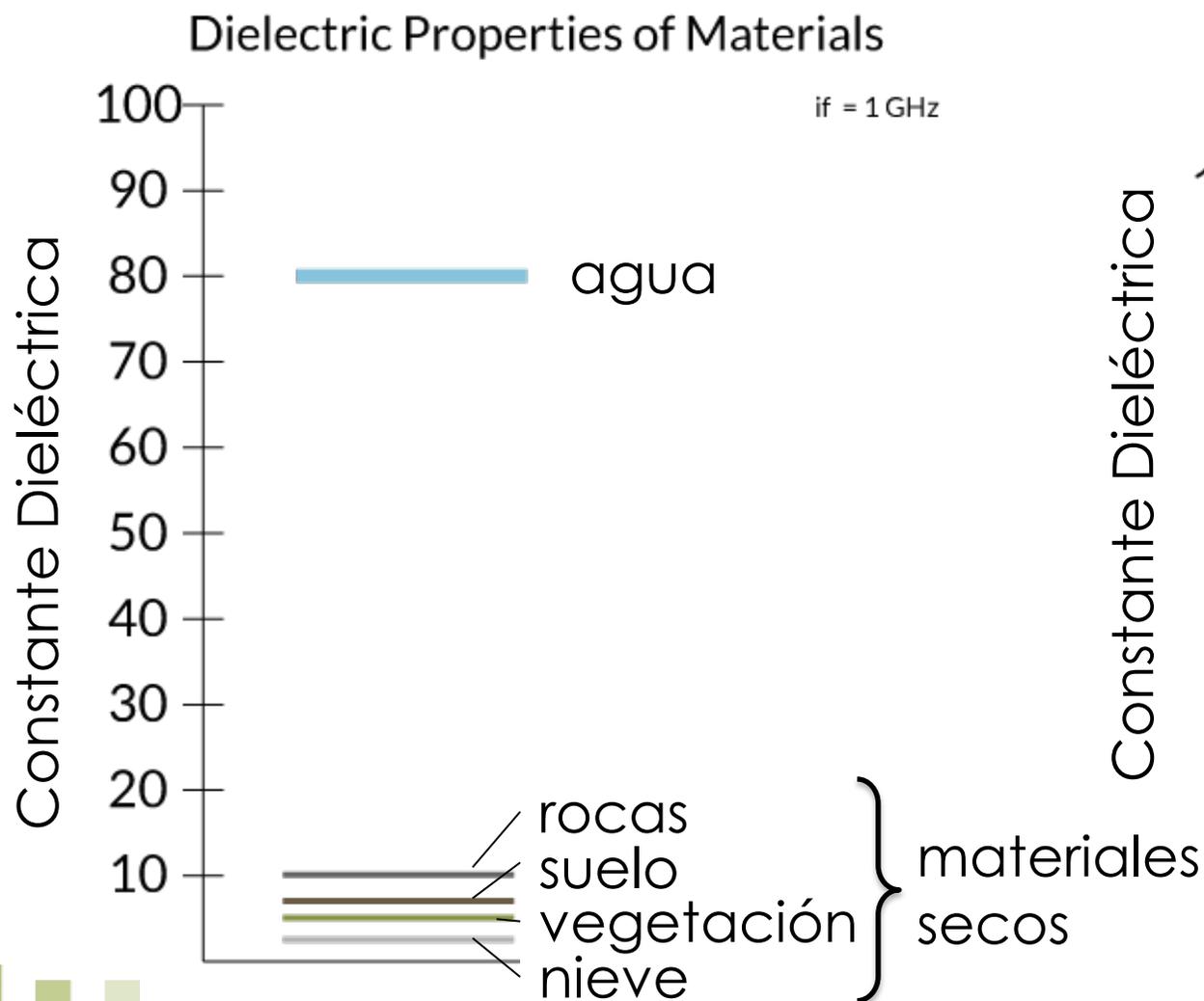
Broadleaf Evergreen and Coniferous Forest



Fuente de la Imagen: Imhoff, 1995:514)



Parámetros de la Superficie: Constante Dieléctrica



Evento de Lluvia y un Aumento de la Humedad Superficial

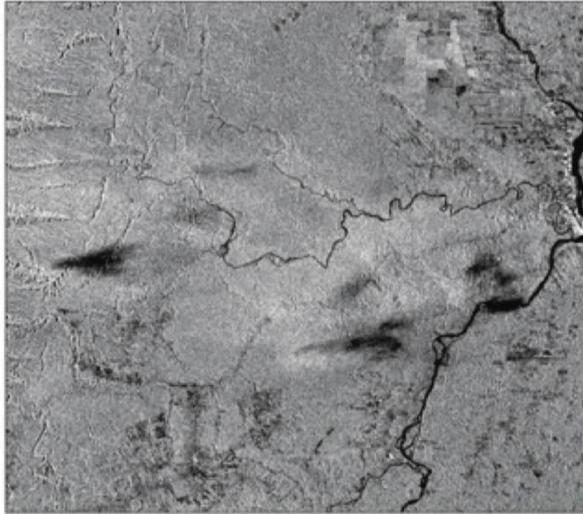


Sentinell C-Band Data over Ecuador

Band 3: 2016-02-17



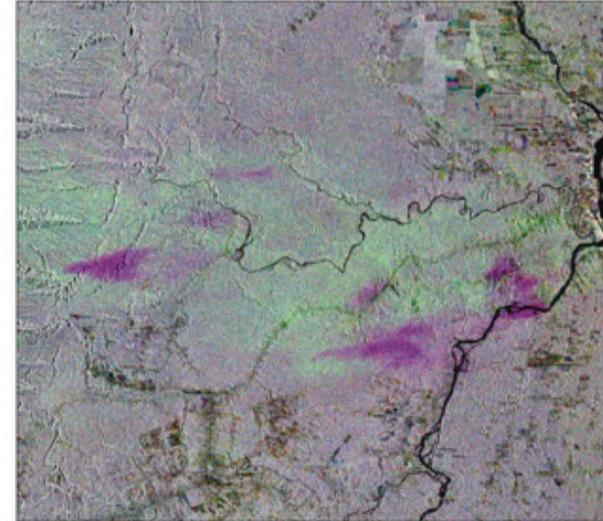
Band 35: 2017-02-17



Band 59: 2018-02-12



RGB: 2016-02-17 2017-02-17 2018-02-12



Fuente: Guía del Usuario de SAR, Capítulo 2 por Josef Kelndorfer



Distorsiones Geométricas

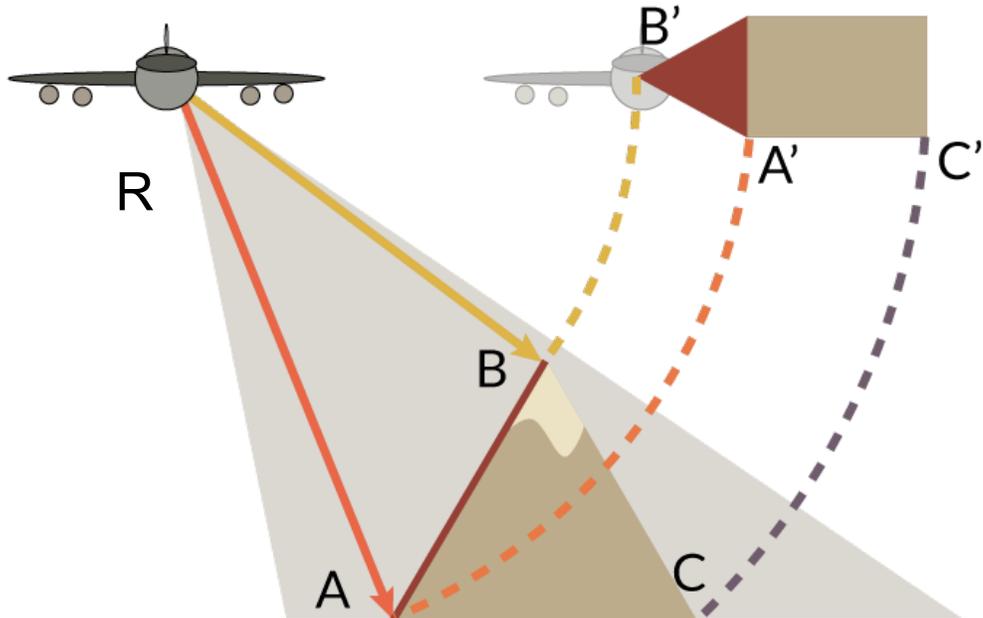
Inversión por Relieve (Layover)

$$AB = BC$$

$$A'B' < B'C'$$

$$RA > RB$$

$$RA' > RB'$$

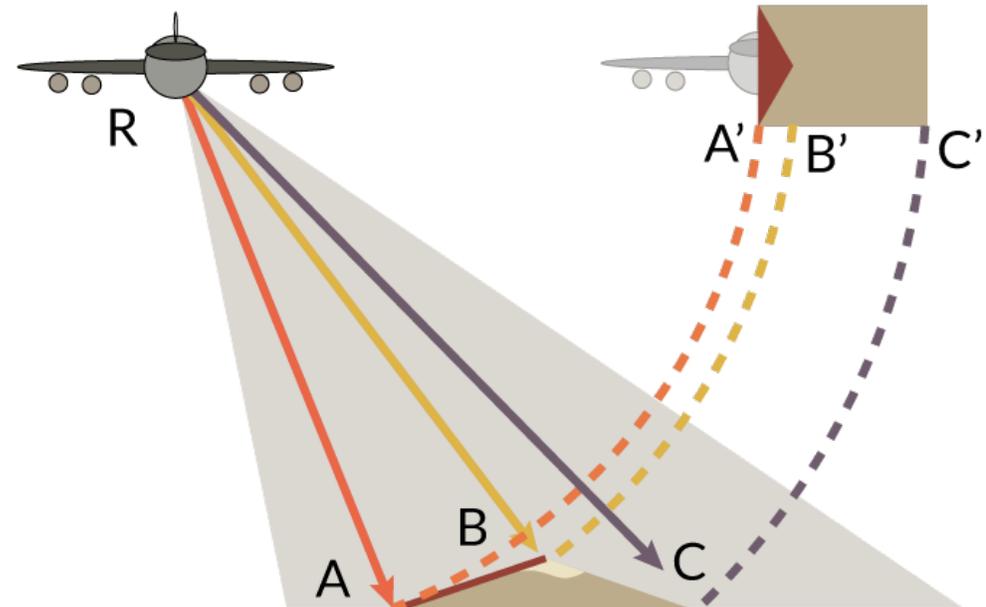


Desplazamiento de Estructuras (Foreshortening)

$$RA < RB < RC$$

$$AB = BC$$

$$A'B' < B'C'$$



Images based on NRC images.



Sombra

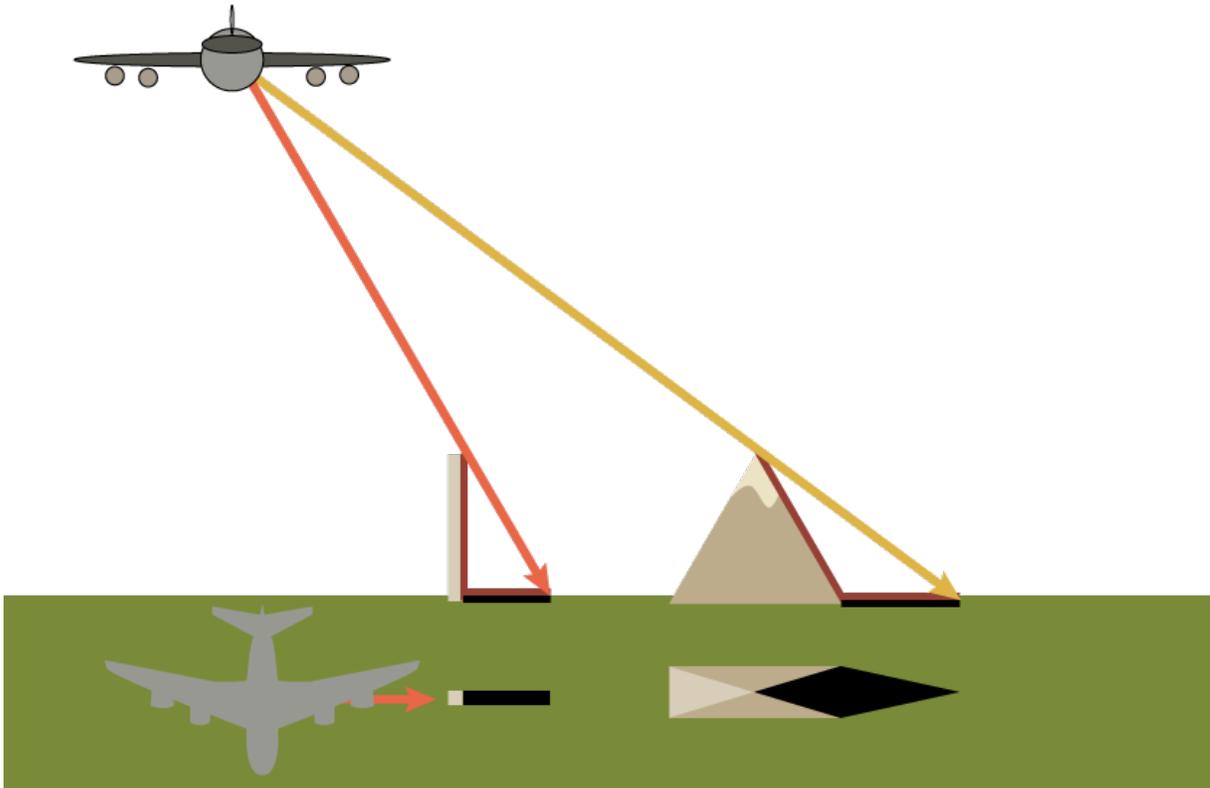


Imagen (izq.) basada en NRC

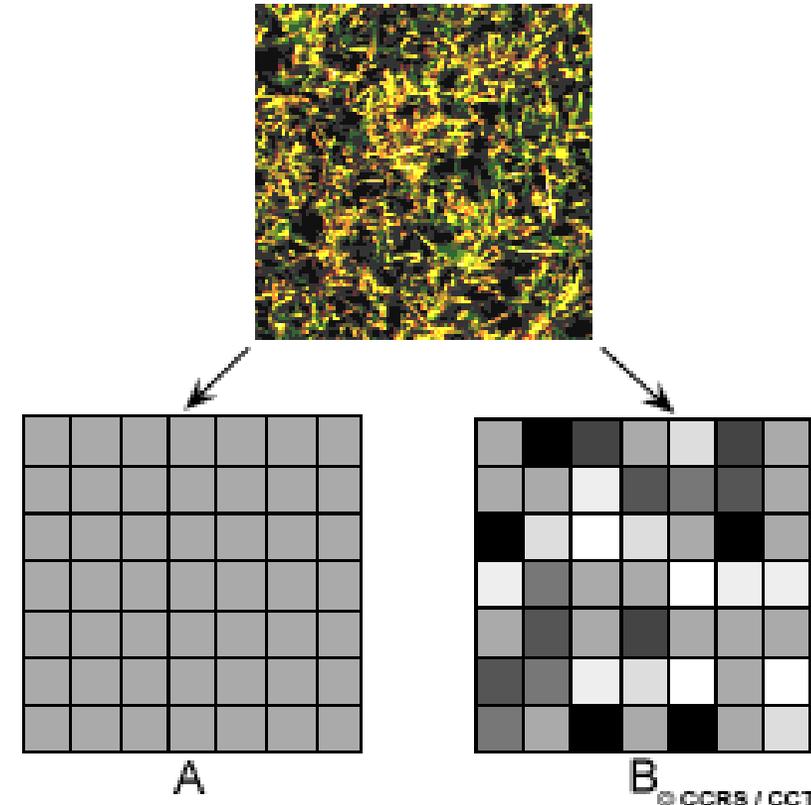


Speckle o Moteado

El **Speckle** es un 'ruido' granular que existe de forma inherente y degrada la calidad de las imágenes SAR.



