

# SAR para el Mapeo de Inundaciones con Google Earth Engine

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

Sean McCartney, NASA Goddard Space Flight Center

3 de diciembre de 2019



# Objetivos de Aprendizaje

Al finalizar esta presentación, podrán entender:

- el contenido informático en las imágenes SAR relevante a las inundaciones
- cómo generar un mapa de inundación usando Google Earth Engine
- cómo integrar datos socioeconómicos al mapa de inundación para identificar áreas en riesgo

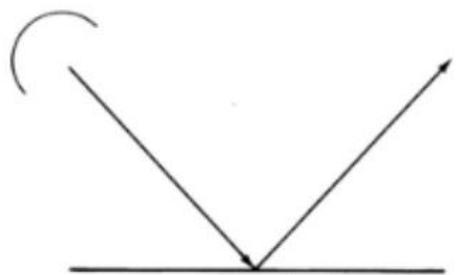
# La Inundación Definida desde Una Perspectiva de Radar

La presencia de una superficie de agua:

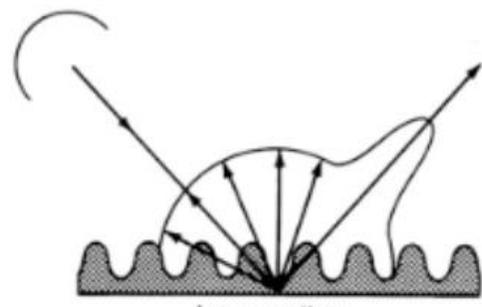
- bajo un dosel de vegetación (vegetación alta o baja)
- sin vegetación establecida (conocida como agua abierta)



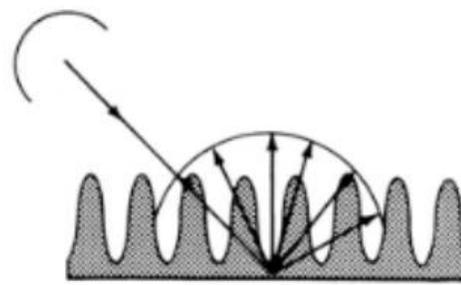
# Ejemplos de la Dispersión de la Señal de SAR sobre Regiones Inundadas



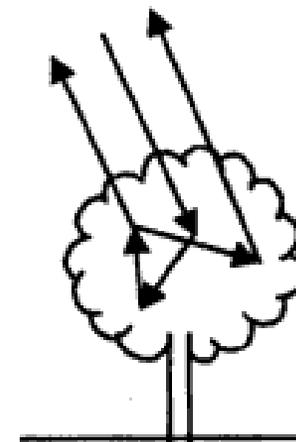
Superficie Lisa



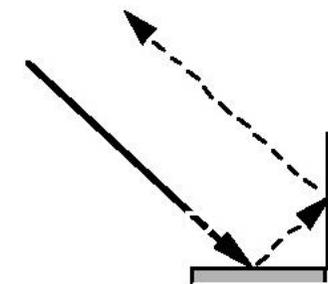
Superficie Rugosa



Superficie Más Rugosa  
(Áspera)



Dispersión  
por Volumen

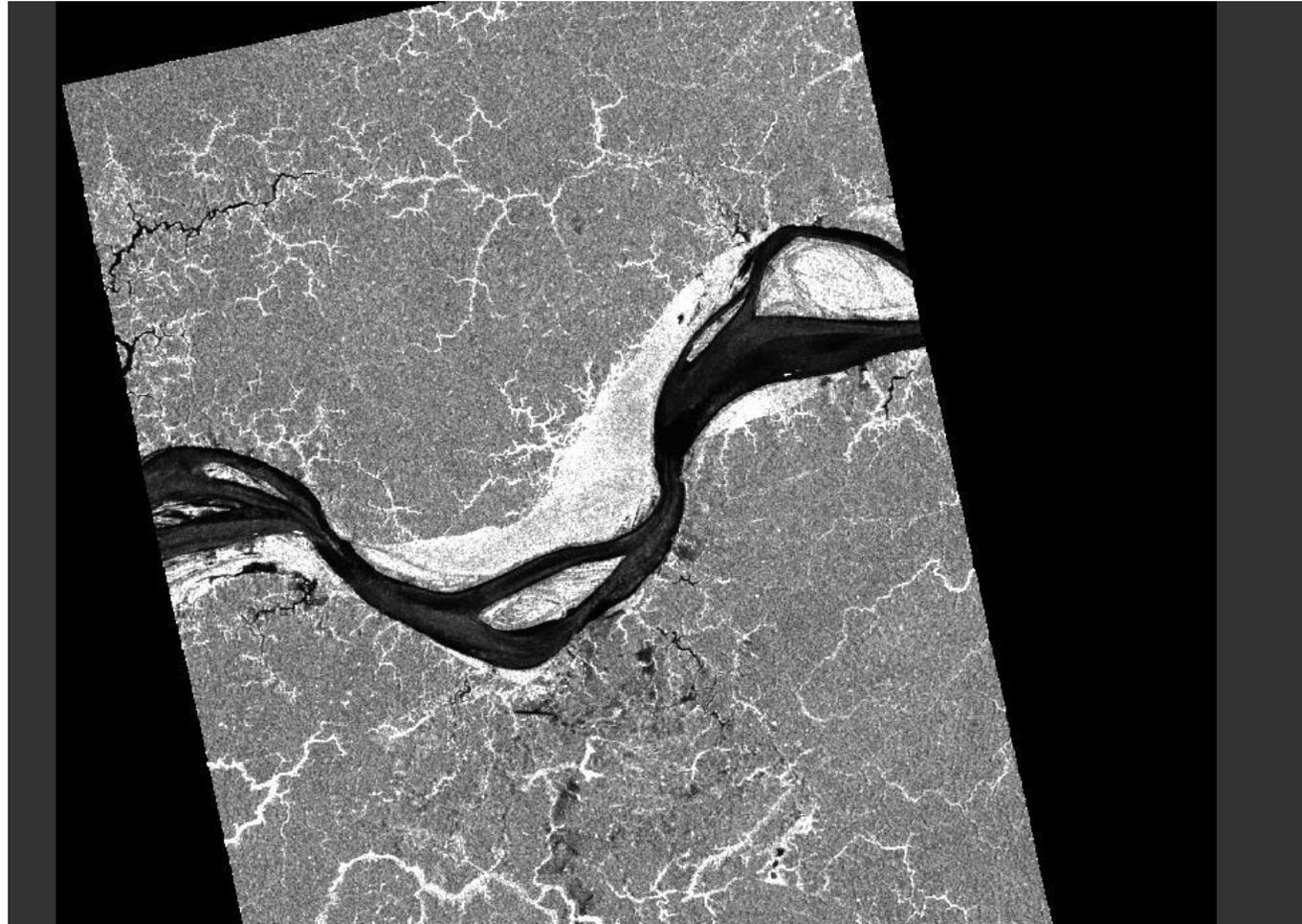


Doble Rebote

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

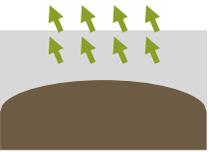
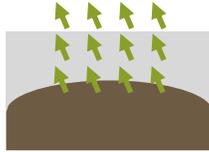
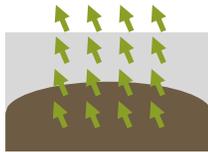
# Dispersión de la Señal de SAR sobre Regiones Inundadas

Imagen Palsar (Banda-L) cerca de Manaus, Brasil



# Longitud de Onda y Respuesta de la Señal de SAR sobre Vegetación Inundada

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

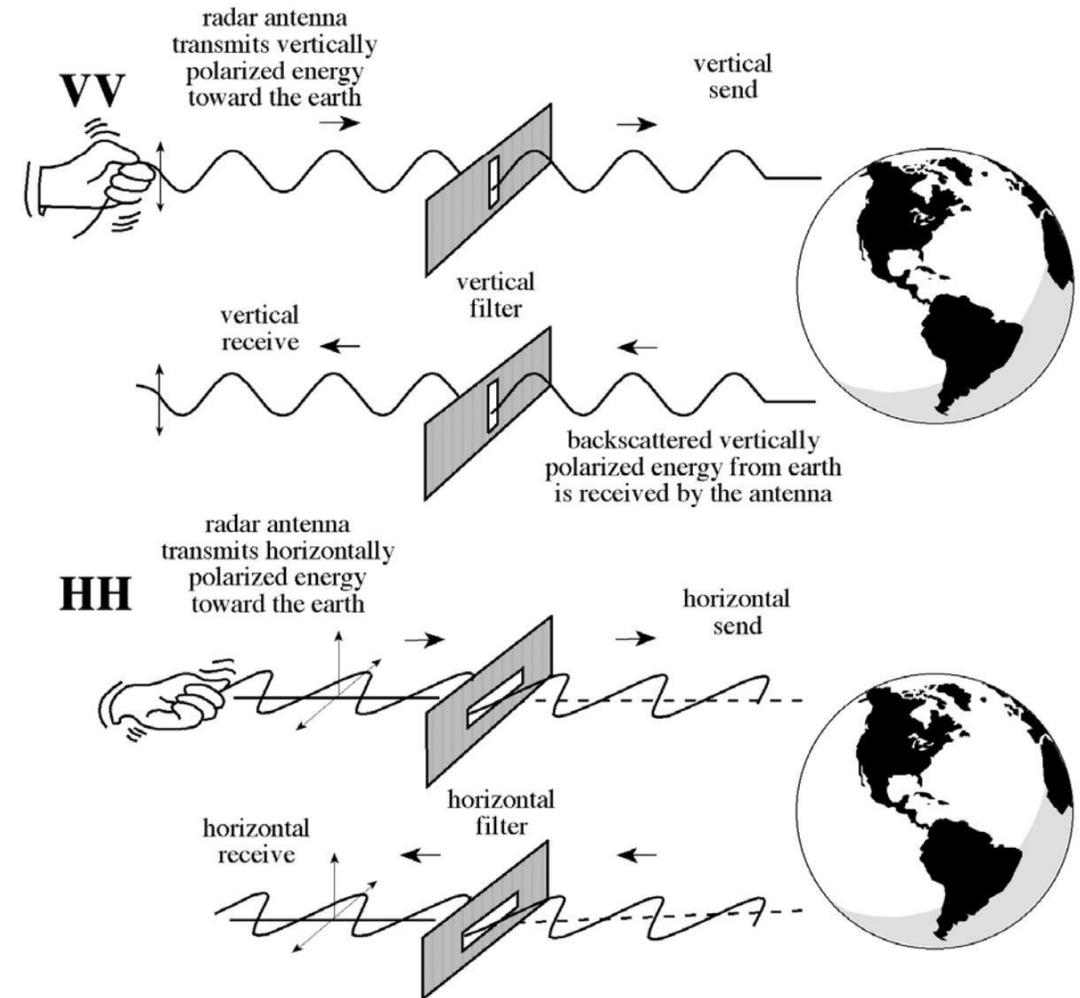
Vegetación			
Aluvión Seco			
	Banda-X 3 cm	Banda-C 5 cm	Banda-L 23 cm

