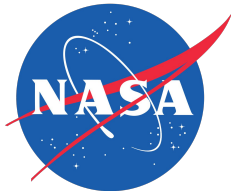


# Workshop: Synthetic Aperture Radar (SAR) & Google Earth Engine

Source: ESA

Andrea Puzzi Nicolau

*Amazonia Regional Science Associate*  
NASA SERVIR Science Coordination Office  
Earth System Science Center  
University of Alabama in Huntsville



# **Synthetic Aperture Radar (SAR)**



# Synthetic Aperture Radar (SAR)

**Begin here**



**Radar → What's the acronym?**





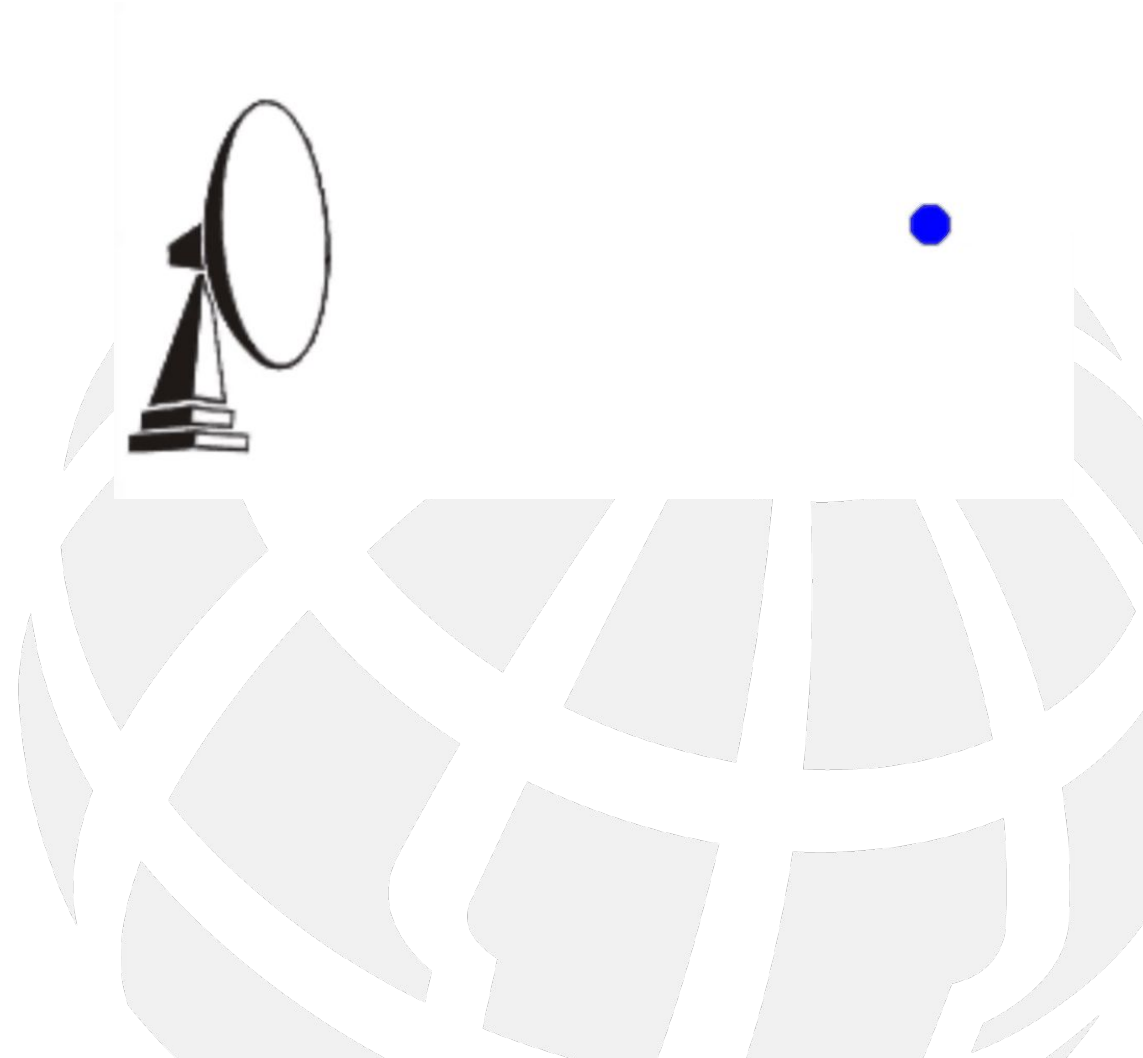
**Radar → What's the acronym?**

**RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging



**Radar → What's the acronym?**

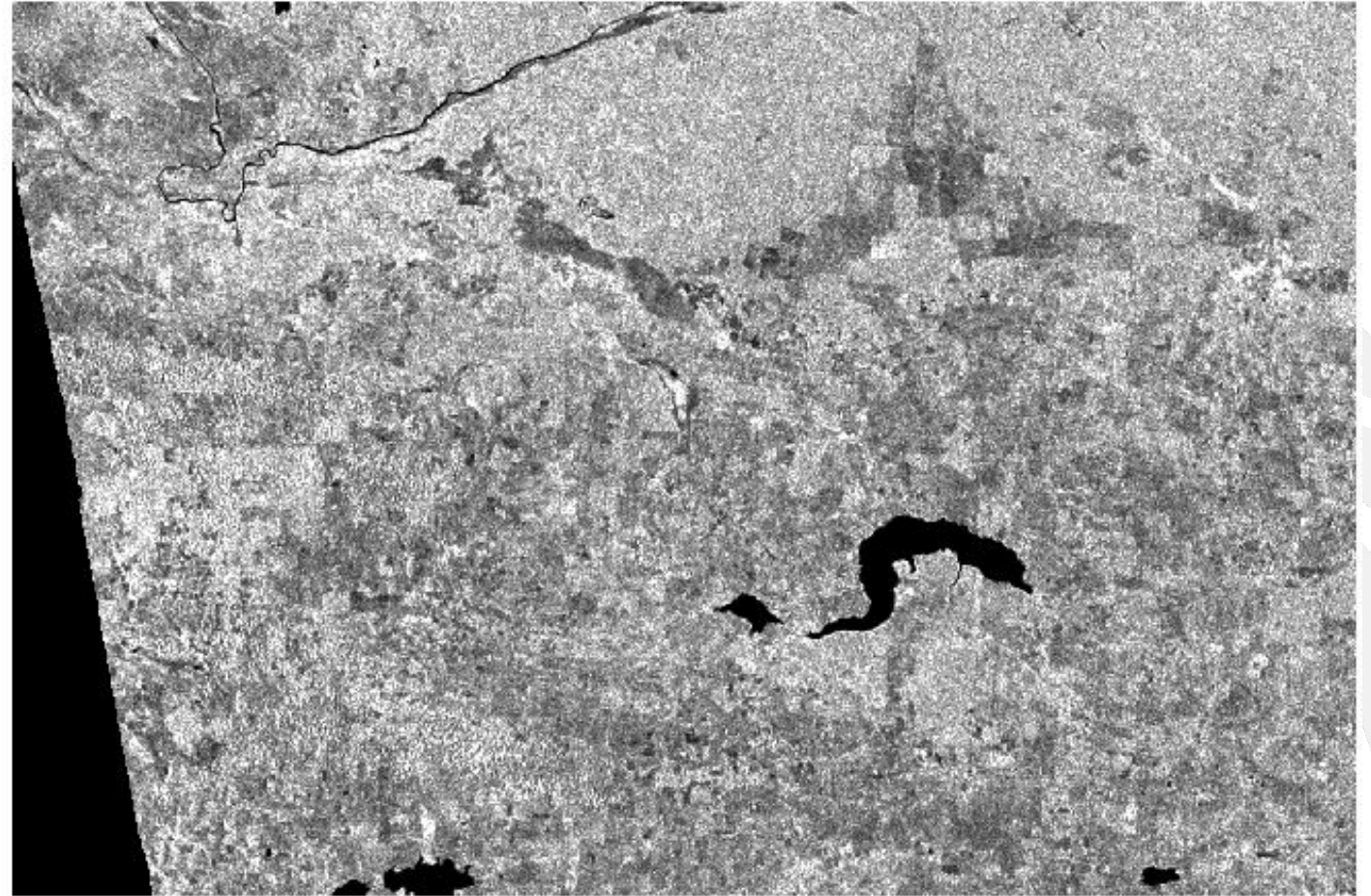
**RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging



