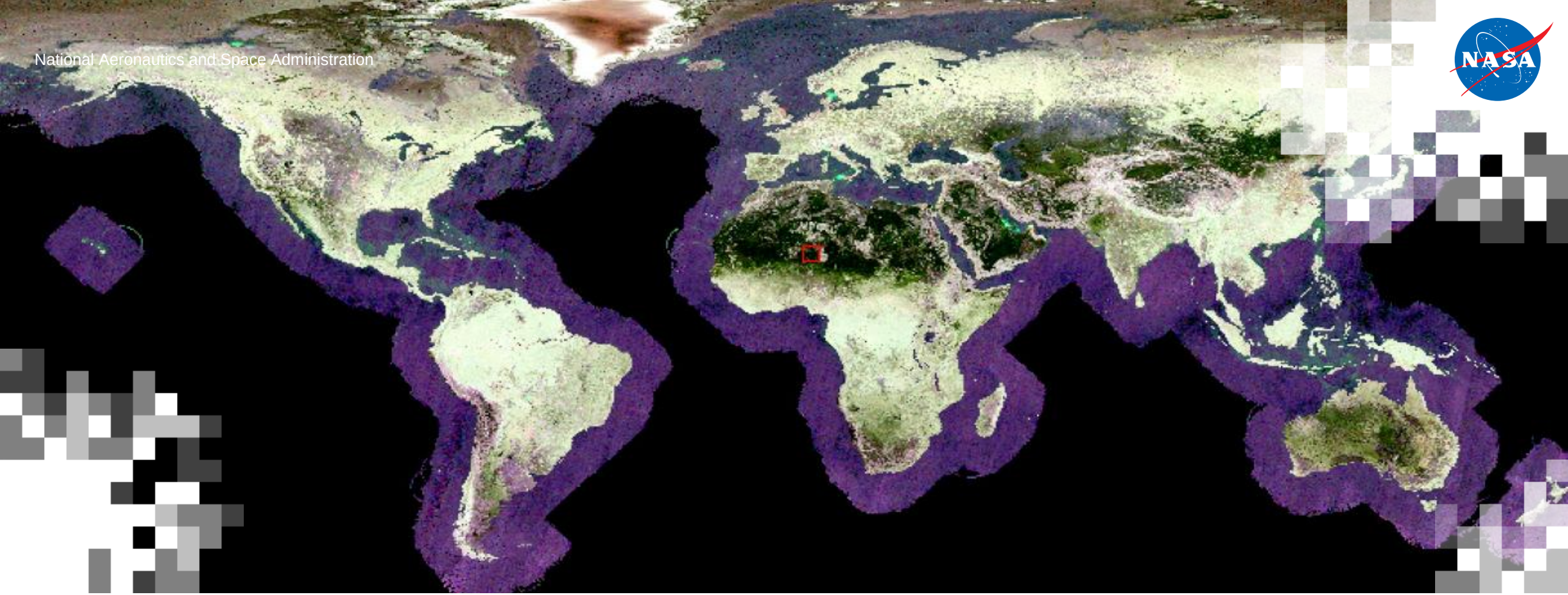


SAR para el Mapeo de Inundaciones Utilizando Google Earth Engine

Erika Podest, Ph.D., Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology

Sean McCartney, NASA Goddard Space Flight Center

28 de agosto de 2019

Objetivos de Aprendizaje

Al finalizar esta presentación los participantes podrán entender:

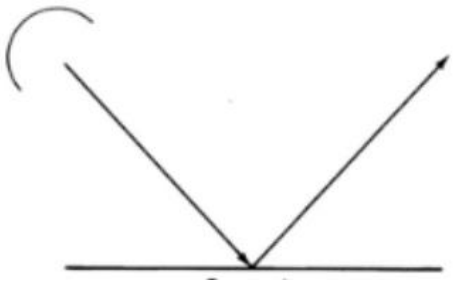
- el contenido informático en las imágenes SAR relevante a las inundaciones
- cómo generar un mapa de inundación usando Google Earth Engine

Inundación Definida desde Una Perspectiva de Radar

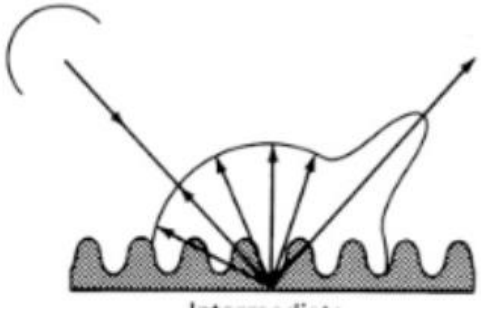
La presencia temporal o permanente de una superficie acuática:

- bajo un dosel de vegetación (vegetación establecida alta o baja)
- agua sin vegetación (conocida como agua abierta)

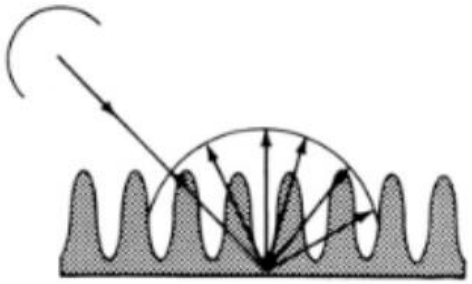
Dispersión de la Señal de SAR sobre Áreas Inundadas



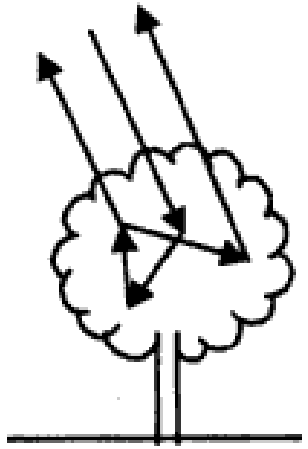
Superficie Lisa



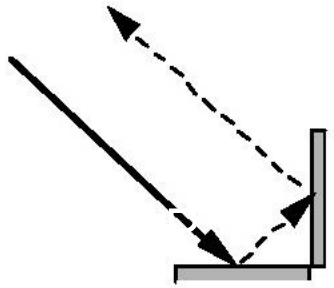
Superficie Áspera



Superficie Más Áspera (Rugosa)



Dispersión por Volumen

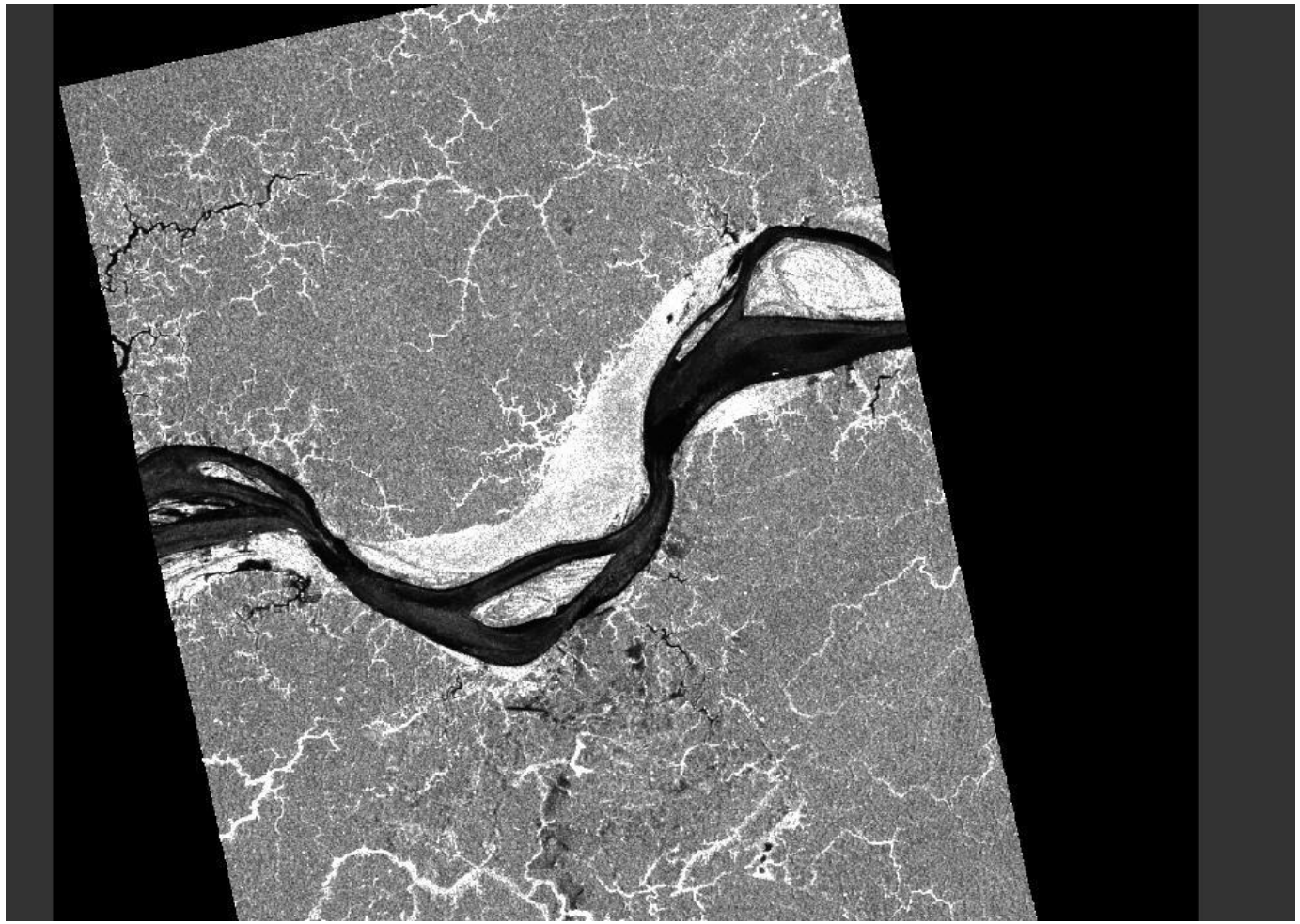


Doble Rebote

Fuente de la Imagen: superior: Ulaby et al. (1981a)

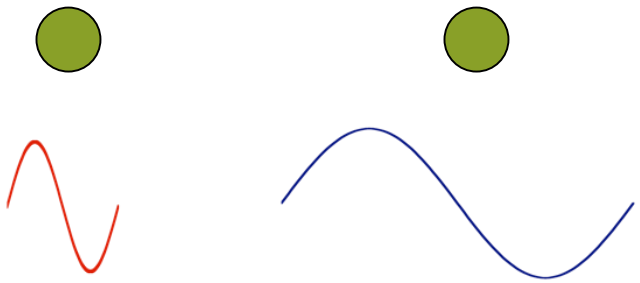
Ejemplo de la Dispersión de la Señal de SAR sobre Regiones Inundadas

Imagen Palsar (L-band) cerca de Manaos, Brasil

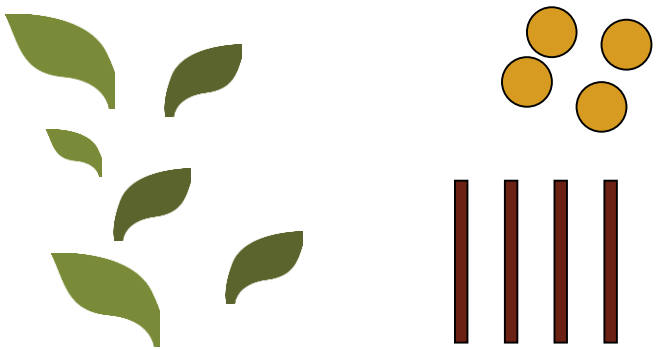


Caracteristicas de la Superficie Relacionados a Estructura

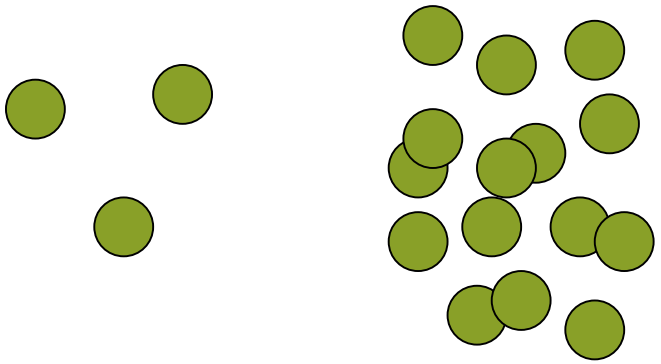
Tamaño Relativo a la Longitud de Onda



Orientación

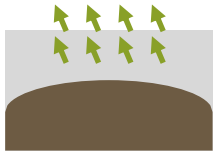
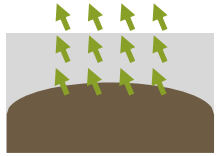
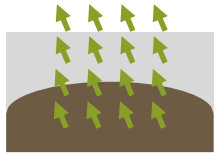


Densidad



La Relación entre la Longitud de Onda y la Señal de Radar Sobre Vegetación Inundada

- 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

Vegetación			
Aluvión Seco			
	Banda-X 3 cm	Banda-C 5 cm	Banda-L 23 cm

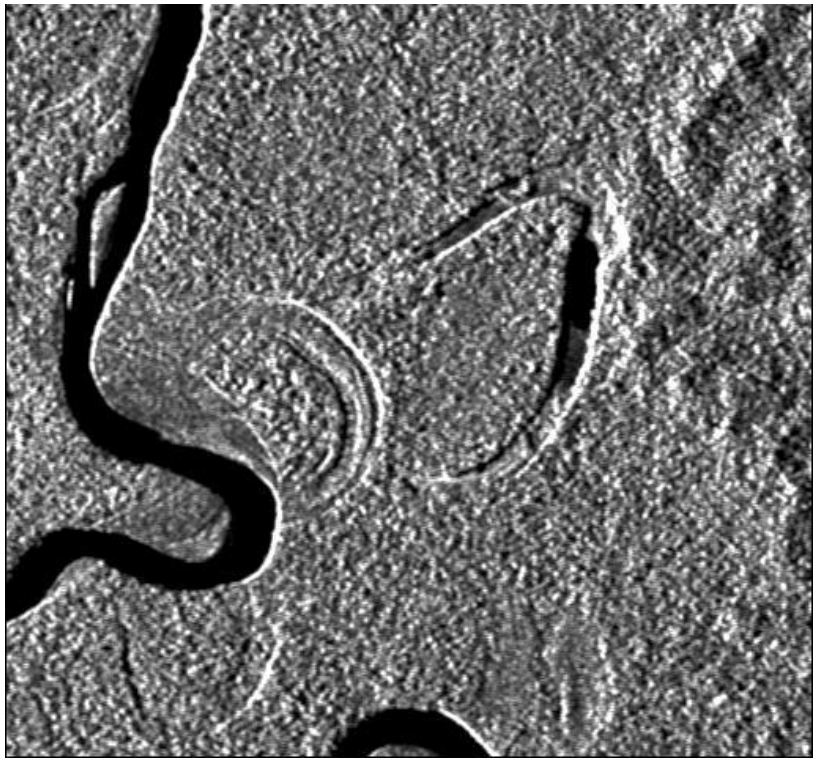
Designación de Bandas*	Longitud de onda (λ), cm	Frecuencia (v), GH_z (10^9 ciclos·seg^{-1})
Ka (0.86 cm)	0.8 – 1.1	40.0 – 26.5
K	1.1 – 1.7	26.5 – 18.0
Ku	1.7 – 2.4	18.0 – 12.5
X (3.0 cm, 3.2 cm)	2.4 – 3.8	12.5 – 8.0
C (6.0)	3.8 – 7.5	8.0 – 4.0
S	7.5 – 15.0	4.0 – 2.0
L (23.5 cm, 25 cm)	15.0 – 30.0	2.0 – 1.0
P (68 cm)	30.0 – 100.0	1.0 – 0.3

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

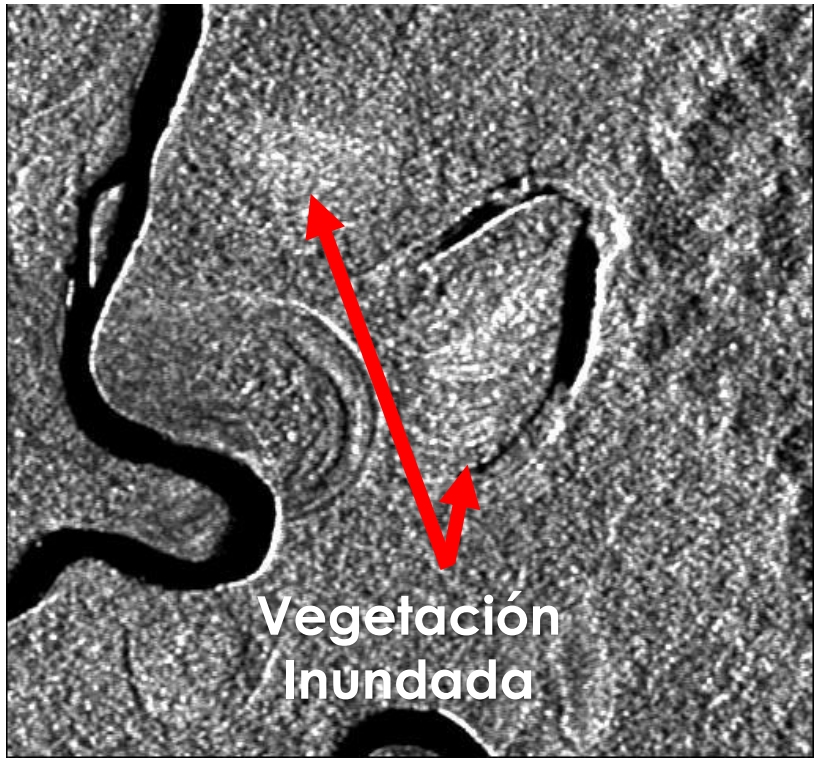
Ejemplo: Penetración de la Señal de Radar en Vegetación Inundada