Designación de Bandas*	Longitud de onda ( $\lambda$ ), cm	Frecuencia ( $\nu$ ), GHz ( $10^9$ ciclos·seg <sup>-1</sup> )
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 onda más frecuentemente utilizadas en SAR están en paréntesis

# Polarización

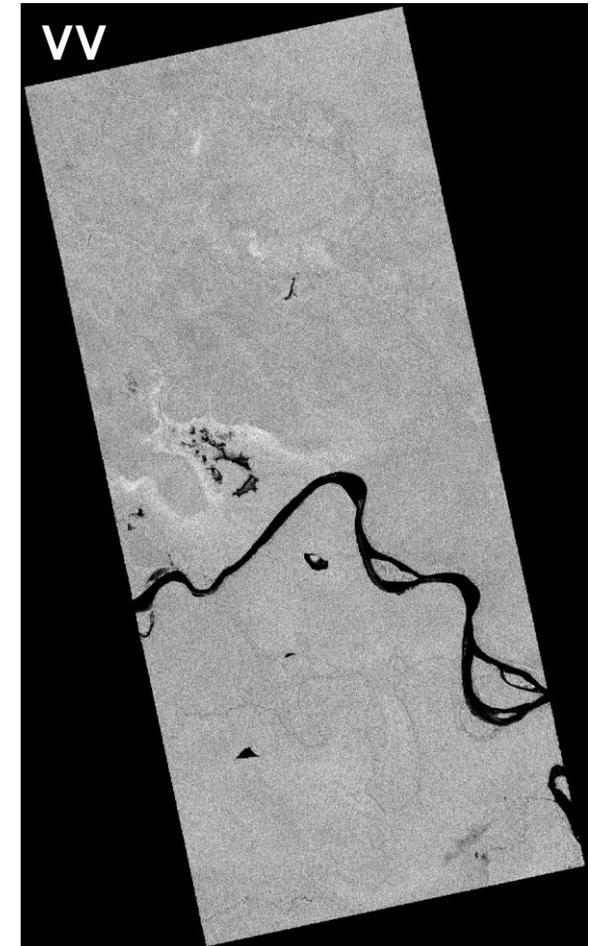
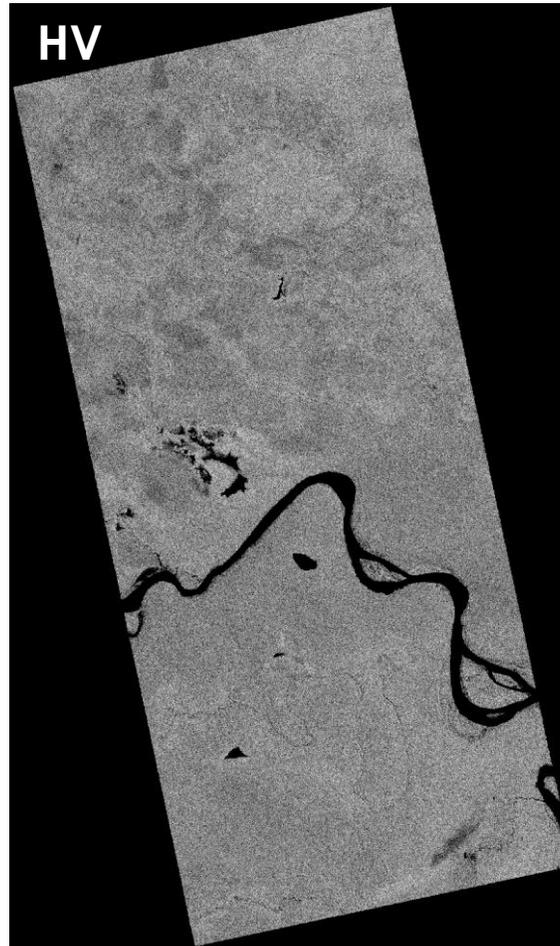
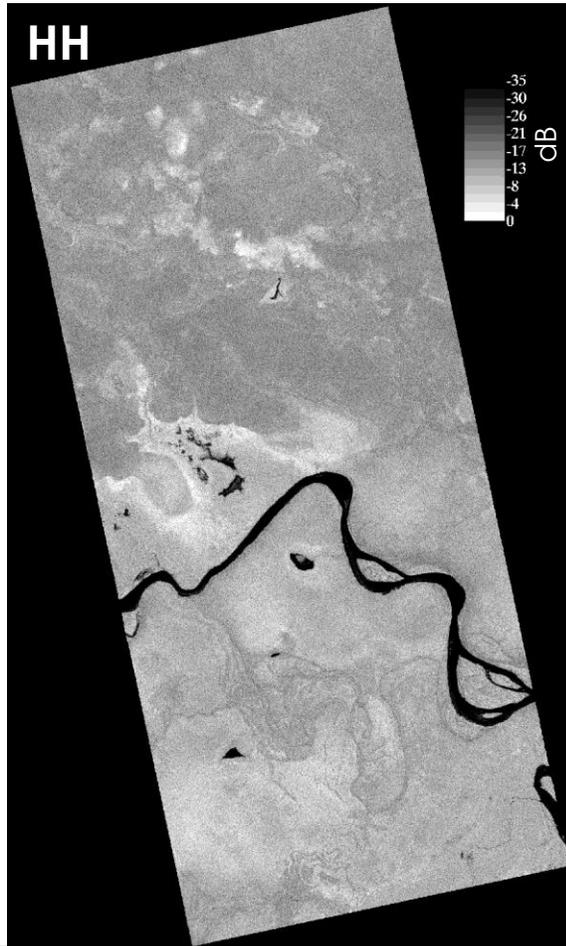
- La señal de radar es polarizada
- Las polarizaciones normalmente se controlan entre H y V:
  - HH: Transmitida Horizontalmente, Recibida Horizontalmente
  - HV: Transmitida Horizontalmente, Recibida Verticalmente
  - VH: Transmitida Verticalmente, Recibida Horizontalmente
  - VV: Transmitida Verticalmente, Recibida Verticalmente
- Configuración Quad-Pol: Cuando las cuatro polarizaciones se miden
- 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

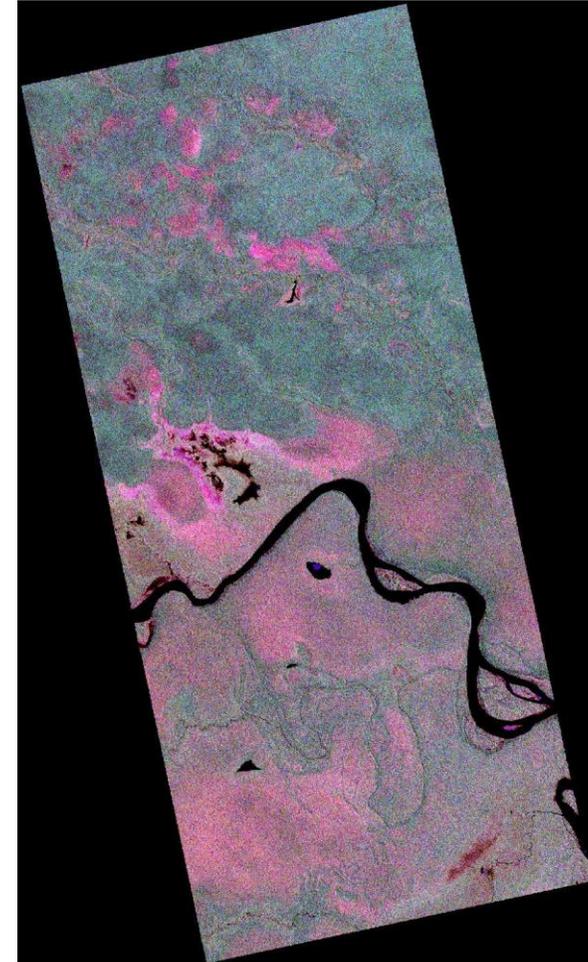
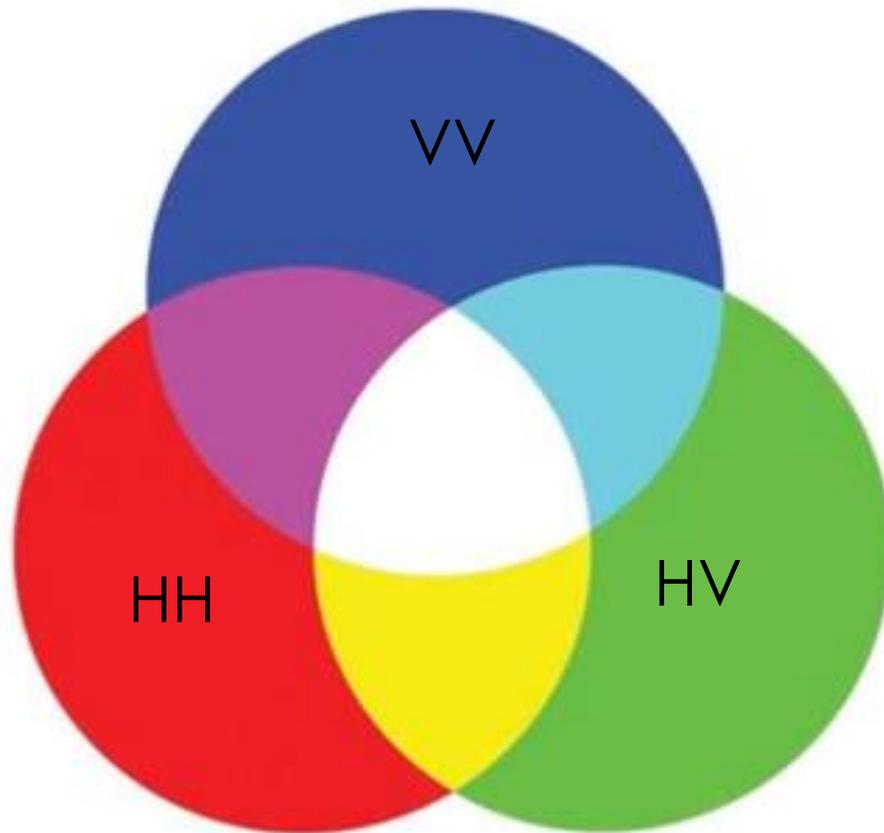
# Polarizaciones Múltiples para la Detección de Vegetación Inundada