# What does SAR see?

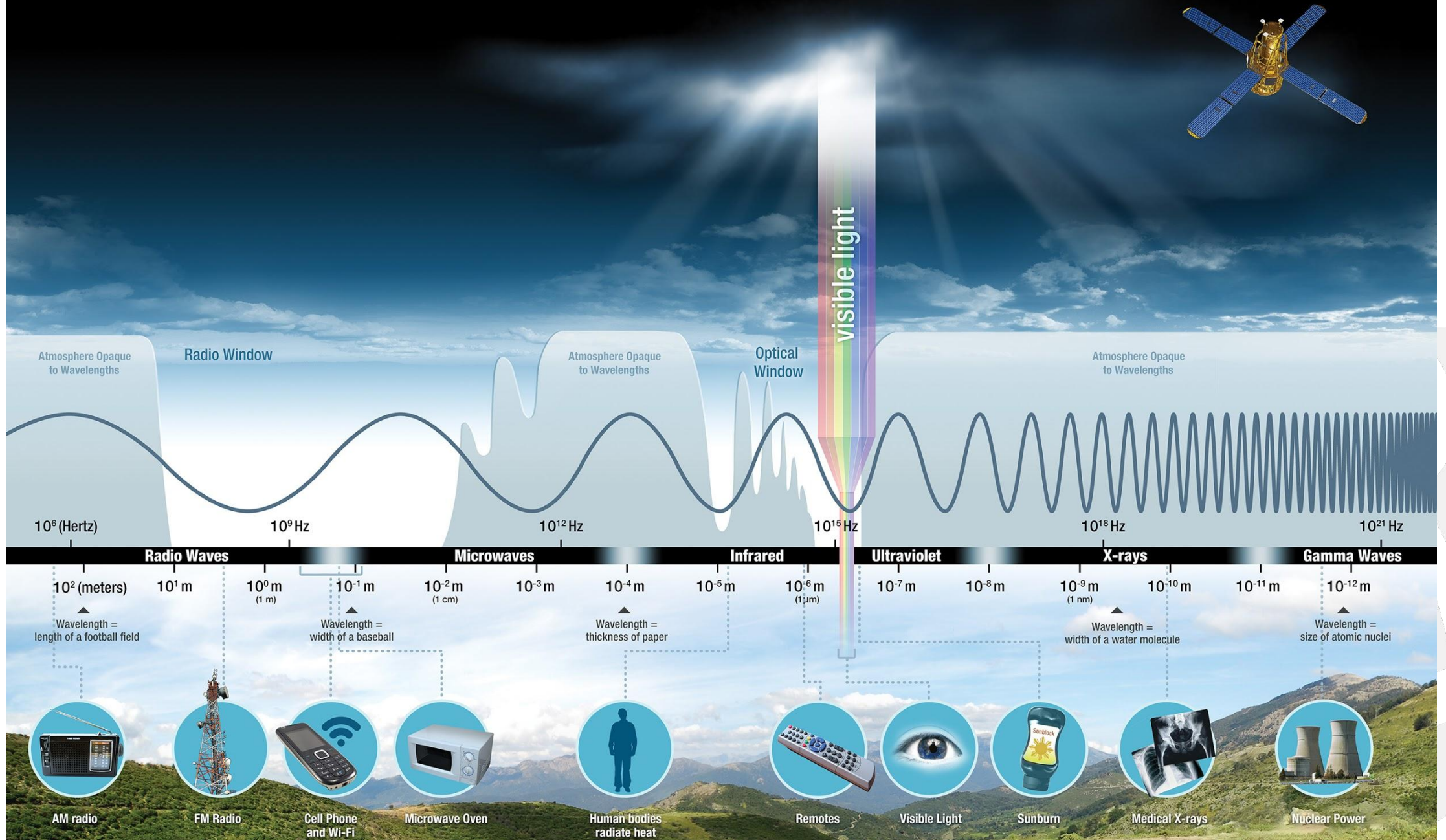
- Structure
- Moisture

2017-01-03





# Electromagnetic Spectrum



Source: National Aeronautics and Space Administration, Science Mission Directorate. (2010). Introduction to the Electromagnetic Spectrum. Retrieved [insert date - e.g. August 10, 2016], from NASA Science website: [http://science.nasa.gov/ems/01\\_intro](http://science.nasa.gov/ems/01_intro)



# Radar Microwave Spectrum (approximately)

Band	Frequency		Wavelength		General Application
Ka	27 – 40	GHz	1.1 – 0.8	cm	Rarely used for SAR (airports surveillance)
K	18 – 27	GHz	1.7 – 1.1	cm	Rarely used for SAR (H <sub>2</sub> O absorption)
Ku	12 – 18	GHz	2.4 – 1.7	cm	Rarely used for SAR (satellite altimetry)
X	8 – 12	GHz	3.8 – 2.4	cm	<b>High-resolution SAR</b> (urban monitoring; ice and snow; little penetration into vegetation cover; fast coherence decay in vegetated areas)
C	4 – 8	GHz	7.5 – 3.8	cm	<b>SAR workhorse</b> (global mapping; change detection; monitoring of areas with low to moderate vegetation; improved penetration; higher coherence); Ice, ocean, maritime navigation
S	2 – 4	GHz	15 – 7.5	cm	<b>Little but increasing use for SAR-based Earth observation</b> ; agriculture monitoring (NISAR will carry an S-band channel; expands C-band applications to higher vegetation density)
L	1 – 2	GHz	30 – 15	cm	<b>Medium resolution SAR</b> (geophysical monitoring; biomass and vegetation mapping; high penetration; InSAR)
P	0.3 – 1	GHz	100 – 30	cm	<b>Biomass</b> . First P-band spaceborne SAR will be launched ~2020; vegetation mapping and assessment. Experimental SAR

# Radar Microwave Spectrum (approximately)

Band	Frequency		Wavelength		General Application
Ka	27 – 40	GHz	1.1 – 0.8	cm	Rarely used for SAR (airports surveillance)
K	18 – 27	GHz	1.7 – 1.1	cm	Rarely used for SAR (H <sub>2</sub> O absorption)
Ku	12 – 18	GHz	2.4 – 1.7	cm	Rarely used for SAR (satellite altimetry)
X	8 – 12	GHz	3.8 – 2.4	cm	<b>High-resolution SAR</b> (urban monitoring; ice and snow; little penetration into vegetation cover; fast coherence decay in vegetated areas)
C	4 – 8	GHz	7.5 – 3.8	cm	<b>SAR workhorse</b> (global mapping; change detection; monitoring of areas with low to moderate vegetation; improved penetration; higher coherence); Ice, ocean, maritime navigation
S	2 – 4	GHz	15 – 7.5	cm	<b>Little but increasing use for SAR-based Earth observation</b> ; agriculture monitoring (NISAR will carry an S-band channel; expands C-band applications to higher vegetation density)
L	1 – 2	GHz	30 – 15	cm	<b>Medium resolution SAR</b> (geophysical monitoring; biomass and vegetation mapping; high penetration; InSAR)
P	0.3 – 1	GHz	100 – 30	cm	<b>Biomass</b> . First P-band spaceborne SAR will be launched ~2020; vegetation mapping and assessment. Experimental SAR

# SAR backscatter values are determined by the **sensor** and **object** characteristics

- **Sensor characteristics:**

- Frequency/wavelength
- Polarization,
- Incidence angle,
- Slant-range direction