Fuente de la Imagen: ESA

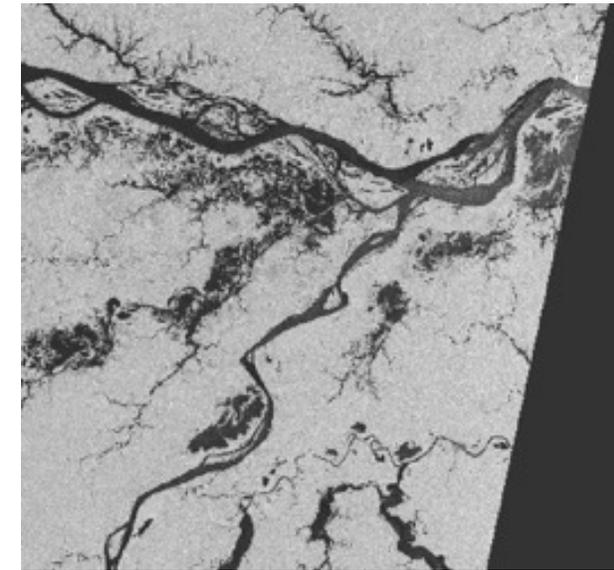
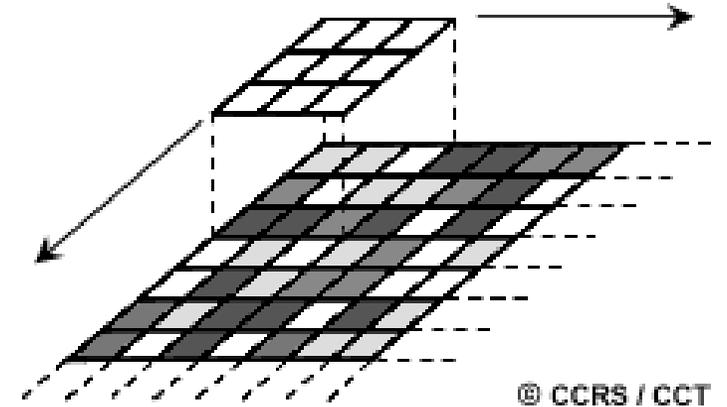


Fuente de la Imagen: Natural Resources Canada



Reducción de Speckle: Filtro Espacial

- Se mueve una ventana sobre cada píxel en la imagen
- Aplica un cálculo matemático a los valores de los píxeles dentro de la ventana
- El píxel central se reemplaza con el valor nuevo
- La ventana se mueve a lo largo de las dimensiones **x** e **y** un píxel a la vez
- Reduce la apariencia visual del speckle y aplica un efecto de alisamiento

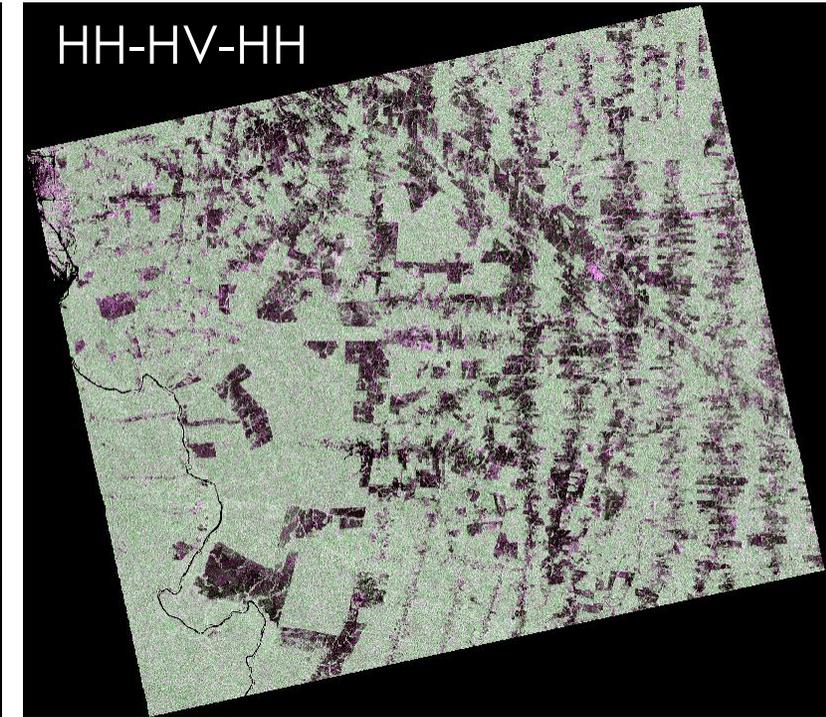
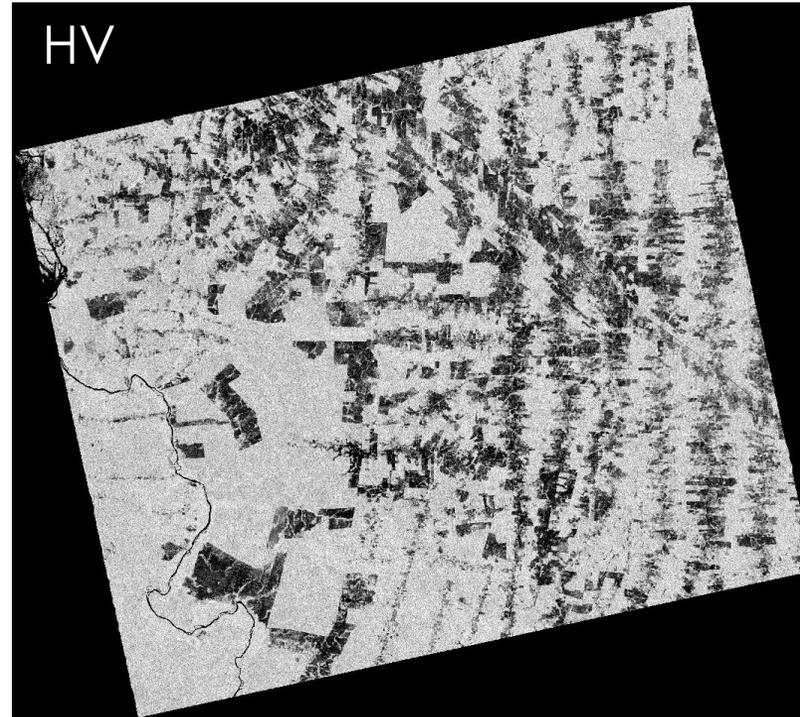
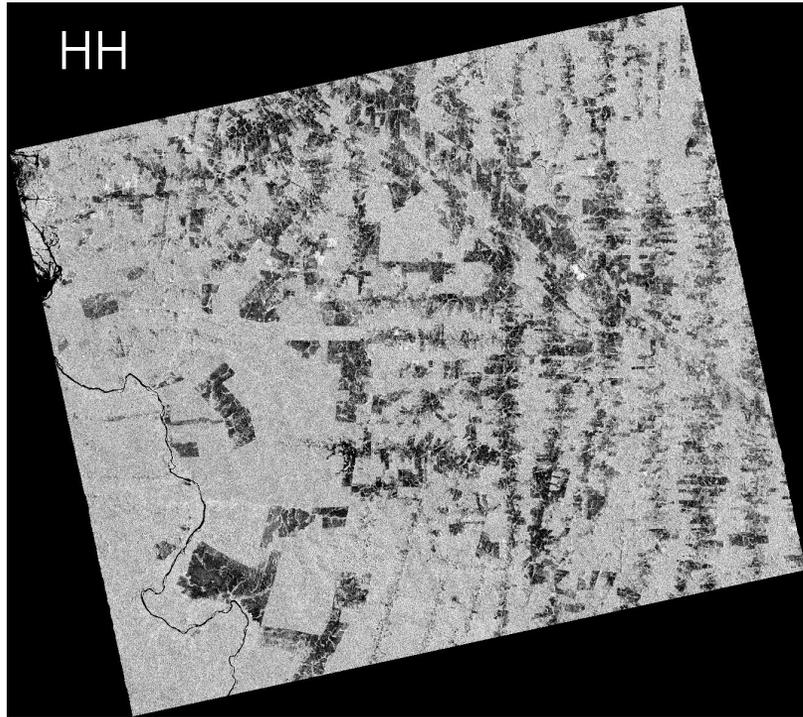


Fuente: Natural Resources Canada



Características de SAR en Áreas Boscosas y Deforestadas

ALOS PALSAR cerca de Altamira, Brasil; 12 dic. 2010

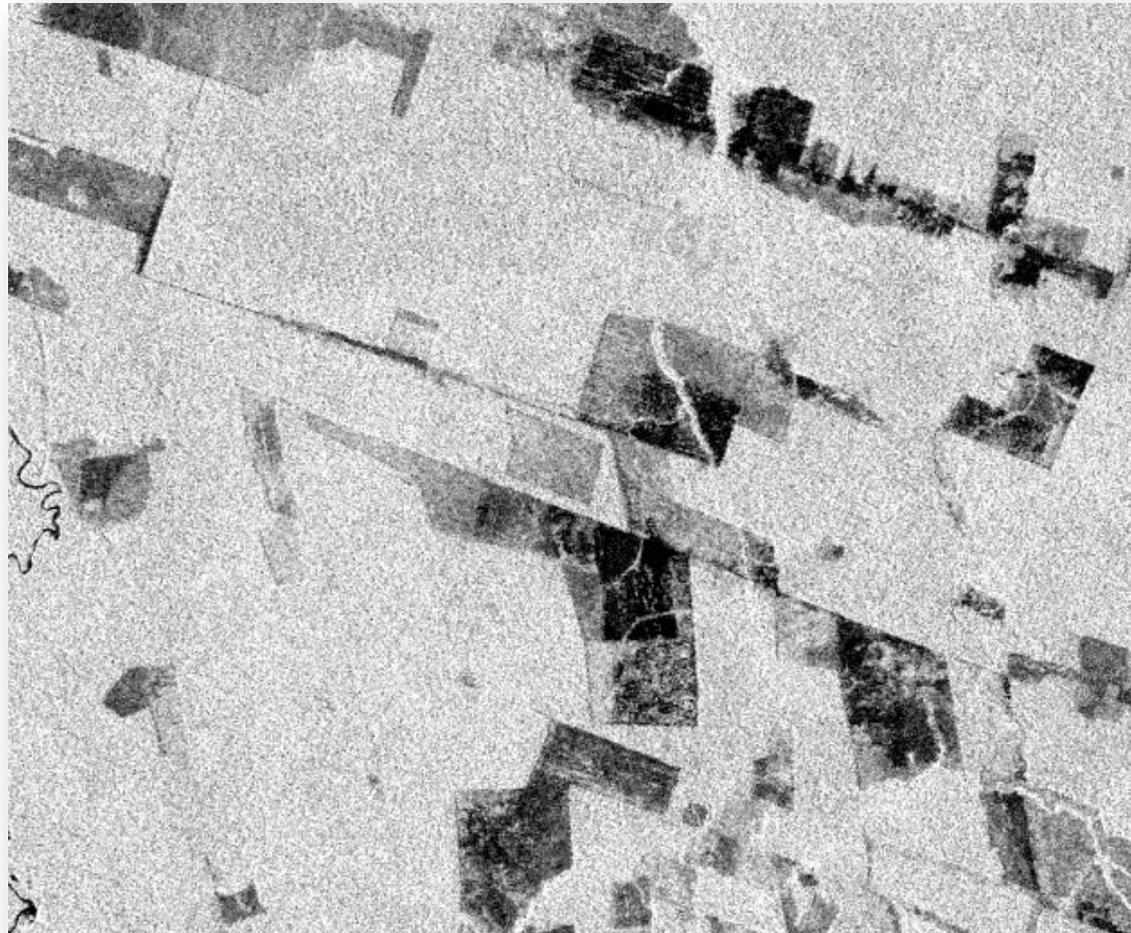


-30 -25 -20 -15 -10 -5 0
Retrodispersión (dB)



Características de SAR en Áreas Boscosas y Deforestadas

ALOS PALSAR cerca de Altamira, Brasil; 12 dic. 2010

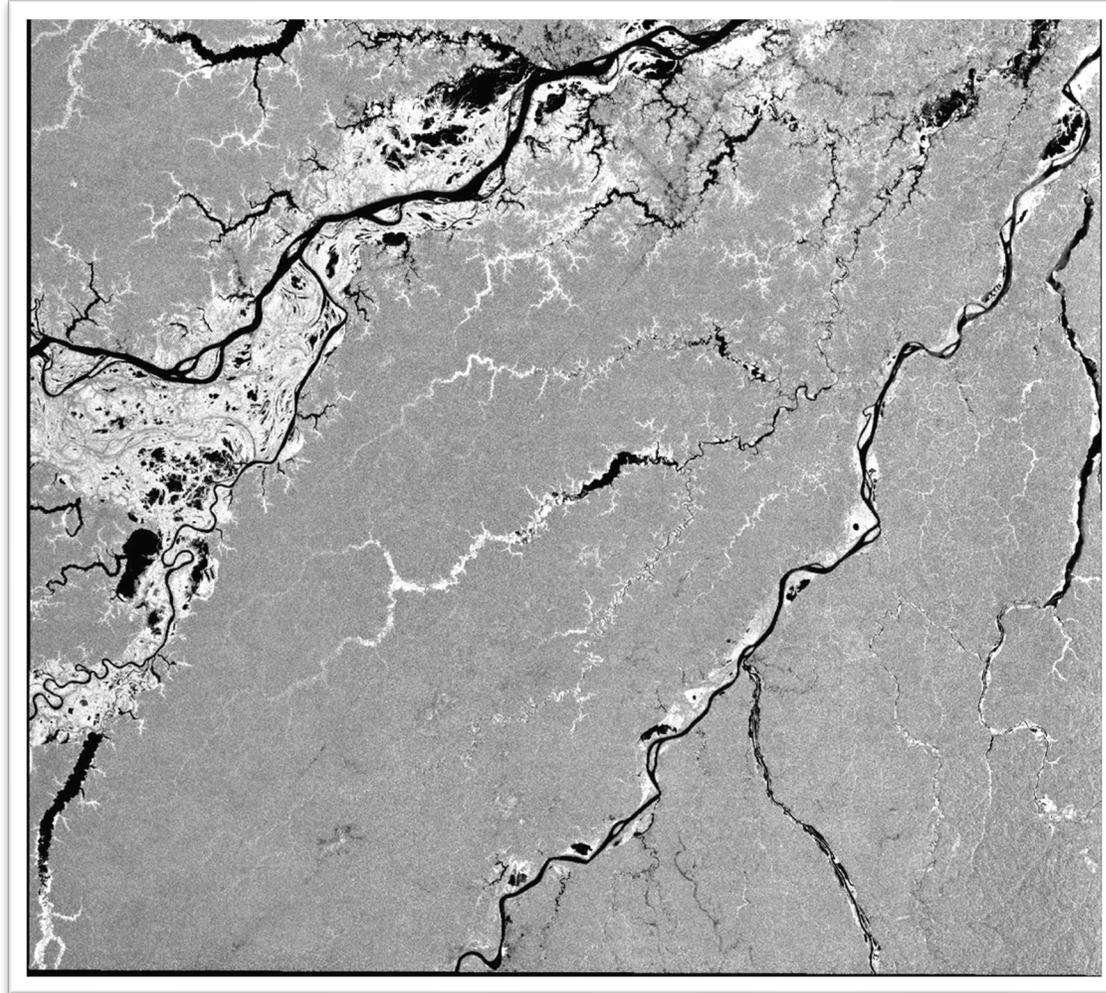


-30 -25 -20 -15 -10 -5 0
Retrodispersión (dB)