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

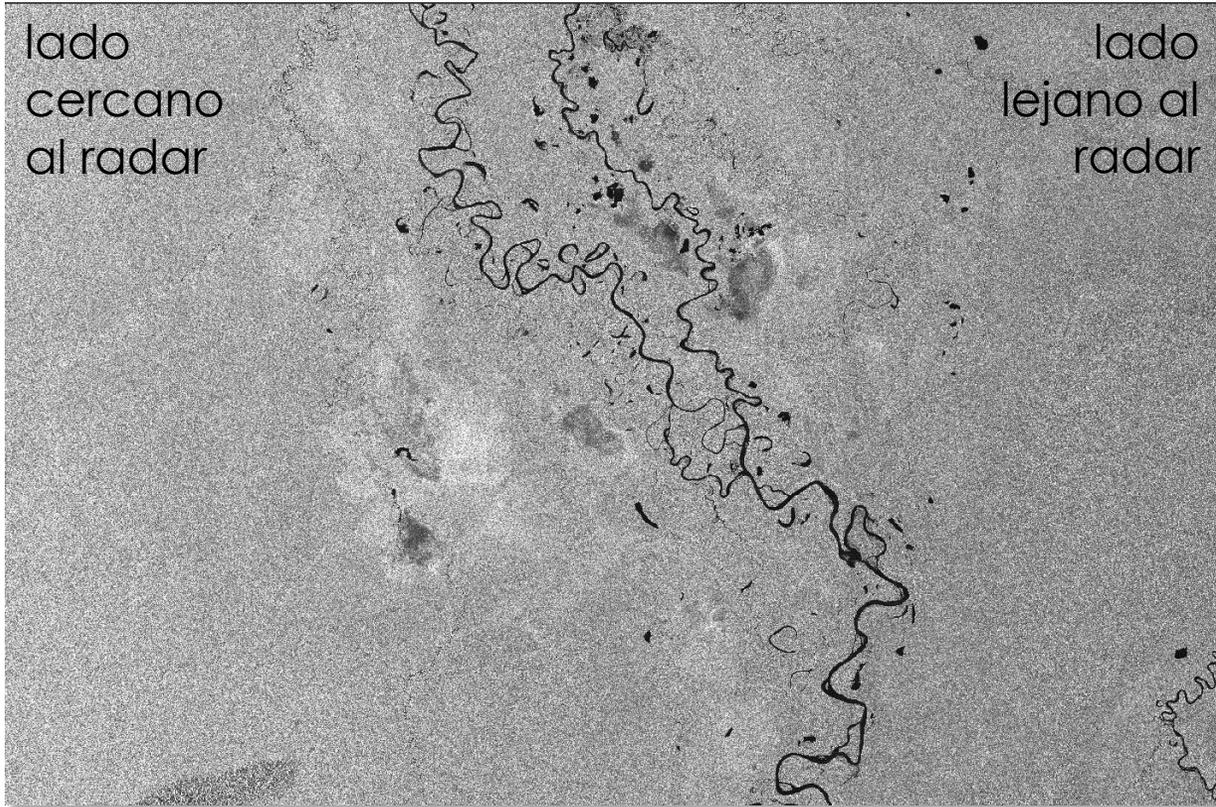


# Polarizaciones Múltiples para la Detección de Vegetación Inundada

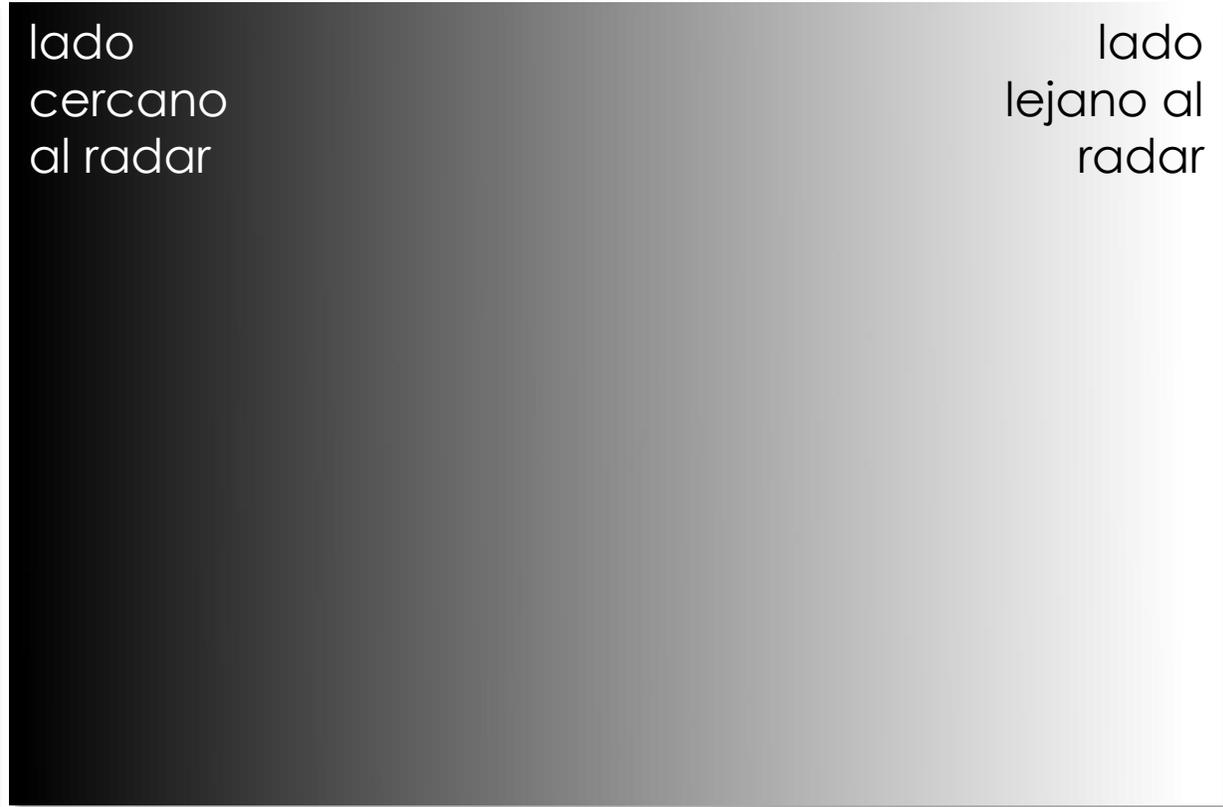
Imágenes de Palsar (Banda L) sobre Pacaya-Samiria en el Perú