Datos AIRSAR de múltiples frecuencias sobre el Parque Nacional del Manu, Perú

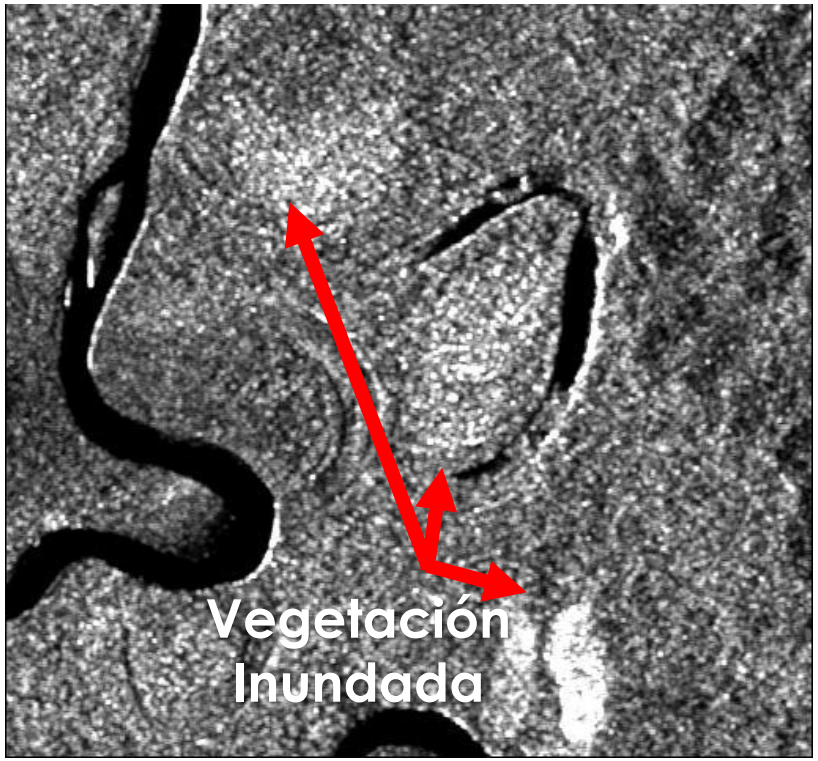
Banda-C



Banda-L

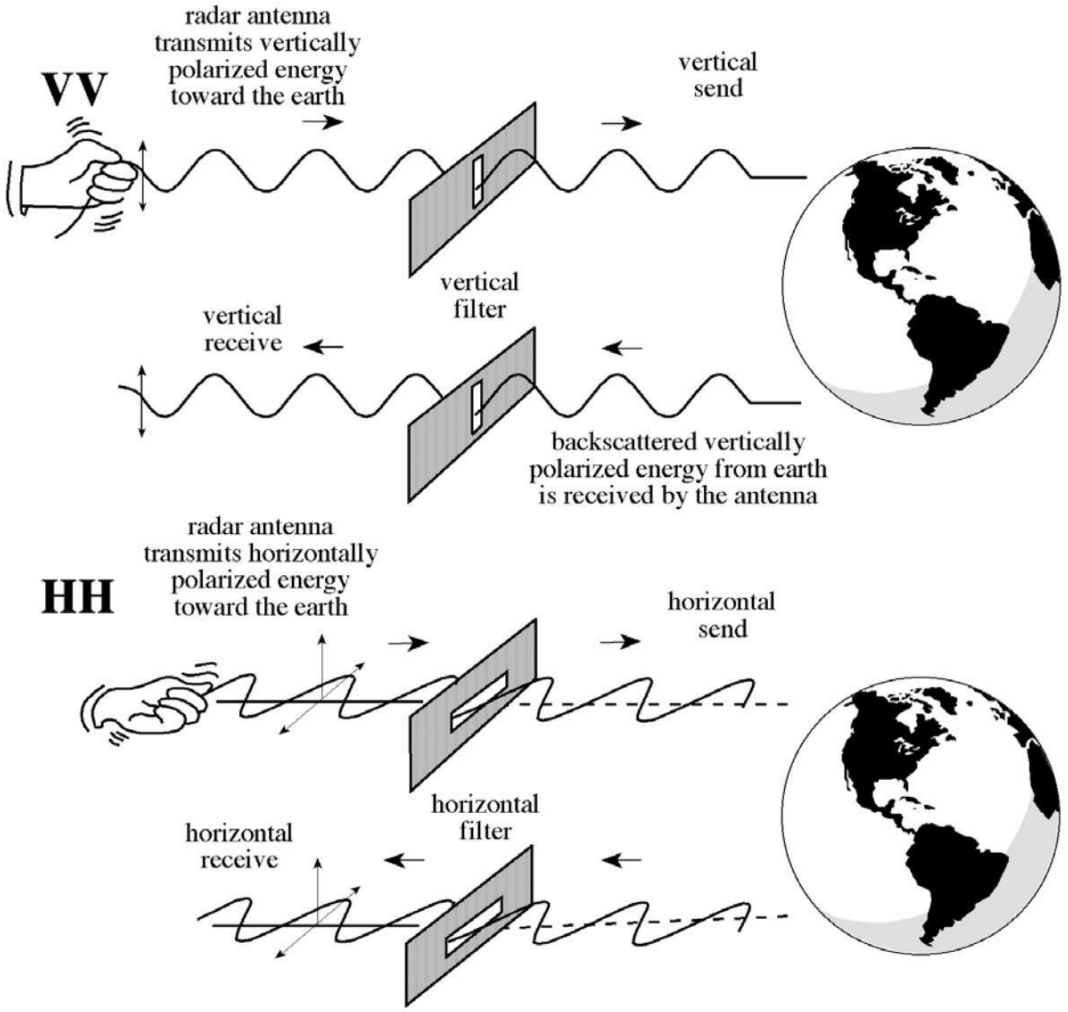


Banda-P



Polarización

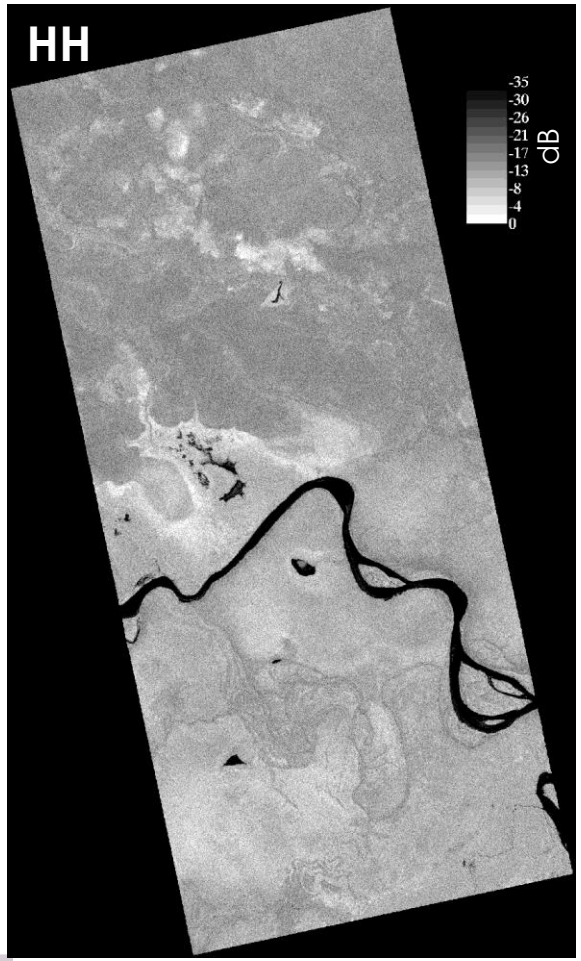
- La señal de radar es polarizada
- Las polarizaciones normalmente se controlan entre H y V:
  - HH: Transmitida Horizontalmente, Recibida Horizontalmente
  - HV: Transmitida Horizontalmente, Recibida Verticalmente
  - VH: Transmitida Verticalmente, Recibida Horizontalmente
  - VV: Transmitida Verticalmente,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

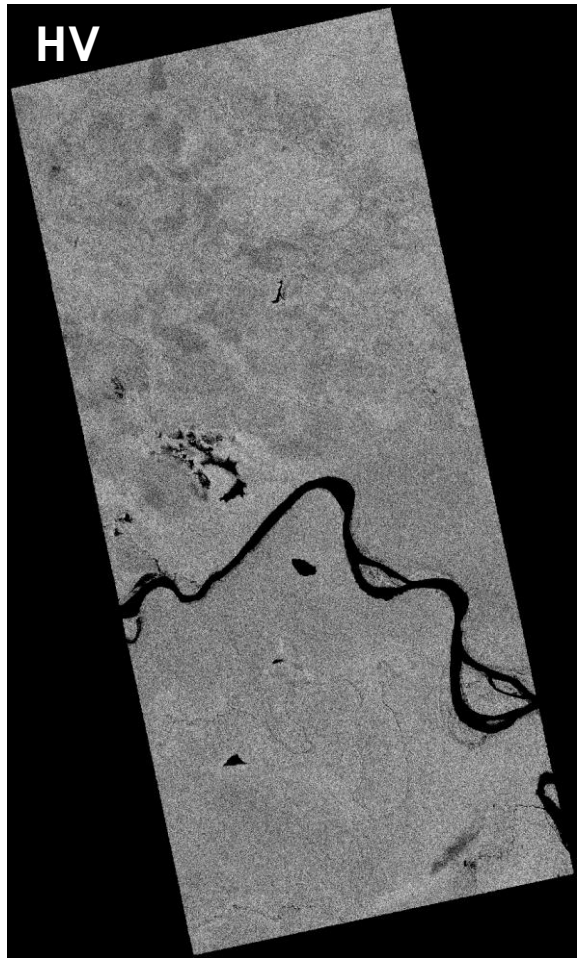


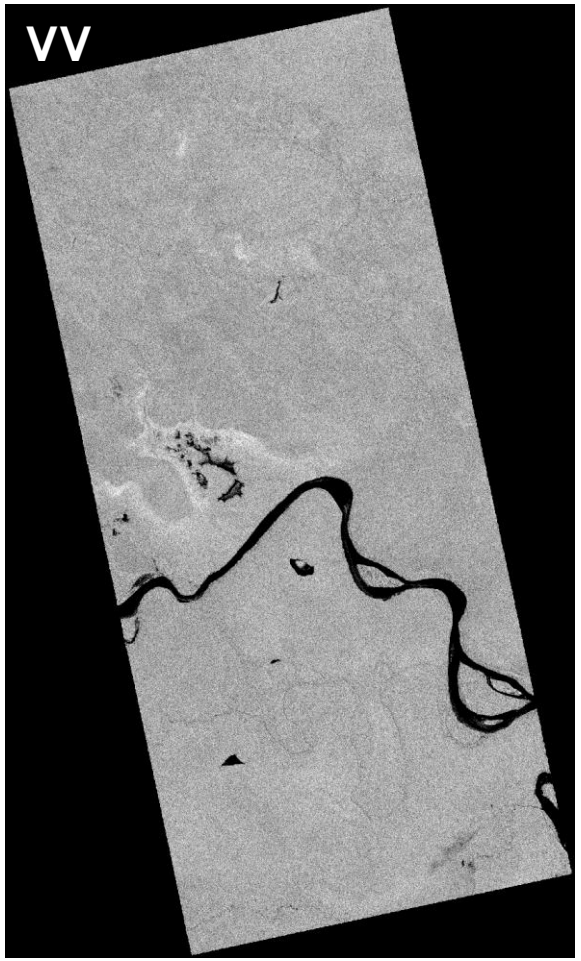
Fuente de la Imagen: J.R. Jensen, 2000, Remote Sensing of the Environment

Ejemplo de Múltiples Polarizaciones en la Detección de Vegetación Inundada

Imágenes de Palsar (L-band) sobre Pacaya-Samiria en el Perú

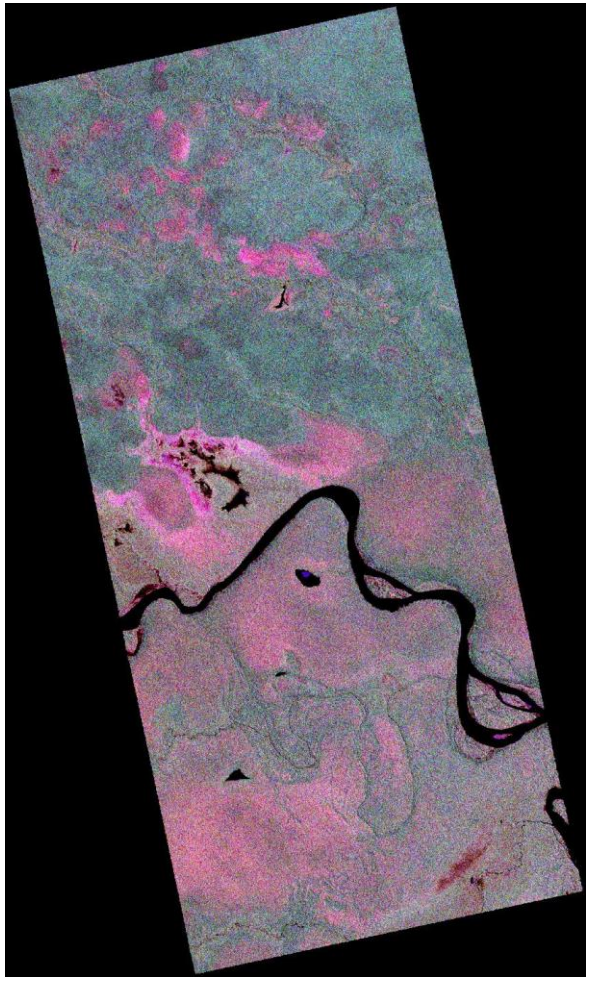






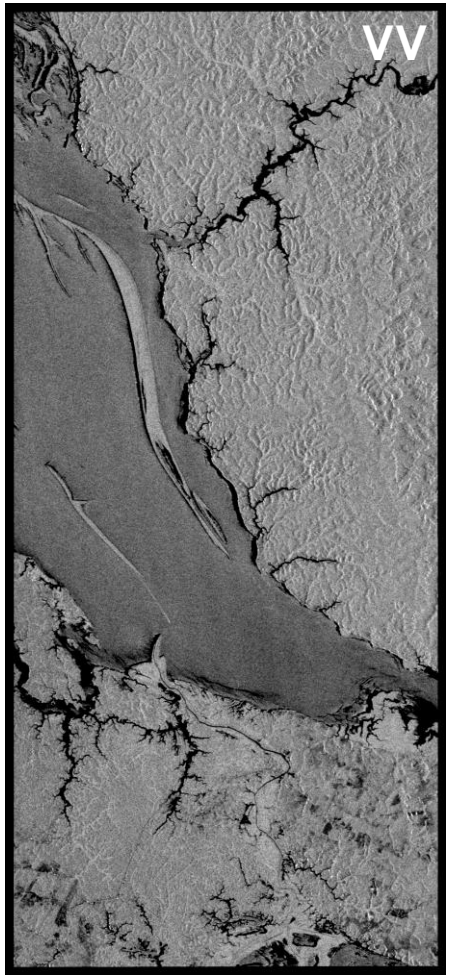
Polarizaciones Múltiples para la Detección de Vegetación Inundada

Imágenes de Palsar (Band-L) sobre Pacaya-Samiria en el Perú (HH-HV-VV)



Polarizaciones Múltiples para la Detección de Agua Abierta

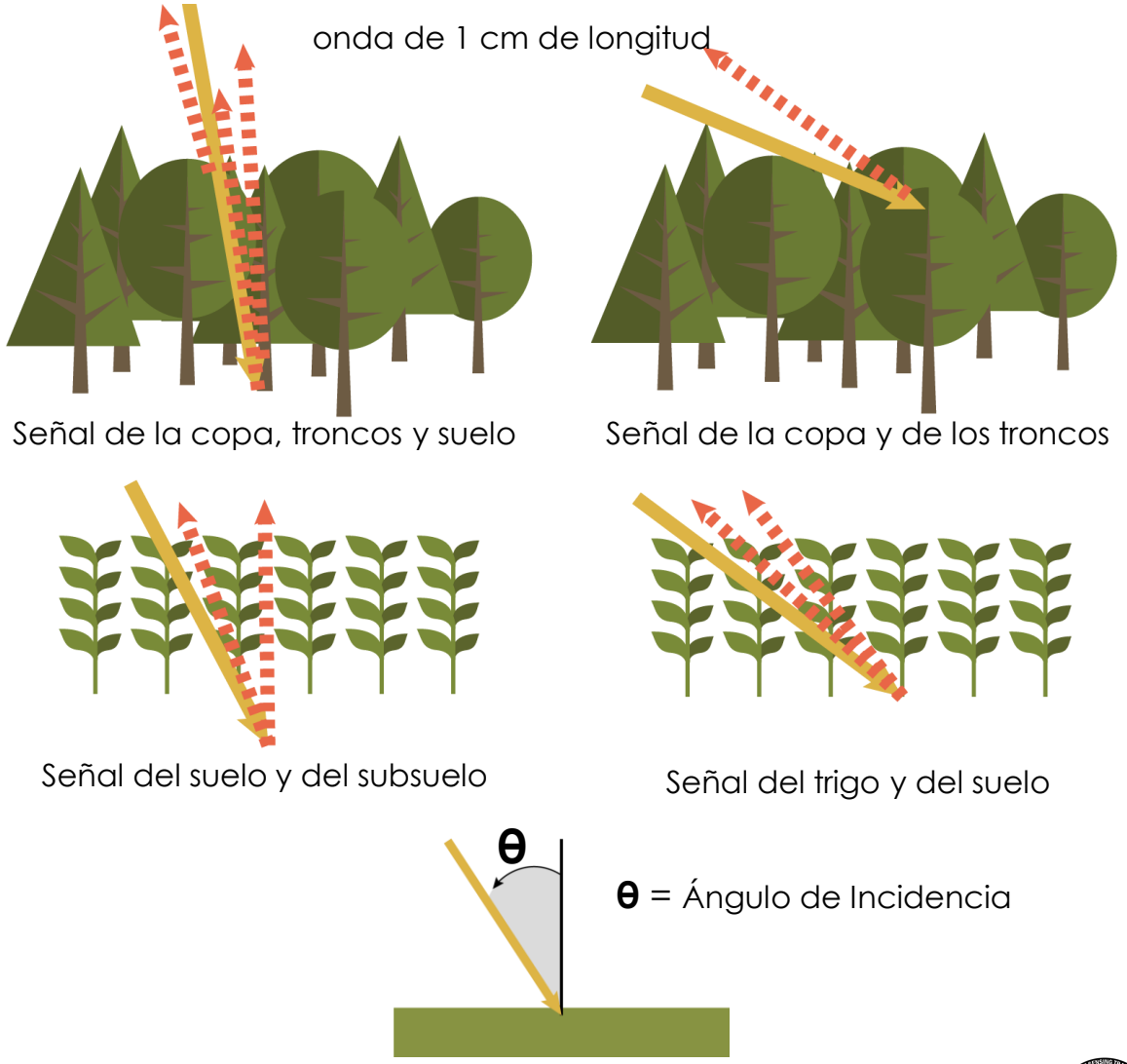
Imágenes Palsar (Banda-L) cerca de Manaos, Brasil



Ángulo de Incidencia

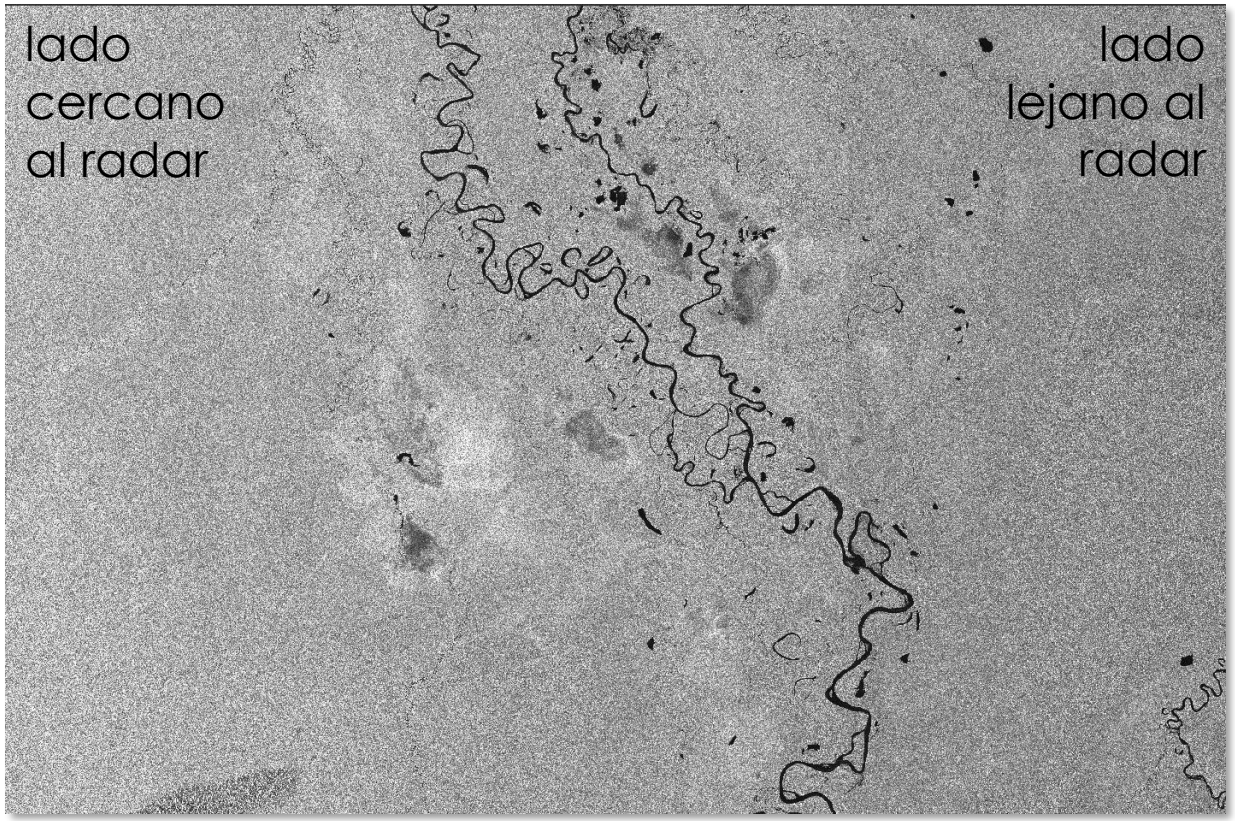
Ángulo de Incidencia Local:

- 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

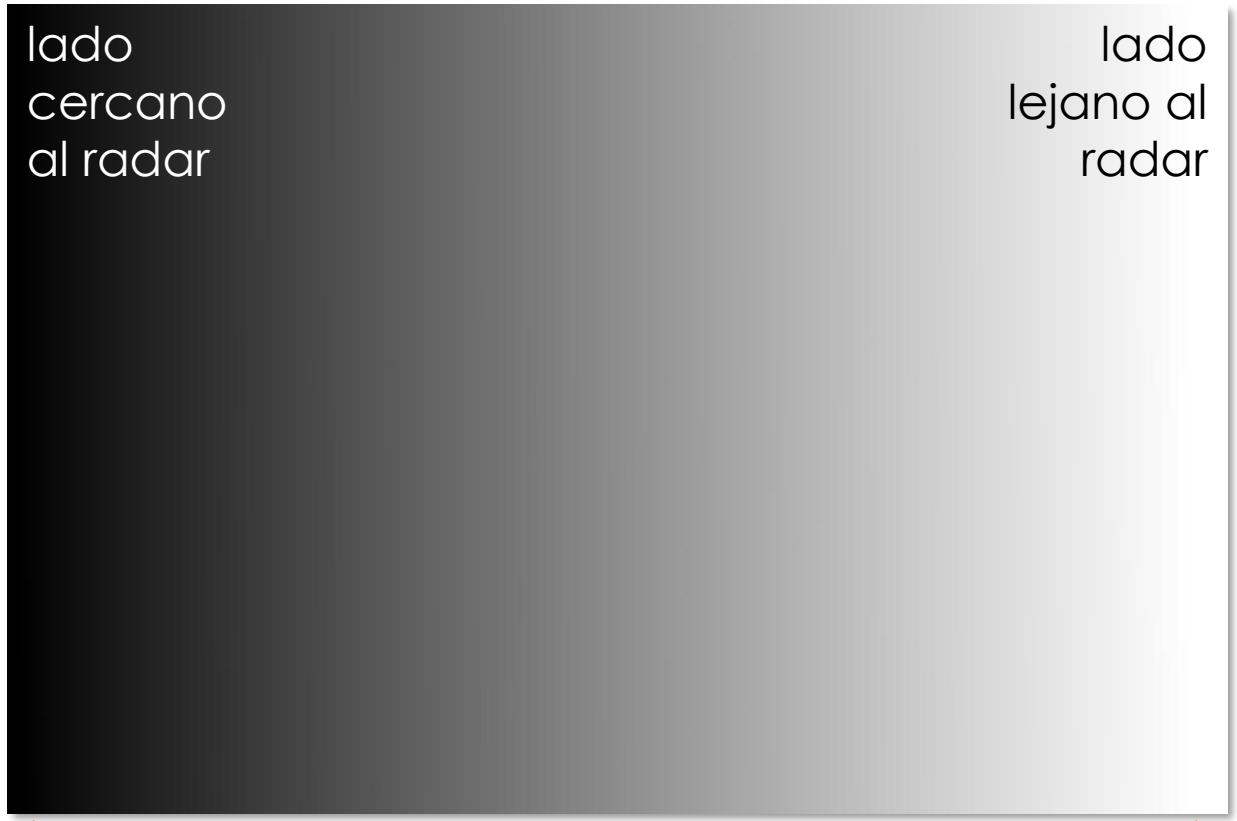


Imágenes basadas en: superior: Ulaby et al. (1981a), inferior: ESA

El Efecto de la Variación del Ángulo de Incidencia



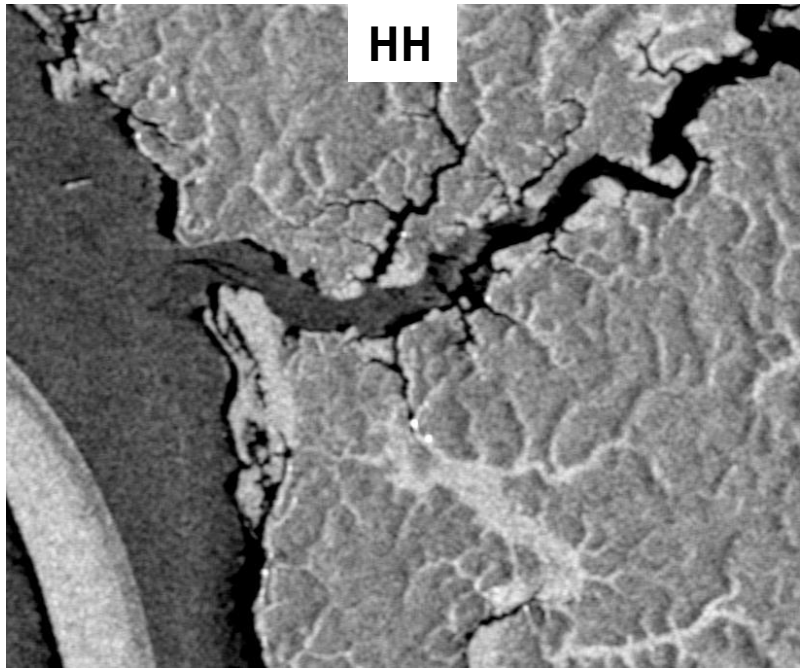
Sentinel-1

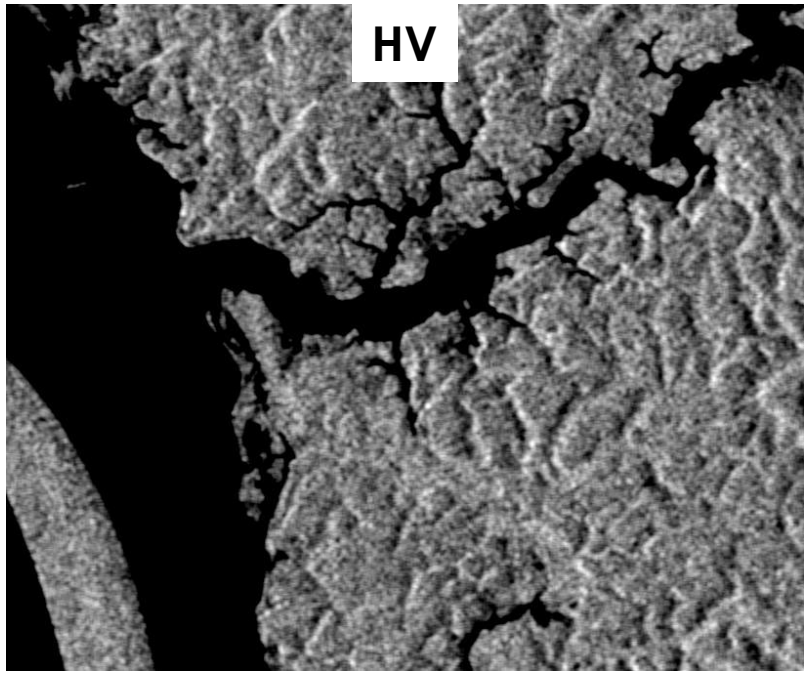


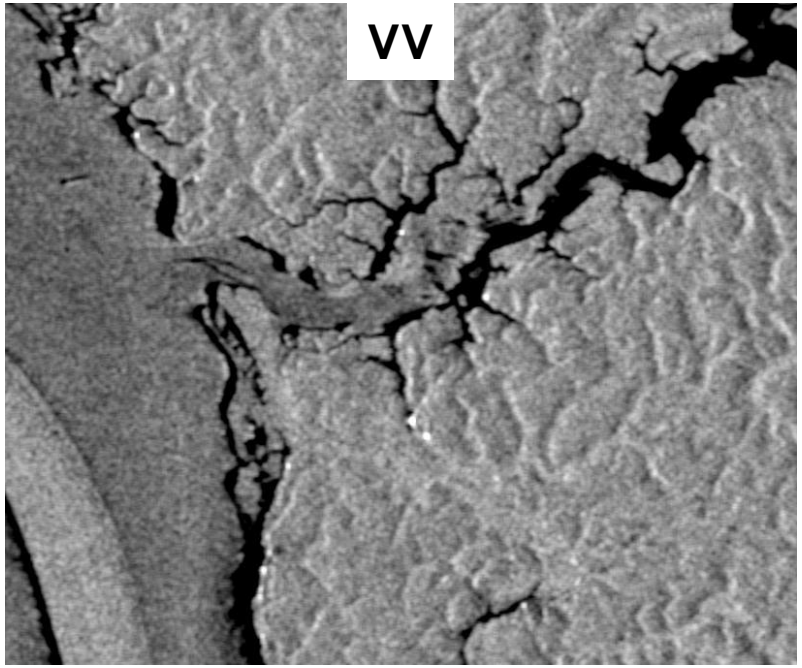
30 Ángulo de Incidencia (grados) 45

Fuente de Confusión: El Viento

Imágenes de Palsar (Banda-L) cerca de Manaos, Brasil

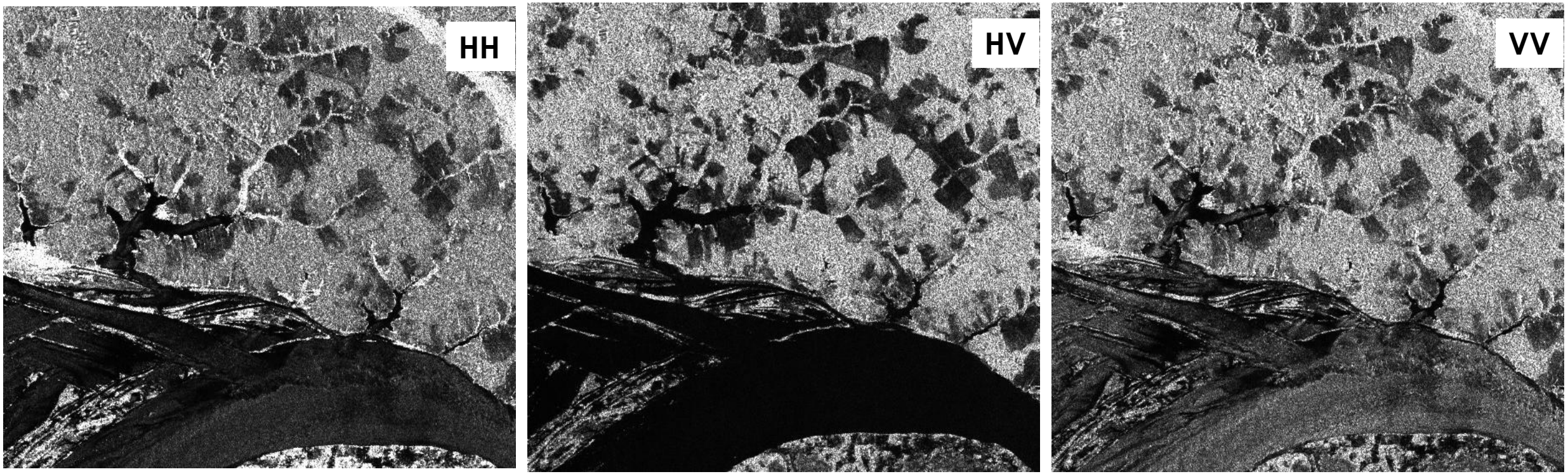






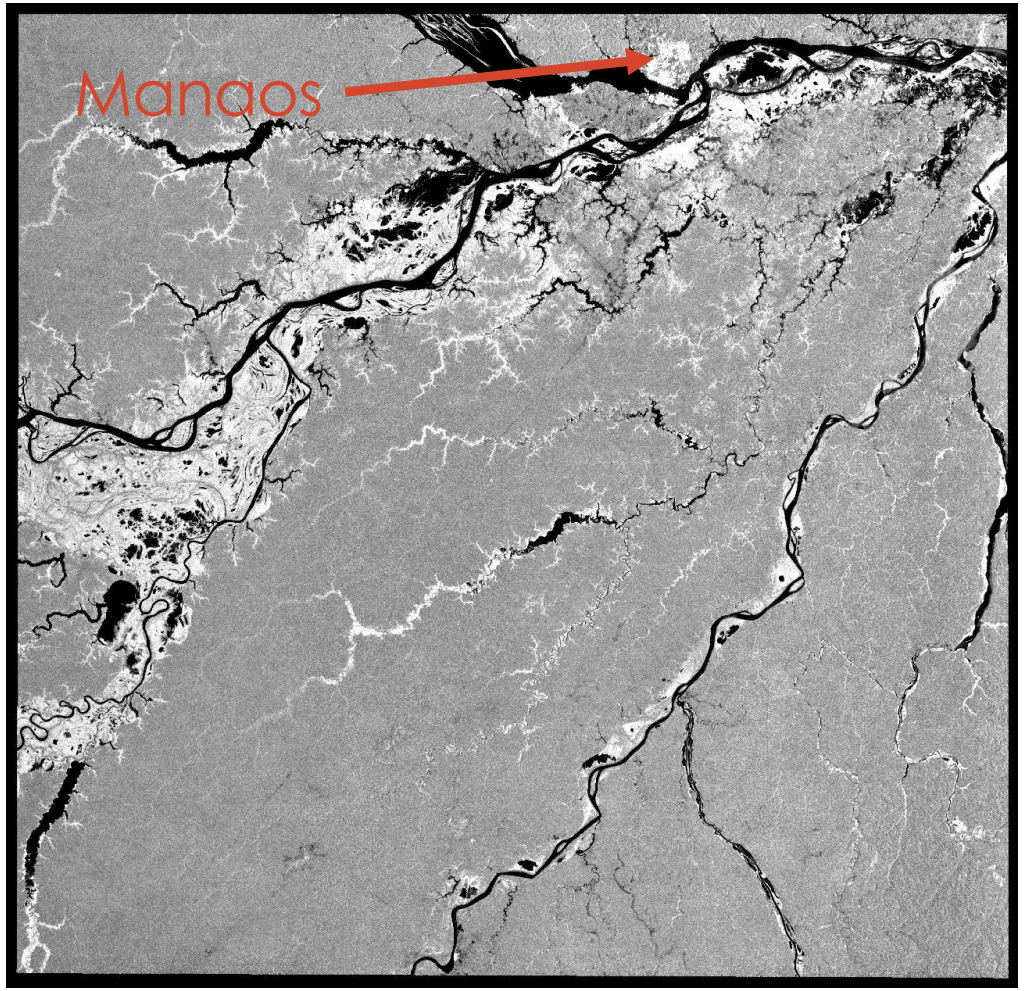
Fuente de Confusión: Agua Abierta y Vegetación Baja

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

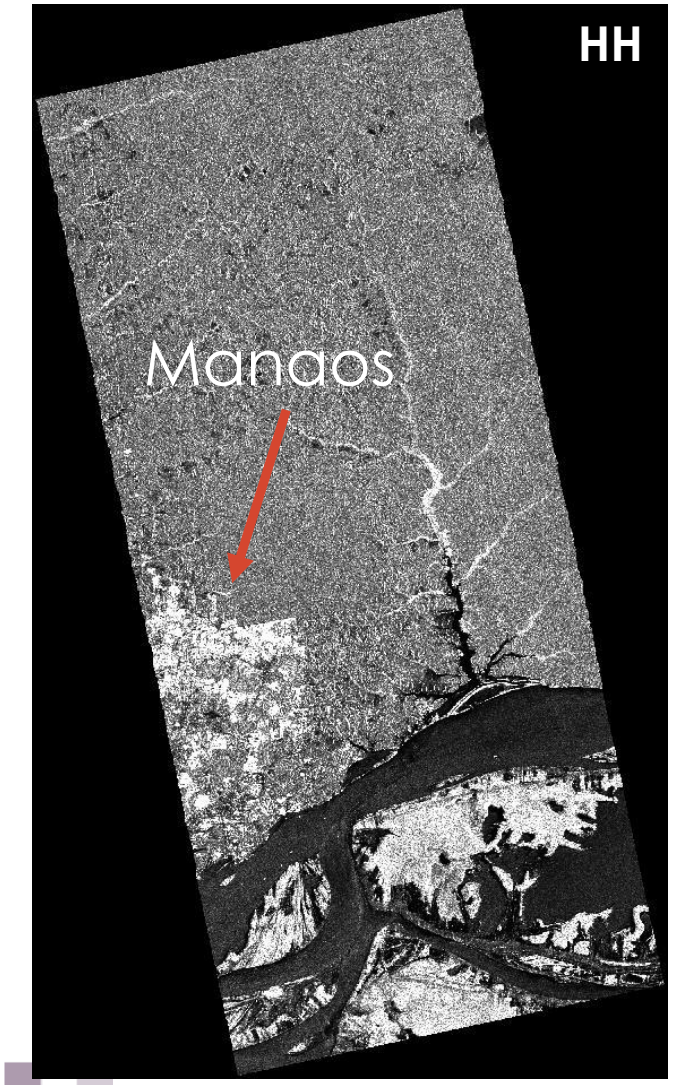


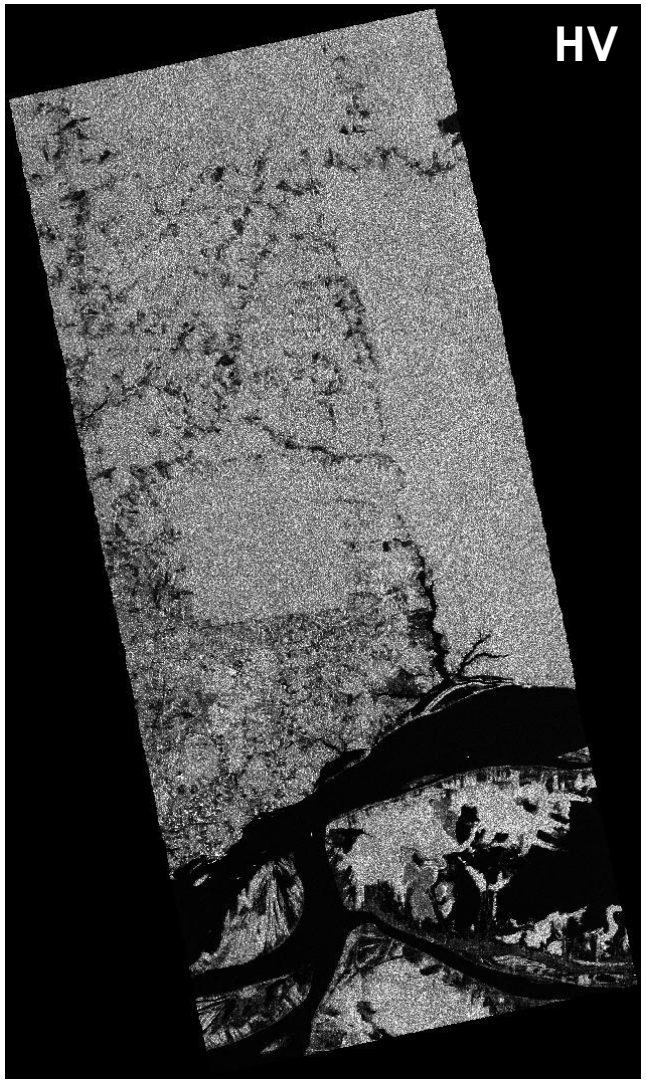
Las Áreas Urbanas como Fuente de Confusión

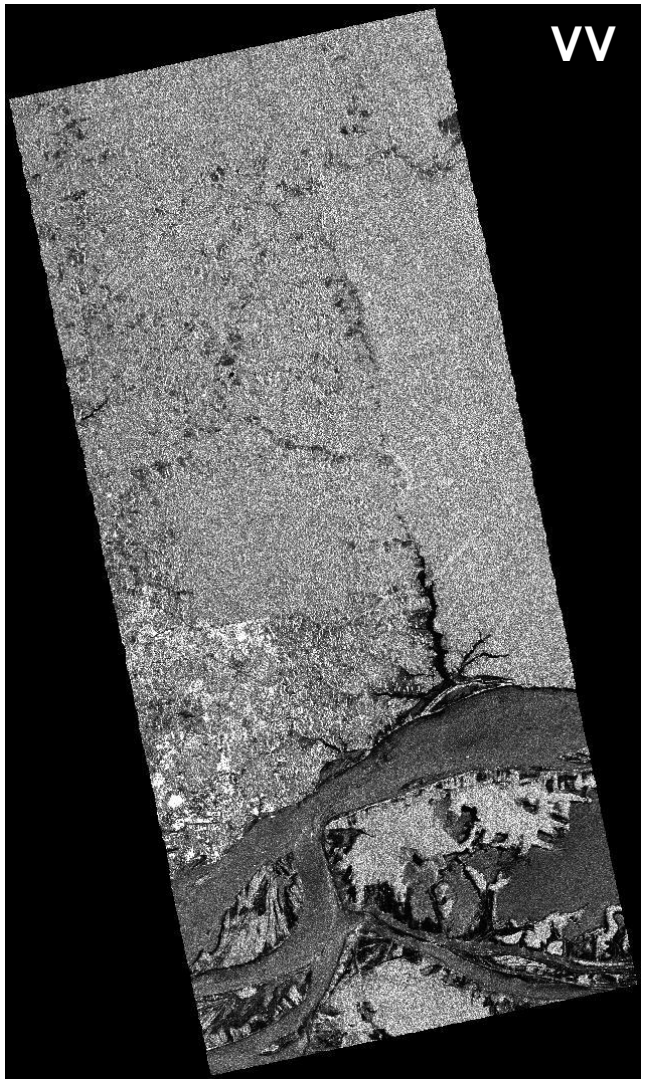
Imagen HH de Palsar (L-band) de Manaos, Brasil y sus alrededores