Características de SAR en Áreas de Vegetación Inundada

PALSAR HV para Rondonia, Brasil



Retrodispersión Anticipada para Diferentes Escenarios de Vegetación

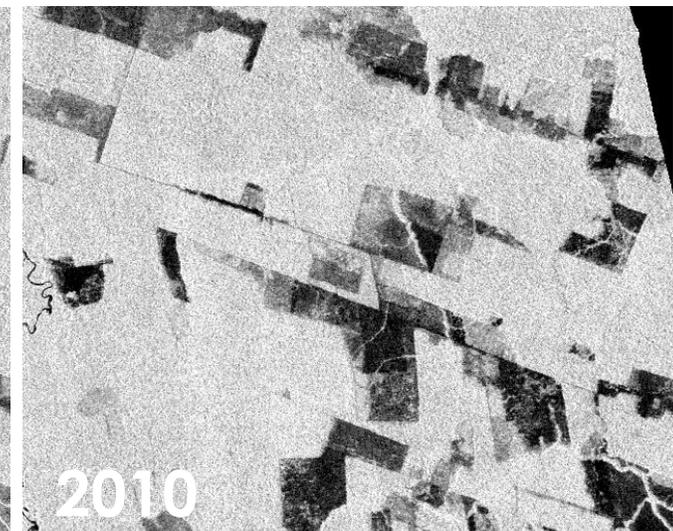
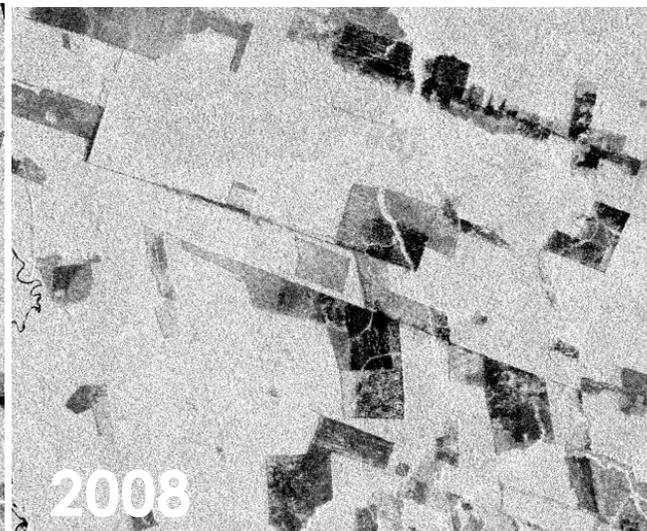
WAVELENGTH	POLARIZATION	RESPONSE BY FOREST TYPE					
		Sparse Forest (dry)	Sparse Forest (flooded)	Degraded Forest (dry)	Degraded Forest (flooded)	Dense Forest (dry)	Dense Forest (flooded)
C-band backscatter (g0)	VV	Medium to high; Depending on the roughness of the forest floor and moisture, there is lots of variation in this category	Low to medium; Depending on forest density, lots of forward scattering	Medium to high; most scattering from crown	Medium to high; most scattering from crown	Medium to high; most scattering from crown (Can be low in scenarios where absorption dominates and diminishes backscatter)	Medium to high; most scattering from crown (Can be low in scenarios where absorption dominates and diminishes backscatter)
	VH	Medium to high; Depending on the roughness of the forest floor and moisture, there is lots of variation in this category	Low to medium; Depending on forest density, lots of forward scattering	Medium to high; most scattering from crown	Medium to high; most scattering from crown	Medium to high; most scattering from crown (Can be low in scenarios where absorption dominates and diminishes backscatter)	Medium to high; most scattering from crown (Can be low in scenarios where absorption dominates and diminishes backscatter)
	VV/VH Ratio	Medium to high	Medium to high	Medium	Medium	Medium	Medium
L-band backscatter (g0)	HH	Low to medium; lower than dense forest and flooded sparse forest. At steep incidence angles, backscatter can be medium to high	Medium to high, depending on how much double bounce is contributing to the signal	Medium to high	High to very high, double bounce contributes to high backscatter	High to very high; higher than degraded forest, however at very high biomass levels we see saturation and no distinction with degraded forests	High to very high, double bounce contributes to high backscatter
	HV	Low to very low, depending on how dry the soils are	Low to very low. Most scattering is in the forward direction due to specular reflection	Medium to high	Medium to high, no seasonal variation with flooded forest floor	High to very high; volume scattering is dominant – best sensitivity to biomass	Medium to high, no seasonal variation with flooded forest floor
	HH/HV Ratio	Medium	High	Medium	High	Medium	High

Fuente: Guía del Usuario de SAR, Capítulo 2 por Josef Kellndorfer



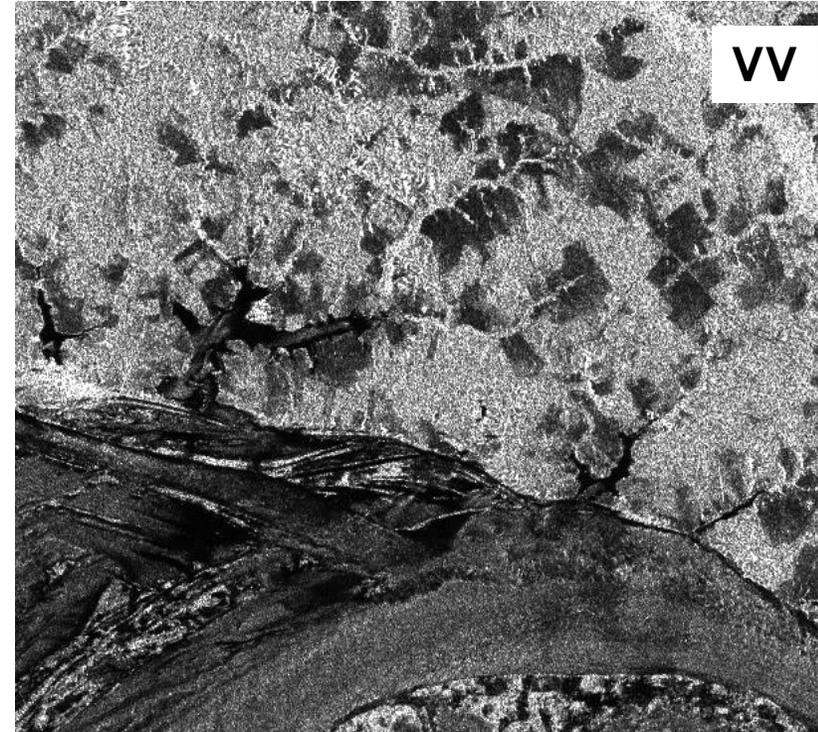
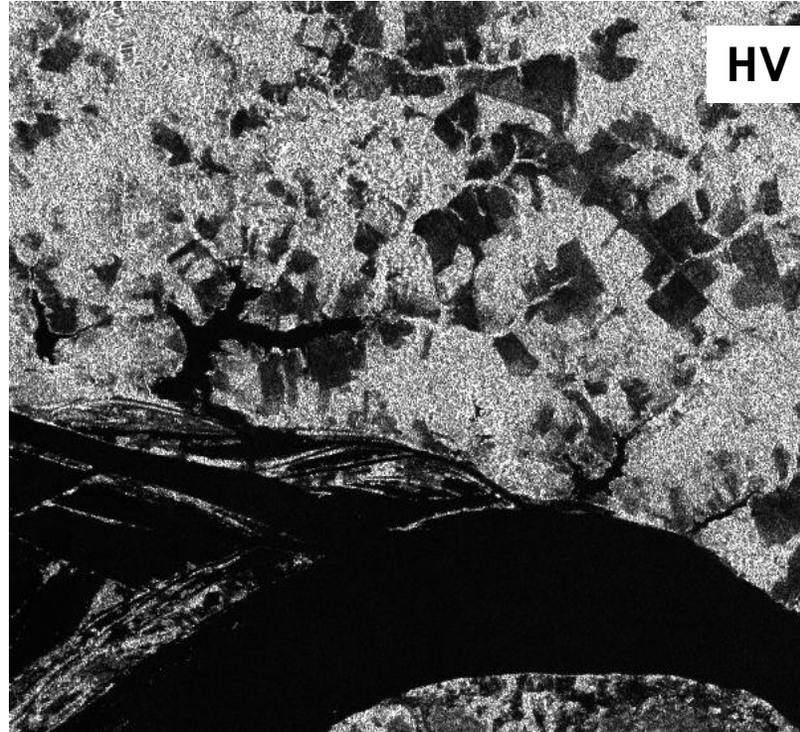
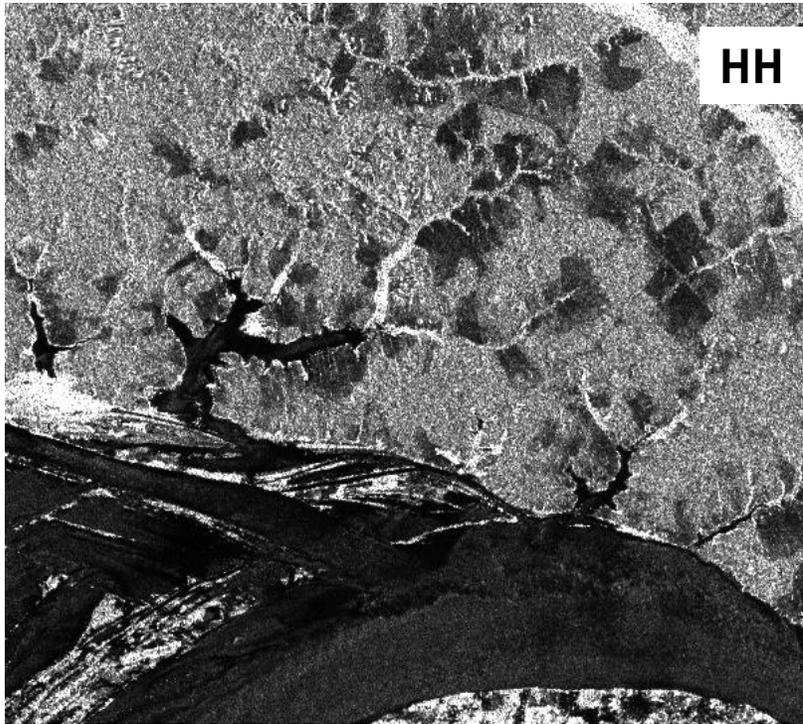
Ejemplo de Múltiples Fechas para Estudios de la Vegetación

PALSAR HV Multi-Temporal RGB para Rondonia, Brasil



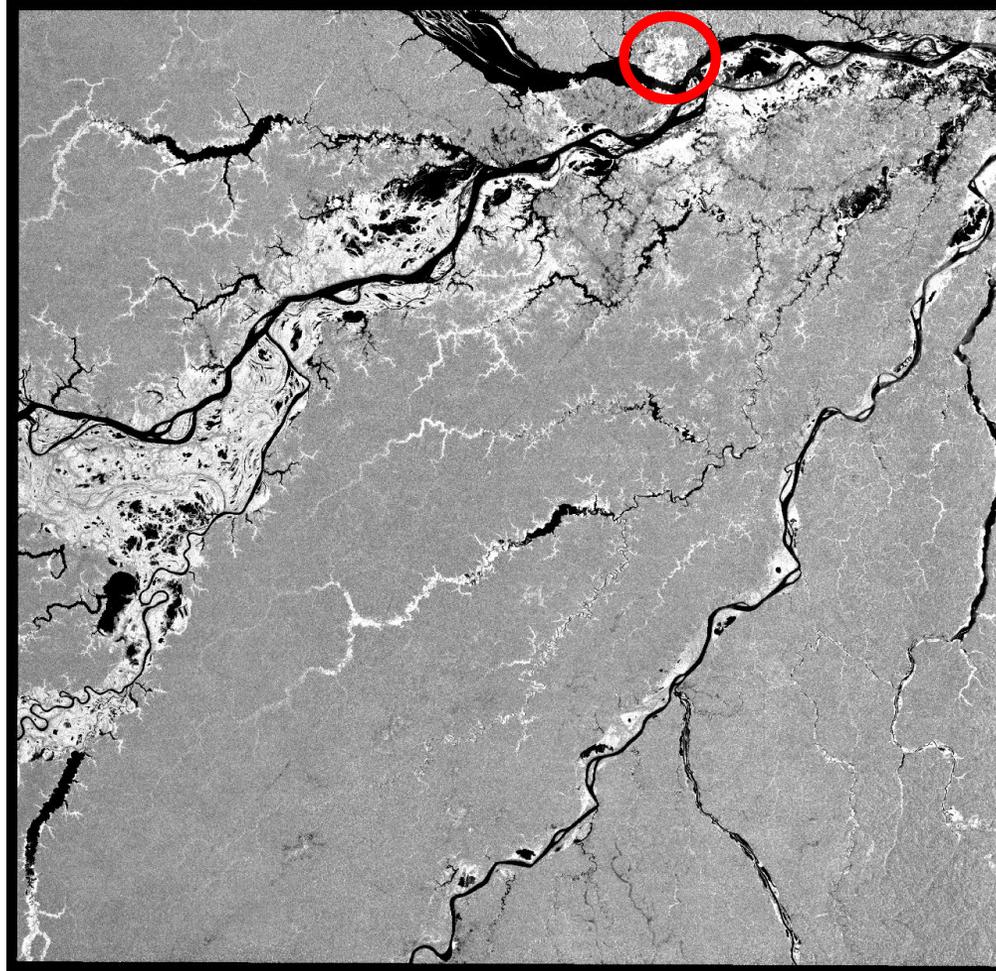
Fuente de Confusión: Aguas Abiertas y Vegetación Baja

Imágenes de PALSAR (Banda-L) cerca de Manaus, Brasil



Fuente de Confusión: Áreas Urbanas y Áreas Inundadas

Imágenes de PALSAR (Banda-L) cerca de Manaus, Brasil

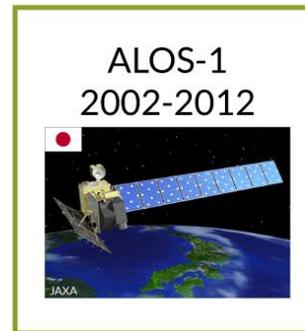


Fuente de Confusión: Topografía y Áreas Inundadas

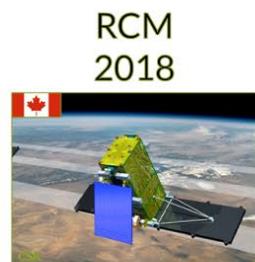
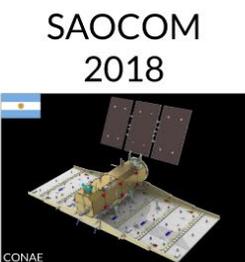
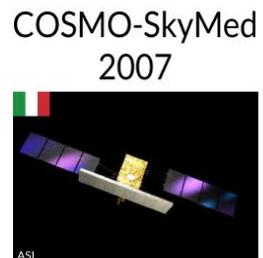
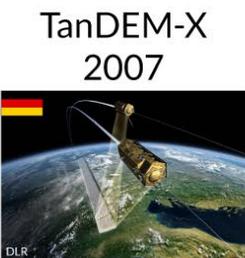