**For time series analysis:**

Always use data with same characteristics

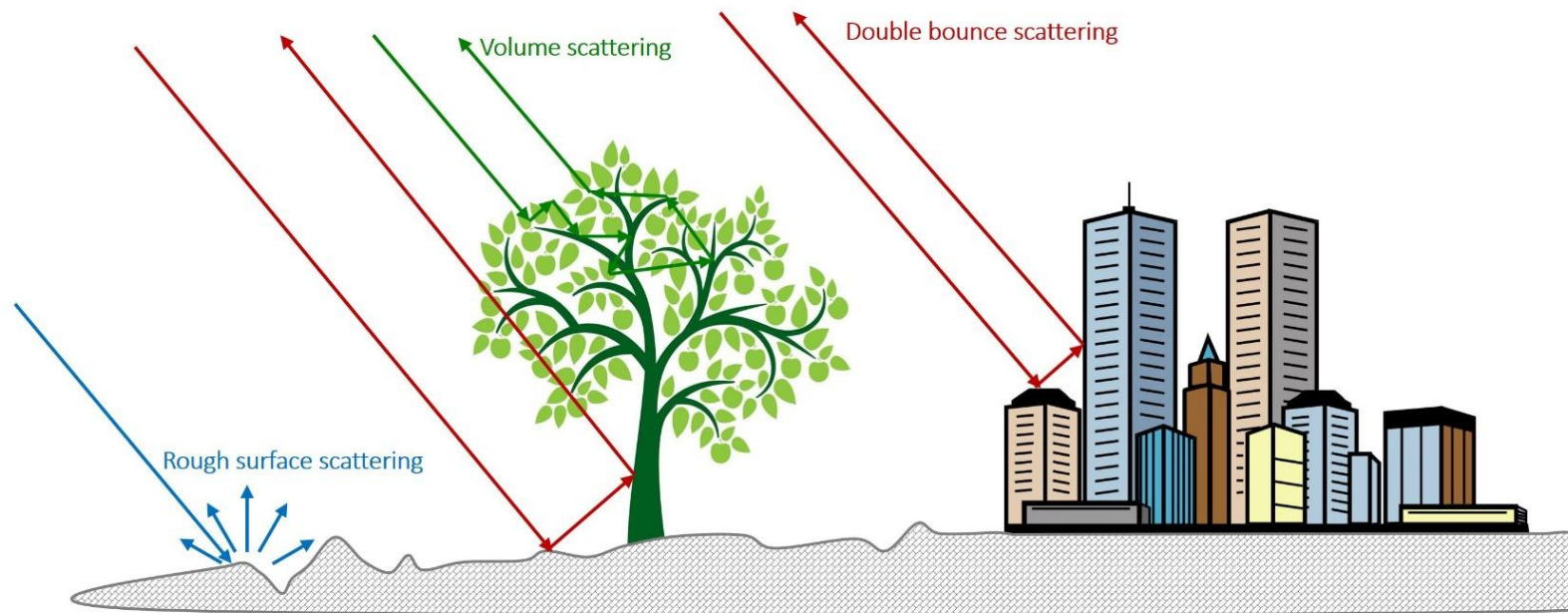
- To avoid errors in change detection

- **Object characteristics:**

- Increase in soil and vegetation moisture □ increase in backscatter
- Water bodies □ low response (dark image) - However, wind and ocean currents can increase backscatter response especially for short wavelengths (X, C bands)
- For longer wavelengths, double-bounce effect under the canopy can increase the backscatter response

# Scattering mechanisms

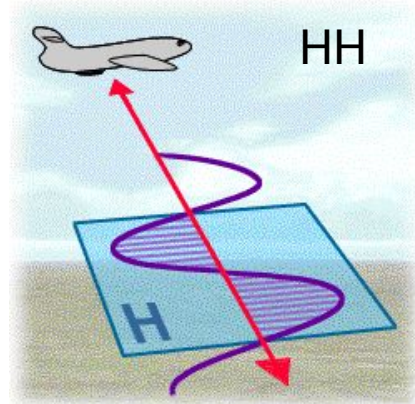
- Three main scattering mechanisms:
  - **Rough surface scattering**: water, bare soils, paved surfaces - scattering strongly dependent on surface roughness and sensor wavelength
  - **Double bounce scattering**: buildings, tree trunks, light poles, and other vertical structures - little wavelength dependence
  - **Volume scattering**: Vegetation; dry soils with high penetration – strongly dependent on sensor wavelength and dielectric properties of medium



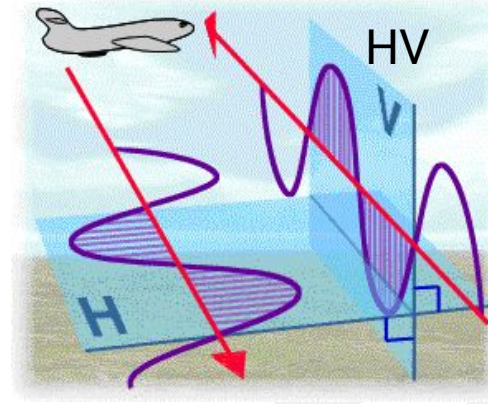


# Polarizations

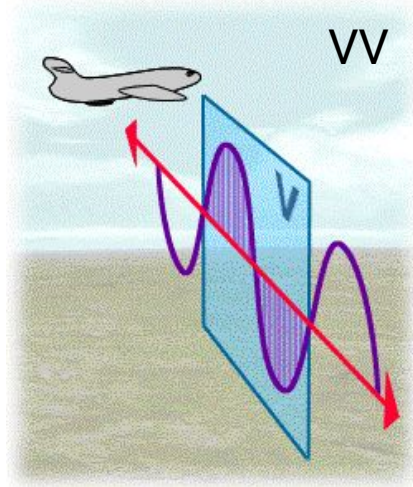
Horizontal Transmit  
Horizontal Receive



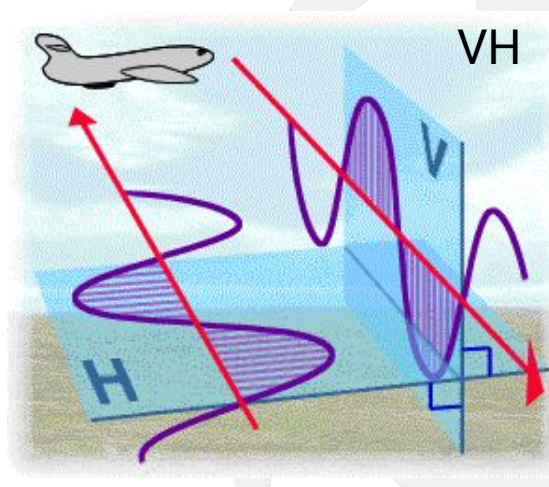
Horizontal Transmit  
Vertical Receive



Vertical Transmit  
Vertical Receive



Vertical Transmit  
Horizontal Receive

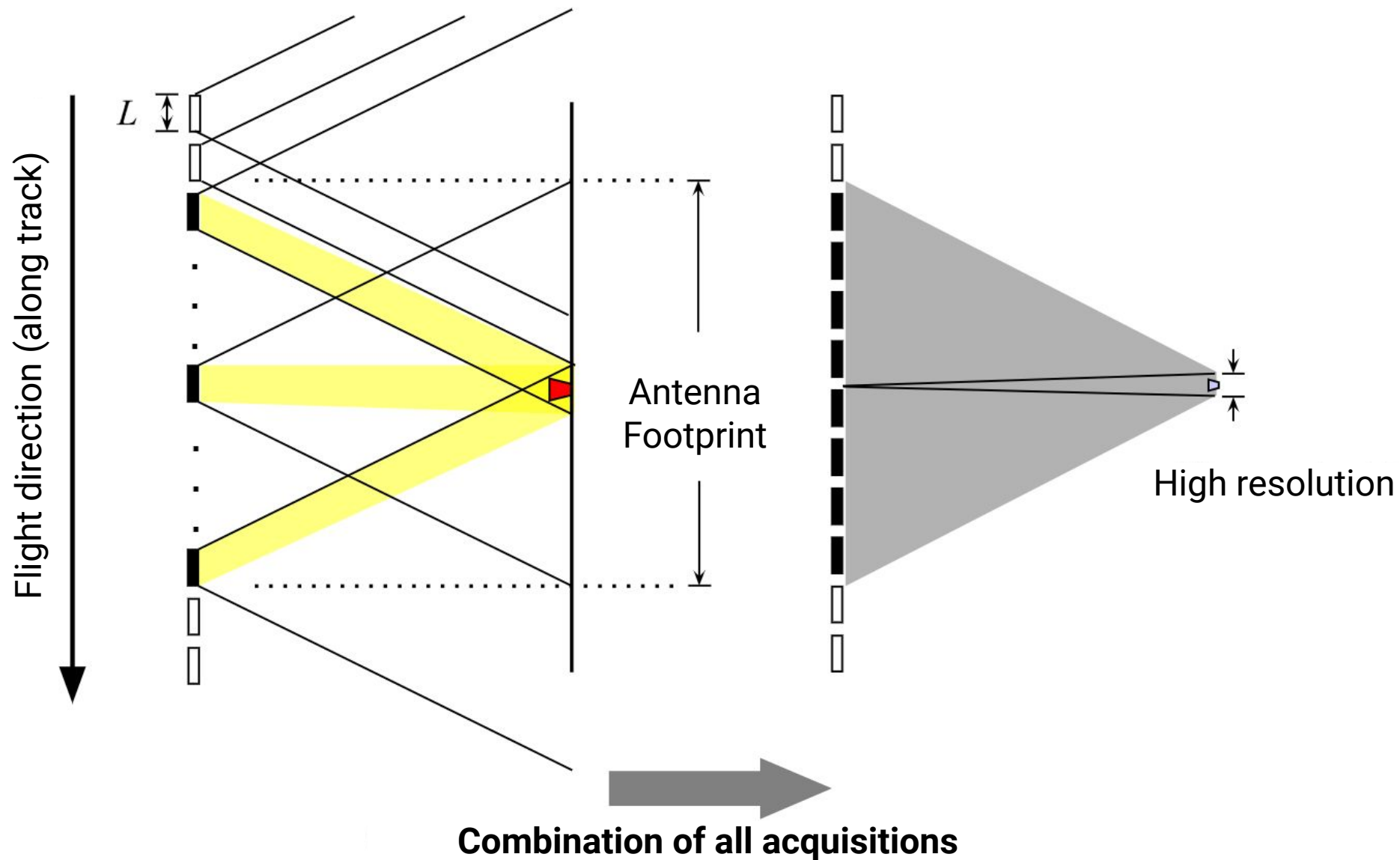


# SAR polarimetry

- **Single polarization (single pol):**
  - VV or HH (or possibly HV or VH)
- **Dual polarization (dual pol):**
  - HH and HV, VV and VH, or HH and VV
- **Quad polarization (quad pol, fully-polarimetric):**
  - HH, VV, HV, and VH