Las Áreas Urbanas con Diferentes Polarizaciones





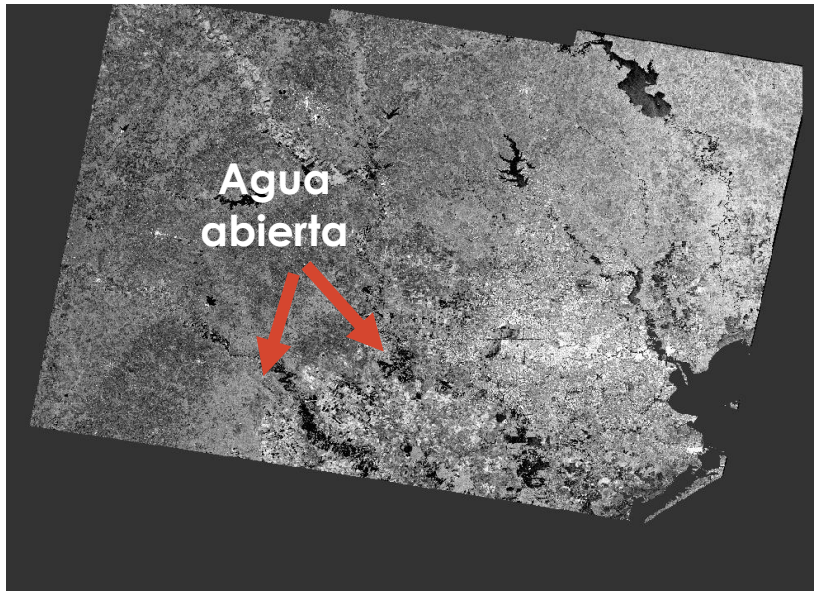


El Huracán Harvey en Houston, Texas – Agosto de 2017

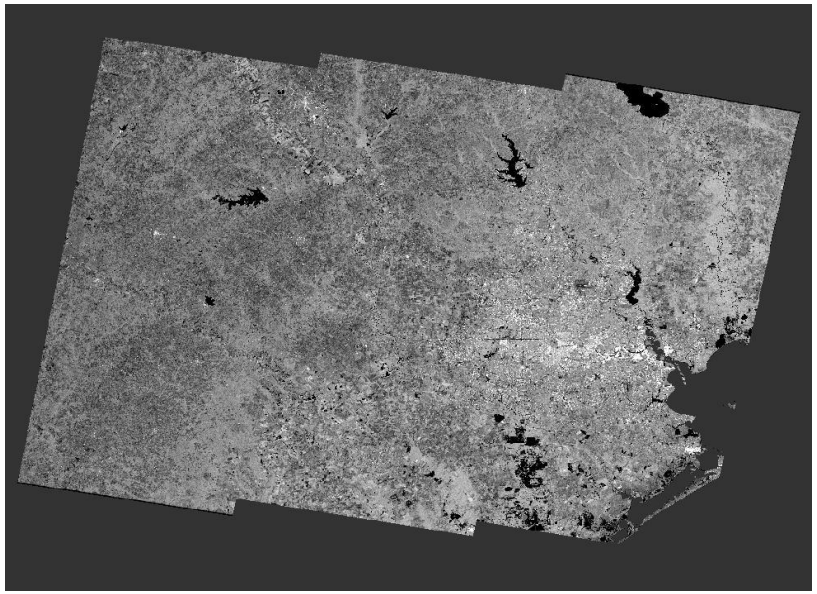
Imágenes de Sentinel-1 (VV)

18 de Ago. 2017
(Antes del Evento)

30 de Ago. 2017
(Durante el Evento)

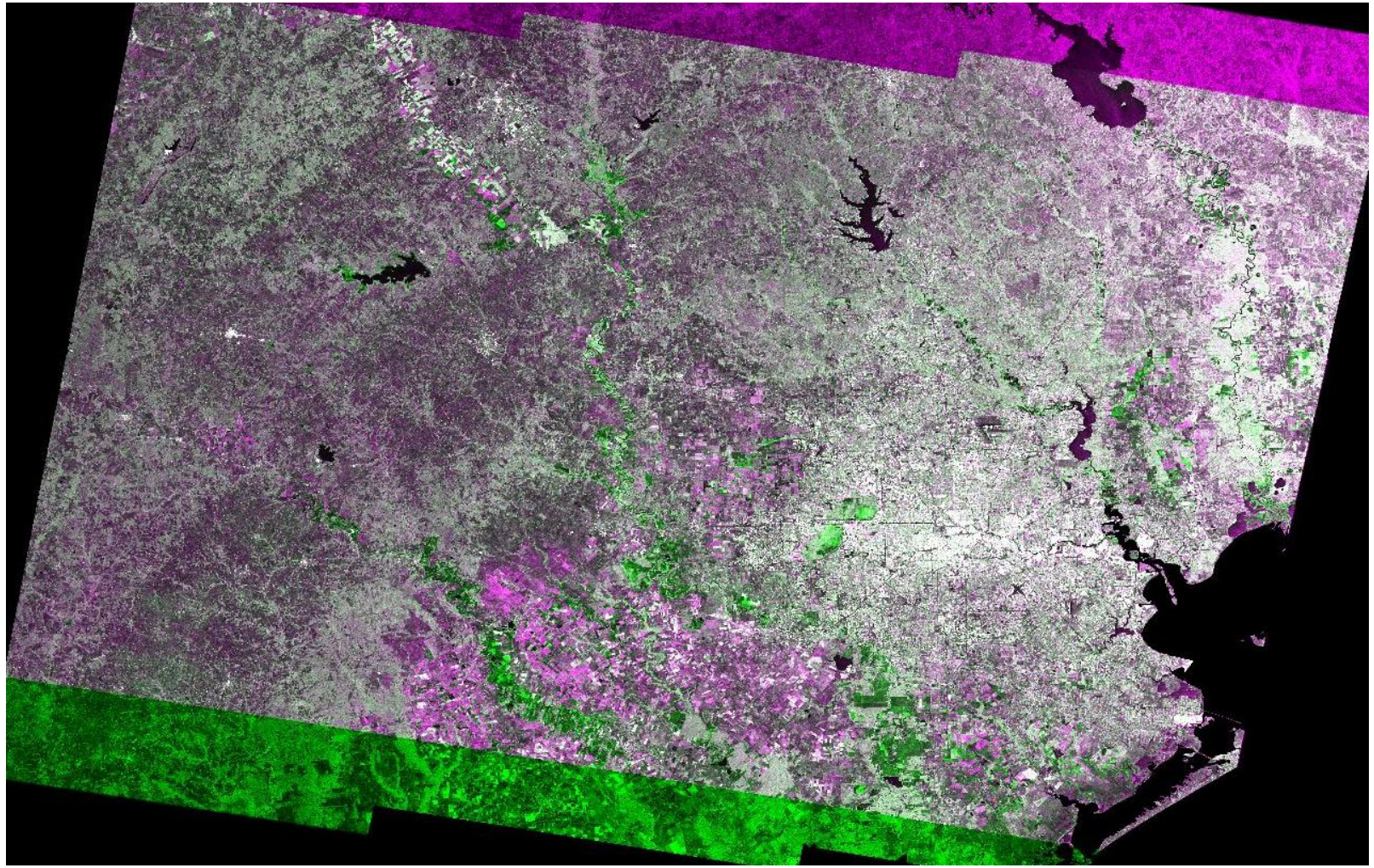


5 de Sept. de 2017
(Después del Evento)



El Huracán Harvey en Houston, Texas – Antes y Durante el Evento

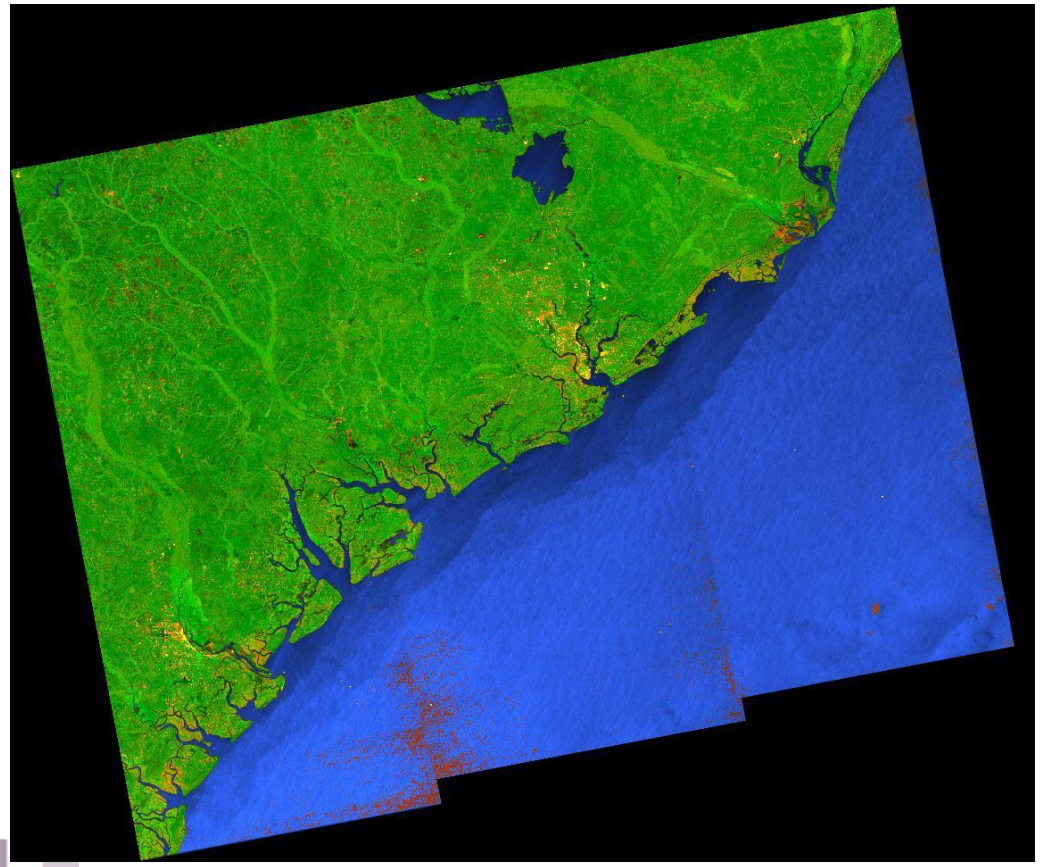
Imágenes del Radar Sentinel-1, RGB: 30 Ago. (R), 18 Ago. 18 (G), 30 Ago. (B)



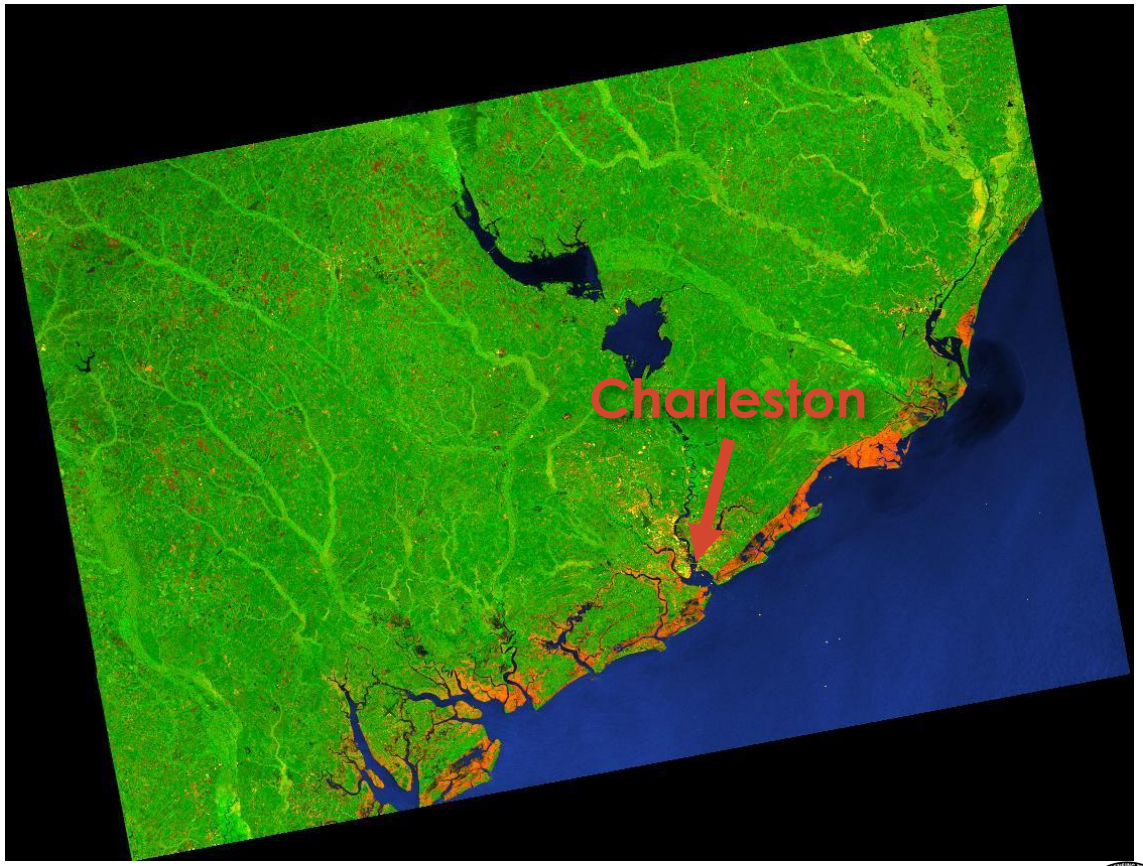
El Huracán Matthew en la Costa Este de EE.UU. – Inundación Costera

Imágenes del Radar Sentinel-1

4 oct. 2016
(Antes del Evento)



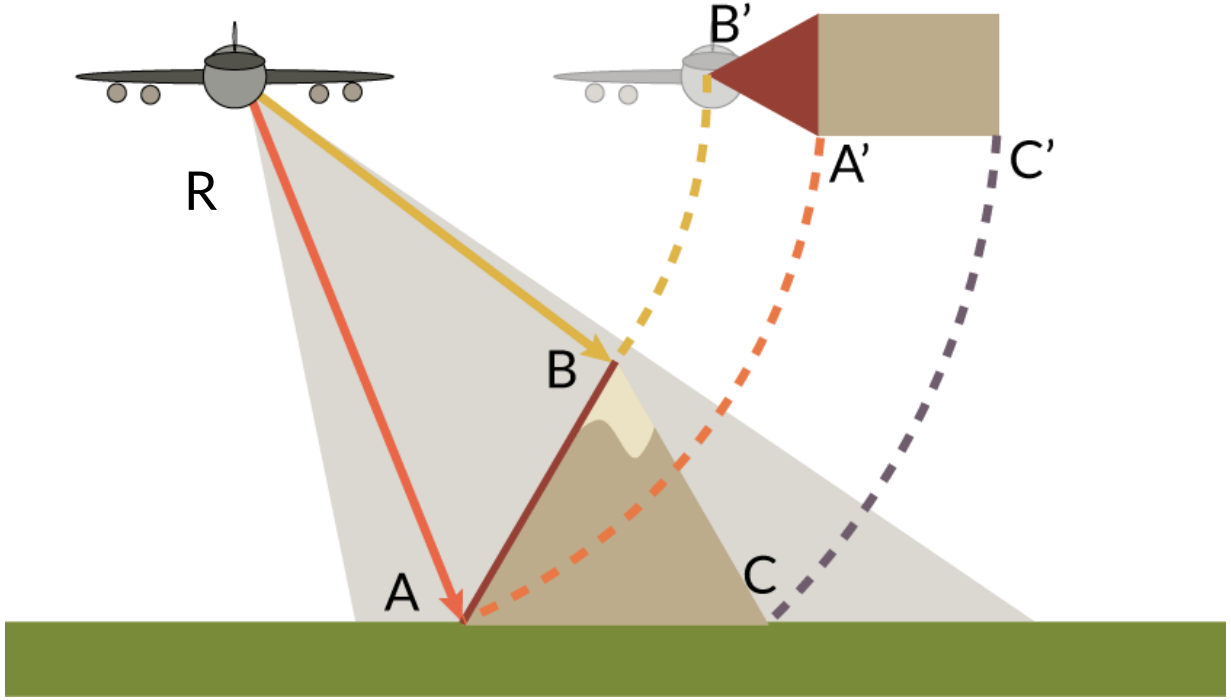
16 oct. 2016
(Después del Evento)



Distorsiones Geométricas

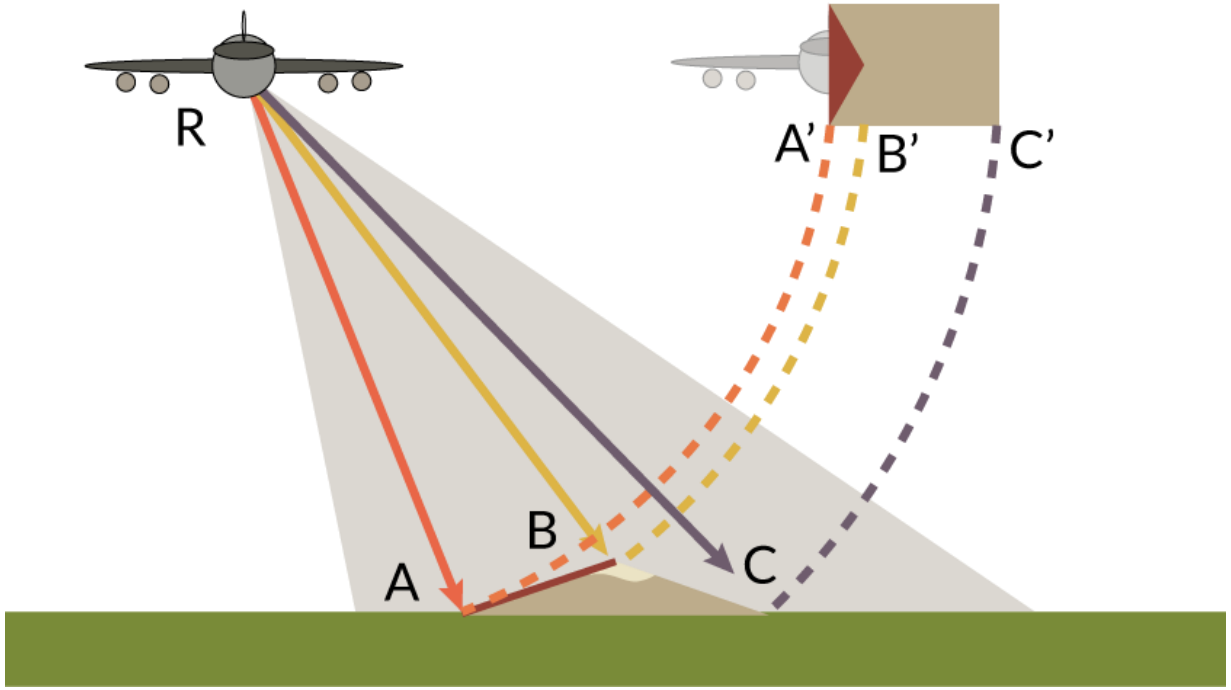
Inversión por Relieve (Layover)

AB = BC
A'B' < B'C'
RA > RB
RA' > RB'



Desplazamiento de Estructuras (Foreshortening)

RA < RB < RC
AB = BC
A'B' < B'C'