Datos de Radar

Históricos:



Actuales:



Futuros:



de acceso libre

Crédito para la imagen: Franz Meyer, University of Alaska, Fairbanks



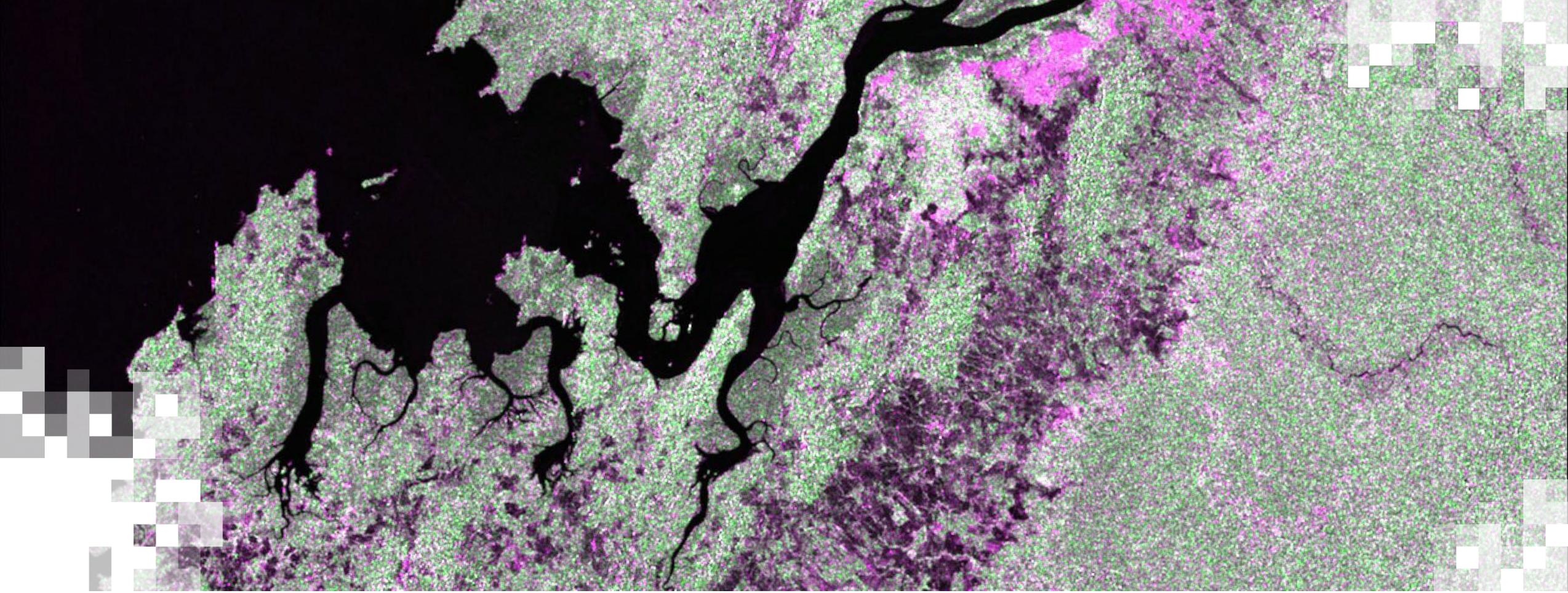
NISAR - Una Misión de SAR de la NASA y la ISRO

- Resolución espacial alta (10-30 metros) y resolución temporal de 12 días
- Fecha de lanzamiento: finales del 2021/comienzos del 2022
- Radar de Apertura Sintética (SAR) de bandas- L y S
 - SAR de Banda-L de la NASA y SAR de Banda-S de ISRO
- 3 años de operaciones científicas
- Todos los datos científicos serán de acceso libre y gratuito

NISAR Characteristic:	Would Enable:
L-band (24 cm wavelength)	Low temporal decorrelation and foliage penetration
S-band (12 cm wavelength)	Sensitivity to light vegetation
SweepSAR technique with Imaging Swath >240 km	Global data collection
Polarimetry (Single/Dual/Quad)	Surface characterization and biomass estimation
12-day exact repeat	Rapid Sampling
3-10 meters mode-dependent SAR resolution	Small-scale observations
3 years since operations (5 years consumables)	Time-series analysis
Pointing control < 273 arcseconds	Deformation interferometry
Orbit control < 500 meters	Deformation interferometry
>30% observation duty cycle	Complete land/ice coverage
Left/Right pointing capability	Polar coverage, North and South
Noise Equivalent Sigma Zero ≤ -23 db	Surface characterization of smooth surfaces

Diapositiva Cortesía de Paul Rosen (JPL)





Ejercicio Practico: Análisis Multi-Temporal

Pasos del Ejercicio

- Visualizar Datos Sentinel-1
- Seleccionar un área de interés para realizar el análisis
- Cargar imágenes de múltiples fechas (2016, 2018 y 2019)
- Aplicar un filtro de reducción de ruido en las imágenes
- Calcular diferencias en la cobertura forestal de 2016 a 2018 y de 2018 a 2019
- Aplicar un umbral
- Comparar los cambios en la cobertura forestal a lo largo del tiempo



Código del Análisis Multi-Temporal en Google Earth Engine

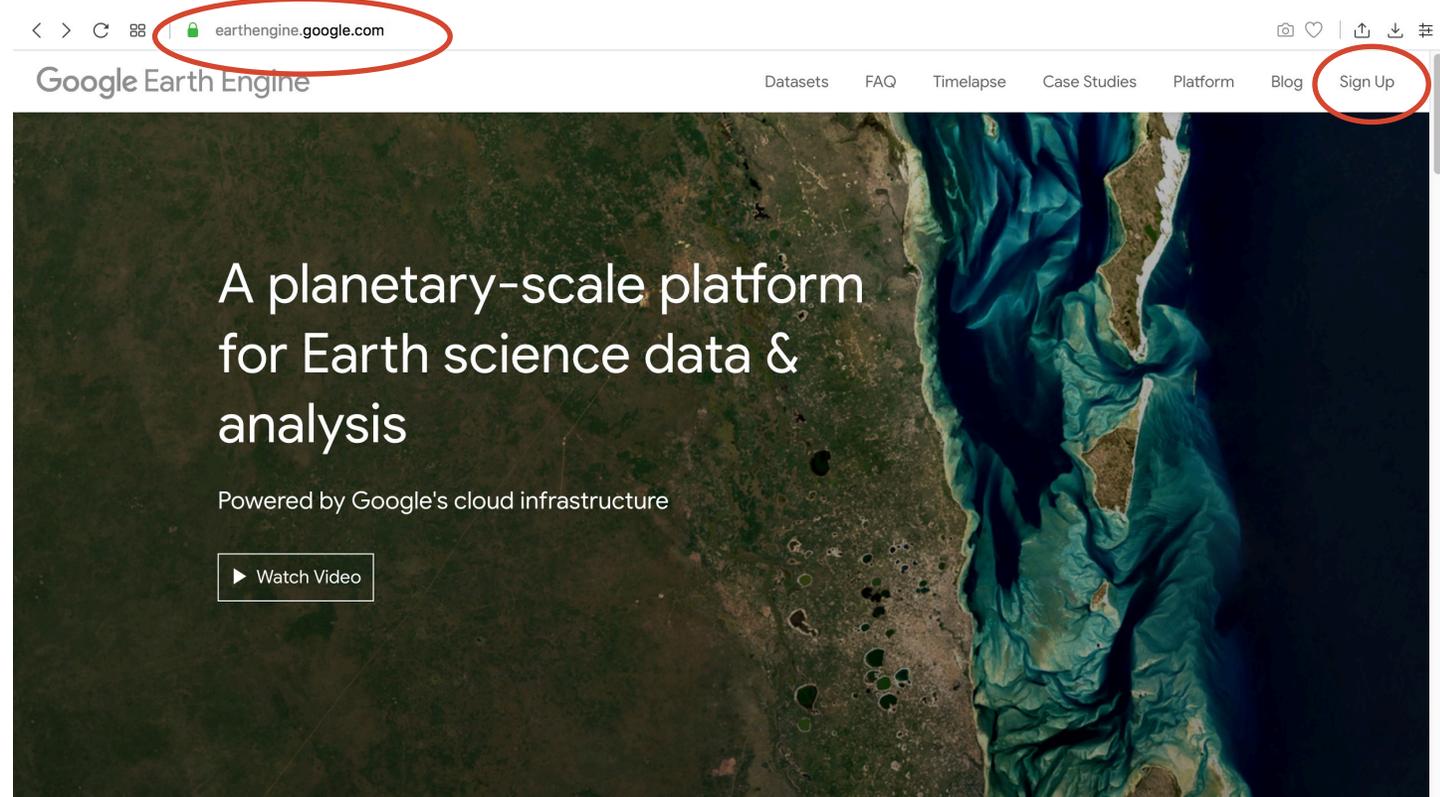
https://code.earthengine.google.com/cfa42183bac06bdac5a16ed8a05233a5?accept_repo=users%2Fwolterpt%2FSAR_TimeSeries_PTW



Google Earth Engine

<https://earthengine.google.com>

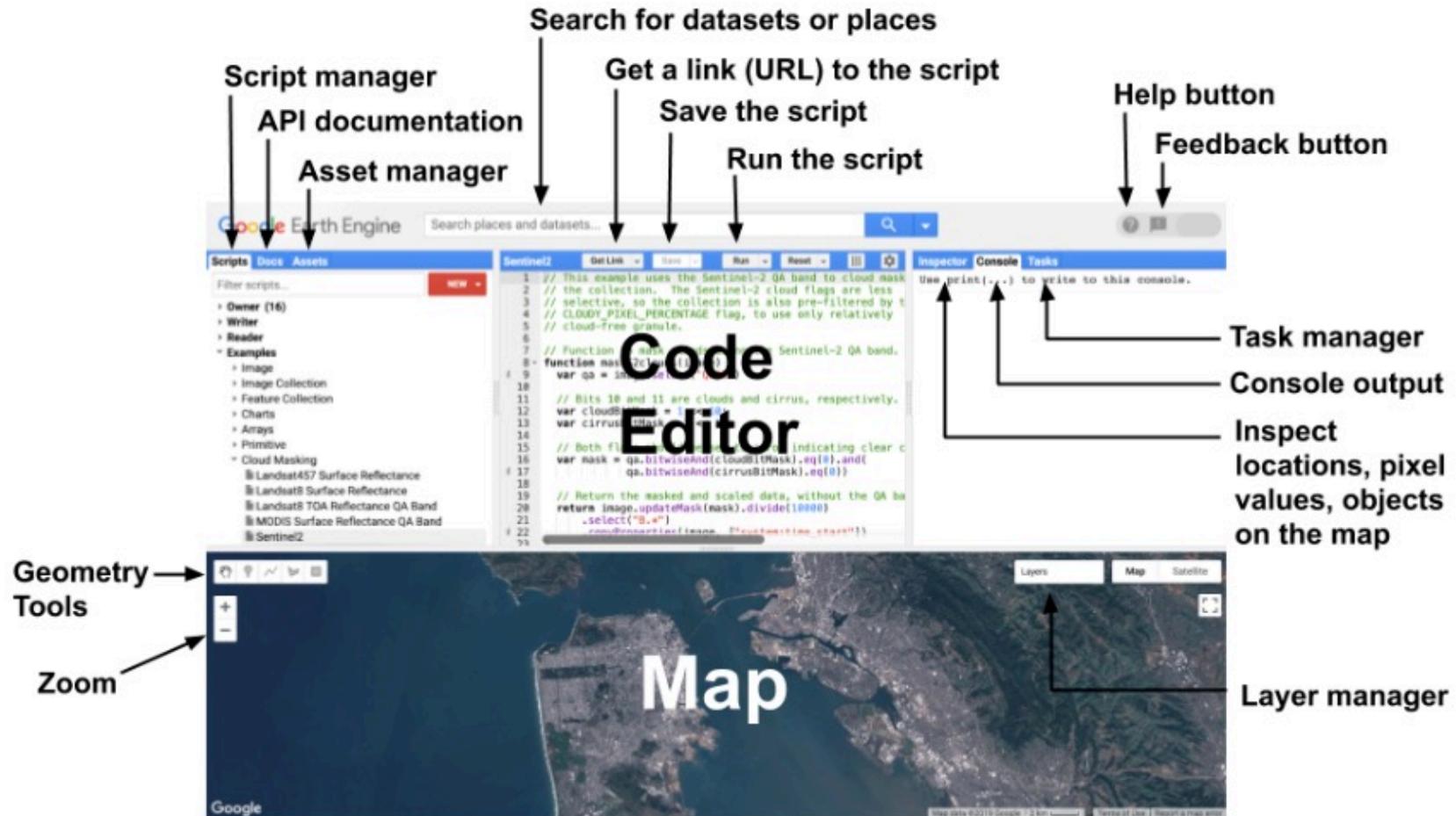
- Es una plataforma de procesamiento geoespacial en la nube
- Está disponible para científicos, investigadores y desarrolladores para estudios de nuestro planeta
- Contiene un catálogo de imágenes satelitales y conjuntos de datos geoespaciales (incluyendo Sentinel-1):
- <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/>
- Utiliza JavaScript – editor de código
- Puede abrir una cuenta (gratuita)



Meet Earth Engine

Editor de Código en Google Earth Engine

<https://code.earthengine.google.com>



Fuente de la Imagen: [Google](https://code.earthengine.google.com)

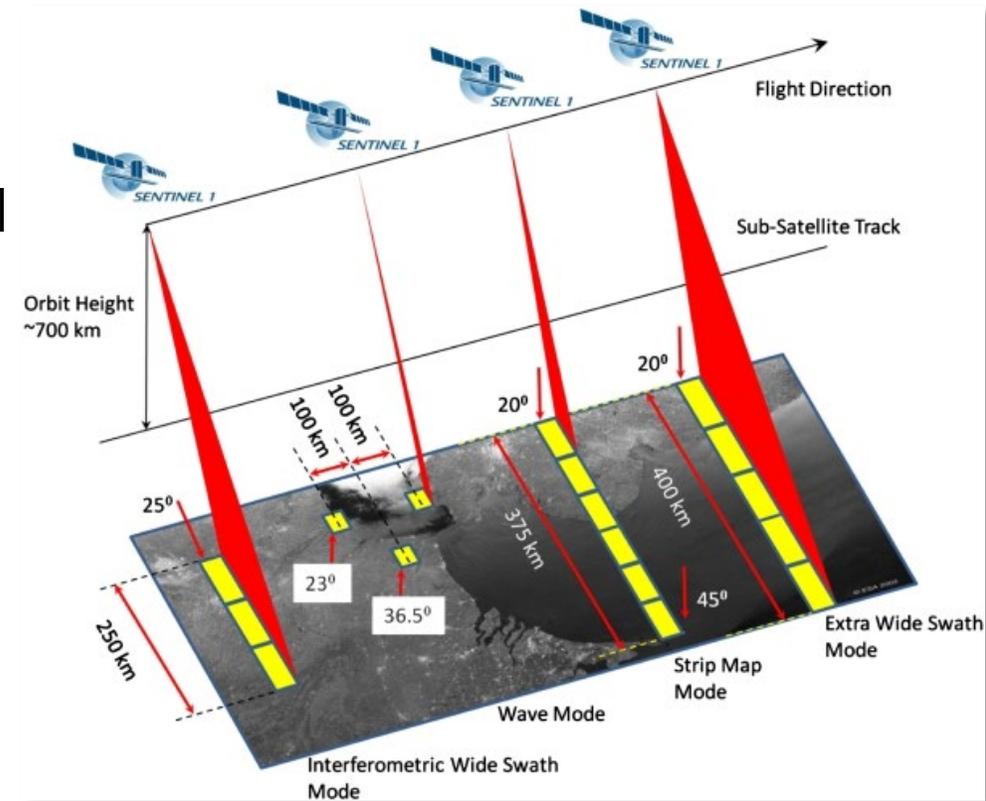
Repaso de Datos Sentinel-1

Dos satélites: A y B

- Datos en banda-C
- Cada satélite realiza una cobertura global cada 12 días
- Cobertura global de 6 días sobre la línea ecuatorial cuando se utilizan datos de ambos satélites