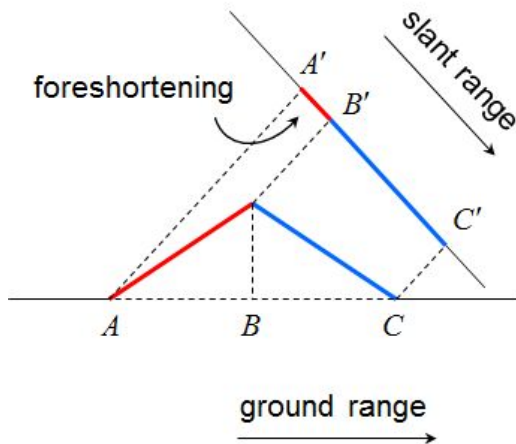
# The concept of Synthetic Aperture Radar



# Geometric distortions due to viewing geometry (side-looking)

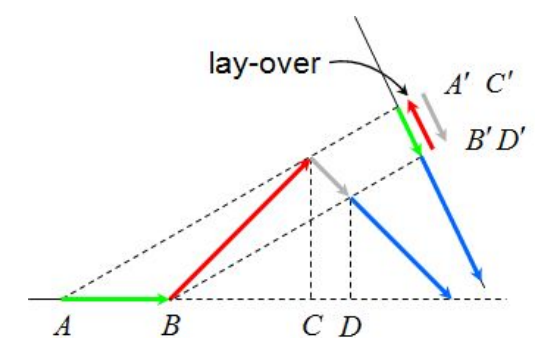
## Foreshortening

- Sensor-facing slope foreshortened in image
- Foreshortening effects *decrease* with increasing look angle



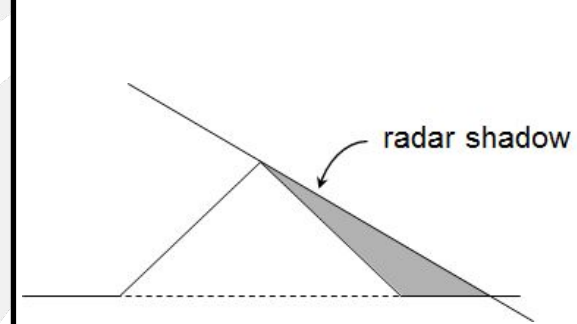
## Layover

- Mountain top overlain on ground ahead of mountain
- Layover effects *decrease* with increasing look angle



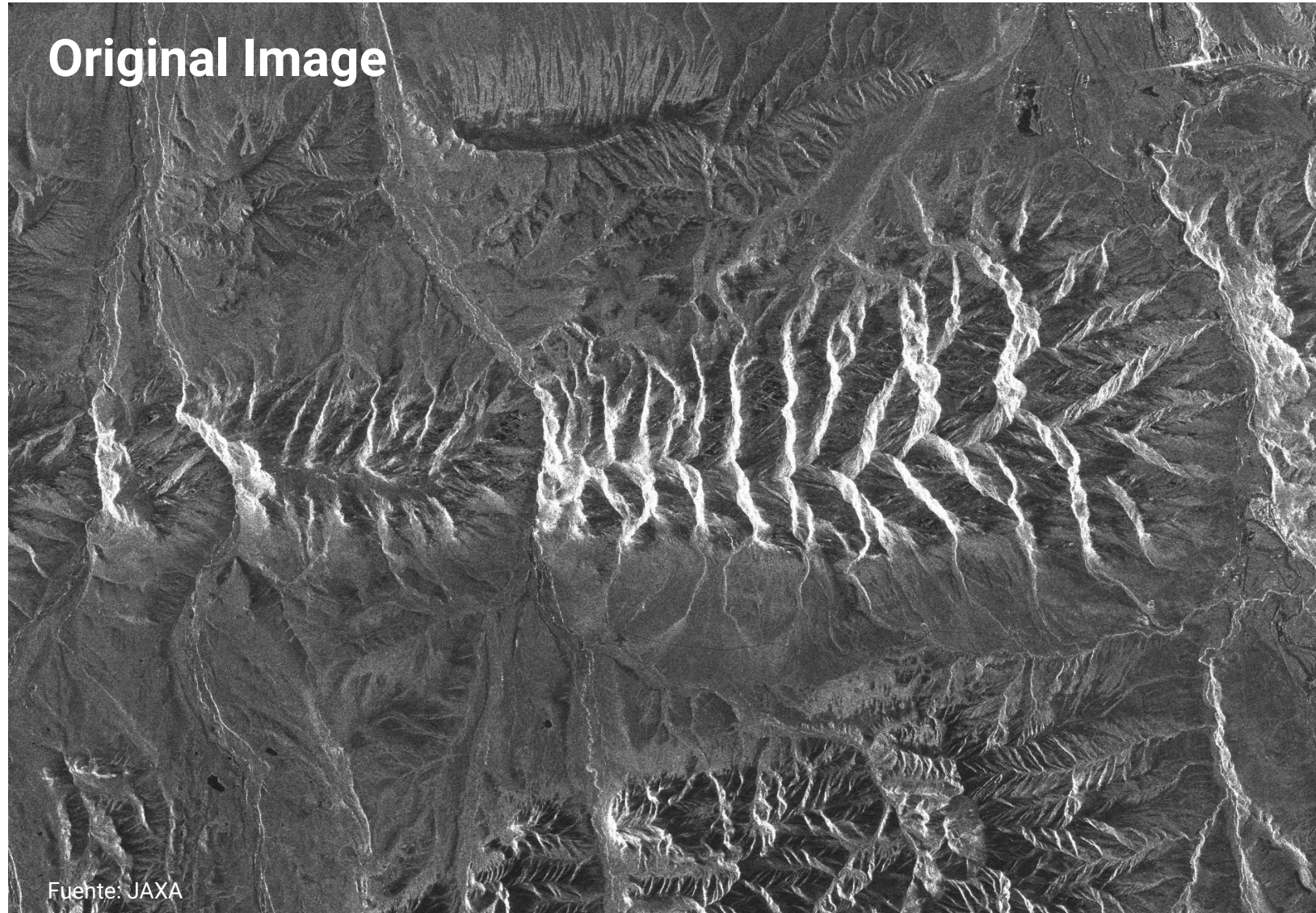
## Shadow

- Area behind mountain cannot be seen by sensor
- Shadow effects *increase* with increasing look angle