Imágenes basadas en imágenes de la NRC

Sombra

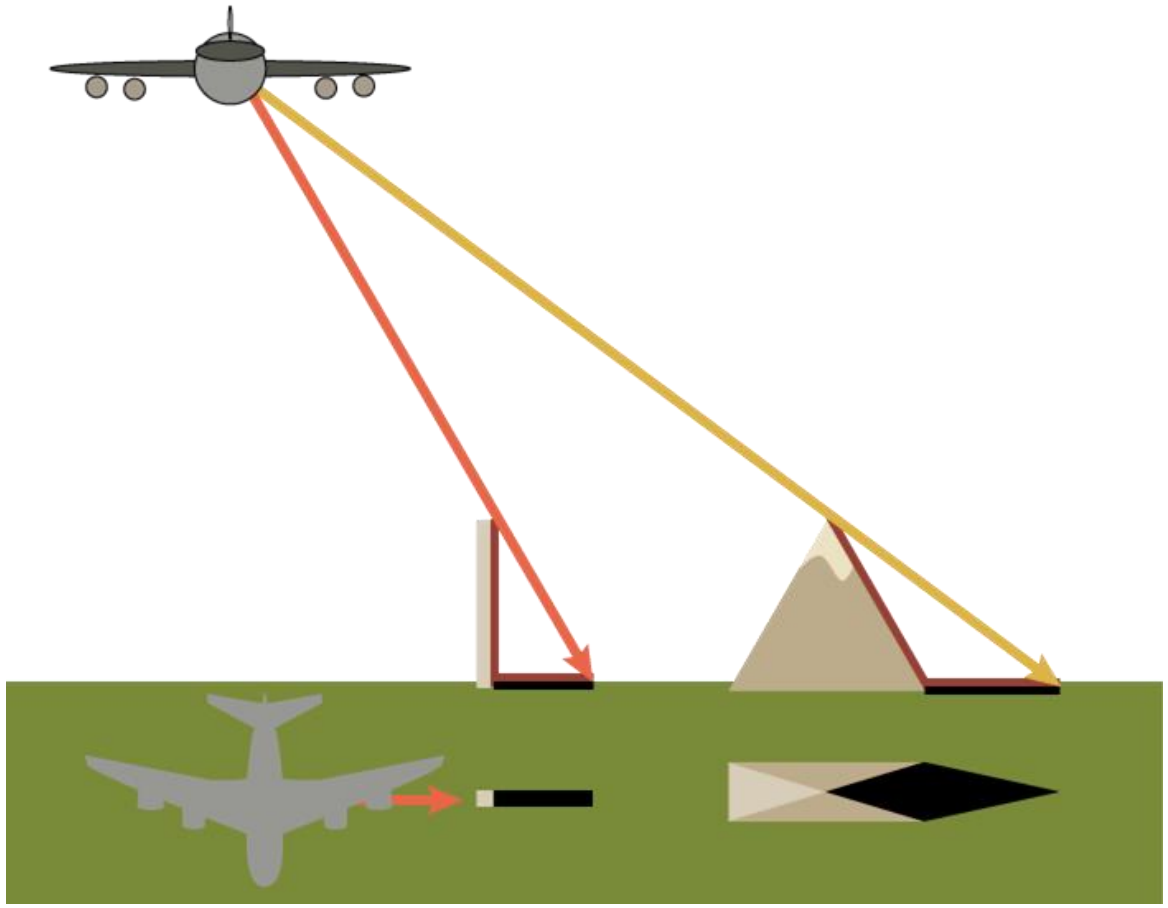
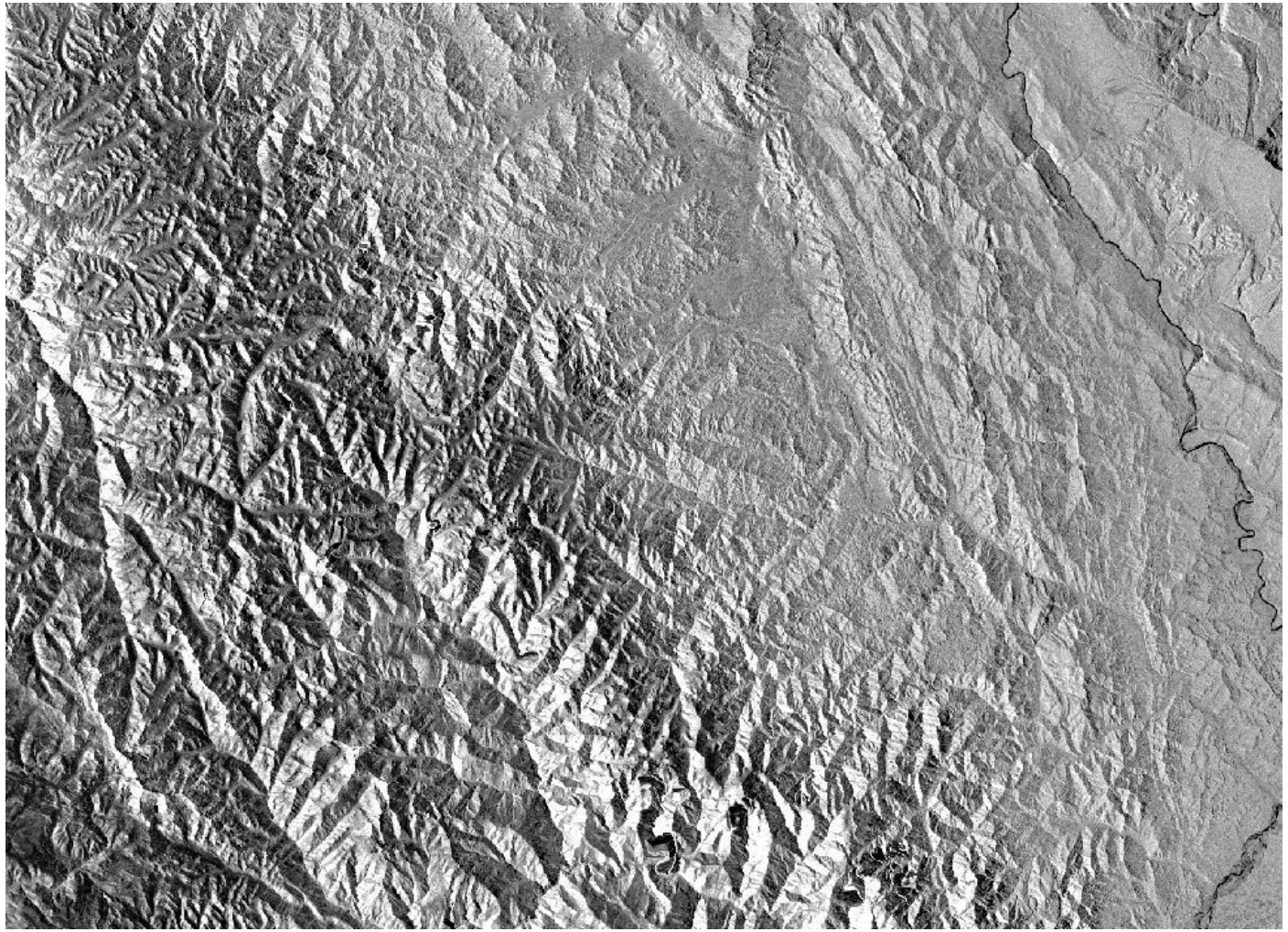


Imagen (izq.) basada en imágenes de la NRC

Distorsión Radiométrica

Imagen Radar de Sentinel-1 sobre los Andes



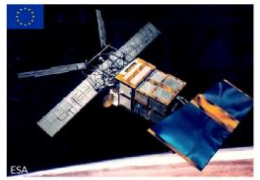
Datos de Radar Disponibles

Antiguos:

SeaSAT
1978

JERS-1
1992-1998

ERS 1/2
1991-2011



ENVISAT
2002-2012

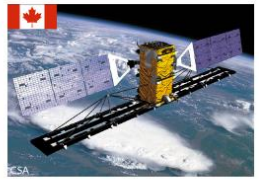
ALOS-1
2002-2012

Radarsat-1
1995-2013

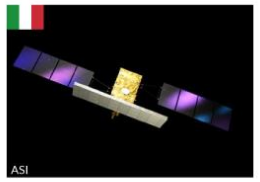
Actuales:

TanDEM-X
2007

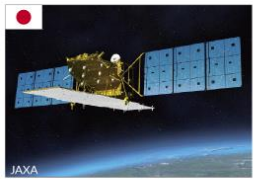
Radarsat-2
2007



COSMO-SkyMed
2007



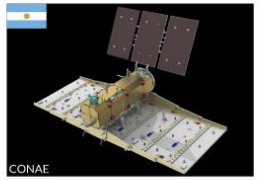
ALOS-2
2014



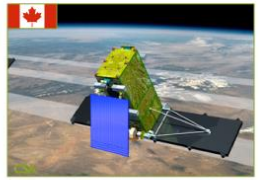
Sentinel-1
2014

PAZ SAR
2018

SAOCOM
2018



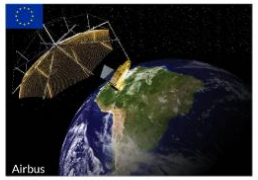
RCM
2018



Futuros:

NISAR
2021

Biomass
2021



de acceso libre

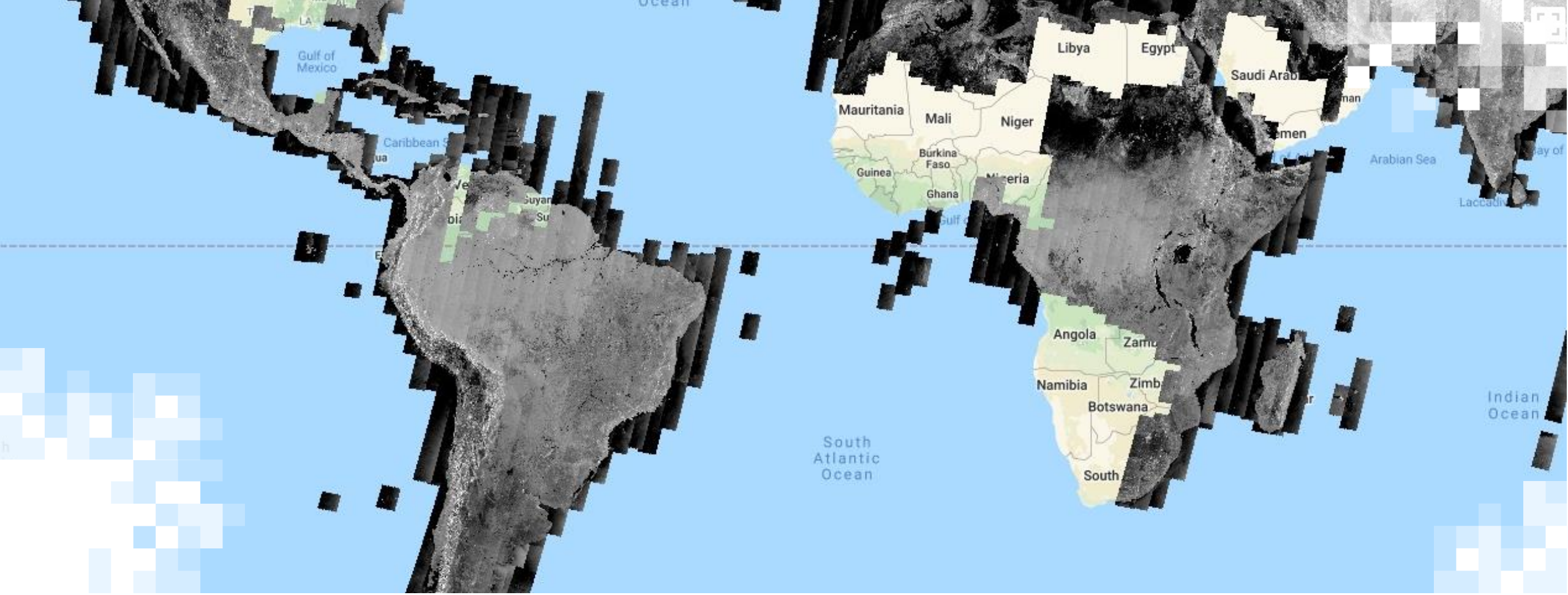
Fuente de la Imagen: Franz Meyer, Universidad de Alaska, Fairbanks

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)

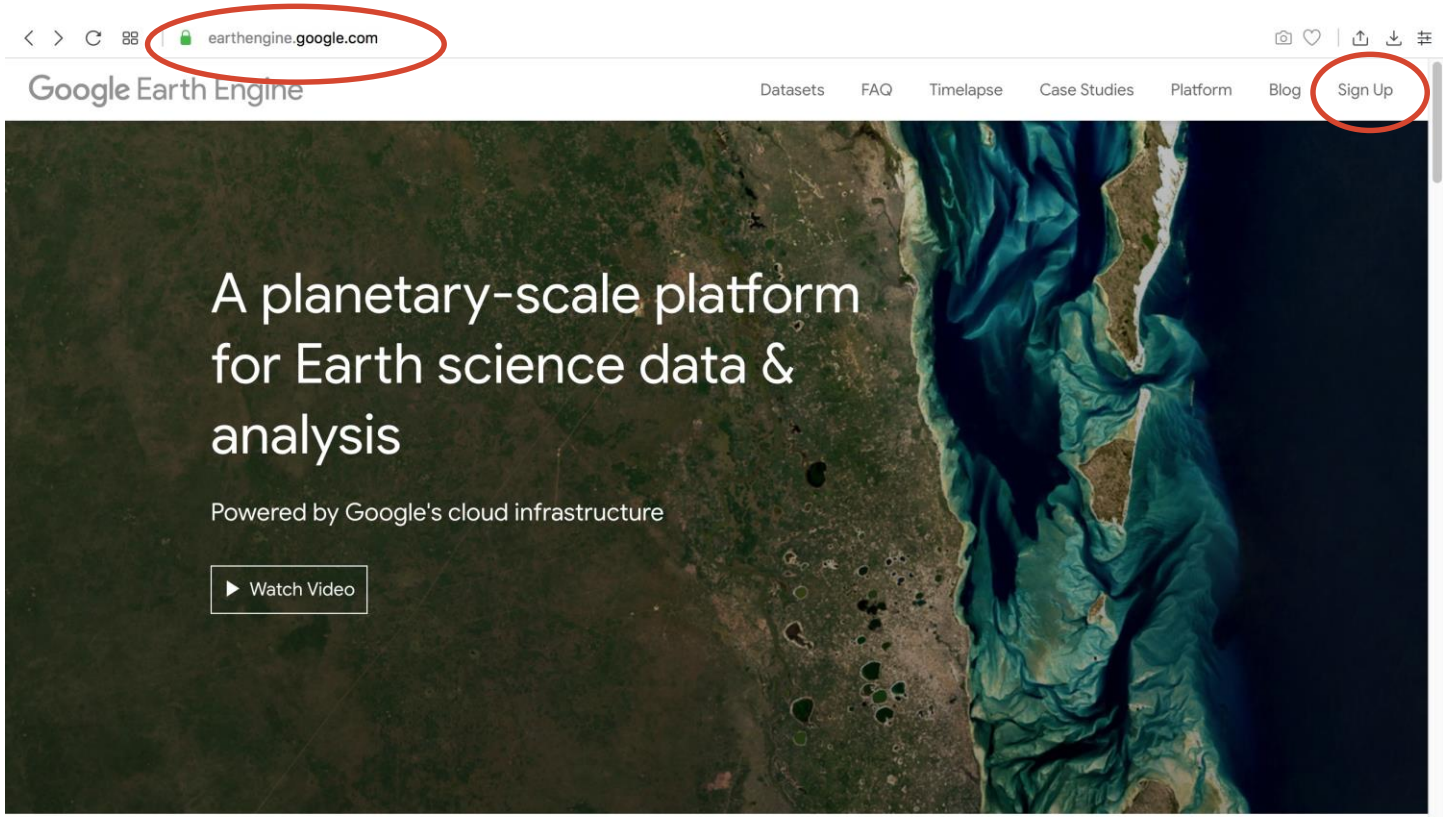


Ejercicio Práctico con Google Earth Engine

Google Earth Engine

https://earthengine.google.com

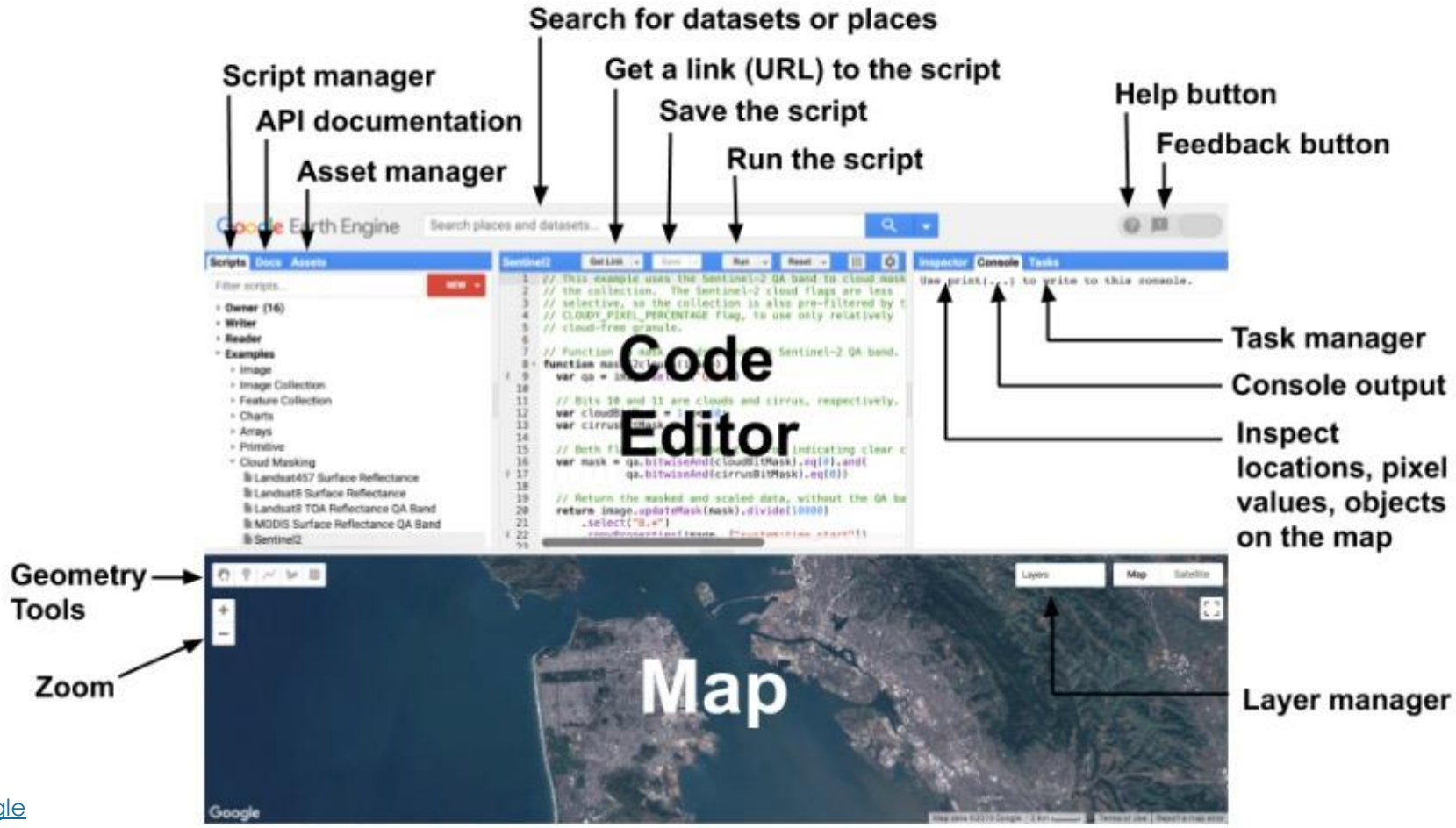
- Es una plataforma de procesamiento geoespacial en la nube
- Está disponible para científicos, investigadores y desarrolladores para estudios de nuestro planeta
- Contiene un catálogo de imágenes satelitales y conjuntos de datos geoespaciales (incluyendo Sentinel-1):
- https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/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

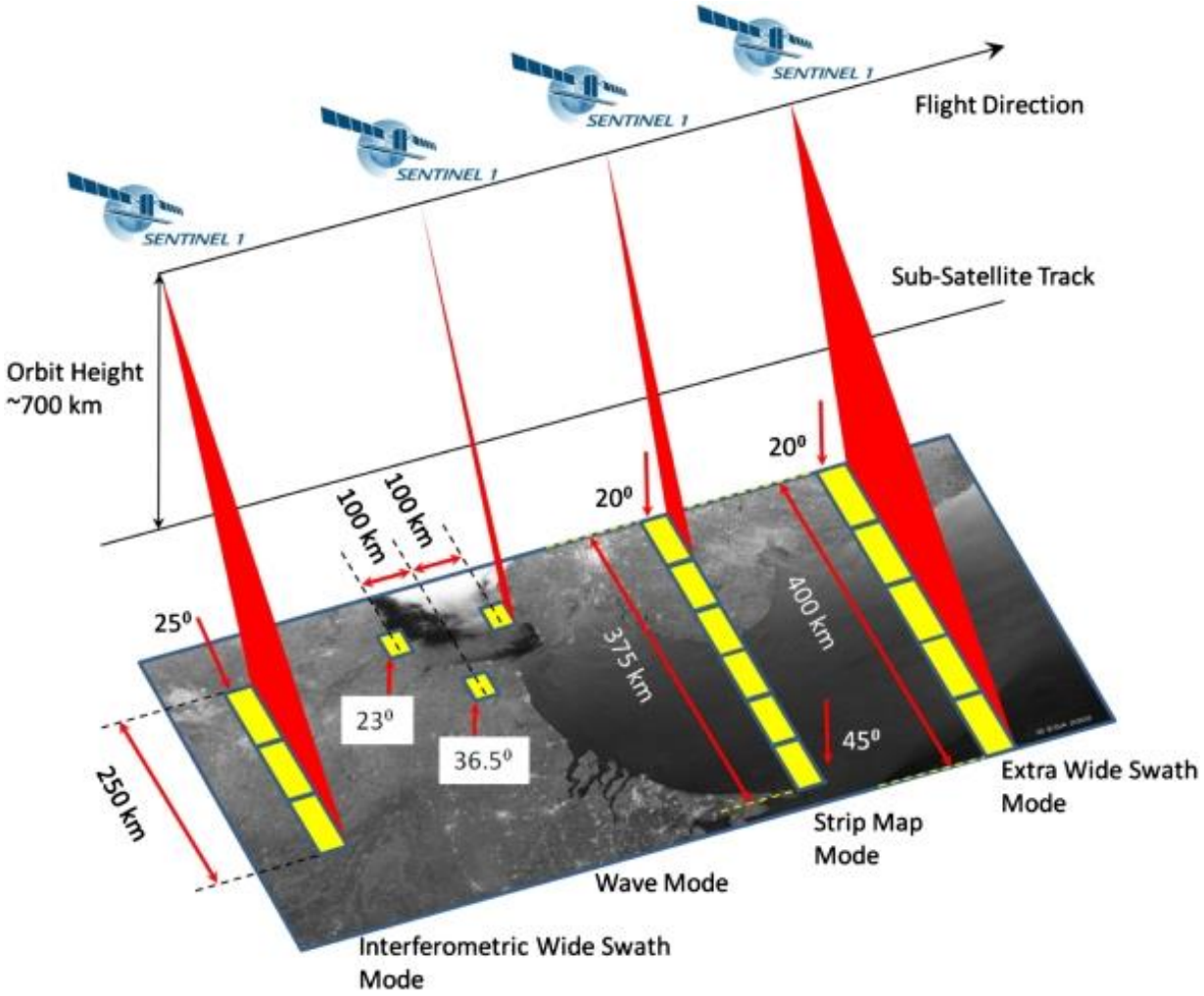


Fuente de la Imagen: Google

Datos Sentinel-1

Dos satélites: A y B

- Datos en Banda-C
- Cada satélite tiene una cobertura global de cada 12 días
- Al utilizar ambos satélites la cobertura global es de 6 días sobre la línea ecuatorial