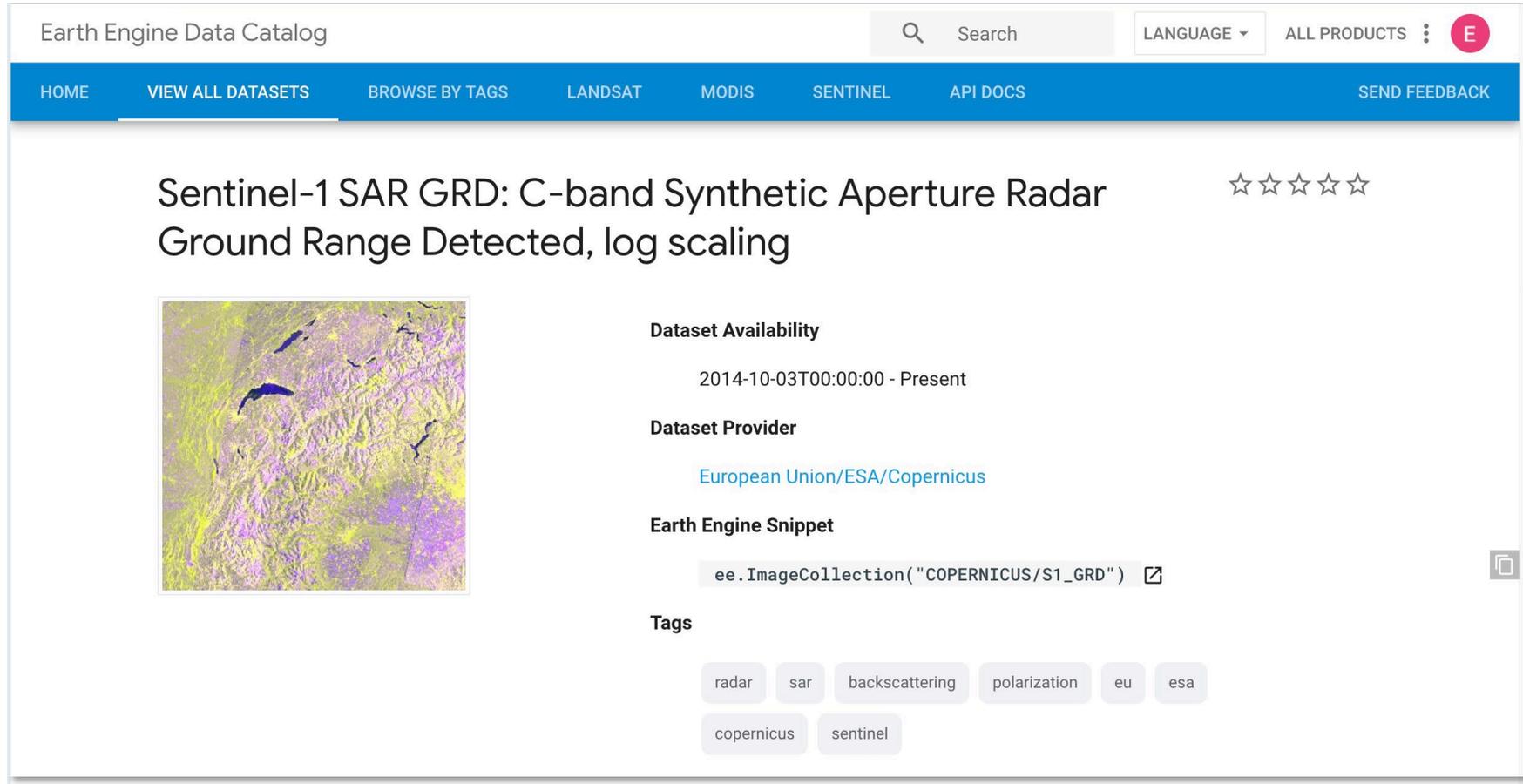
Diferentes Modos:

- Franja Extra Ancha – para monitorear océanos y costas
- Modo Franja (Strip) – solo por pedido especial y para necesidades especiales (e.g. desastres)
- Modo Onda (Wave) – colección rutinaria sobre el océano
- Franja Ancha Interferométrica – colección rutinaria sobre tierra (**esta es la que deben usar**)



Catálogo de Sentinel-1

https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S1_GRD



The screenshot shows the Earth Engine Data Catalog interface. At the top, there is a search bar and navigation links for LANGUAGE, ALL PRODUCTS, and a user profile icon. Below this is a blue navigation bar with links for HOME, VIEW ALL DATASETS, BROWSE BY TAGS, LANDSAT, MODIS, SENTINEL, API DOCS, and SEND FEEDBACK. The main content area features the dataset title "Sentinel-1 SAR GRD: C-band Synthetic Aperture Radar Ground Range Detected, log scaling" with a five-star rating. To the left of the title is a thumbnail image of a SAR image. To the right, there are sections for "Dataset Availability" (2014-10-03T00:00:00 - Present), "Dataset Provider" (European Union/ESA/Copernicus), and "Earth Engine Snippet" (ee.ImageCollection("COPERNICUS/S1_GRD")). At the bottom, there are tags for radar, sar, backscattering, polarization, eu, esa, copernicus, and sentinel.



Área de Enfoque

Rondonia, Brasil



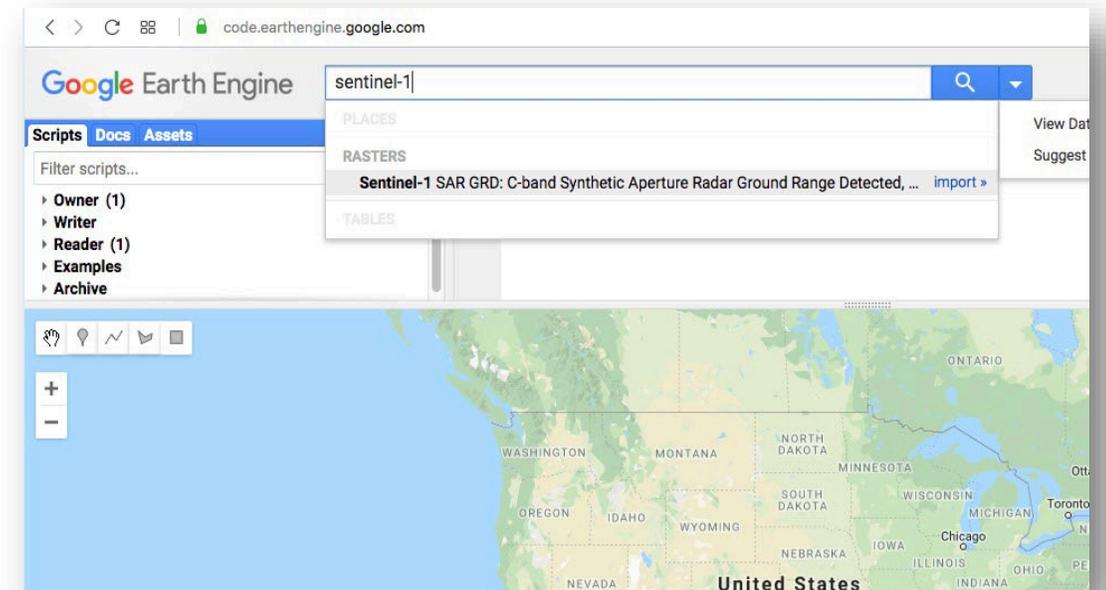
Visualizar Datos Sentinel-1

1. Para comenzar, abra Google Earth Engine: <https://code.earthengine.google.com>

2. Busque datos **Sentinel-1**.

○ Se abrirá una ventanilla con una descripción de los datos mostrando:

- Los pasos aplicados para procesar los datos (eliminación de ruido térmico, calibración radiométrica, corrección de terreno)
- Bandas y resolución
- Metadatos (el modo y las propiedades orbitales – descendente o ascendente -- son parámetros importantes)



3. Haga clic en el mapa para salir de la pestaña con información sobre los datos Sentinel-1.



Seleccionar Área de Interés

Defina su área de interés

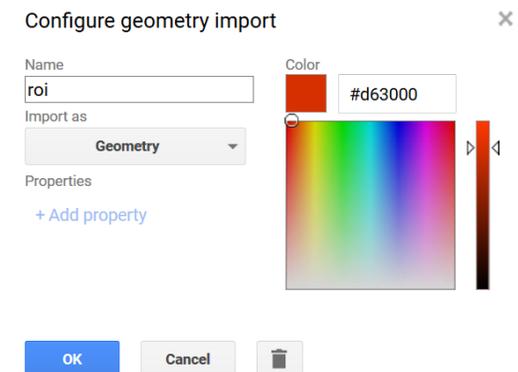
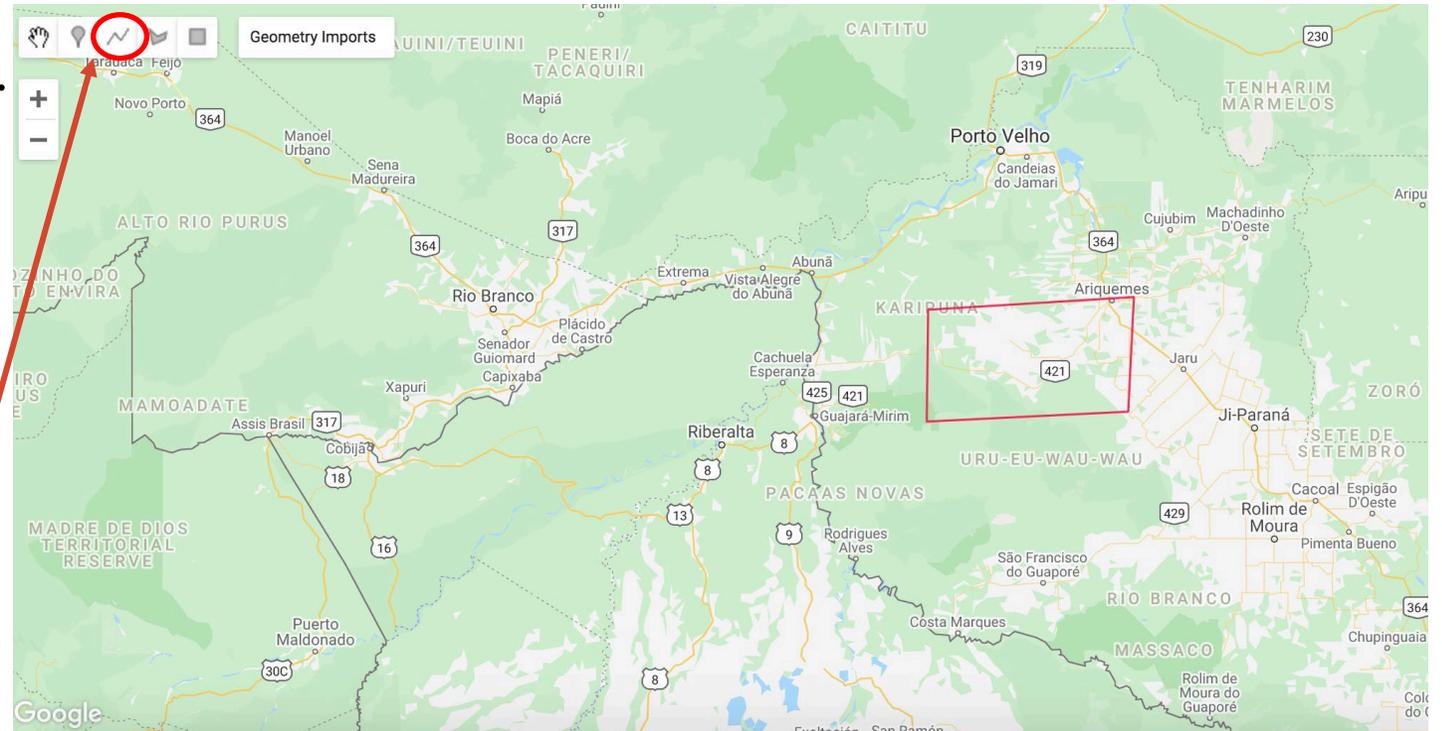
4. Amplíe la región de **Rondonia, Brasil**.

- Puede hacer esto tecleando “Rondonia, Brazil” en la barra de búsqueda en la parte superior y después ampliando la región hasta ver la ciudad de Porto Velho.

5. Seleccione el icono para **dibujar una línea**.

6. Dibuje un rectángulo como este sobre el área de interés.

7. Detenga el cursor sobre **geometry** y haga clic en el icono de la rueda para cambiar el nombre a **roi** (region of interest), ahora haga clic en **OK**.



Filtrar los Datos de Sentinel-1

8. Cargue la base de datos de Sentinel-1 filtre por imágenes de modo franja ancha interferométrica (Interferometric Wide Swath Mode o IW), Paso Descendente (Descending Pass), 10 metros de resolución y polarización VV. En el editor de scripts, agregue el siguiente código:

```
// Load Sentinel-1 C-band SAR Ground Range collection (log scale, VV, descending)
var collectionVV = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))
  .filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING')) .filterMetadata('resolution_meters',
'equals' , 10)
  .filterBounds(roi)
  .select('VV');
print(collectionVV, 'Collection VV');
```

** Note que todas las imágenes Sentinel-1 en Google Earth Engine están en dB*



Filtrar los Datos de Sentinel-1

9. Haga clic en Enter o Return para pasar a la línea 11 en el editor de código. Repita el paso 8, pero esta vez filtre los datos para la polarización VH agregando el siguiente código:

```
// Load Sentinel-1 C-band SAR Ground Range collection (log scale, VH, descending)
var collectionVH = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
  .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VH'))
  .filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'))
  .filterMetadata('resolution_meters', 'equals', 10)
  .filterBounds(roi)
  .select('VH');
print(collectionVH, 'Collection VH');
```

** Note que todas las imágenes Sentinel-1 en Google Earth Engine están en dB*



Filtrar los Datos de Sentinel-1

10. Asegúrese que su script sea igual al de la imagen a continuación.

- Note que posiblemente necesite ingresar cada parte del código en una línea separada para indicar que son acciones.