# El Efecto de la Variación del Ángulo de Incidencia

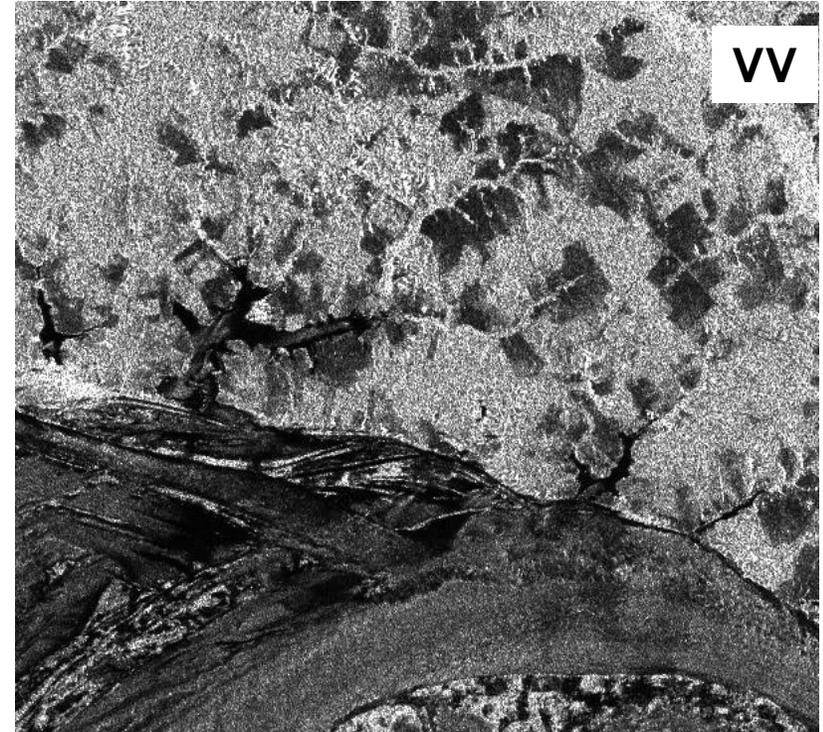
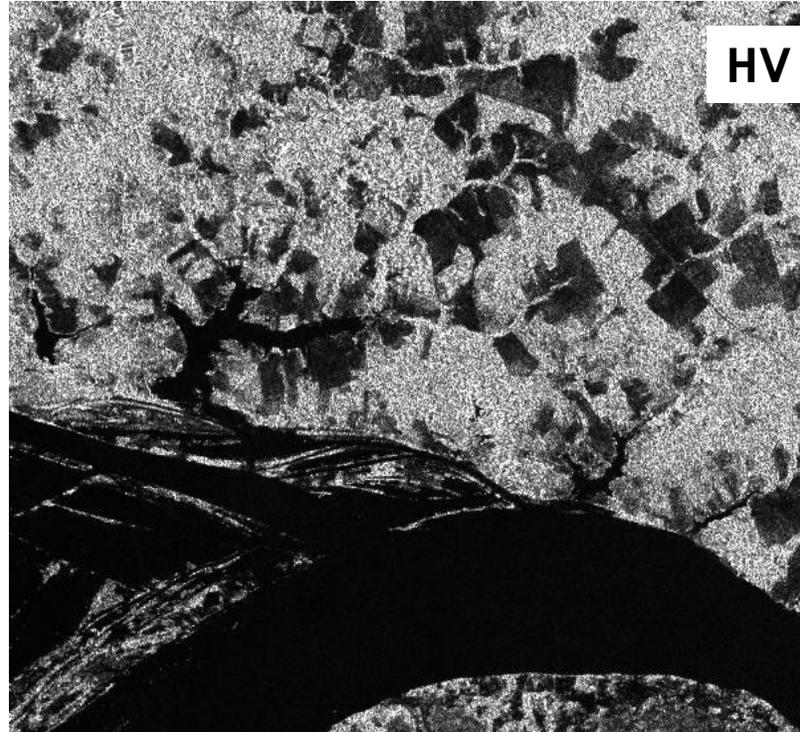
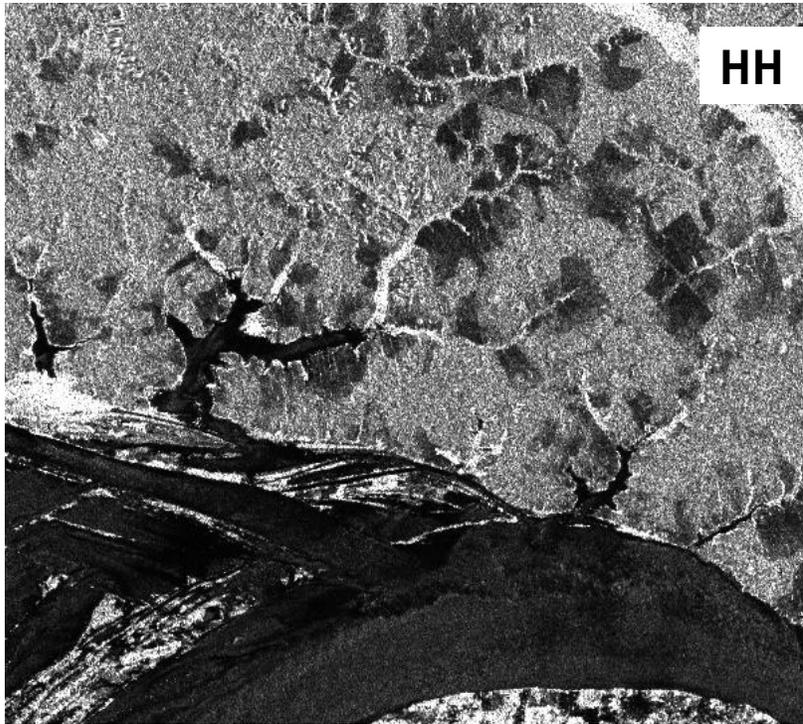


Sentinel-1



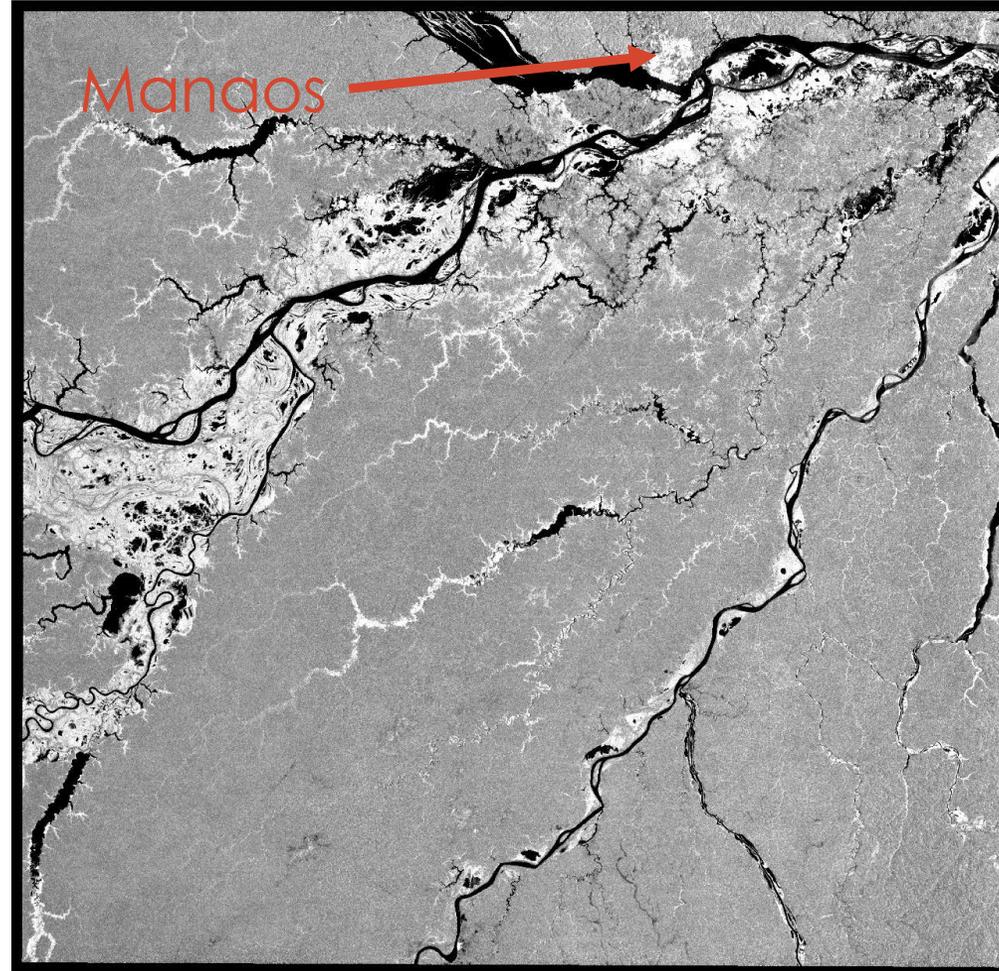
# Fuente de Confusión: Agua Abierta y Vegetación Baja

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



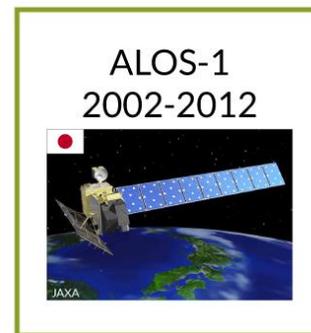
# Fuente de Confusión: Áreas Urbanas

Imagen HH de Palsar (Banda-L) de Manaus, Brasil y sus alrededores

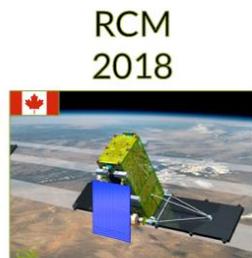
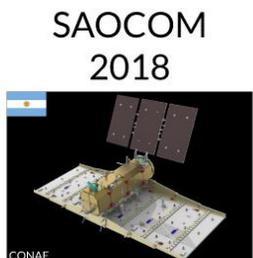
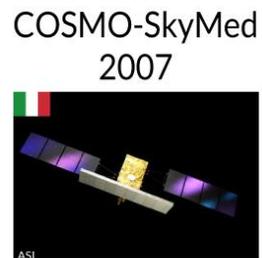
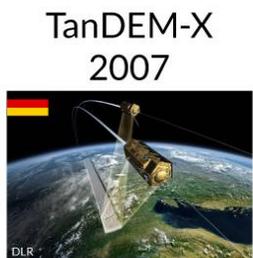


# Datos de Radar Disponibles

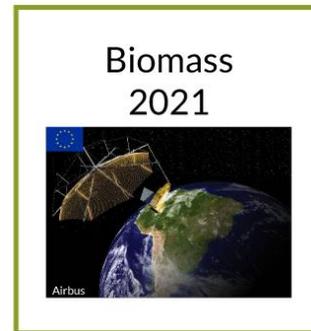
Antiguos:



Actuales:



Futuros:



de acceso libre

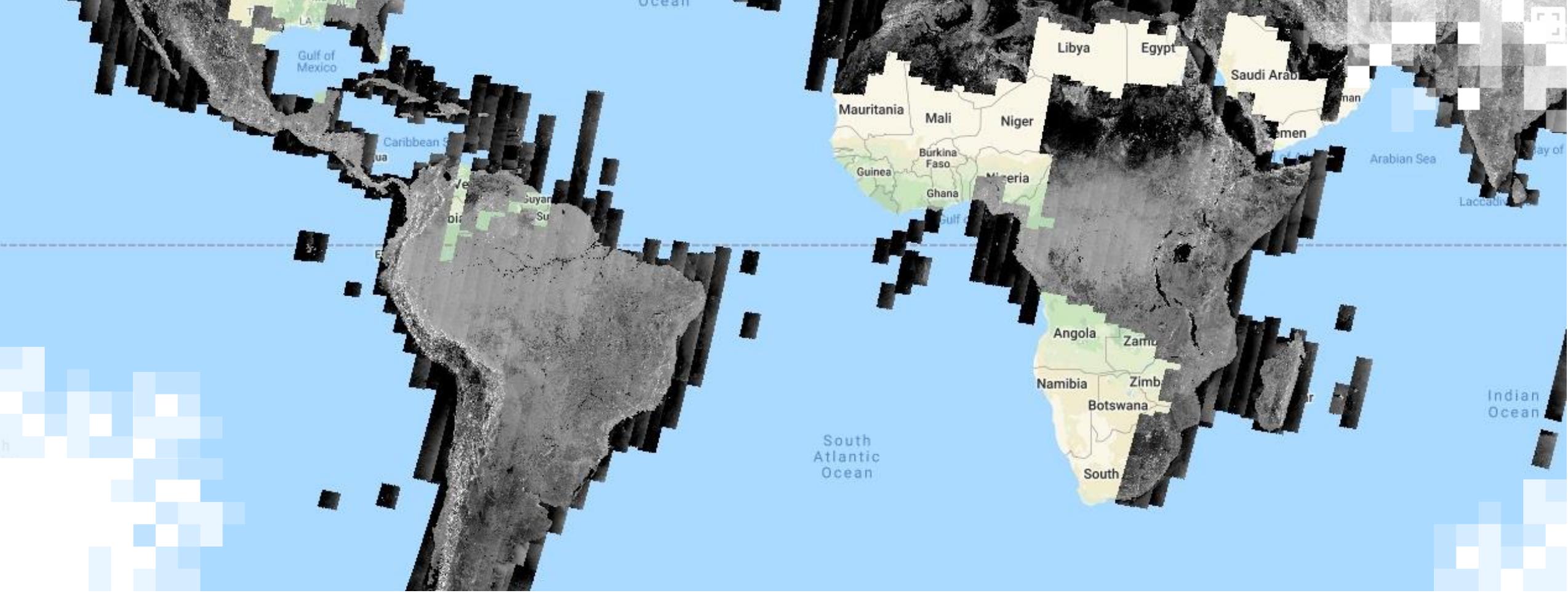
Fuente de la Imagen: Franz Meyer, Universidad de Alaska, Fairbanks

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

- Resolución espacial alta (10-30 metros) con tiempo de revisita frecuente
- Fecha de lanzamiento: principios de 2022
- Radar de Apertura Sintética (SAR) de Banda-L y Banda-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 disponibilidad libre y gratuita

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)

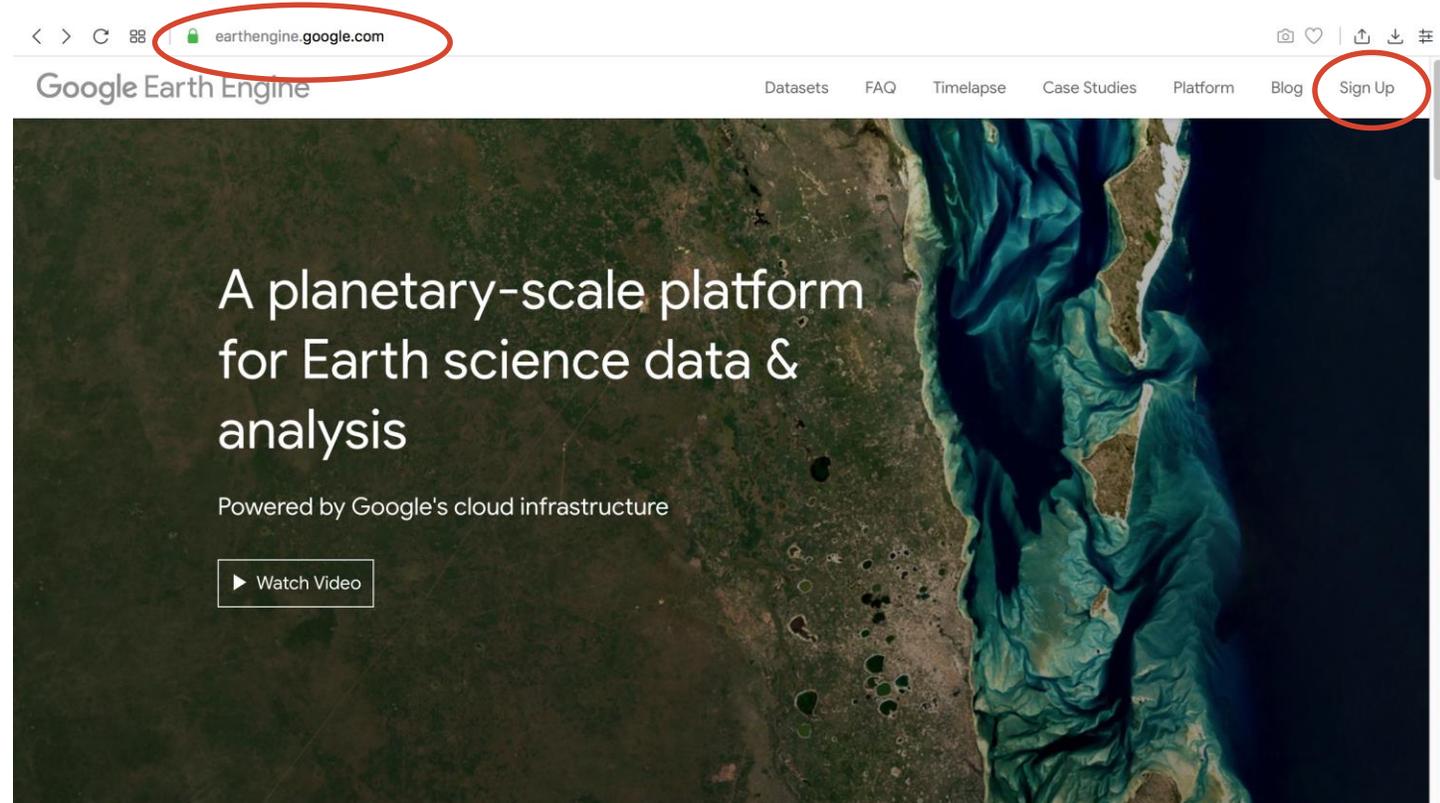


Ejercicio Práctico con Google Earth Engine

# Google Earth Engine

<https://earthengine.google.com>

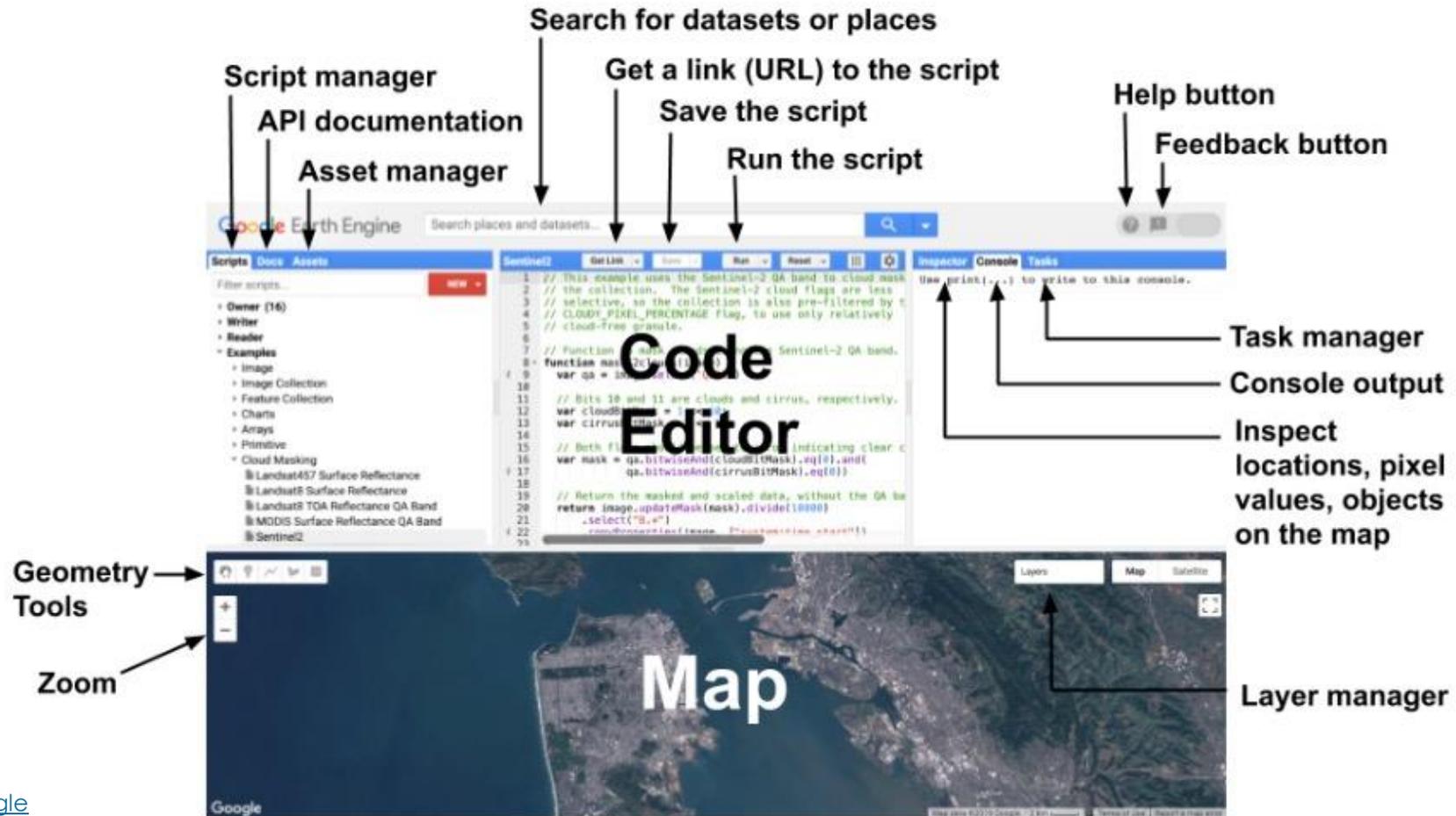
- Es una plataforma de procesamiento geoespacial en la nube
- Está disponible para científicos, investigadores y desarrolladores para analizar la superficie de la Tierra
- Contiene un catálogo de imágenes satelitales y conjuntos de datos geoespaciales (incluyendo Sentinel-1):
- <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/>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