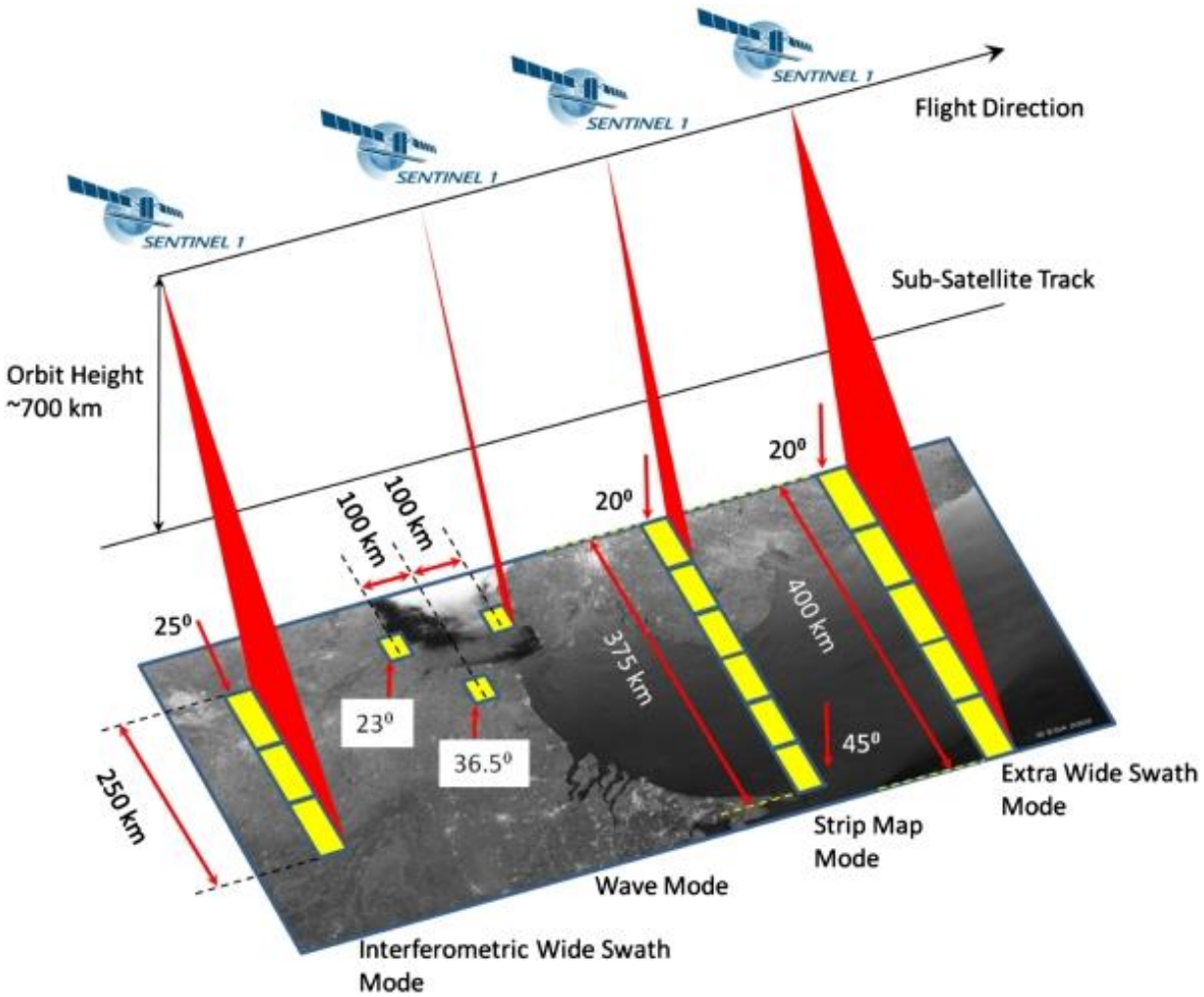


Fuente de la Imagen: ESA

Datos Sentinel-1

Diferentes Modos:

- Extra Wide Swath (barrido extra ancho) – para monitorear océanos y costas
- Strip Mode (Modo Franja) – solo por pedido especial (e.g. para desastres)
- Wave Mode (Modo Onda)– observaciones rutinas de los océanos
- *Interferometric Wide Swath (Barrido Ancho Interferométrico) – observaciones rutinas de la cobertura terrestre* **(este es el que deben utilizar para mapear inundaciones)**



Fuente de la Imagen: ESA

Catálogo de Sentinel-1

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

The Sentinel-1 mission provides data from a dual-polarization C-band Synthetic Aperture Radar (SAR) instrument. This collection includes the S1 Ground Range Detected (GRD) scenes, processed using the Sentinel-1 Toolbox to generate a calibrated, ortho-corrected product. The collection is updated weekly.

This collection contains all of the GRD scenes. Each scene has one of 3 resolutions (10, 25 or 40 meters), 4 band combinations (corresponding to scene polarization) and 3 instrument modes. Use of the collection in a mosaic context will likely require filtering down to a homogenous set of bands and parameters. See this article for details of collection use and preprocessing. Each scene contains either 1 or 2 out of 4 possible polarization bands, depending on the instrument's polarization settings. The possible combinations are single band VV or HH, and dual band VV+VH and HH+HV:

1. VV: single co-polarization, vertical transmit/vertical receive
2. HH: single co-polarization, horizontal transmit/horizontal receive
3. VV + VH: dual-band cross-polarization, vertical transmit/horizontal receive
4. HH + HV: dual-band cross-polarization, horizontal transmit/vertical receive

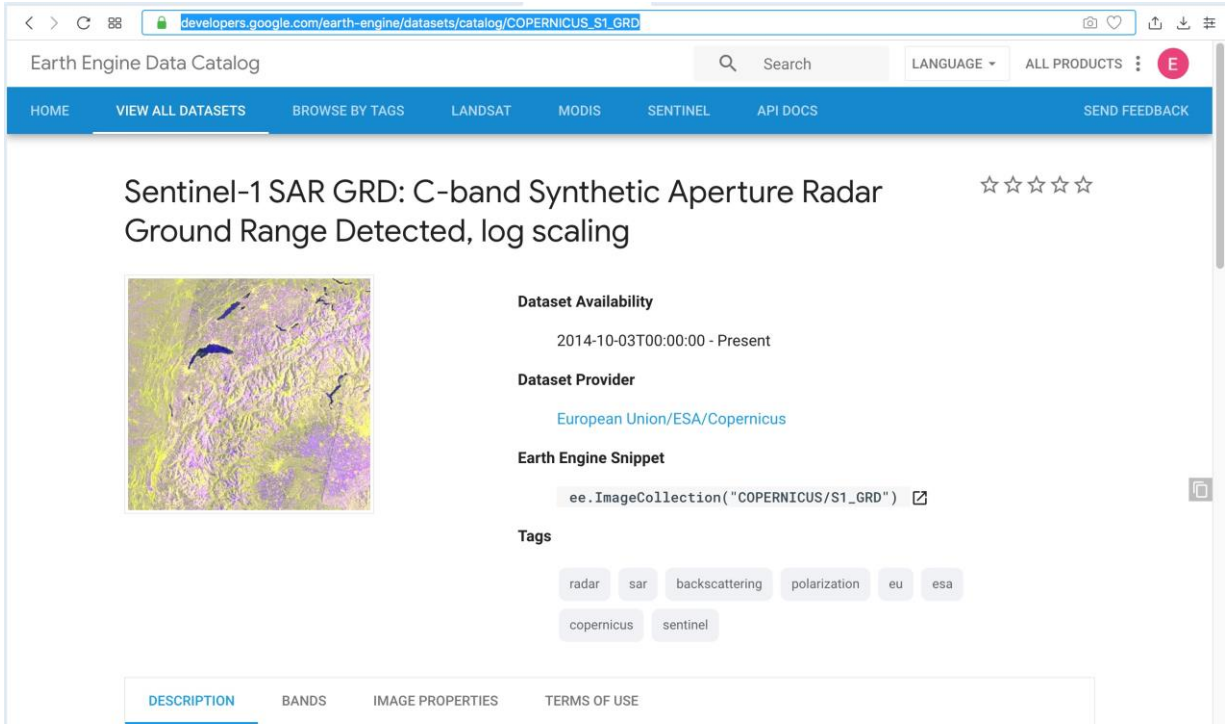
Each scene also includes an additional 'angle' band that contains the approximate viewing incidence angle in degrees at every point. This band is generated by interpolating the 'incidenceAngle' property of the 'geolocationGridPoint' gridded field provided with each asset.

Each scene was pre-processed with Sentinel-1 Toolbox using the following steps:

1. Thermal noise removal
2. Radiometric calibration
3. Terrain correction using SRTM 30 or ASTER DEM for areas greater than 60 degrees latitude, where SRTM is not available. The final terrain-corrected values are converted to decibels via log scaling (10*log10(x).

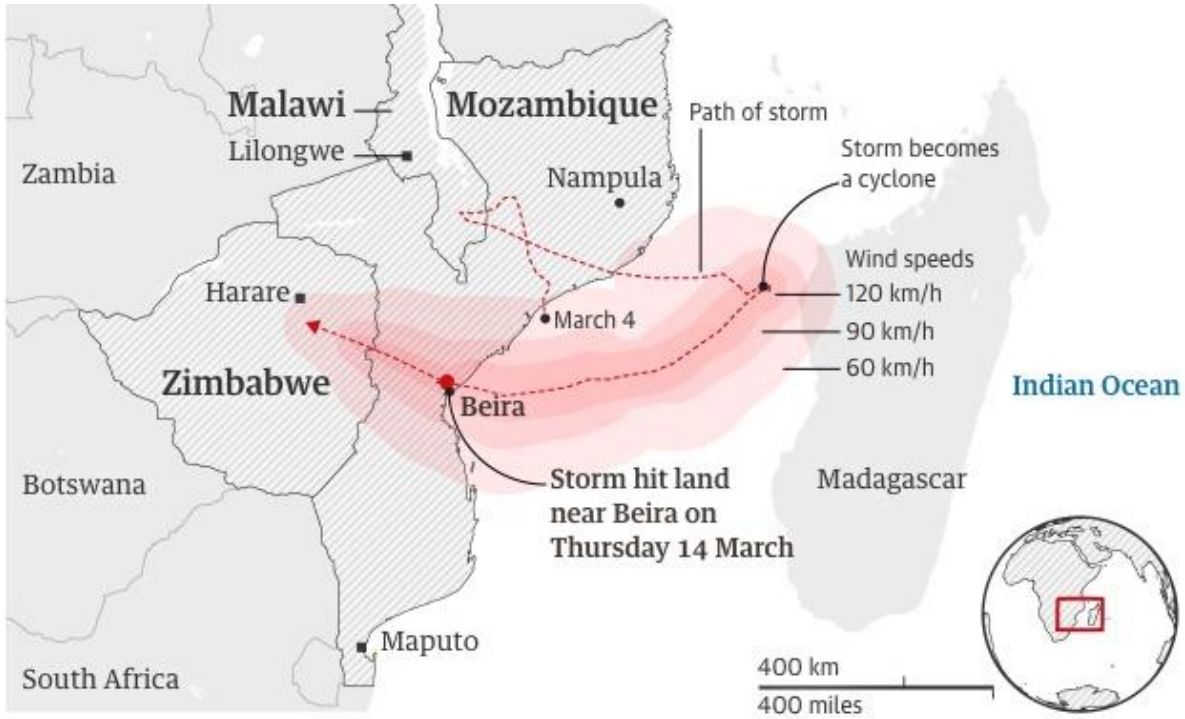
For more information about these pre-processing steps, please refer to the Sentinel-1 Pre-processing article.

This collection is computed on-the-fly. If you want to use the underlying collection with raw power values (which is updated faster), see COPERNICUS/S1_GRD_FLOAT.



Área de Enfoque

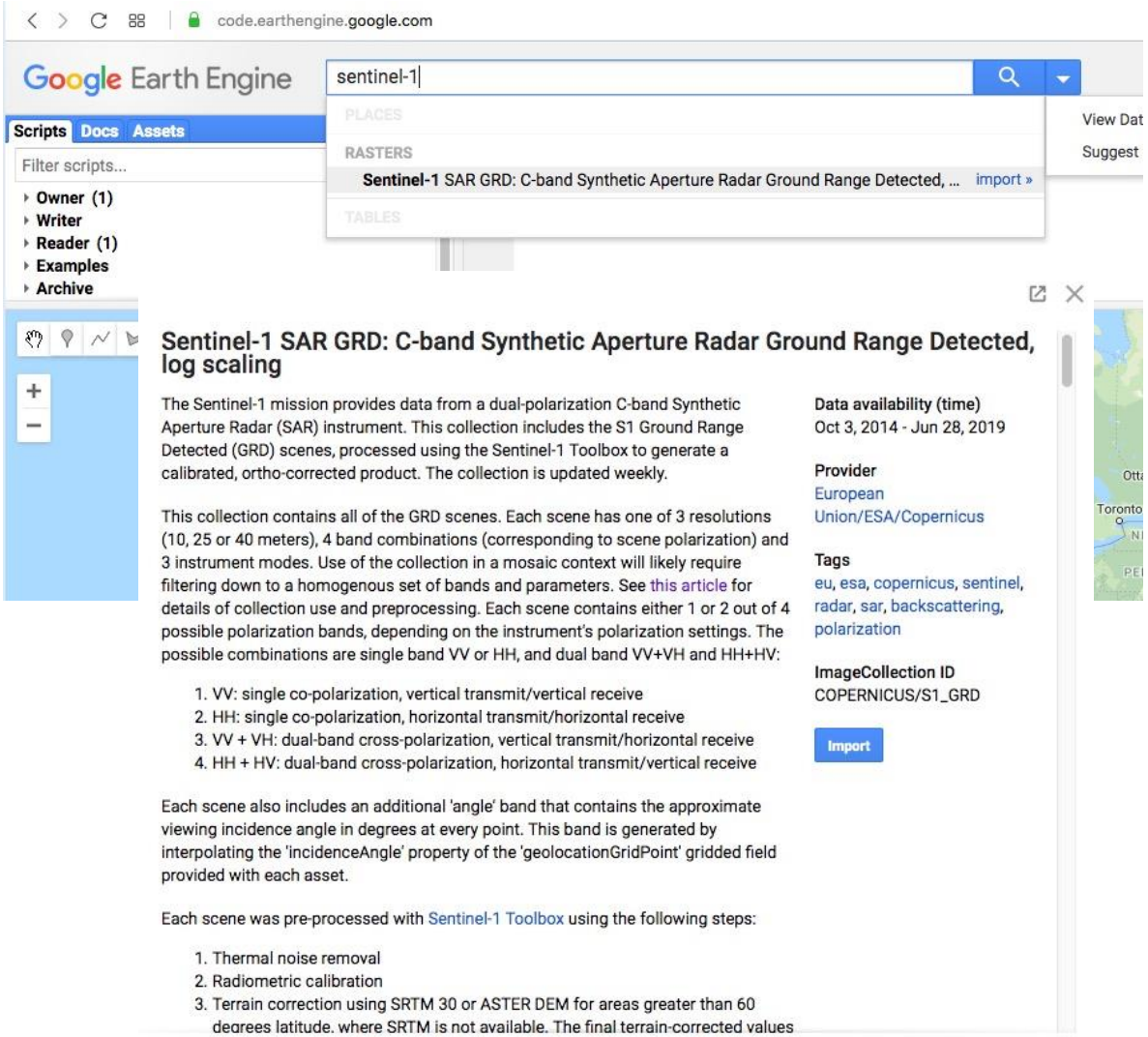
Nuestra demostración se enfoca en las inundaciones ocurridas en marzo de 2019 en Mozambique ocasionadas por el ciclón Idai



Fuente de las Imágenes: (izq.) Global Disaster Alert and Coordination System; (der.) Casas inundadas en el distrito Buzi fuera de Beira, Mozambique. Fuente: Reuters/Siphiwe Sibeko/Foto de Archivo

Visualice los Datos de Sentinel-1

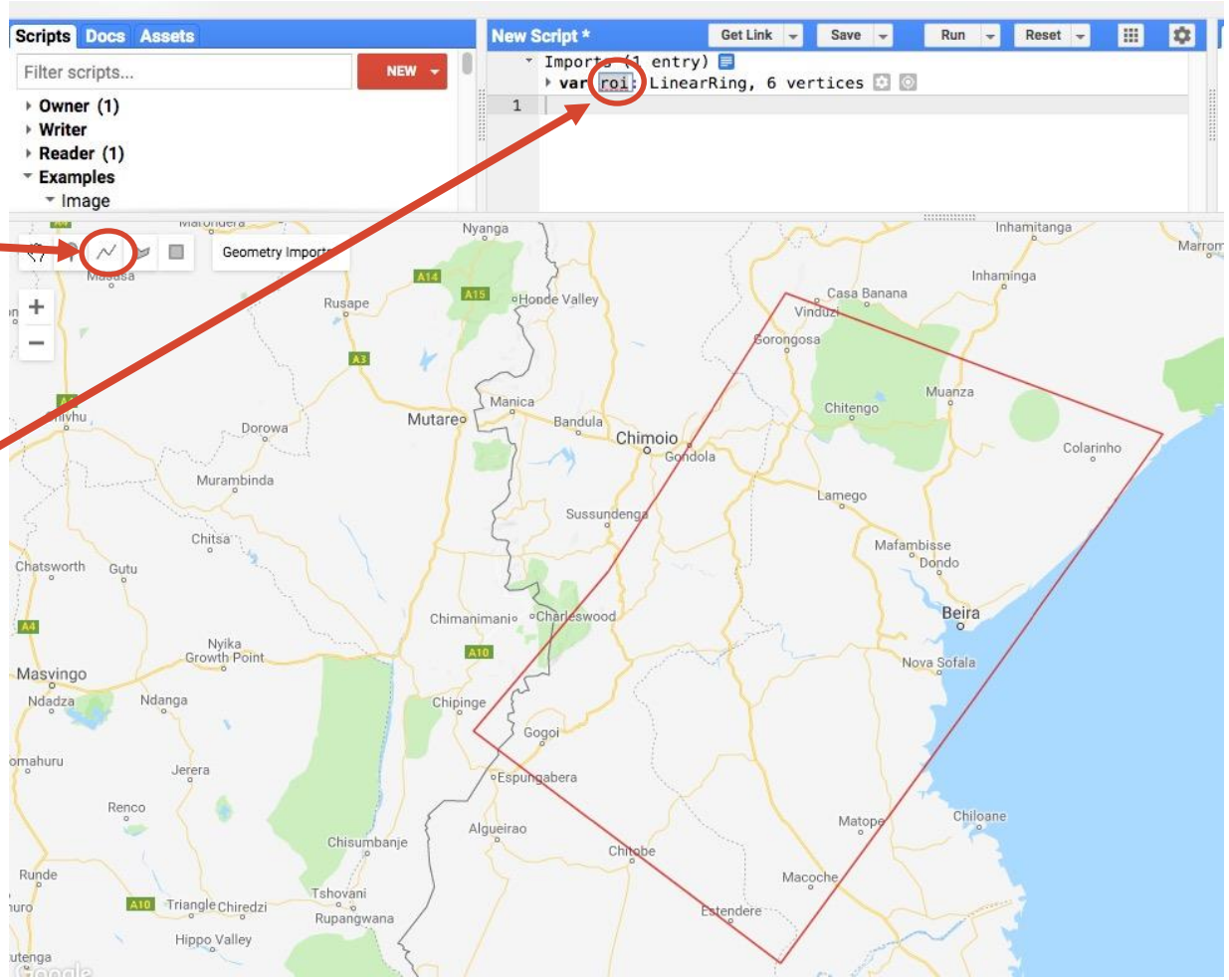
1. Empiece por abrir Google Earth Engine: https://code.earthengine.google.com
2. Busque datos Sentinel-1
3. Se abrirá una ventanilla con una descripción de los datos mostrando:
   - los pasos que se siguieron para procesar los datos (remoción de ruidos térmicos, calibración radiométrica, corrección topográfica)
   - Bandas y resolución
   - metadatos (los parámetros importantes son el modo y las propiedades orbitales – descendente o ascendente)



Seleccione su Área de Interés

Defina su área de interés

4. Amplíe la zona de Beira en Mozambique
5. Seleccione el icono “draw a line”
6. Dibuje un rectángulo similar a este sobre el área de interés
7. Cámbie el nombre de “geometry” a “roi” (siglas de: region of interest) – tal como se le indica aquí