11. Haga clic en **Run** en el menú superior.

- La ventanilla **Console** a la derecha muestra los resultados para VV (543 imágenes) y VH (539 imágenes)*.
- *El número de elementos podría ser diferente dependiendo del tamaño de la roi que creó en el paso 6.

```
sentinel1_time_series *
Get Link Save Run Reset Apps
Imports (3 entries)
1 // Load Sentinel-1 C-band SAR Ground Range collection (log scale, VV, descending)
2 var collectionVV = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
3 .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
4 .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))
5 .filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'))
6 .filterMetadata('resolution_meters', 'equals', 10)
7 .filterBounds(roi)
8 .select('VV');
9 print(collectionVV, 'Collection VV');
10
11 // Load Sentinel-1 C-band SAR Ground Range collection (log scale, VH, descending)
12 var collectionVH = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
13 .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
14 .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VH'))
15 .filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'))
16 .filterMetadata('resolution_meters', 'equals', 10)
17 .filterBounds(roi)
18 .select('VH');
19 print(collectionVH, 'Collection VH');
20
21 //Filter by date
22 var first2016VV = collectionVV.filterDate('2016-08-01', '2016-08-10').mosaic();
```

Inspector Console Tasks

```
ImageCollection COPERNICUS/S1_G... JSON
  type: ImageCollection
  id: COPERNICUS/S1_GRD
  version: 1589375752656977
  bands: []
  features: List (543 elements)
  properties: Object (16 properties)
Collection VV JSON

ImageCollection COPERNICUS/S1_G... JSON
  type: ImageCollection
  id: COPERNICUS/S1_GRD
  version: 1589375752656977
  bands: []
  features: List (539 elements)
  properties: Object (16 properties)
Collection VH JSON
```



Filtrar los Datos de Sentinel-1

Filtrar los Datos de Sentinel-1 por fecha

12. Filtre para obtener tres intervalos de fechas.

Haga clic en enter o return para pasar a la línea 21 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
//Filter by date  
var first2016VV = collectionVV.filterDate('2016-08-01', '2016-08-10').mosaic();  
var second2018VV = collectionVV.filterDate('2018-08-05', '2018-08-10').mosaic();  
var third2019VV = collectionVV.filterDate('2019-08-01', '2019-08-15').mosaic();  
var first2016VH = collectionVH.filterDate('2016-08-01', '2016-08-10').mosaic();  
var second2018VH = collectionVH.filterDate('2018-08-05', '2018-08-10').mosaic();  
var third2019VH = collectionVH.filterDate('2019-08-01', '2019-08-15').mosaic();
```

13. Haga clic en **Run** en el menú superior.



Visualizar Imágenes

Visualice las Imágenes

14. Agregue las imágenes VV y VH que se identificaron en el paso anterior a la barra de capas "layers" para poder visualizarlas.

Haga clic en enter o return para pasar a la línea 29 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
// Display map
Map.centerObject(roi, 7);
Map.addLayer(first2016VV, {min:-15,max:0}, '2016 VV', 0);
Map.addLayer(second2018VV, {min:-15,max:0}, '2018 VV', 0);
Map.addLayer(third2019VV, {min:-15,max:0}, '2019 VV', 0);
Map.addLayer(first2016VH, {min:-25,max:0}, '2016 VH', 0);
Map.addLayer(second2018VH, {min:-25,max:0}, '2018 VH', 0);
Map.addLayer(third2019VH, {min:-25,max:0}, '2019 VH', 0);
Map.addLayer(first2016VH.addBands(second2018VH).addBands(third2019VH), {min: -25,
max: -8}, '2016/2018/2019 composite', 0);
```

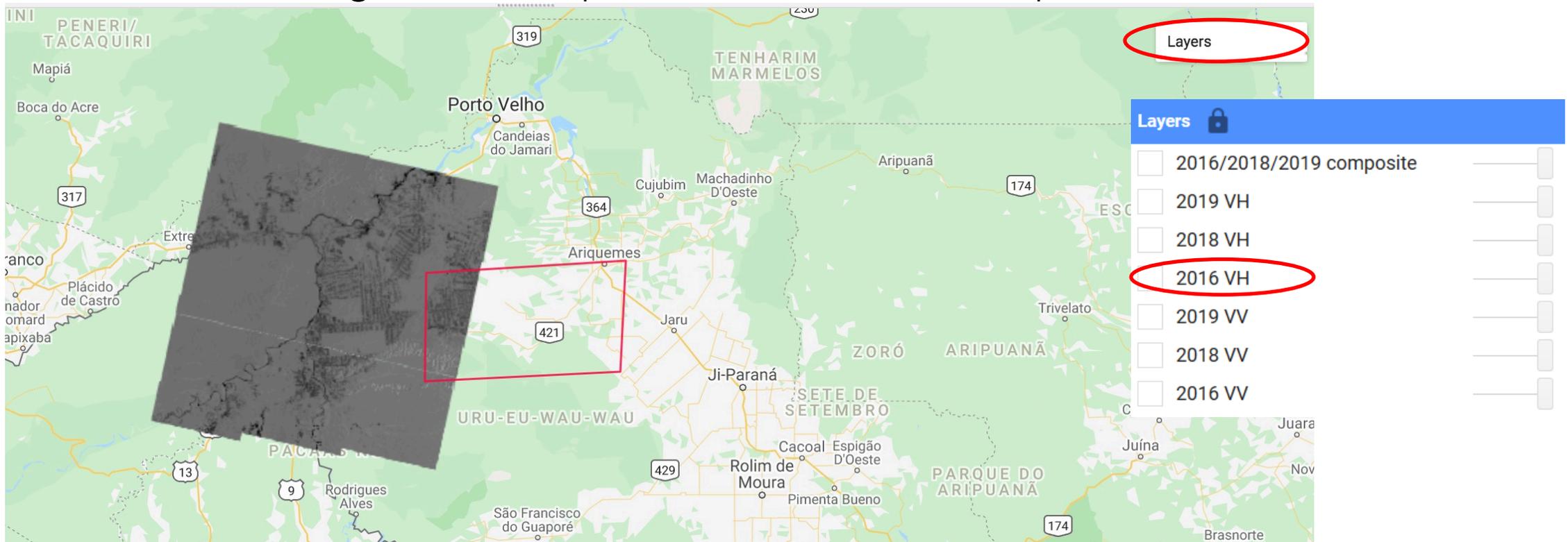
15. Haga clic en **Run** en el menú superior.



Visualizar Imágenes Individuales

16. Detenga el cursor sobre el cuadro **Layers** para ver todas las capas que ha añadido con su código.

17. Seleccione la imagen 2016 VH para visualizarla en el mapa.



Visualizar la Imagen RGB (RVA)

18. Detenga el cursor nuevamente sobre el cuadro **Layers** para deseleccionar la imagen 2016 VH

19. Seleccione la imagen “2016/2018/2019 composite”



Aplicar un Filtro para Speckle (Moteado)

20. Aplique un filtro para speckle/moteado

Haga clic en enter o return para pasar a la línea 39 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
//Apply filter to reduce speckle
var SMOOTHING_RADIUS = 50;
var first2016VV_filtered = first2016VV.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var first2016VH_filtered = first2016VH.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var second2018VV_filtered = second2018VV.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var second2018VH_filtered = second2018VH.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var third2019VV_filtered = third2019VV.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var third2019VH_filtered = third2019VH.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
```

21. Haga clic en **Run** en el menú superior



Agregar las Imágenes Filtradas a las Capas

22. Agregue las imágenes filtradas al cuadro de capas “layers” para poder visualizarlas. Haga clic en enter o return para pasar a la línea 48 en el editor de código y agregue el código a continuación:

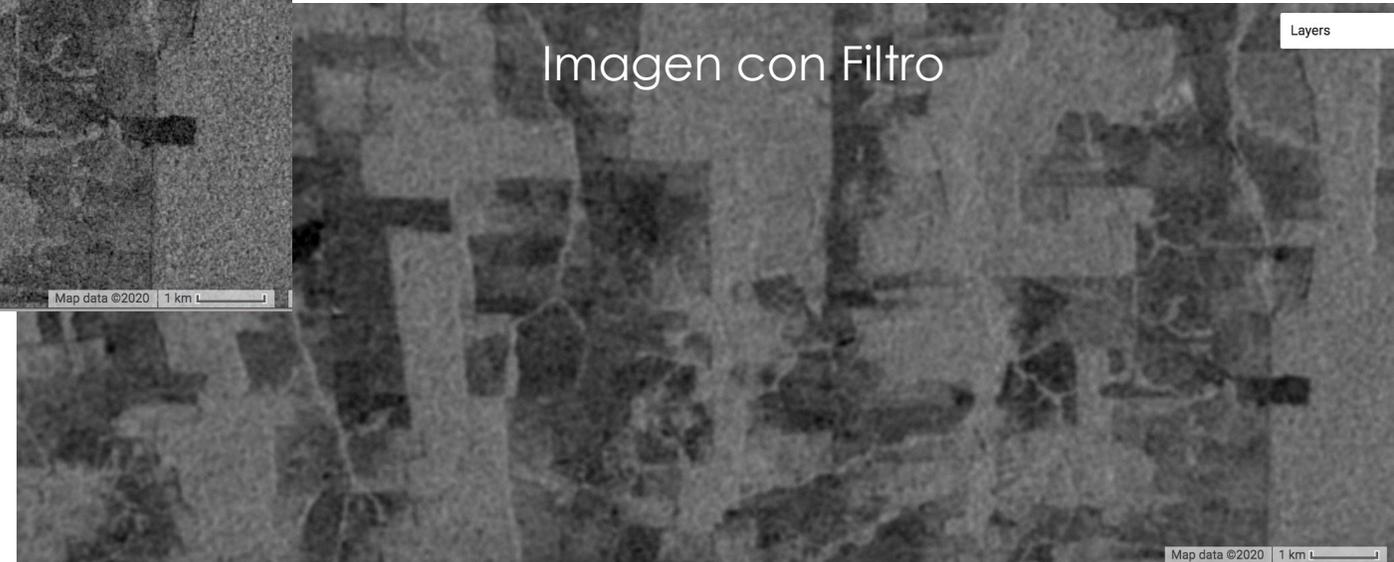
```
//Display filtered images
Map.addLayer(first2016VV_filtered, {min:-15,max:0}, '2016 VV Filtered',0);
Map.addLayer(first2016VH_filtered, {min:-27,max:0}, '2016 VH Filtered',0);
Map.addLayer(second2018VV_filtered, {min:-15,max:0}, '2018 VV Filtered',0);
Map.addLayer(second2018VH_filtered, {min:-27,max:0}, '2018 VH Filtered',0);
Map.addLayer(third2019VV_filtered, {min:-15,max:0}, '2019 VV Filtered',0);
Map.addLayer(third2019VH_filtered, {min:-27,max:0}, '2019 VH Filtered',0);
Map.addLayer(first2016VH_filtered.addBands(second2018VH_filtered).addBands(third2019VH
_filtered), {min: -25, max: -8}, '2016/2018/2019 HV filtered RGB', 0);
```

23. Haga clic en **Run** en el menú superior



Visualizar Con Filtro (Filtered) y Sin Filtro (Unfiltered)

24. En el menú “layers”, alterne entre la misma imagen con y sin filtro para ver la diferencia (p. ej. 2019 VH Filtered y 2019 VH).



Calcular la Cociente entre Antes y Después

25. Calcule la cociente entre antes y después para 2016 y 2018 y para 2018 y 2019. Haga clic en enter o return para pasar a la línea 57 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
// Calculate the ratio between before and after
var ratio1618VH= first2016VH_filtered.subtract(second2018VH_filtered);
var ratio1618VV= first2016VV_filtered.subtract(second2018VV_filtered);
var ratio1819VH= second2018VH_filtered.subtract(third2019VH_filtered);
var ratio1819VV= second2018VV_filtered.subtract(third2019VV_filtered);
```

26. Haga clic en **Run** en el menú superior

* Nota: El código está ejecutando una resta porque las imágenes están en escala logarítmica (dB) y la regla es que cuando se dividen dos números en escala logarítmica los valores se restan.