Meet Earth Engine

# Editor de Código en Google Earth Engine

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

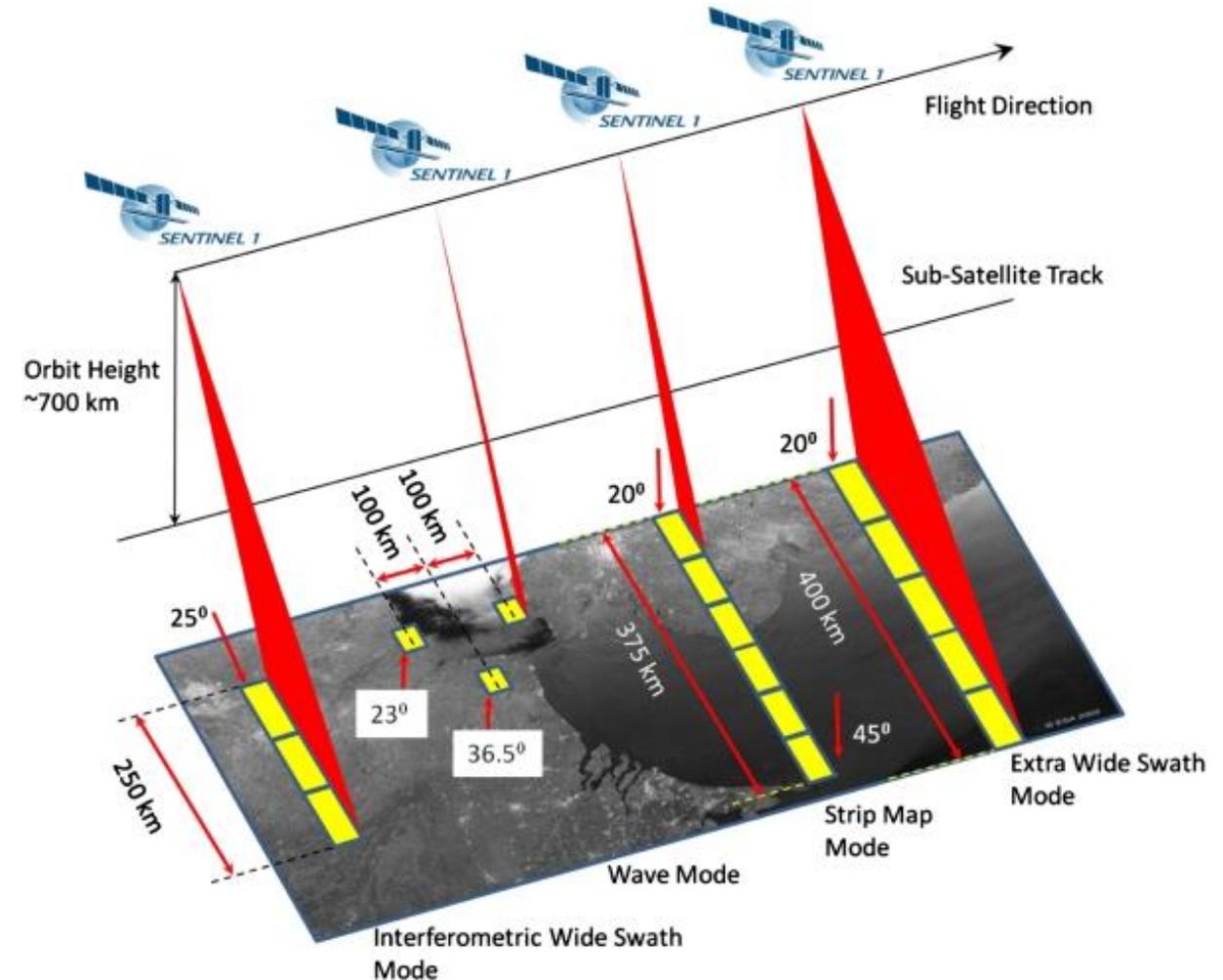


Fuente de la Imagen: [Google](https://code.earthengine.google.com)

# Datos Sentinel-1

## Dos satélites: A y B

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



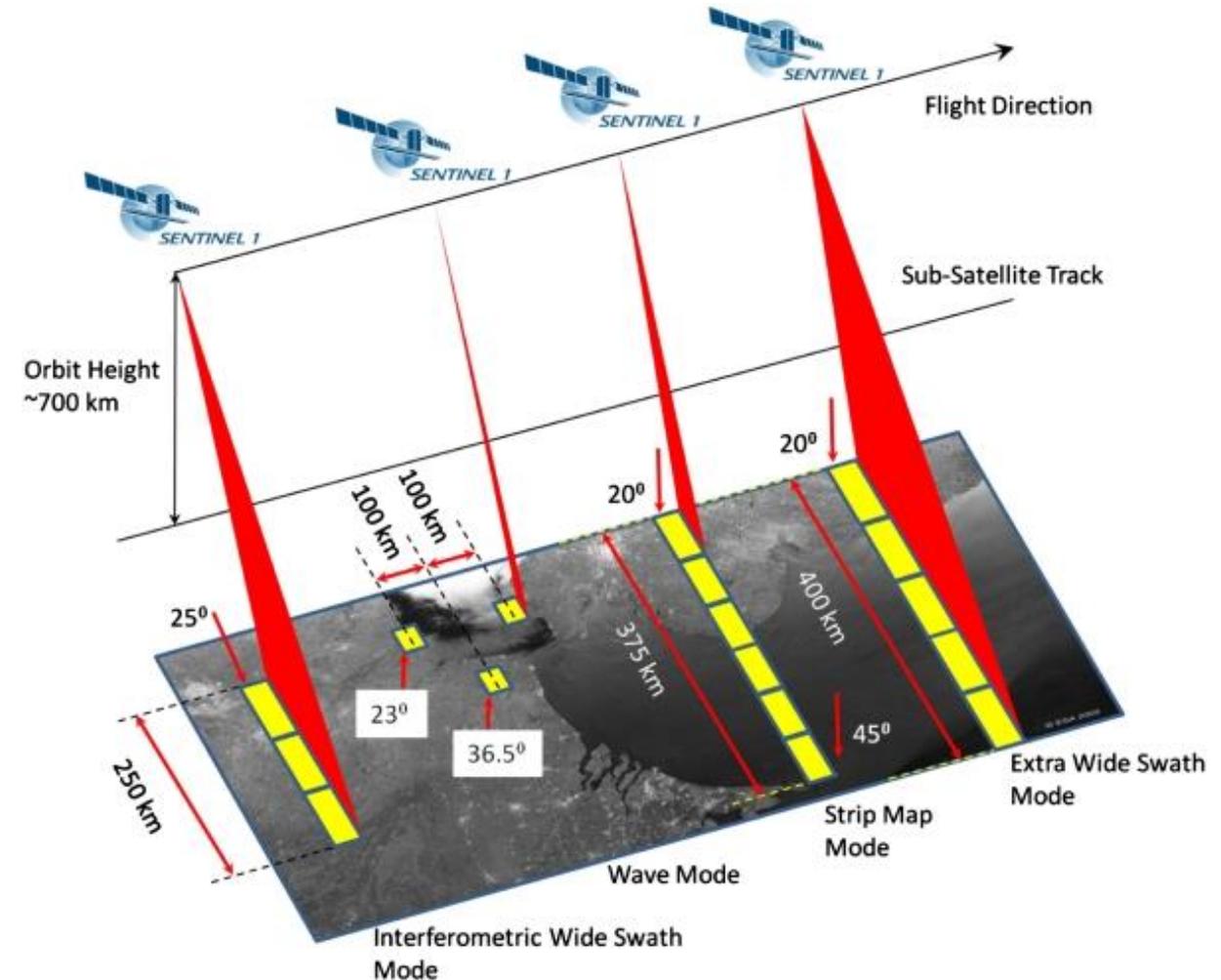
Fuente de la Imagen: [ESA](#)

# 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. desastres)
- Wave Mode (Modo Onda)– recolección rutinaria de los océanos
- *Interferometric Wide Swath (Barrido Ancho Interferométrico)* – recolección rutinaria de ecosistemas terrestres **(este es el que deben de utilizar para mapear inundaciones)**

Fuente de la Imagen: [ESA](#)



# Catálogo de Sentinel-1

[https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS\\_S1\\_GRD](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