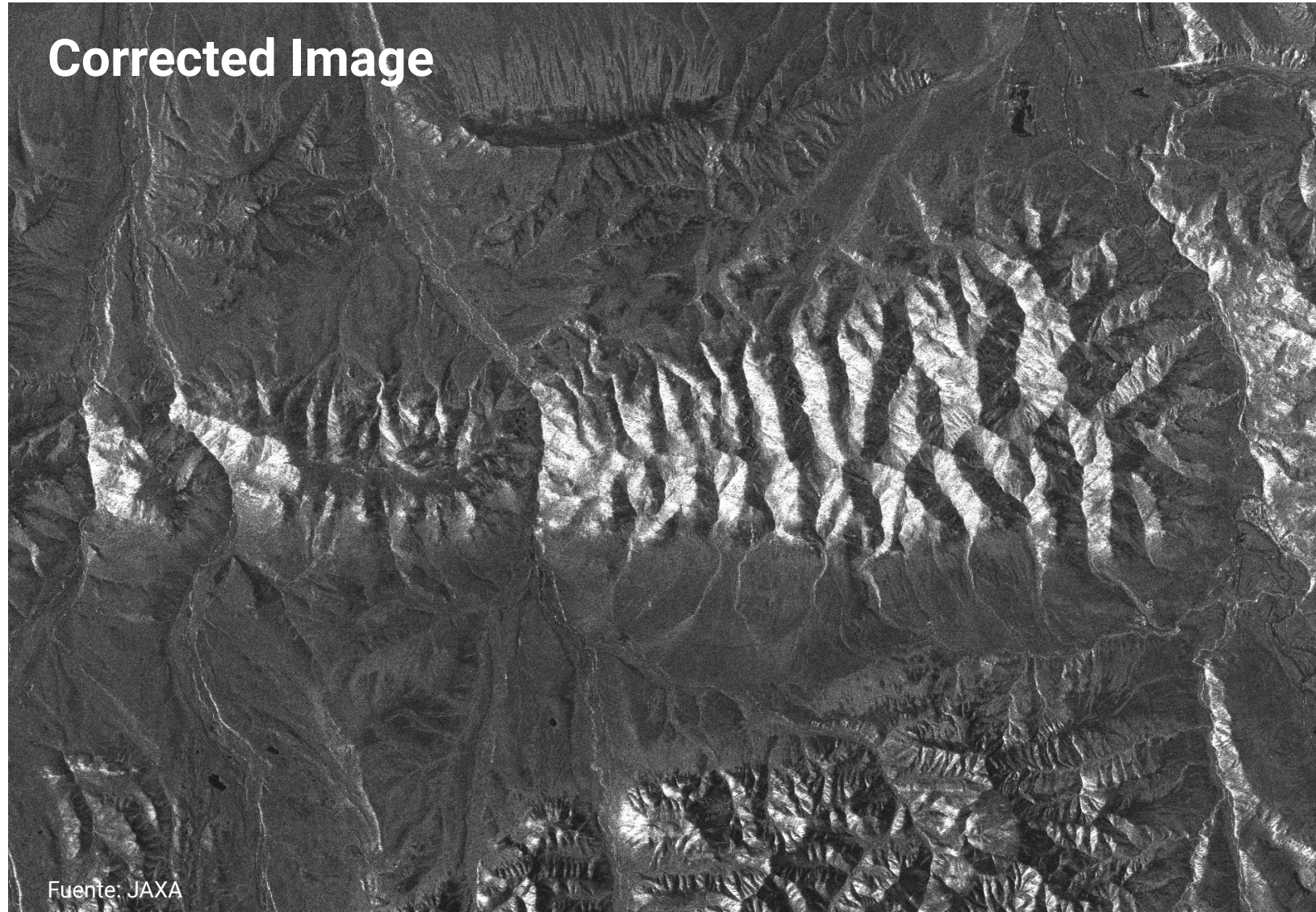


# Geometric terrain correction example





# Geometric terrain correction example



# Radiometric Terrain Correction

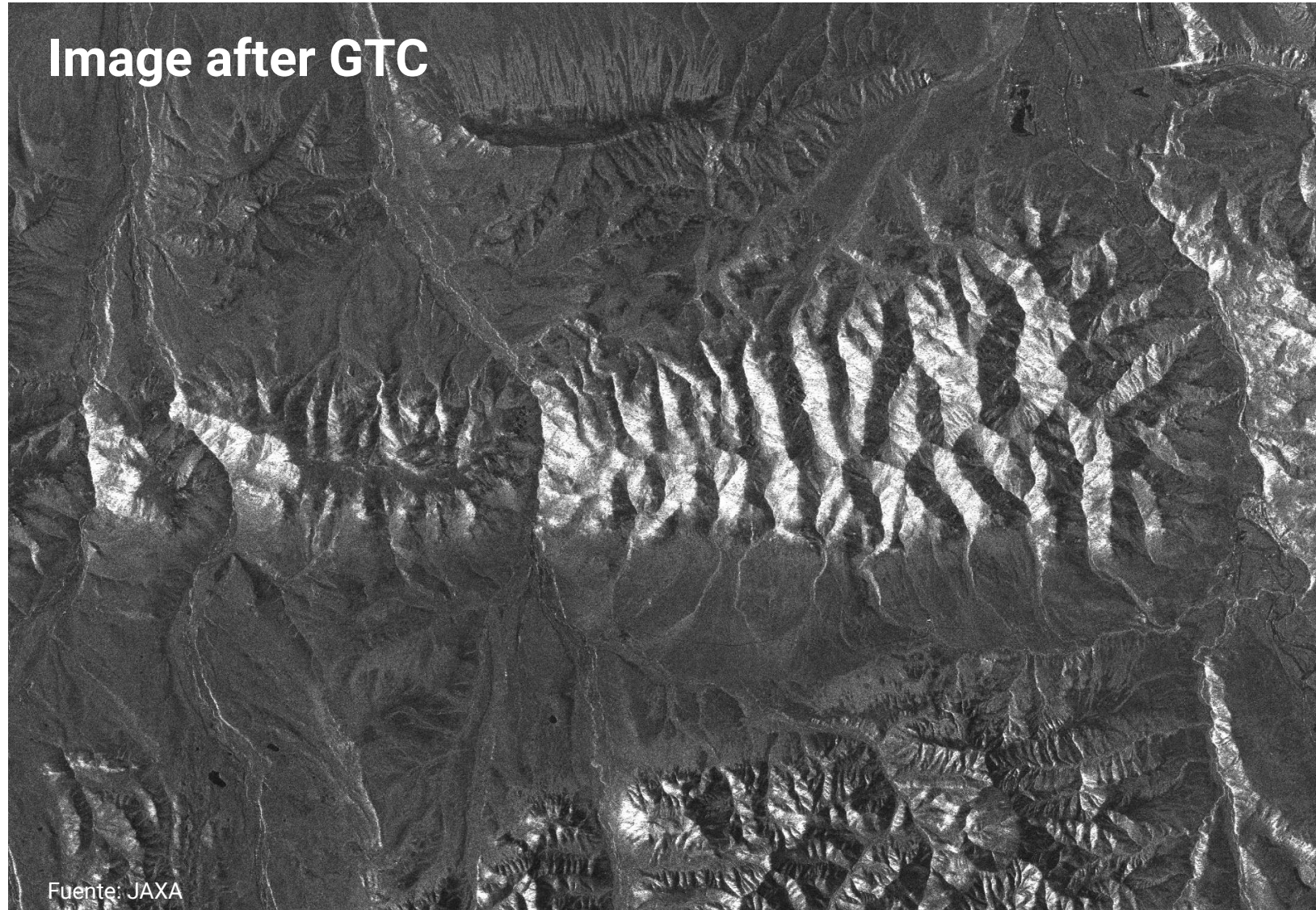
- **Problem:** Sensor facing slopes appear overly bright in radar images
- **Cause:** Pixel Size on sensor facing slopes is larger → more ground is integrated into pixel → brightness goes up

## **Solution: Radiometric Terrain Correction (RTC)**

1. Using DEM and observation geometry, calculate *exact equivalent area*  $A_{\sigma}$  covered by each pixel
2. Normalize radar cross section by  $A_{\sigma}$  to arrive at terrain normalized data