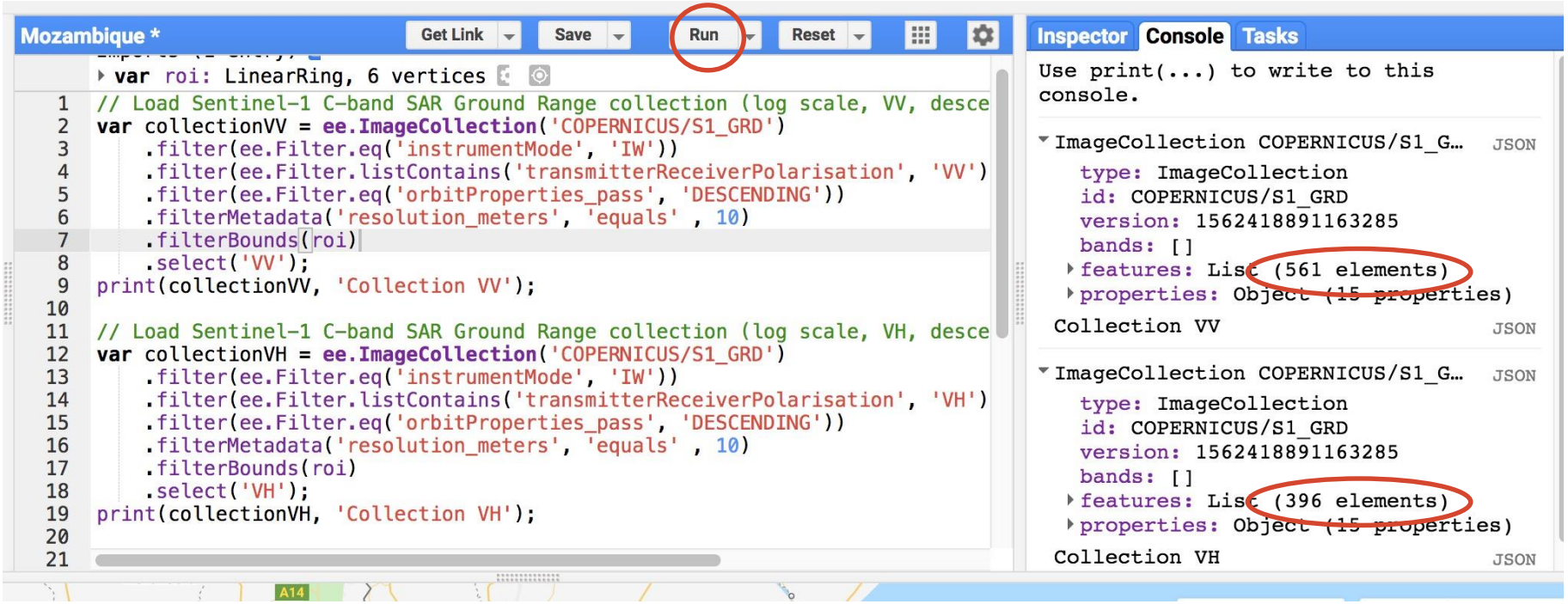


Filtre los Datos Sentinel-1

```
// 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');

// 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');
```

Filtre los Datos Sentinel-1

8. Copie el código de la diapositiva anterior al editor de código
9. Seleccione **Run** en el menú superior
   - La ventanilla derecha mostrará los resultados para VV y VH
   - El número de imágenes va a variar según el tamaño de su área de interés

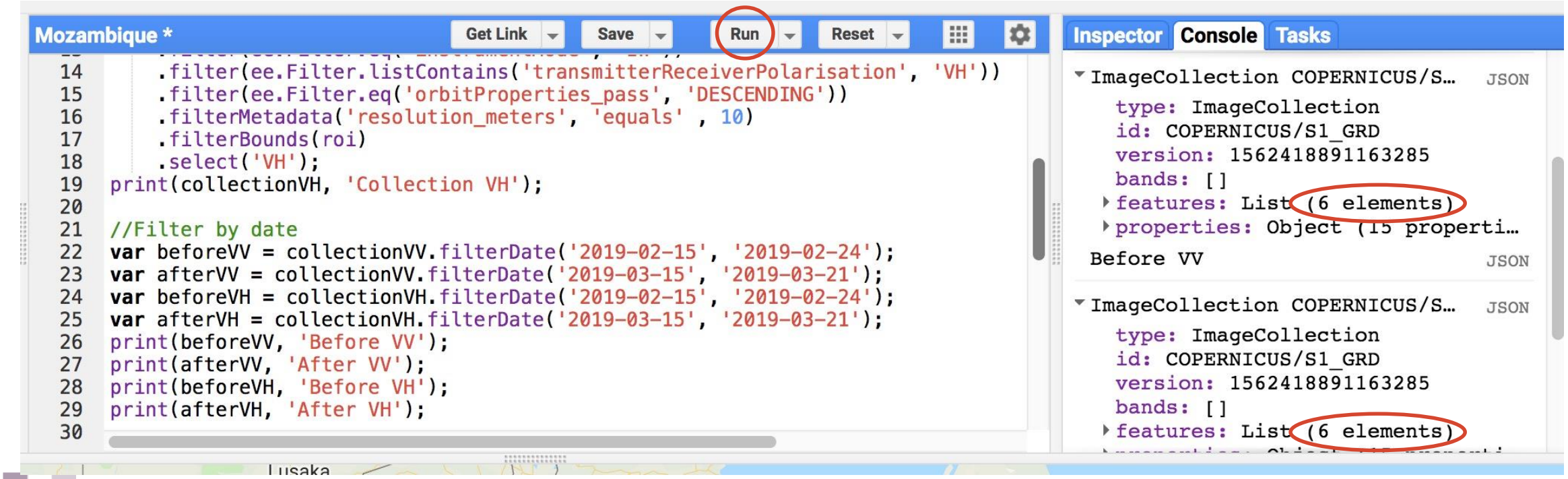


Filtre los Datos Sentinel-1 por Fecha

```
//Filter by date
var beforeVV = collectionVV.filterDate('2019-02-15', '2019-02-24');
var afterVV = collectionVV.filterDate('2019-03-15', '2019-03-21');
var beforeVH = collectionVH.filterDate('2019-02-15', '2019-02-24');
var afterVH = collectionVH.filterDate('2019-03-15', '2019-03-21');
print(beforeVV, 'Before VV');
print(afterVV, 'After VV');
print(beforeVH, 'Before VH');
print(afterVH, 'After VH');
```

Filtre los Datos Sentinel-1 por Fecha

10. Copie el código de la diapositiva anterior al editor de código
11. Seleccione **Run** en el menú superior
    – La ventanilla derecha mostrará los resultados para: antes (VV y VH) 6 imágenes después (VV y VH) 6 imágenes

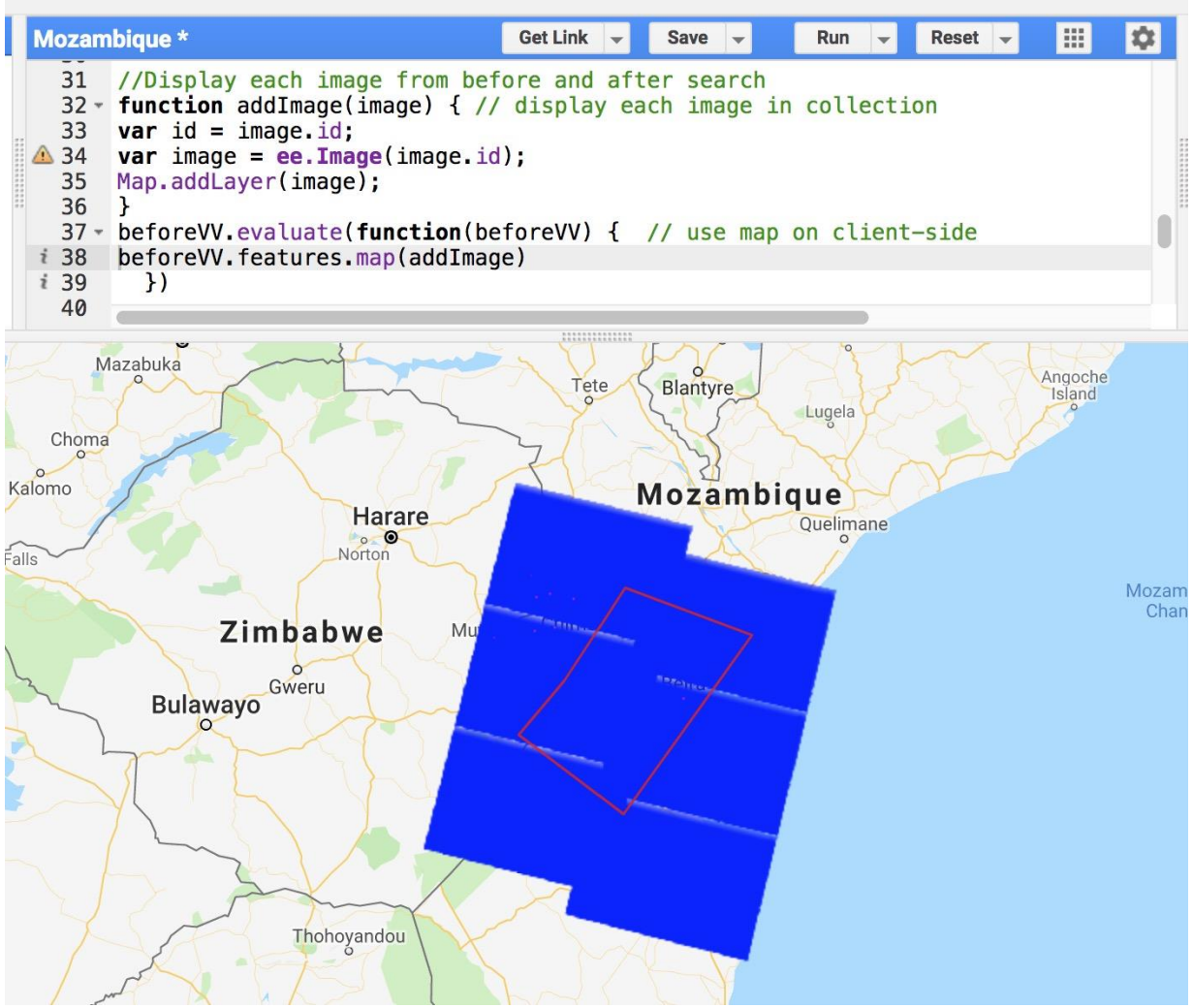


Muestre los Datos Sentinel-1 por Fecha

```
//Display each image from before and after search
function addImage(image) { // display each image in collection
var id = image.id;
var image = ee.Image(image.id);
Map.addLayer(image);
}
beforeVV.evaluate(function(beforeVV) {  // use map on client-side
beforeVV.features.map(addImage)
})
```

Visualice las Imágenes Individuales

12. Copie el código anterior al editor de código
13. Seleccione **Run** en el menú superior
    - Habrán 6 imágenes de antes VV visualizadas



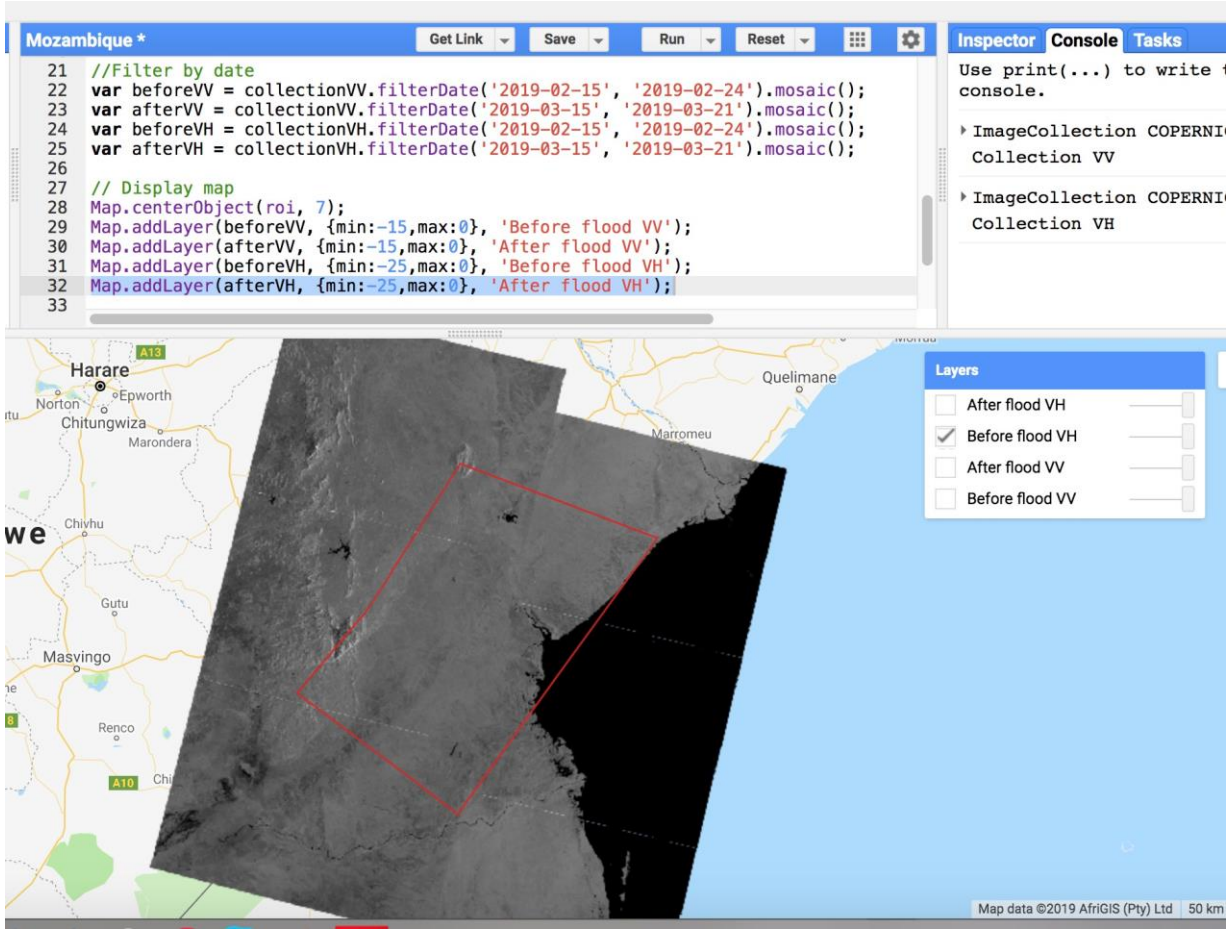
Visualizar el Mosaico

Filtrar los Datos Sentinel-1 por Fecha y Crear un Mosaico para Antes y Después

```
//Filter by date
var beforeVV = collectionVV.filterDate('2019-02-15', '2019-02-24').mosaic();
var afterVV = collectionVV.filterDate('2019-03-15', '2019-03-21').mosaic();
var beforeVH = collectionVH.filterDate('2019-02-15', '2019-02-24').mosaic();
var afterVH = collectionVH.filterDate('2019-03-15', '2019-03-21').mosaic();

// Display map
Map.centerObject(roi, 7);
Map.addLayer(beforeVV, {min:-15,max:0}, 'Before flood VV', 0);
Map.addLayer(afterVV, {min:-15,max:0}, 'After flood VV', 0);
Map.addLayer(beforeVH, {min:-25,max:0}, 'Before flood VH', 0);
Map.addLayer(afterVH, {min:-25,max:0}, 'After flood VH', 0);
```

Visualice el Mosaico

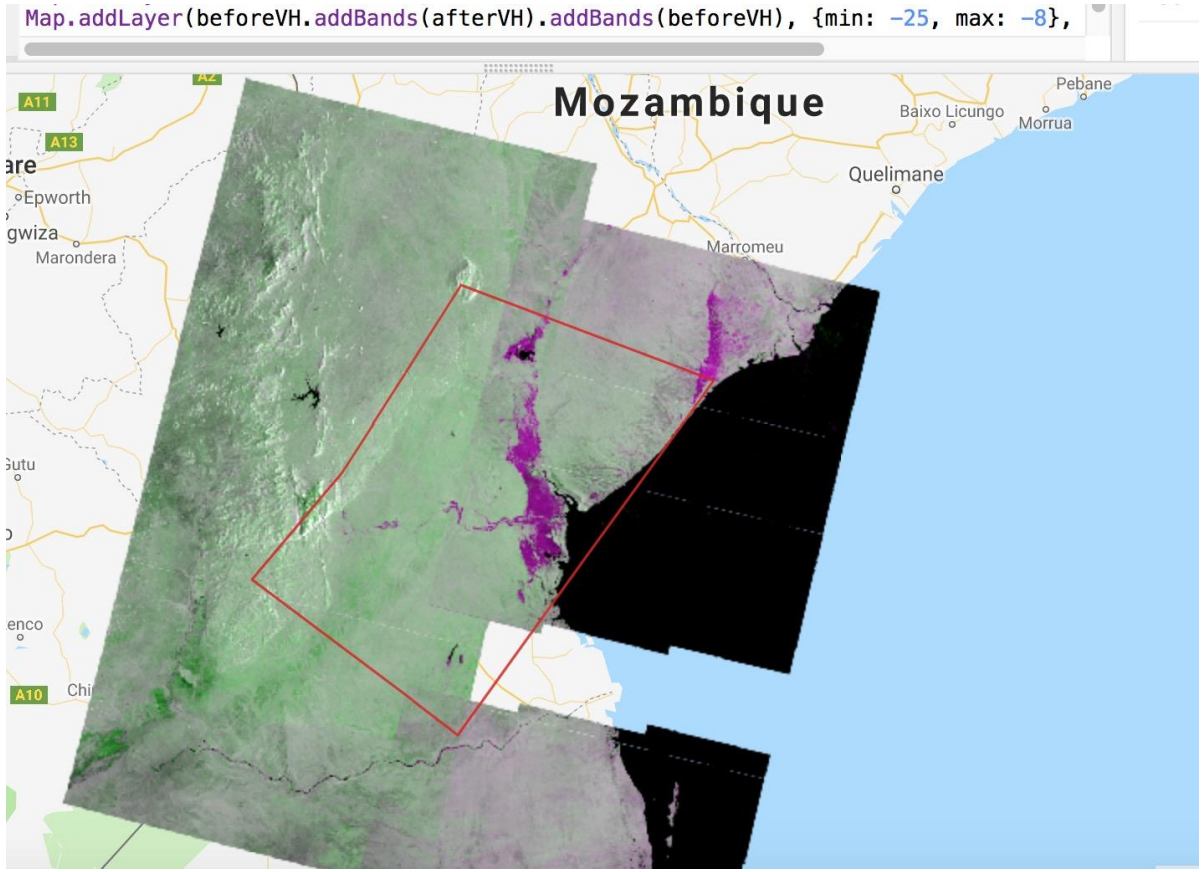
14. Copie el código previo al editor de código
15. Seleccione **Run** en el menú superior
16. Vaya al panel de Layers (capas) en la parte superior derecha del mapa
17. Deseleccione todas las capas
18. Seleccione **Before flood VH**



Visualizar RGB (rojo-verde-azul)

```
Map.addLayer(beforeVH.addBands(afterVH).addBands(beforeVH), {min: -25, max: -8},
'BVH/AVV/AVH composite', 0);
```

19. Copie el código en la parte superior al editor de código
20. Seleccione **Run** en el menú superior
21. Vaya al panel de control de Layers (capas) en la parte superior derecha del mapa
22. Deseleccione todas las capas que tengan número (Layer 6, Layer 7, Layer 8 etc.)
23. Seleccione **BVH/AVV/AVH composite**

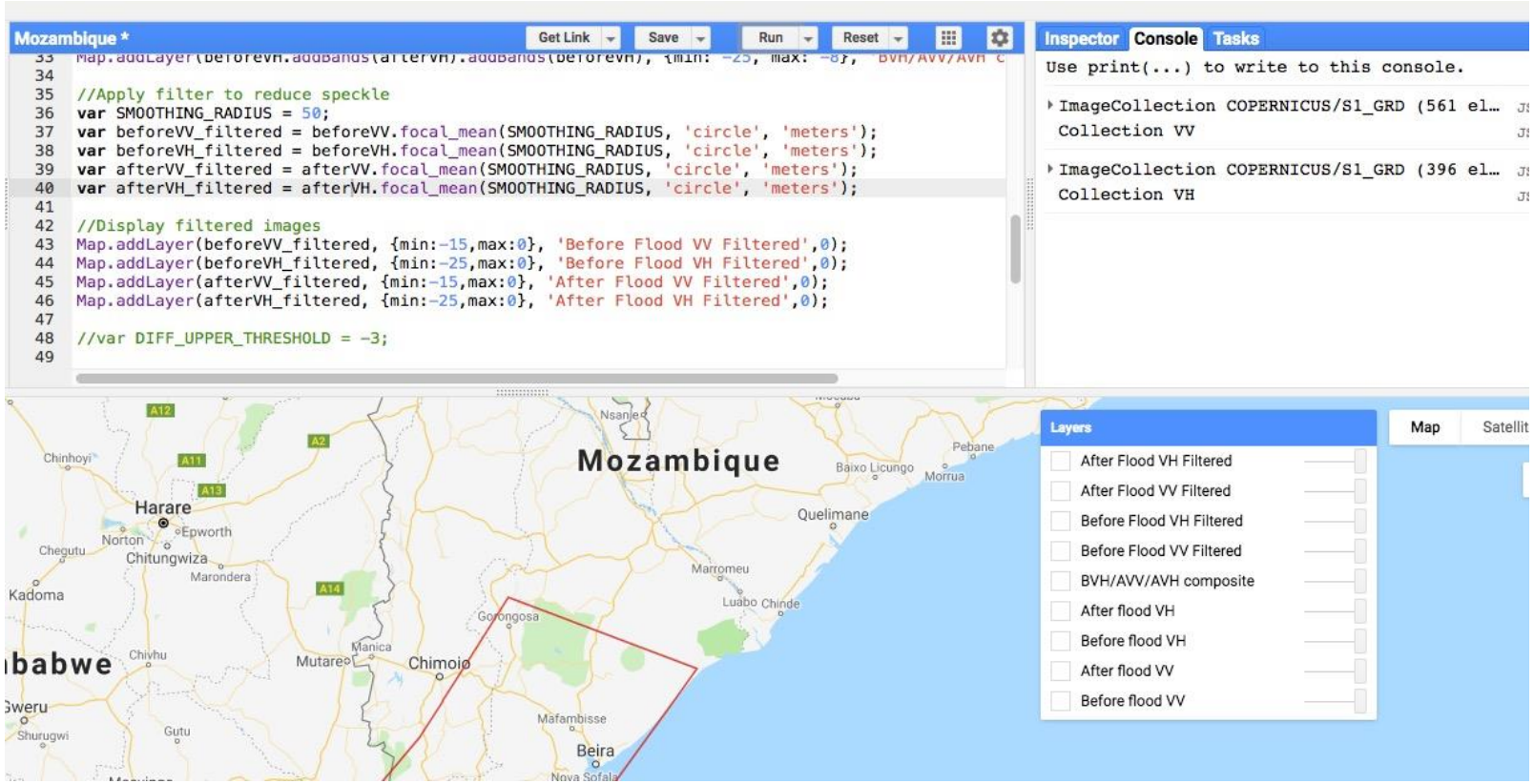


Aplique un Filtro para el “Speckle”