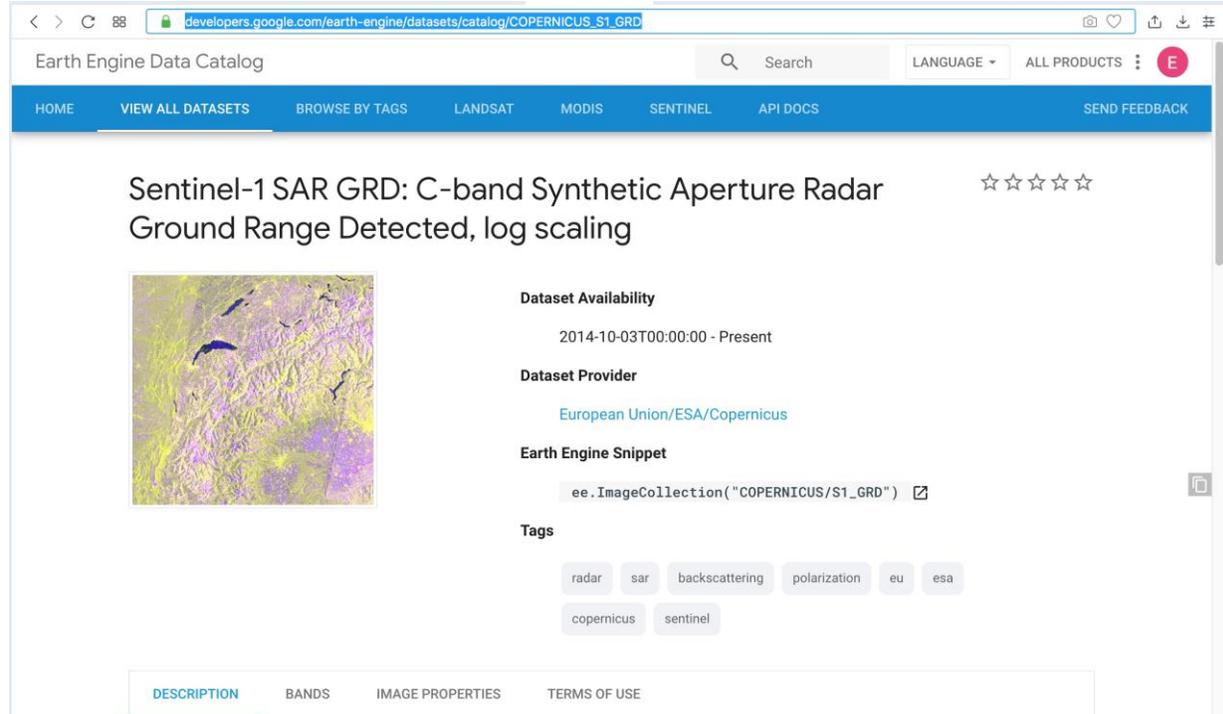
Each scene also includes an additional 'angle' band that contains the approximate viewing incidence angle in degrees at every point. This band is generated by interpolating the 'incidenceAngle' property of the 'geolocationGridPoint' gridded field provided with each asset.

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 ( $10 \cdot \log_{10}(x)$ ).

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.



The screenshot shows the Earth Engine Data Catalog interface. The main heading is "Sentinel-1 SAR GRD: C-band Synthetic Aperture Radar Ground Range Detected, log scaling". Below the heading is a thumbnail image of a SAR radar image. To the right of the image, there are details about the dataset: "Dataset Availability" (2014-10-03T00:00:00 - Present), "Dataset Provider" (European Union/ESA/Copernicus), and "Earth Engine Snippet" (ee.ImageCollection("COPERNICUS/S1\_GRD")). There are also tags for "radar", "sar", "backscattering", "polarization", "eu", "esa", "copernicus", and "sentinel". At the bottom, there are tabs for "DESCRIPTION", "BANDS", "IMAGE PROPERTIES", and "TERMS OF USE".

# Caso de Estudio

## El Huracán Matthew – Carolina del Sur

- 7 y 8 de octubre de 2016
- El huracán Matthew fue la tormenta más fuerte de la temporada de huracanes en el atlántico de 2016
- Tocó tierra por cuarta y última vez cerca de McClellanville, Carolina del Sur como un huracán de categoría 1 la mañana del 8 de octubre



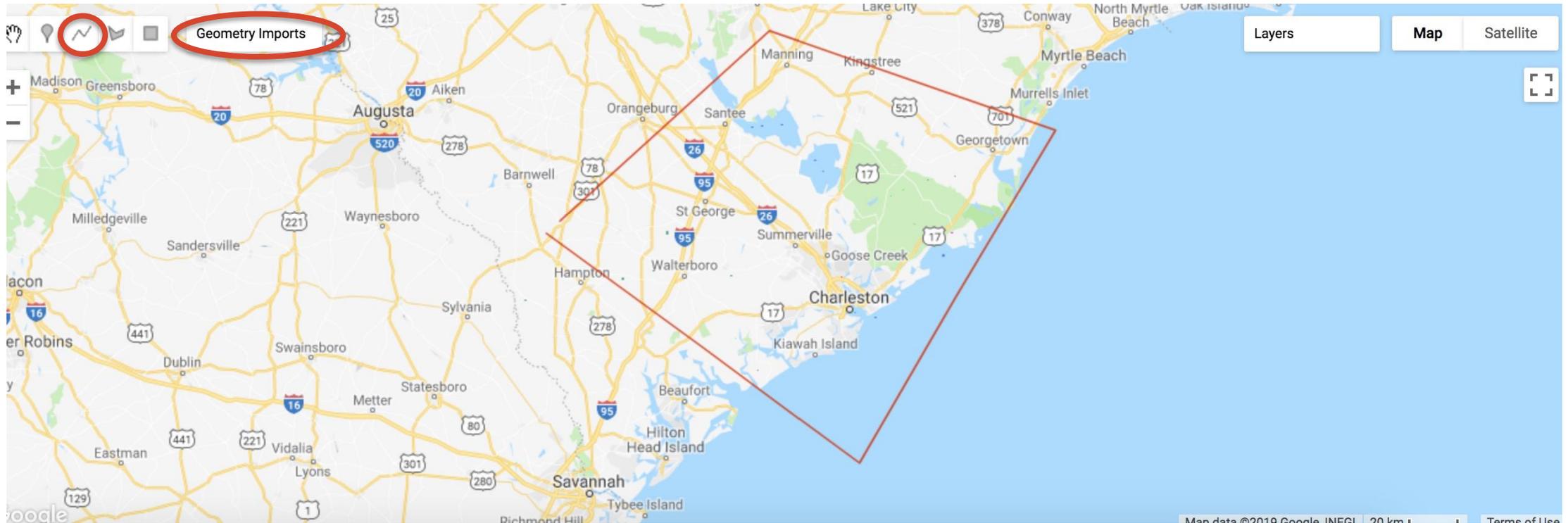
Fuente: Dustin Waters

# Ventana de Clasificación

1. Cargar la imagen o las imágenes por ser clasificada(s)
2. Juntar los datos de entrenamiento:
  - Recolecte los datos de entrenamiento para entrenar el clasificador
  - Recolecte muestras representativas de retrodispersión para cada clase de cobertura terrestre
3. Crear un conjunto de datos de entrenamiento:
  - Sobreponga las áreas de entrenamiento en las imágenes de interés
  - Extraiga la retrodispersión para esas áreas
4. Entrenar el clasificador y ejecute la clasificación
5. Validar sus resultados

# Identificar el Área de Interés

1. Seleccione el icono **draw a line** en la parte superior izquierda
2. Dibuje su área de interés
3. Bajo **Geometry Imports** en la parte superior izquierda, seleccione **geometry** y cámbiele el nombre a **ROI**



# Cargar la Imagen o las Imágenes por Clasificar

```
// Load Sentinel-1 C-band SAR Ground Range collection (log scale, vv, ascending)
var collection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
  .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
  .filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'ASCENDING'))
  .filterMetadata('resolution_meters', 'equals', 10)
  .filterBounds(roi)
  .select('vv', 'vh');
```



# Filtrar por Fecha y Visualizar

```
//Filter by date  
var before = collection.filterDate('2016-10-04', '2016-10-05').mosaic();  
var after = collection.filterDate('2016-10-16', '2016-10-17').mosaic();  
  
// // Display map  
Map.centerObject(roi, 7);  
Map.addLayer(before, {min:-15,max:0}, 'Before flood', 0);  
Map.addLayer(after, {min:-15,max:0}, 'After flood', 0);
```

# Aplicar un Filtro de Speckle y Visualizar

```
//Apply filter to reduce speckle
var SMOOTHING_RADIUS = 50;
var before_filtered = before.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle',
'meters');
var after_filtered = after.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle',
'meters');

//Display filtered images
Map.addLayer(before_filtered, {min:-15,max:0}, 'Before Flood Filtered',0);
Map.addLayer(after_filtered, {min:-15,max:0}, 'After Flood Filtered',0);
```

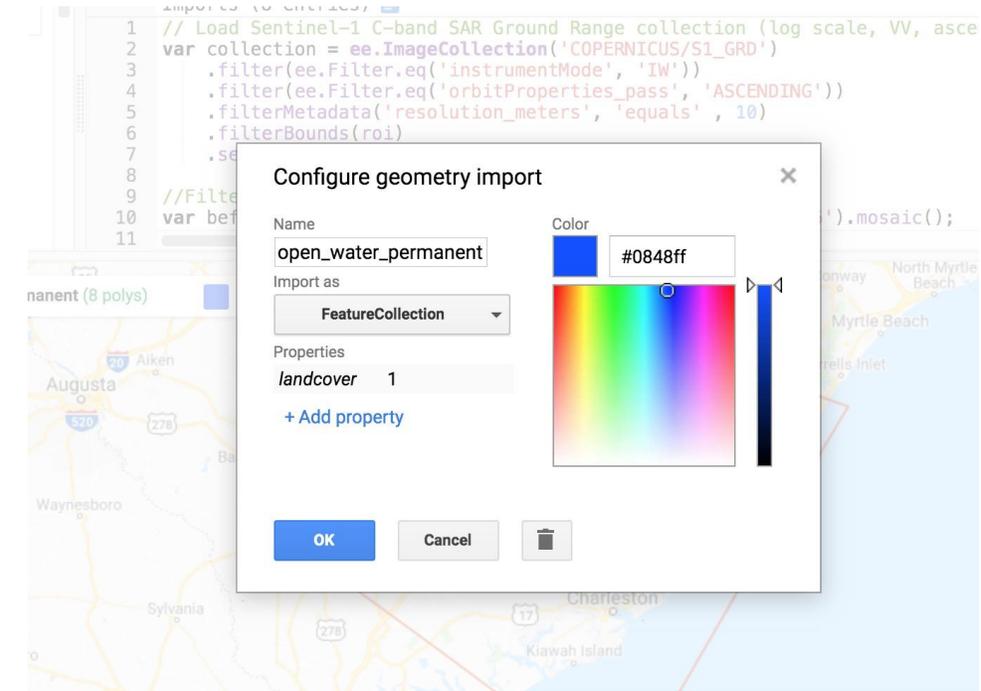
# Selección de Datos de Entrenamiento

1. El primer paso en la realización de una clasificación supervisada es recolectar los datos de entrenamiento para “entrenar” el clasificador
  - Esto conlleva recolectar muestras representativas de retrodispersión para cada clase de cobertura terrestre
2. Visualice la imagen VV de después y vaya a **Geometry Imports** al lado de las herramientas de dibujo geométrico y haga clic en **+ new layer**
3. Al lado, seleccione el icono de dibujar polígono (**polygon**)
4. Cada nueva capa representa una clase dentro de los datos de entrenamiento, por ejemplo **open\_water** (agua abierta)