Agregar las Imágenes de Cocientes a Layers

27. Agregue las imágenes de las cocientes a "layers": para poder visualizarlas. Haga clic en enter o return para pasar a la línea 63 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
// Display the ratio images
Map.addLayer(ratio1618VH, {min: -9,max:9}, 'Ratio VH 2016/2018', 0);
Map.addLayer(ratio1618VV, {min: -9,max:9}, 'Ratio VV 2016/2018', 0);
Map.addLayer(ratio1819VH, {min: -9,max:9}, 'Ratio VH 2018/2019', 0);
Map.addLayer(ratio1819VV, {min: -9,max:9}, 'Ratio VV 2018/2019', 0);
```

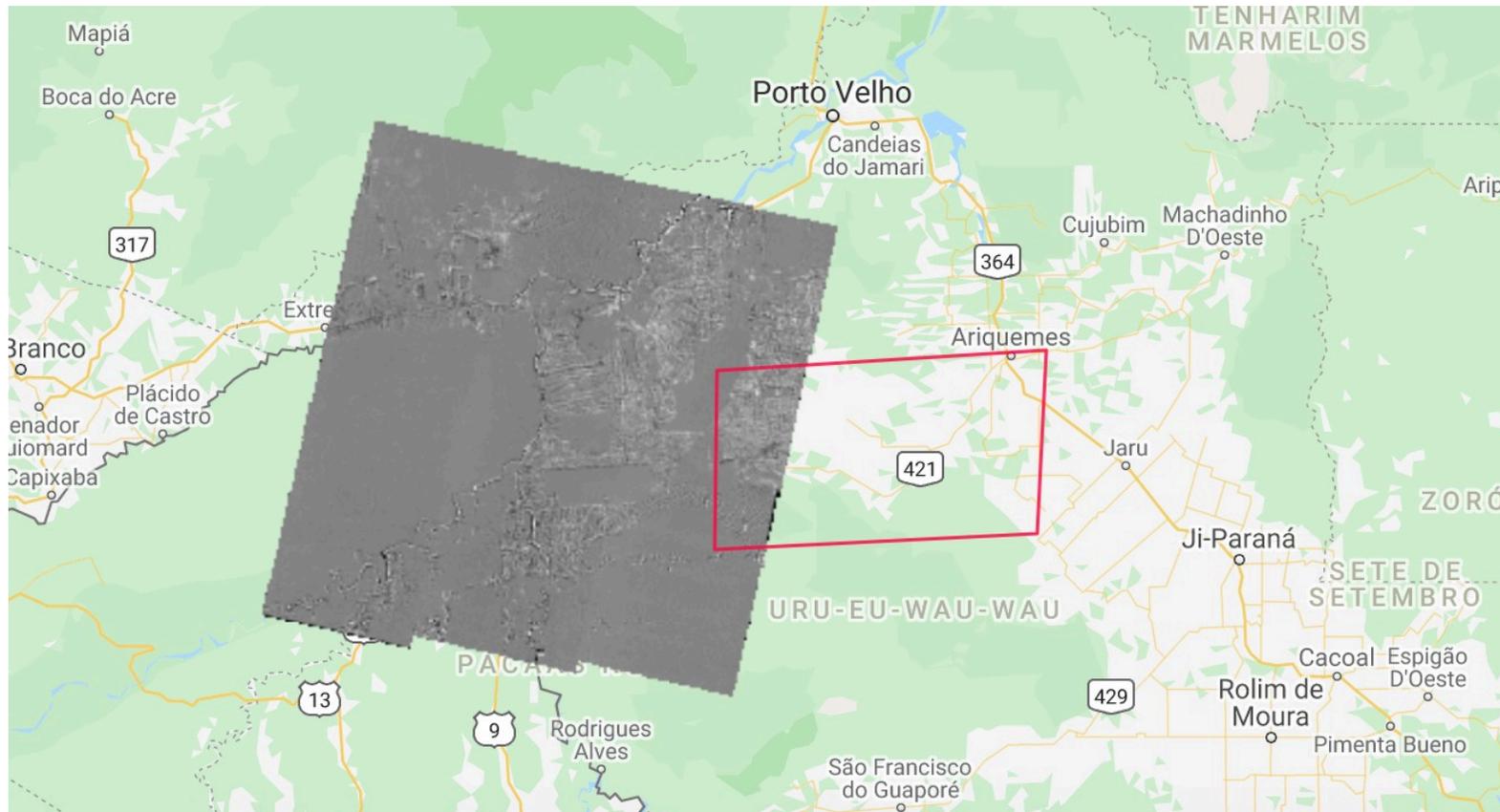
28. Haga clic en **Run** en el menú superior



Visualizar las Imágenes de las Cocientes

29. Detenga el cursor nuevamente sobre el cuadro **Layers** y deselectione todo.

30. Seleccione cualesquiera de las imágenes de las cocientes que desee visualizar.



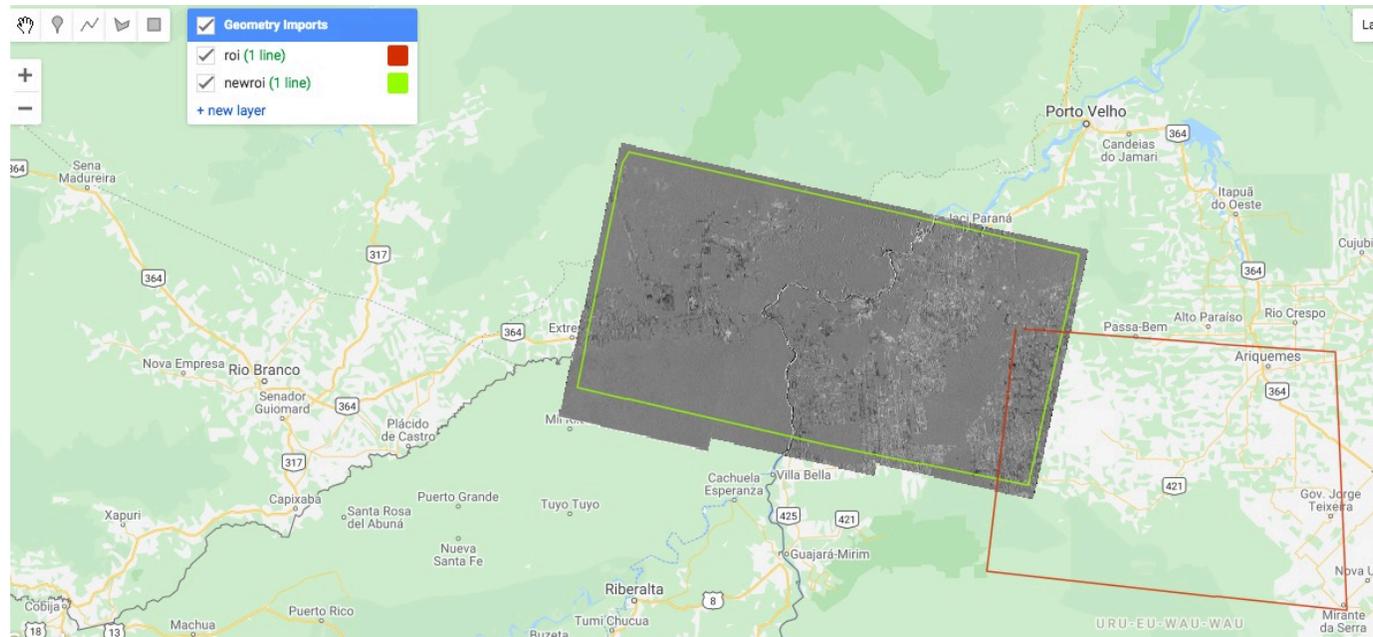
Seleccionar una Nueva Región de Interés

Seleccione una nueva región de interés que delimite el área cubierta por las imágenes de las cocientes

31. Seleccione el icono para **dibujar una línea**.

32. Trace un rectángulo similar al que hay aquí sobre nuestra área de interés.

33. Detenga el cursor sobre **geometry** y después haga clic en el icono de la rueda para cambiar el nombre a **newroi** y haga clic en **OK**.



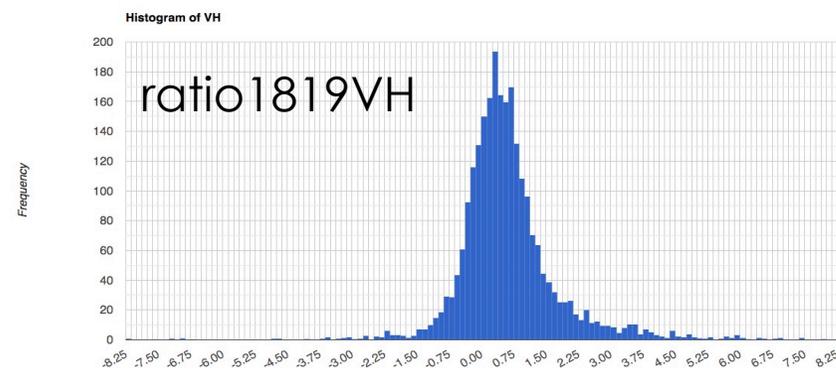
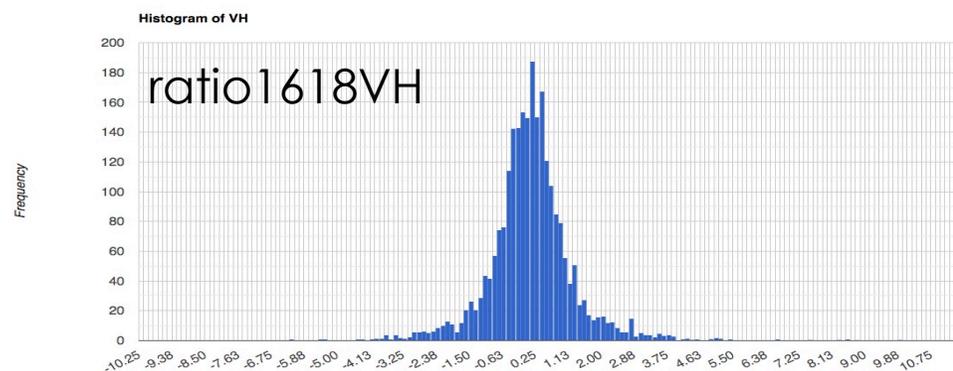
Crear un Histograma

34. Cree un histograma para los valores en cada una de las imágenes de las cocientes. Haga clic en enter o return para pasar a la línea 69 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
//Calculate histograms for each image  
print(ui.Chart.image.histogram({image:ratio1618VH, region:newroi, scale:300}));  
print(ui.Chart.image.histogram({image:ratio1819VH, region:newroi, scale:300}));
```

35. Haga clic en **Run** en el menú superior.

36. Visualice los histogramas en una pantalla aparte haciendo clic en la flecha al lado de la parte superior derecha de cada histograma en la ventanilla **Console**.



Calcular la Media y la Desviación Estándar

37. Calcule la media y la desviación estándar para cada una de las imágenes de las cocientes. Primero, combine la media y la desviación estándar. Haga clic en enter para pasar a la línea 73 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
// Combine the mean and standard deviation reducers.  
var reducers = ee.Reducer.mean().combine({  
  reducer2: ee.Reducer.stdDev(),  
  sharedInputs: true  
});
```



Calcular la Media y la Desviación Estándar

38. Calcule la media y la desviación estándar para cada una de las imágenes de las cocientes. Haga clic en enter para pasar a la línea 79 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
//Calculate the mean and standard deviation for each ratio image
var stats1618 = ratio1618VH.reduceRegion({
  reducer: reducers,
  geometry: newroi,
  scale: 10,
});
```

```
var stats1819 = ratio1819VH.reduceRegion({
  reducer: reducers,
  geometry: newroi,
  scale: 10,
});
```



Imprimir la Media y la Desviación Estándar

39. Imprima la media y la desviación estándar.

Haga clic en enter para pasar a la línea 92 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
//Print the mean and stdv for each ratio image  
print('stats:', stats1618, stats1819)
```

40. Haga clic en **Run** en el menú superior.

```
stats: JSON  
▼ Object (2 properties) JSON  
  VH_mean: 0.1960271768160823  
  VH_stdDev: 1.4362477633664084  
▼ Object (2 properties) JSON  
  VH_mean: 0.6458648094428382  
  VH_stdDev: 1.534012534070411
```



Aplicar un Umbral para Crear una Máscara de Pérdida de Vegetación

41. Aplique umbrales en base a valores mayores que la desviación estándar x 1,5.

Haga clic en enter para pasar a la línea 95 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
//Apply Thresholds based on < stdvx1.5 to create a vegetation regrowth mask  
var RATIO_UPPER_THRESHOLD1618 = 2.35;  
var RATIO_UPPER_THRESHOLD1819 = 2.95;  
var ratio1618VH_thresholded = ratio1618VH.gt(RATIO_UPPER_THRESHOLD1618);  
var ratio1819VH_thresholded = ratio1819VH.gt(RATIO_UPPER_THRESHOLD1819);
```

42. Agregue las máscaras a “Layers”.

Haga clic en enter para pasar a la línea 101 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
//Display Masks  
Map.addLayer(ratio1618VH_thresholded.updateMask(ratio1618VH_thresholded),{palette:  
"FF0000"},'Vegetation Loss 16/18',1);  
Map.addLayer(ratio1819VH_thresholded.updateMask(ratio1819VH_thresholded),{palette:  
"FF0000"},'Vegetation Loss 18/19',1);
```

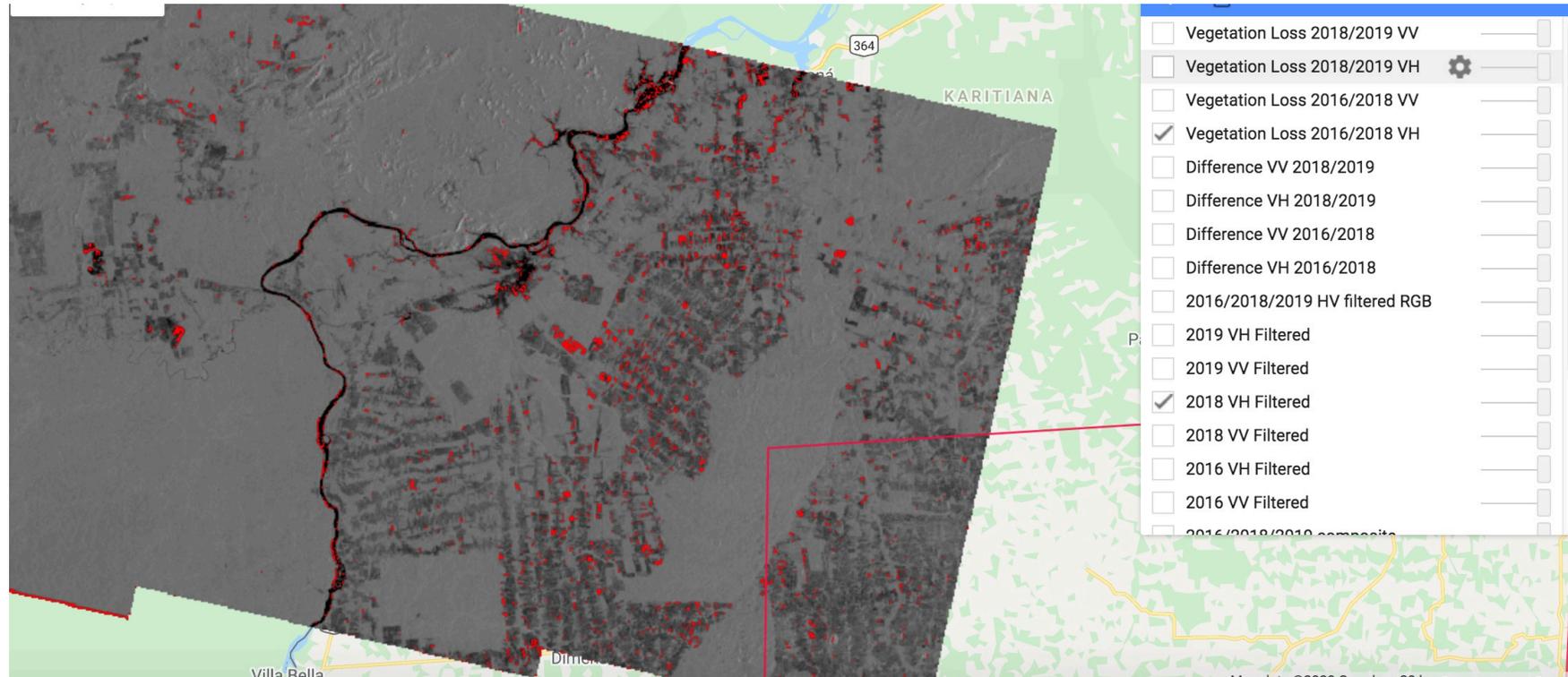
43. Haga clic en **Run** en el menú superior



Superponer la Máscara de Pérdida de Vegetación

44. En su panel **Layers** active las siguientes capas

- Vegetation Loss 16/18 VH
- 2018 VH Filtered
- Alterne entre ambas



Comparar la Pérdida de Vegetación Entre Ambos Periodos

45. Identifique una nueva región de interés seleccionando el simbolo de “draw a shape” en la izquierda superior (dentro de lo que comprenden las imágenes que ya se han creado) donde quiera realizar sus estadísticas de cambios y llámela **stats_area**.

46. Calcule el número de píxeles enmascarados como pérdida de vegetación en cada una de las imágenes.

Haga clic en enter para pasar a la línea 105 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
//Compare differences in vegetation loss between 16/18 and 18/19
var area_loss1618 = ratio1618VH_thresholded.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: stats_area,
  scale: 10,
});
```

```
var area_loss1819 = ratio1819VH_thresholded.reduceRegion({
  reducer: ee.Reducer.sum(),
  geometry: stats_area,
  scale: 10,
});
```



Calcular la Pérdida de Vegetación Entre los dos Periodos

47. Imprima la cuenta para cada máscara.

Haga clic o enter para pasar a la línea 118 en el editor de código y agregue el código a continuación:

```
//Print the mean and stdv for each ratio image  
print('stats:', area_loss1618, area_loss1819);
```

```
stats:  
▼ Object (1 property)  
  VH: 704417.0039215685  
▼ Object (1 property)  
  VH: 581006.9411764706
```

48. Haga clic en **Run** en el menú superior.

49. Cada píxel es de 10 metros (o sea $10\text{ m} \times 10\text{ m} = 100\text{ metros cuadrados}$ o $0,01\text{ ha}$)

704417 pixels x 0.01 = 7044 ha in 2016/2018

581006 pixels x 0.01 = 5810 ha in 2018/2019



Descargar los Resultados a GeoTIFF

50. Descargue la mascara de Perdida de vegetacion como GeoTIFF a su Google Drive Haga clic o enter para pasar a la línea 120 en el editor de código y agregue el código a continuación:
:

```
// Export the image, specifying scale and region.  
Export.image.toDrive({  
  image: ratio1819VH_thresholded,  
  description: '2018_2019_mask',  
  scale: 10,  
  region: newroi,  
  fileFormat: 'GeoTIFF',  
});
```