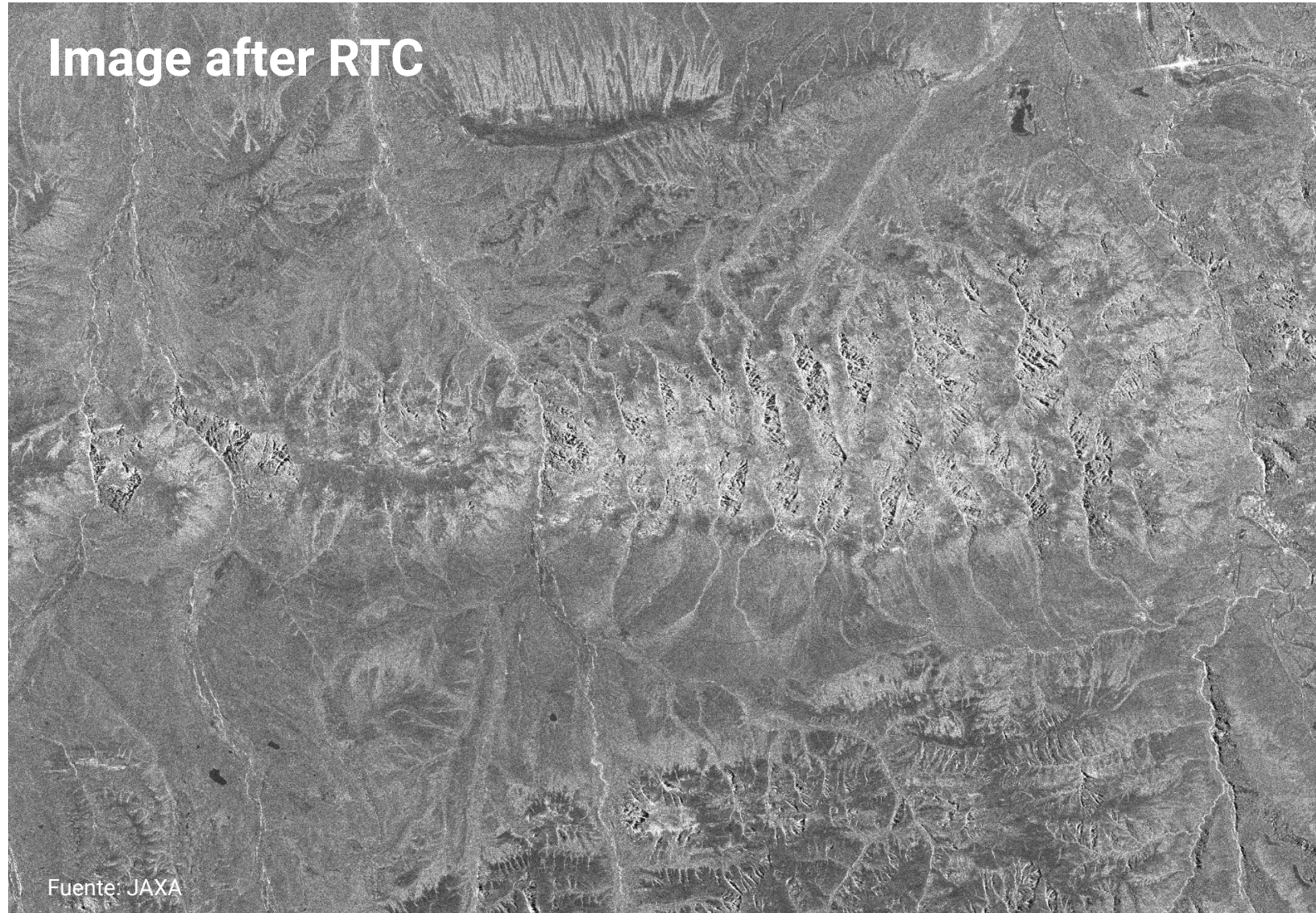


# RTC example





# RTC example

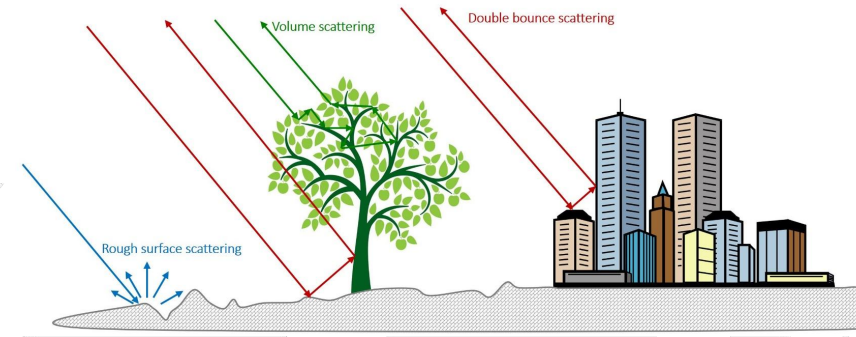




# The influence of signal polarization

## Relative Scattering Strength by Polarization

- Rough Surface Scattering  $|S_{VV}| > |S_{HH}| > |S_{VH}|$  or  $|S_{HV}|$
- Double bounce Scattering:  $|S_{HH}| > |S_{VV}| > |S_{VH}|$  or  $|S_{HV}|$
- Volume Scattering: Main source of  $|S_{VH}|$  and  $|S_{HV}|$



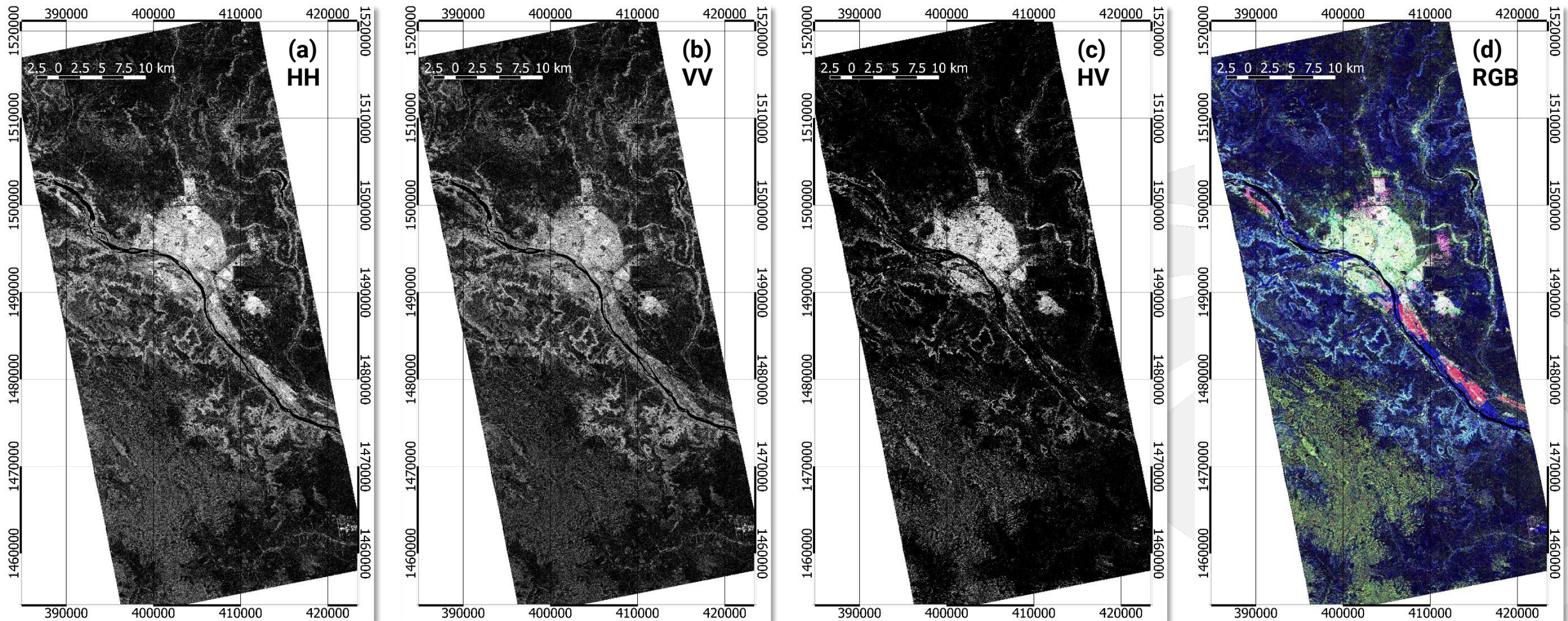
### Legend

Low Radar Brightness ( $|S|$ )

High Radar Brightness ( $|S|$ )



# Polarimetric example for Niamey, Niger

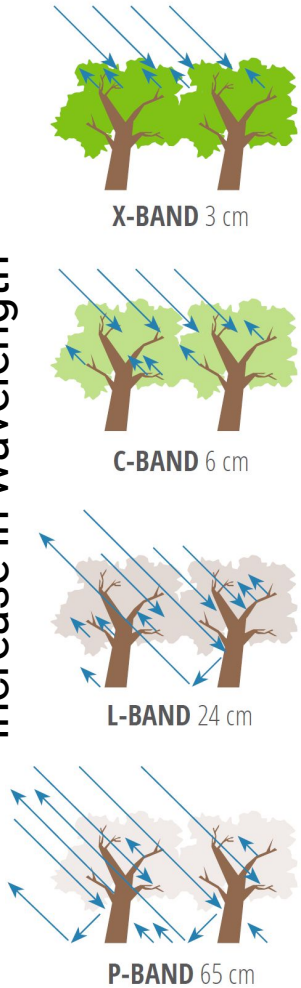


Fully-polarimetric L-band SAR scenes from the ALOS PALSAR sensor over Niamey, Niger: from (a) to (c) scattering powers from  $|S_{HH}|$ ,  $|S_{VV}|$  and  $|S_{HV}|$ , respectively. (d) RGB color combination ( $|S_{HH}|$ ,  $|S_{HV}|$ ,  $|S_{VV}|$ )

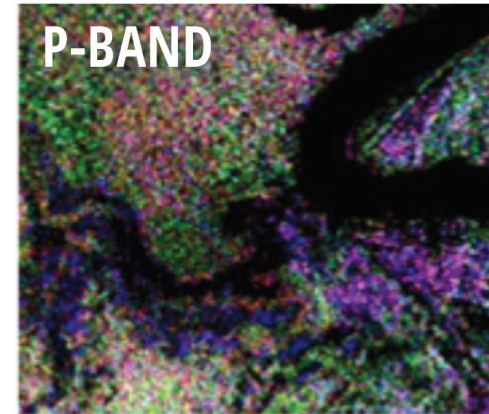
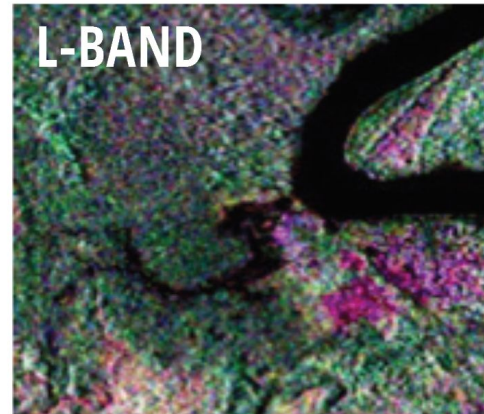
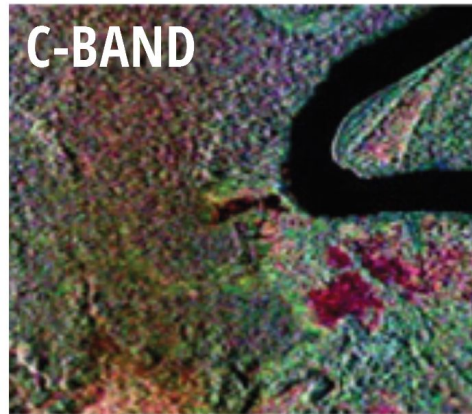