# Selección de Datos de Entrenamiento

5. Defina la primera capa nueva como **open\_water**
6. Ubique áreas en la capa nueva en ríos y lagos y haga clic para recolectarlos
7. Recolecte una muestra representativa de polígonos y cambie el nombre de **geometry** a **open\_water**
8. Configure la importación de open\_water (engranaje, parte superior en la sección imports section)
5. Haga clic en el engranaje para configurarla, cambie **Import as** de **Geometry** a **FeatureCollection**
6. Utilice **Add property** y configure su valor como 1. (Las siguientes clases serán 2, 3, 4 etc.) y cuando termine haga clic en **OK**



# Combine las Clases Definidas

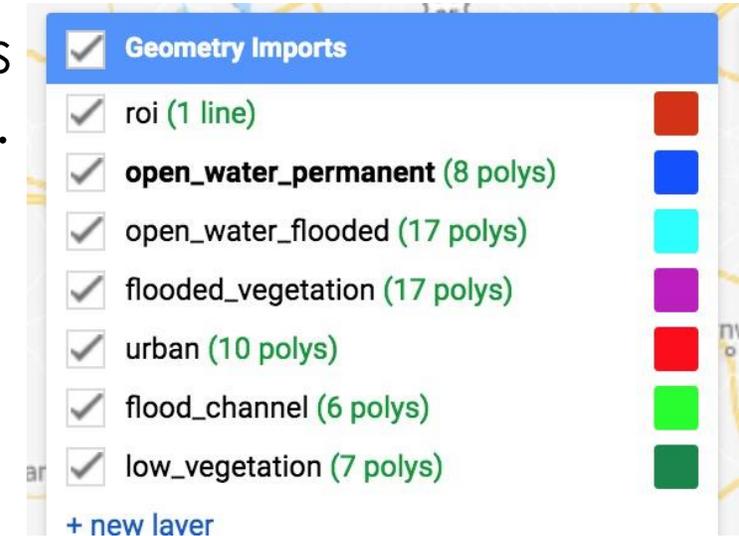
- Hemos identificado seis clases. El siguiente paso es combinarlas en una sola colección, conocida como una FeatureCollection.

11. Ejecute el siguiente comando para combinar las geometrías en un solo FeatureCollection:

```
//Merge Feature Collections
```

```
var newfc =
```

```
open_water_permanent.merge(open_water_flooded).merge(flooded_vegetation).merge(urban).merge(flood_channel).merge(low_vegetation);
```



# Crear Datos de Entrenamiento

- Vamos a utilizar la FeatureCollection que creamos para extraer valores de retrodispersión para cada clase de cobertura terrestre identificada para todas las imágenes que se van a utilizar en la clasificación.
- Los datos de capacitación se crean superponiendo los puntos de entrenamiento en la imagen.

```
//Define the bands to be used to train your data  
var final = ee.Image.cat(before_filtered, after_filtered)  
var bands = ['VV'];  
var training = final.select(bands).sampleRegions({  
  collection: newfc,  
  properties: ['landcover'],  
  scale: 30 })
```

# Entrenar el Clasificador

```
//Train the classifier  
var classifier = ee.Classifier.cart().train({  
  features: training,  
  classProperty: 'landcover',  
  inputProperties: bands  
});
```

# Realizar la Clasificación

- Realizamos la clasificación aplicando el conocimiento de nuestras áreas de capacitación al resto de la imagen:

```
//Run the Classification
```

```
var classified = final.select(bands).classify(classifier);
```

- Visualice los resultados utilizando la función de mapeo que sigue. Puede que necesite ajustar los colores, pero si se le asignaron colores y números a los datos de entrenamiento, el resultado se producirá con esos números y colores de clases

```
//Display the Classification
```

```
Map.addLayer(classified,
```

```
{min: 1, max: 6, palette: ['0848ff', '00ffff', 'bf04c2', 'ff0000',  
'00ff00', '0f874a']},
```

```
'classification');
```

# Validación de los Resultados

- Aquí vemos la validación de las áreas de entrenamiento únicamente, la cual describe cuán exitosamente el clasificador logró etiquetar datos de entrenamiento resustituidos
- Para una validación verdadera, necesitamos utilizar nuevos datos de “prueba”

Inspector Console Tasks

Use print(...) to write to this console.

RF error matrix:

▼ List (7 elements)

- ▶ 0: [0,0,0,0,0,0,0]
- ▶ 1: [0,4801,0,0,0,0,0]
- ▶ 2: [0,0,345,106,0,228,551]
- ▶ 3: [0,0,54,729,0,228,510]
- ▶ 4: [0,0,0,0,307,0,0]
- ▶ 5: [0,0,61,89,0,494,304]
- ▶ 6: [0,0,119,57,0,224,5561]

RF accuracy:

0.8286159263271939

```
// Create a confusion matrix representing resubstitution accuracy.  
print('RF error matrix: ', classifier.confusionMatrix());  
print('RF accuracy: ', classifier.confusionMatrix().accuracy());
```

# Sobreponer Datos de Poblaciones

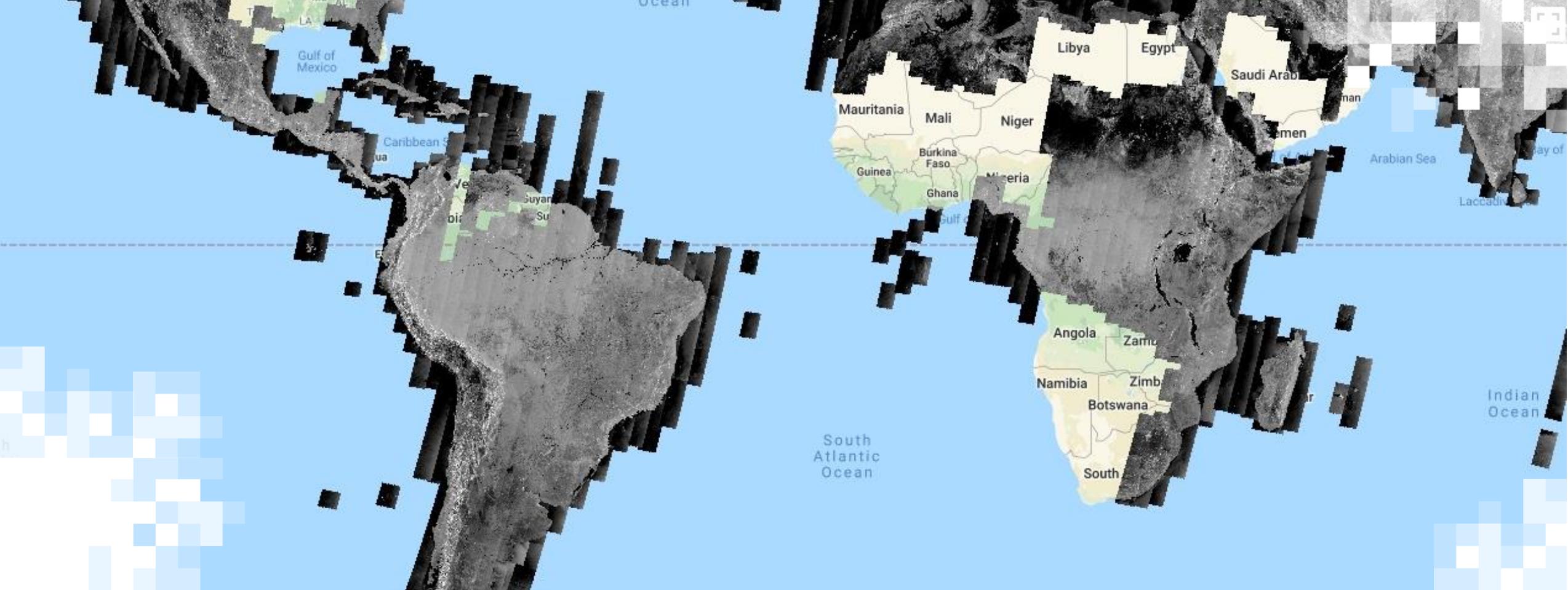
```
//Add Population Layer
var dataset = ee.ImageCollection('CIESIN/GPwv4/population-density');
var populationDensity = dataset.select('population-density')
var populationDensityVis = {
  min: 200.0,
  max: 1500.0,
  palette: ['ffffff', 'ffc6c6', 'ff0000', '950000'],
};
Map.addLayer(populationDensity, populationDensityVis, 'Population
Density');
```

# Sobreponer Carreteras

```
//Add Road Layer  
var dataset = ee.FeatureCollection('TIGER/2016/Roads');  
var roads = dataset.style({color: '#4285F4', width: 1});  
Map.addLayer(roads, {}, 'TIGER/2016/Roads');
```

# Exportar la Imagen a Google Drive

```
// Export the image, specifying scale and region.  
Export.image.toDrive({  
  image: classified,  
  description: 'Flooding',  
  scale: 100,  
  region: roi,  
  fileFormat: 'GeoTIFF',  
});
```



GRACIAS

# Contactos

- ARSET- Desastres
  - Erika Podest: [erika.podest@jpl.nasa.gov](mailto:erika.podest@jpl.nasa.gov)
  - Amita Mehta: [amita.v.mehta@nasa.gov](mailto:amita.v.mehta@nasa.gov)
  - Sean McCartney: [sean.mccartney@nasa.gov](mailto:sean.mccartney@nasa.gov)
- Preguntas Generales sobre ARSET
  - Ana Prados: [aprados@umbc.edu](mailto:aprados@umbc.edu)
- Página Web de ARSET:
  - <http://arset.gsfc.nasa.gov>