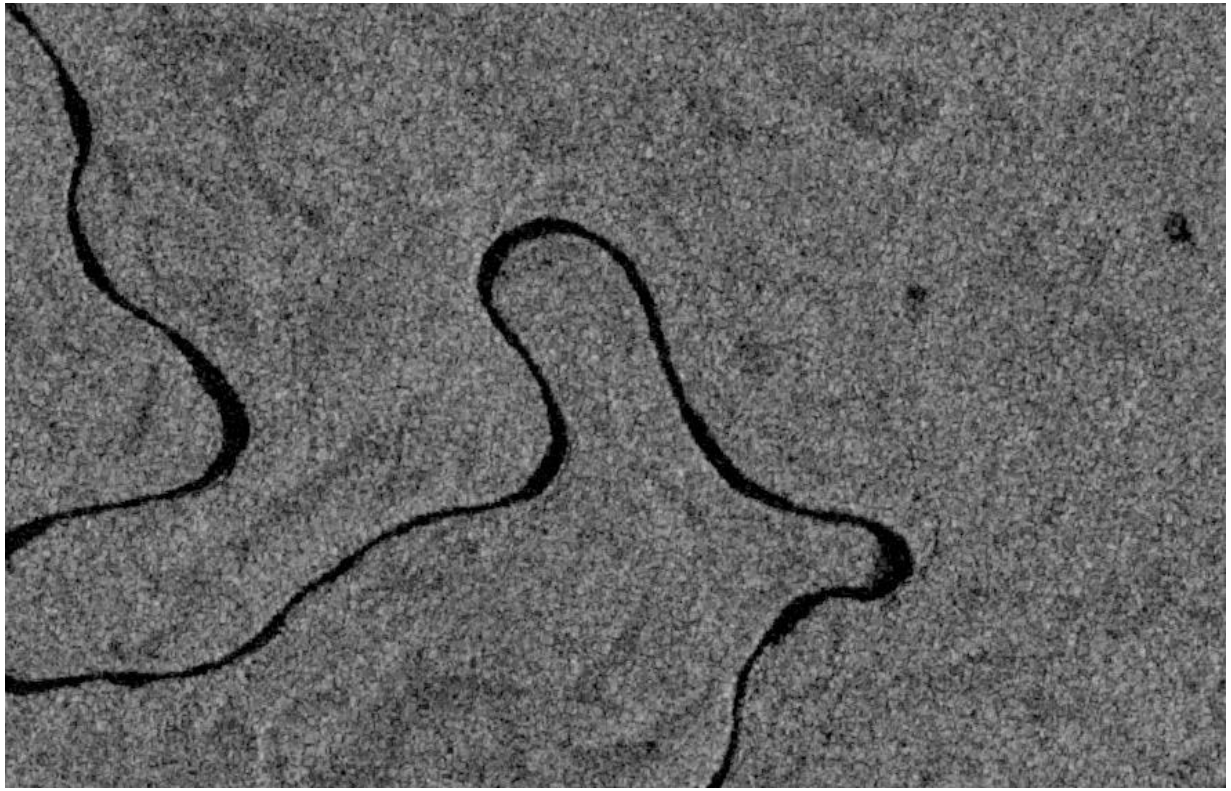
```
//Apply filter to reduce speckle
var SMOOTHING_RADIUS = 50;
var beforeVV_filtered = beforeVV.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var beforeVH_filtered = beforeVH.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var afterVV_filtered = afterVV.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var afterVH_filtered = afterVH.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');

//Display filtered images
Map.addLayer(beforeVV_filtered, {min:-15,max:0}, 'Before Flood VV Filtered',0);
Map.addLayer(beforeVH_filtered, {min:-25,max:0}, 'Before Flood VH Filtered',0);
Map.addLayer(afterVV_filtered, {min:-15,max:0}, 'After Flood VV Filtered',0);
Map.addLayer(afterVH_filtered, {min:-25,max:0}, 'After Flood VH Filtered',0);
```

Aplique el Filtro “Speckle”

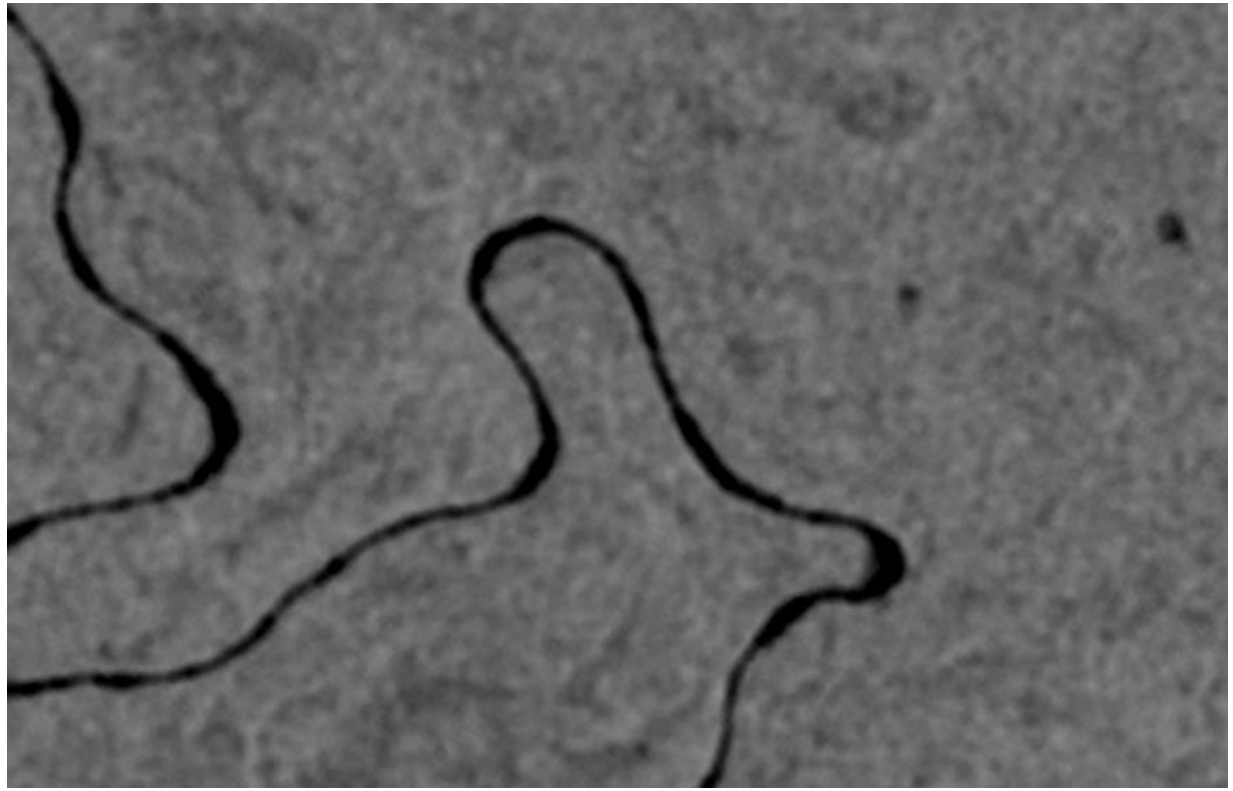
24. Copie el código anterior al editor de código
25. Seleccione **Run** en el menú superior
26. Vaya al panel de Layers (capas)
27. Deseleccione todas las capas
28. Seleccione **Before flood VH** y **Before flood VH Filtered**
29. Amplíe un área especifica y active y desactive las capas una por una



Resultado del Filtro para el “Speckle



Original

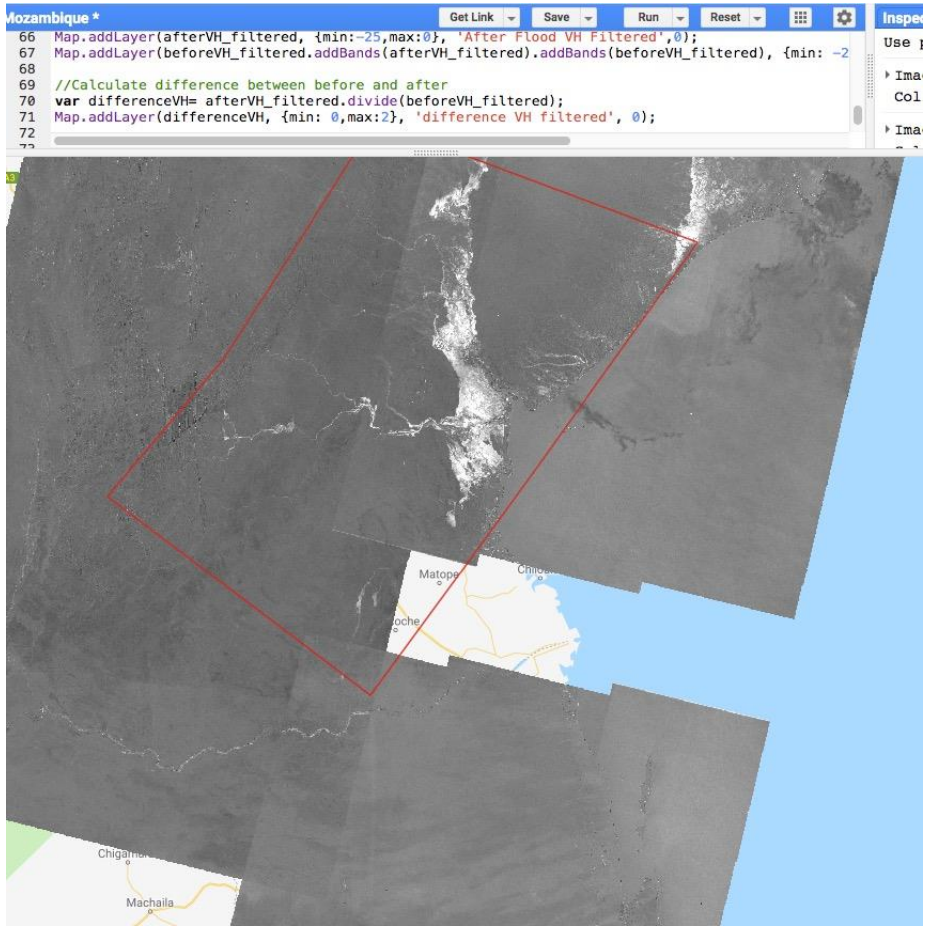


Con Filtro

Calcular la Diferencia entre Antes y Después

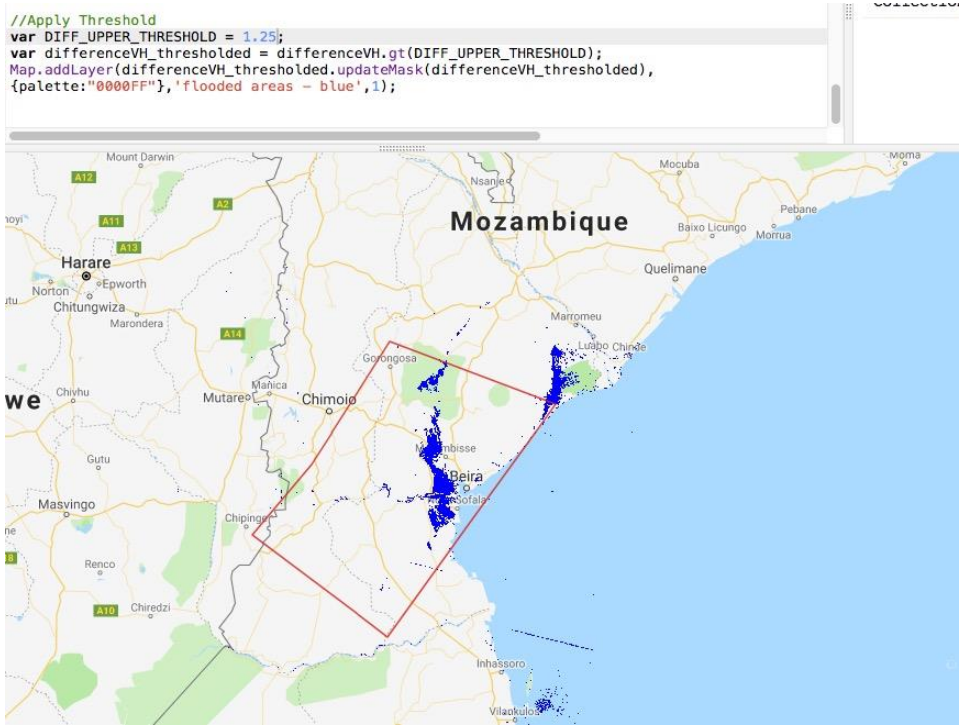
```
// Calculate difference between before and after
var differenceVH=
afterVH_filtered.divide(beforeVH_filtered);
Map.addLayer(differenceVH, {min: 0,max:2},
'difference VH filtered', 0);
```

30. Copie el código en la parte superior al editor de códig0
31. Seleccione **Run** en el menú superior
32. Vaya al panel de Layers (capas)
33. Deseleccione todas las capas
34. Seleccione **difference VH filtered**



Aplique un Umbral

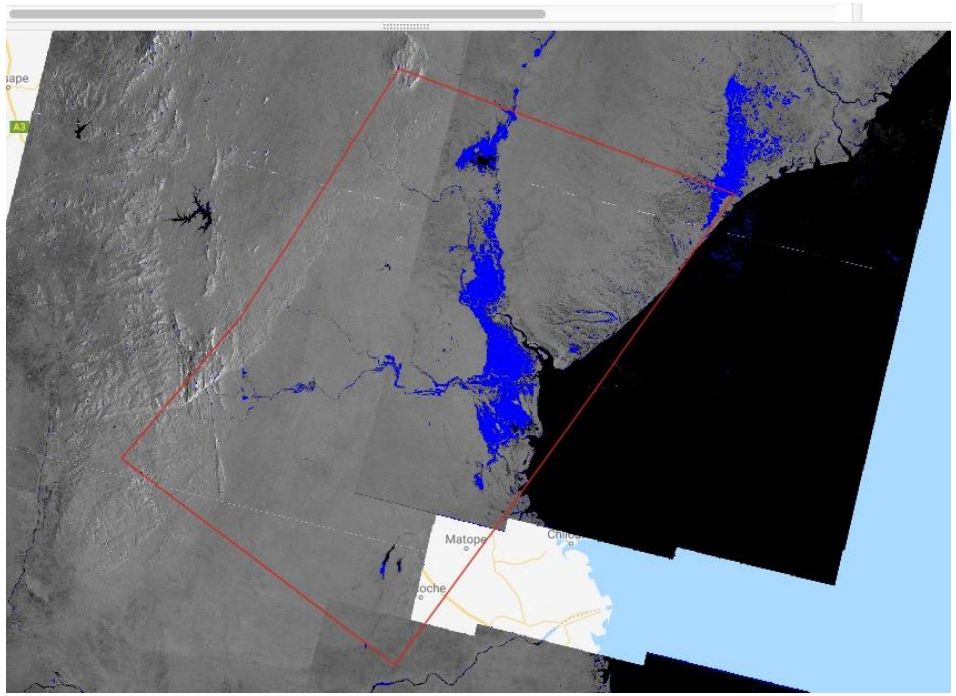
```
//Apply Threshold
var DIFF_UPPER_THRESHOLD = 1.25;
var differenceVH_thresholded = differenceVH.gt(DIFF_UPPER_THRESHOLD);
Map.addLayer(differenceVH_thresholded.updateMask(differenceVH_thresholded),{palette:"0000FF"},'flooded areas - blue',1);
```

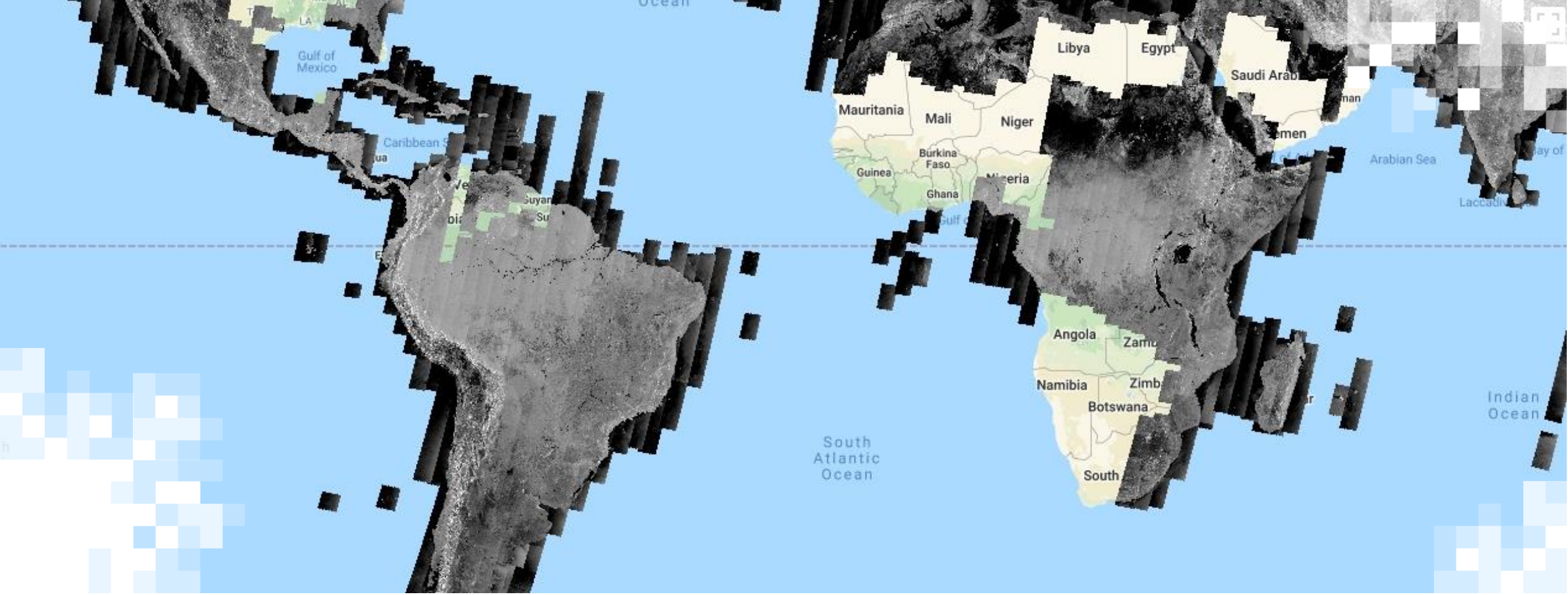


35. Copie el código en la parte superior al editor de código
36. Seleccione Run en el menú superior
37. Vaya al panel de Layers (capas)
38. Deseleccione todas las capas
39. Seleccione **flooded areas - blue**

Sobreponga la Imagen SAR

40. Vaya al panel de Layers (capas)
41. Deseleccione todas las capas
42. Seleccione **flooded areas – blue** y **After Flood VV Filtered**




Gulf of Mexico
Libya
Egypt
Mauritania
Mali
Niger
Burkina Faso
Guinea
Ghana
Arabian Sea
Angola
Namibia
Botswana
South Atlantic Ocean
Indian Ocean

GRACIAS

Contactos

- ARSET- Desastres
  - Erika Podest: erika.podest@jpl.nasa.gov
  - Amita Mehta: amita.v.mehta@nasa.gov
  - Sean McCartney: sean.mccartney@nasa.gov

- Preguntas Generales sobre ARSET
  - Ana Prados: aprados@umbc.edu

- Página Web de ARSET:
  - http://arset.gsfc.nasa.gov