# SAR backscatter response from Vegetation in different Wavelengths and Polarizations

Increase in penetration depth with an increase in wavelength



R: P-BAND, G: L-BAND, B: C-BAND



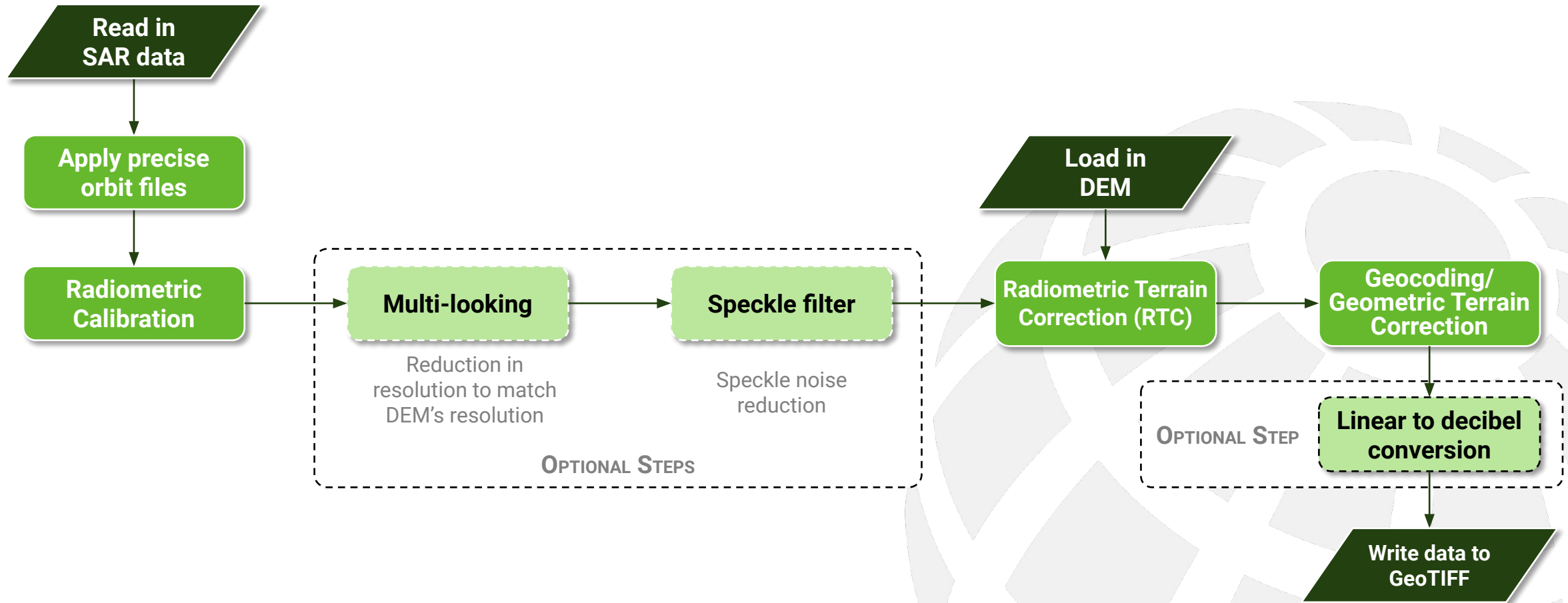
R: HH  
G: HV  
B: VV

Polarimetric responses and the medium characteristics are dependent on the sensor wavelength



# Preprocessing steps, RTC and Geocoded Product

## WORKFLOW FOR RADIOMETRIC TERRAIN CORRECTION AND GEOCODING



# Preprocessing steps, RTC and Geocoded Product

1. Apply precise orbit files: updates metadata with a more precise orbit information
2. Radiometric Calibration: Converts DN to backscatter ( $\sigma^0$ )
3. Multi-looking: Resolution reduction for DEM matching
4. Speckle Filter: Speckle noise reduction
5. Radiometric Terrain Correction (RTC): Backscatter intensity correction in pixels that were distorted by viewing geometry (radiometric terrain flattening)
6. Geocoding/Geometric Terrain Correction (GTC): removes geometric image distortions due to viewing geometry

# SAR Handbook: Comprehensive Methodologies for Forest Monitoring and Biomass Estimation

- **Freely-available** eBook, interactive pdfs, and training modules; result of a 2-year joint collaboration between **NASA SERVIR & SilvaCarbon**
- **Applied content, hands-on trainings** to get started using SAR for **forest monitoring, biomass estimation, mangrove extent, time series analysis**
- Authored by **world-renowned SAR experts** from the NISAR Science Team, US Forest Service, academia
- Reviewed and tested by the SERVIR Global network
- **Downloadable open-source scripts** and sample datasets for a variety of forestry applications; useful for **beginners to experts**

Download the SAR Handbook here: <https://bit.ly/2UHZtaw>  
 SAR Handbook training modules and more: <https://bit.ly/2GeKvAN>  
 For more information, visit the SERVIR website: [SERVIRglobal.net](http://SERVIRglobal.net)  
 Contact: Africa Flores-Anderson ([africa.flores@nasa.gov](mailto:africa.flores@nasa.gov))



Selected pages from Ch. 6: Radar Remote Sensing of Mangrove Forests (by Dr. Marc Simard, Sr. Scientist & mangrove specialist, NASA Jet Propulsion Laboratory)



# Google Earth Engine





# Google Earth Engine



- Planetary-scale cloud platform
- For access, processing, and analysis of **multitemporal** satellite data from different sources
- Entire collections such as the Landsat archive are already there
- JavaScript or Python API
- Shareable scripts
- Own data upload

The screenshot displays the Google Earth Engine web interface. The top navigation bar includes the Google Earth Engine logo and a search bar. Below the navigation bar, there are tabs for 'Scripts', 'Docs', and 'Assets'. The 'Scripts' tab is active, showing a script titled 'Landsat - Phenology Model.js'. The script is written in JavaScript and includes comments and code for creating a linear model, fitting it to NDVI data, and predicting NDVI values. The script is as follows:

```
37 // Set up the "design matrix" to input to the regression.
38 - function createLinearModelInputs(img) {
39   var tstamp = ee.Date(img.get('system:time_start'));
40   var tdelta = tstamp.difference(start, 'year');
41   // Build an image that will be used to fit the equation
42   // c0 + c1*sin(2*pi*t) + c2*cos(2*pi*t) = NDVI
43   var img_fitting = img.select()
44     .addBands(1)
45     .addBands(tdelta.multiply(2*Math.PI).sin())
46     .addBands(tdelta.multiply(2*Math.PI).cos())
47     .addBands(img.select('NDVI'))
48     .toDouble();
49   return img_fitting;
50 }
51
52 // Estimate NDVI according to the fitted model.
53 - function predictNDVI(img) {
54   var tstamp = ee.Date(img.get('system:time_start'));
55   var tdelta = tstamp.difference(start, 'year');
56   // predicted NDVI = c0 + c1*sin(2*pi*t) + c2*cos(2*pi*t)
57   var predicted = ee.Image(meanCoeff)
58     .add(c0Coeff.multiply(1/tdelta.multiply(2*Math.PI).sin()))
```

The right side of the interface shows the 'Inspector' and 'Console' tabs. The 'Inspector' tab displays a line graph titled 'Original and fitted values' showing NDVI (blue line with dots) and fitted values (red line with dots) over time from April 2014 to October 2014. The y-axis ranges from 0.00 to 1.00. The 'Console' tab shows the instruction: 'Use print(...) to write to this console.'

The bottom part of the screenshot shows a satellite map of a landscape with a color-coded overlay representing the NDVI data. The map includes a scale bar (2 km) and a 'Map' button. The bottom right corner of the map area contains the text: 'Map data ©2017 Google | 2 km | Terms of Use | Report a map error'.