51. Haga clic en **Run** en el menú superior.



Guardar el Código del Cambio Forestal

50. En el panel superior, haga clic en **Save** y guarde su código como: **SAR_Landcover_Part1** en su directorio.

SAR_Landcover_Part1

Get Link

Save

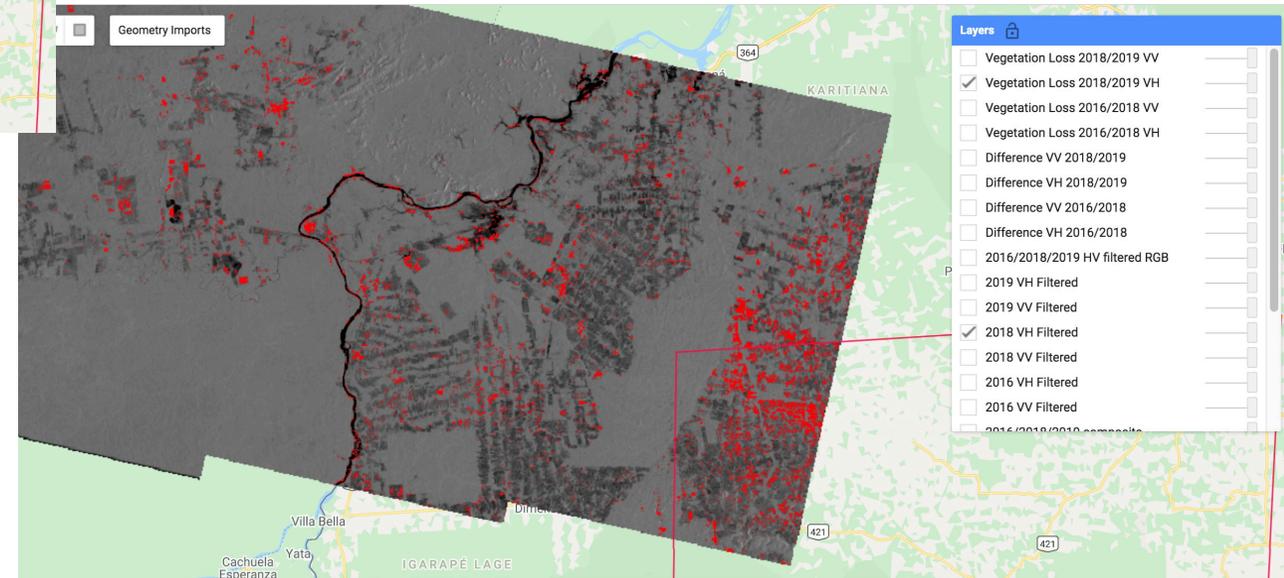
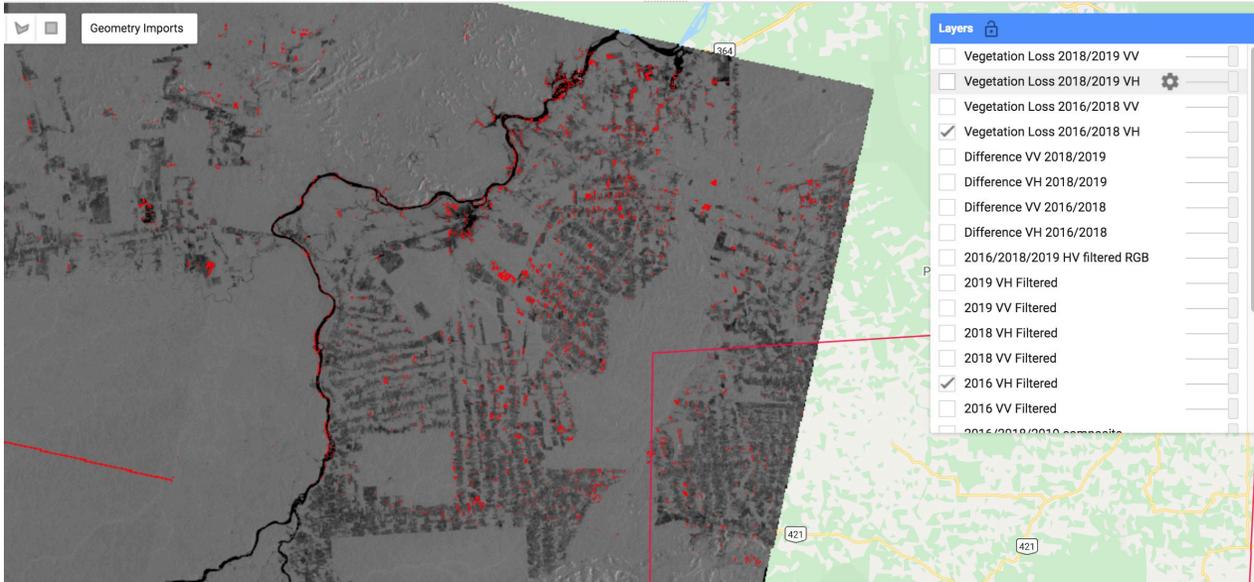


Código del Análisis Multi-Temporal en Google Earth Engine

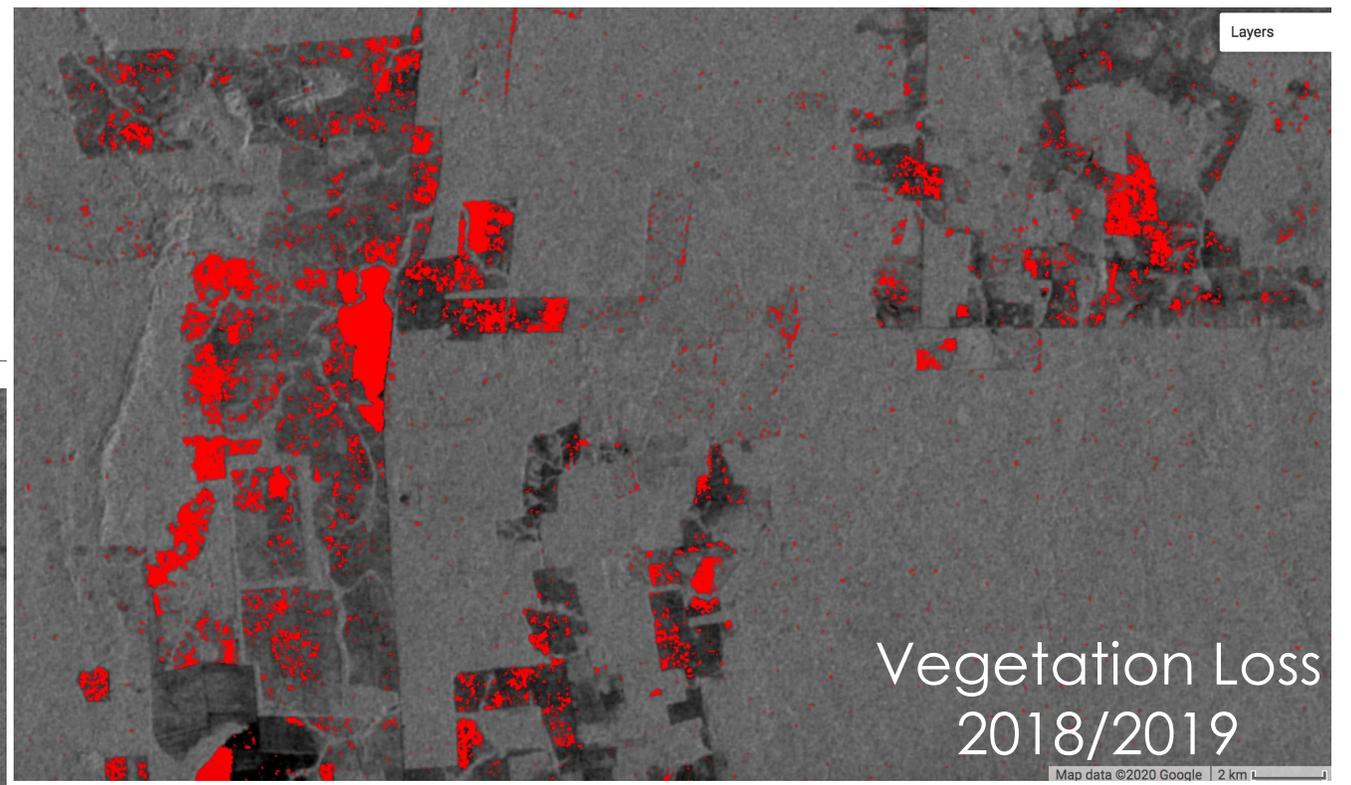
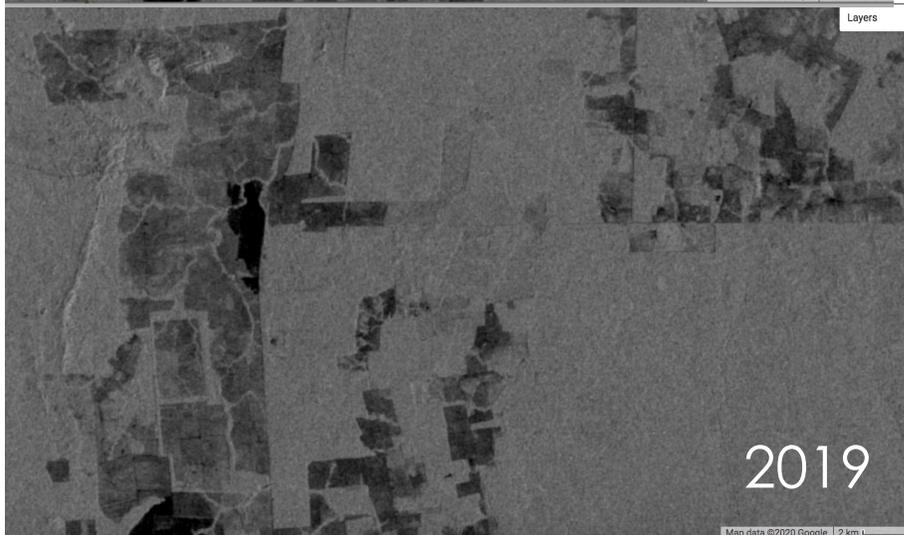
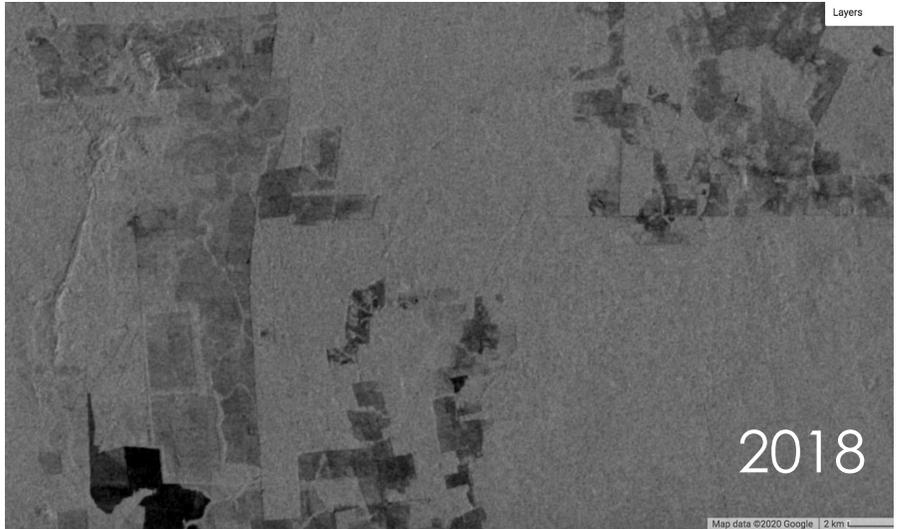
https://code.earthengine.google.com/cfa42183bac06bdac5a16ed8a05233a5?accept_repo=users%2Fwolterpt%2FSAR_TimeSeries_PTW



Las Capas “Vegetation Loss 2016/2018” y 2018/2019



Vegetation Loss 2018/2019 (Pérdida de Vegetación)



Resumen del Ejercicio

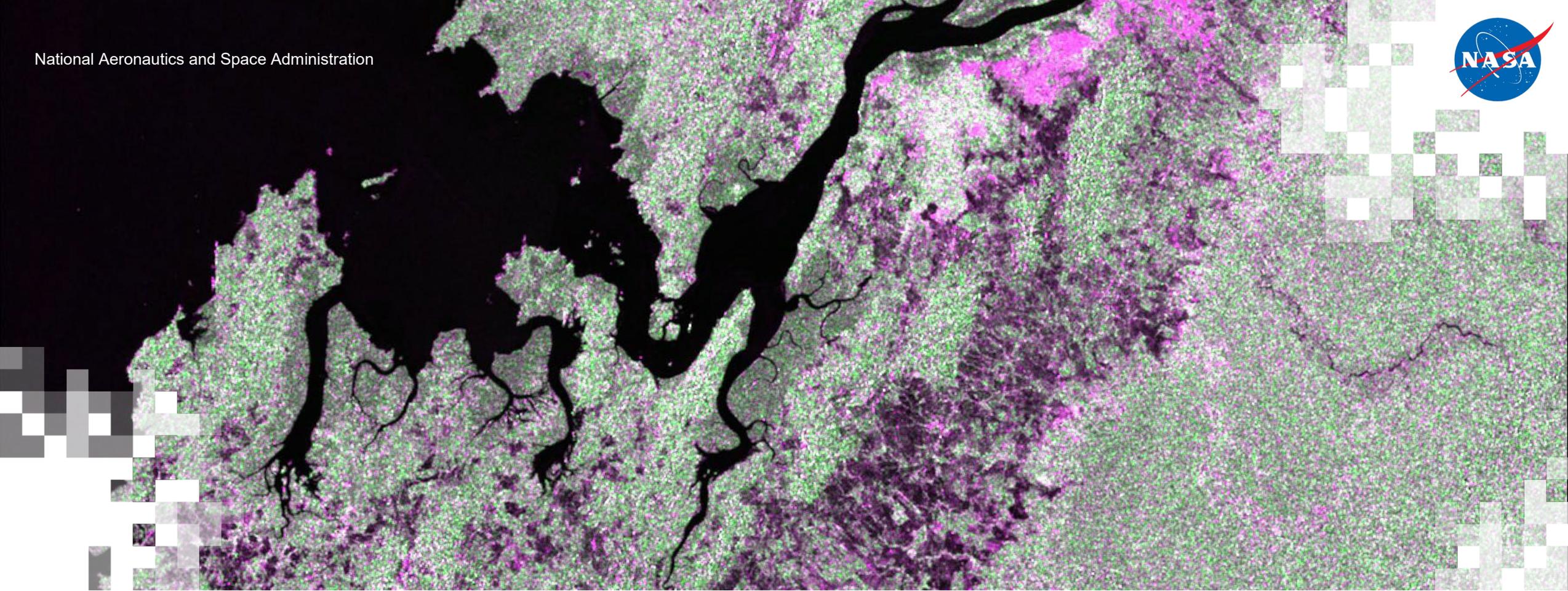
- En esta demostración identificamos imágenes de Sentinel-1 de tres diferentes años y creamos imágenes de cocientes entre 2016/2018 y 2018/2019. Después aplicamos un umbral para crear una máscara de las áreas donde hubo pérdida de vegetación.
- Las imágenes de las cocientes indican que las áreas donde la cociente es alta son áreas donde ha habido pérdida de vegetación. Se eligió un umbral para píxeles excediendo la desviación estándar multiplicada por 1,5.
- Se realizó una comparación estadística de la pérdida de vegetación entre 2016/2018 y 2018/2019.



Contactos

- Contactos de ARSET
 - Erika Podest: Erika.Podest@jpl.nasa.gov
 - Amber McCullum: AmberJean.Mccullum@nasa.gov
 - Juan Torres Pérez: juan.l.torresperez@nasa.gov
- Preguntas Generales sobre ARSET
 - Ana Prados: aprados@umbc.edu
- Página Web de ARSET:
 - <http://arset.gsfc.nasa.gov>





Siguiente Sesión: Clasificación de la Cobertura Terrestre

14 de mayo de 2020

Preguntas

- Por favor escriban sus preguntas en la casilla para preguntas y respuestas (Q&A)
- Publicaremos las preguntas y respuestas en la página web de la capacitación después termine el curso





¡Gracias!