Source: Gorelick et al., 2017

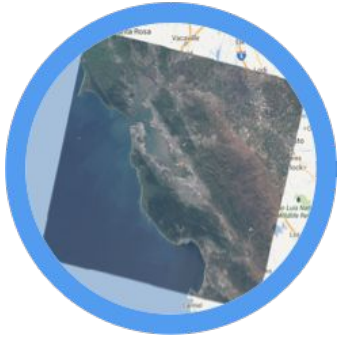
# Google Mission Statement

**"To organize the world's information and make it universally accessible and useful."**





# The Earth Engine Data Catalog



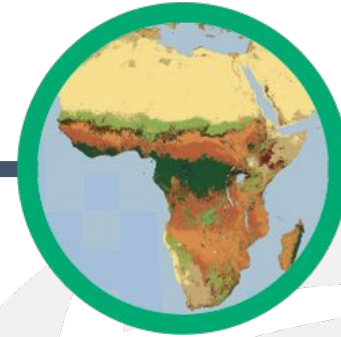
**Landsat & Sentinel 1, 2**  
10-30m, weekly



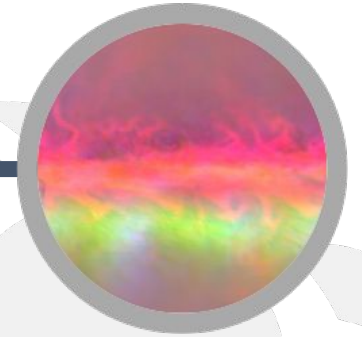
**MODIS**  
250m daily



**Vector Data**  
WDPA, Tiger



**Terrain &  
Land Cover**



**Weather & Climate**  
NOAA NCEP, OMI, ...

... and upload your own vectors and rasters

> 200 public datasets

> 5 million images

> 4000 new images every day

> 7 petabytes of data

# The Earth Engine Code Editor

The image shows a screenshot of the Earth Engine Code Editor interface. The interface is divided into several sections:

- Your Data:** A search bar at the top left for finding places and datasets.
- Search:** A search bar for finding places and datasets.
- Your Code:** A central code editor showing a JavaScript script for computing the trend of nighttime lights from DMSP data.
- Data Inspector:** A panel on the right showing the results of the code execution, including a point, pixels, and objects.
- Output Console:** A panel on the right showing the output of the code execution.
- Batch Tasks:** A panel on the right showing the status of batch tasks.
- Map:** A large map area at the bottom showing the results of the code execution, with a color scale from 0 to 500 km.

Labels with red arrows point to these components:

- API Docs:** Points to the top left search bar.
- Your Scripts & Example Scripts:** Points to the left sidebar menu.
- Drawing Tools:** Points to the bottom left drawing tools.
- Search:** Points to the top search bar.
- Your Code:** Points to the central code editor.
- Data Inspector:** Points to the right panel showing the results of the code execution.
- Output Console:** Points to the right panel showing the output of the code execution.
- Batch Tasks:** Points to the right panel showing the status of batch tasks.
- Map:** Points to the bottom map area.

[code.earthengine.google.com](https://code.earthengine.google.com)



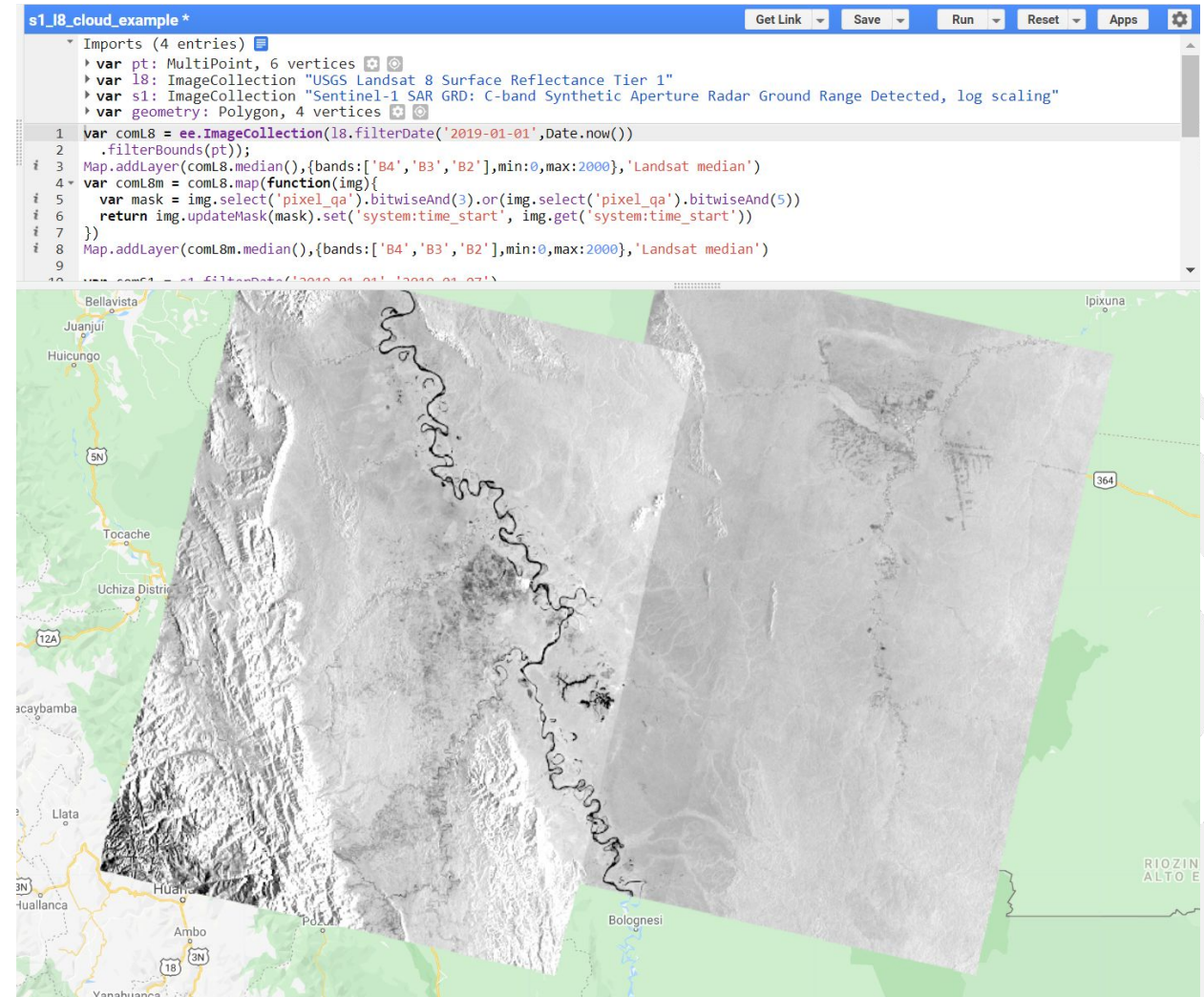
# **Sentinel-1 Data in GEE**



# Sentinel-1 Data in GEE



- Logarithm scale (dB)
  - $10 \times \log_{10}(\sigma^0)$
  - Backscatter coefficient  $\sigma^0$
- Choose only one path direction (ascending or descending)
- Radiometric Terrain Flattening/Correction not applied in GEE
  - Can produce geocoding and radiometric errors



# Sentinel-1 in GEE examples



<https://bit.ly/35XVI3k>

Script 1

Script 2

Script 3





# Survey

[menti.com](https://www.menti.com)

161761



Thank You!



Source: ASF

# Andrea Puzzi Nicolau

*Amazonia Regional Science Associate*  
NASA SERVIR Science Coordination Office  
Earth System Science Center  
University of Alabama in Huntsville  
[andrea.puzzinicolau@nasa.gov](mailto:andrea.puzzinicolau@nasa.gov)  
[andrea.nicolau@uah.edu](mailto:andrea.nicolau@uah.edu)

 [@puzzinicolau](https://twitter.com/puzzinicolau)



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE



# Taller: Radar de Apertura Sintética (SAR) y Google Earth Engine

Fuente: ESA

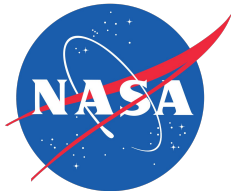
Andrea Puzzi Nicolau

*Investigadora Asociada*

NASA SERVIR Science Coordination Office

Earth System Science Center

University of Alabama in Huntsville



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE



**Synthetic Aperture Radar (SAR)**

**Radar de Apertura Sintética**



# **Synthetic Aperture Radar (SAR)**

## **Radar de Apertura Sintética**



**Empezar con esto**



**Radar → ¿Qué significa?**





**Radar → ¿Qué significa?**

**RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging



**Radar → ¿Qué significa?**

**RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging

**Detección y uso de ondas de radio**



# Radar → ¿Qué significa?

**RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging



Fuente: NOAA

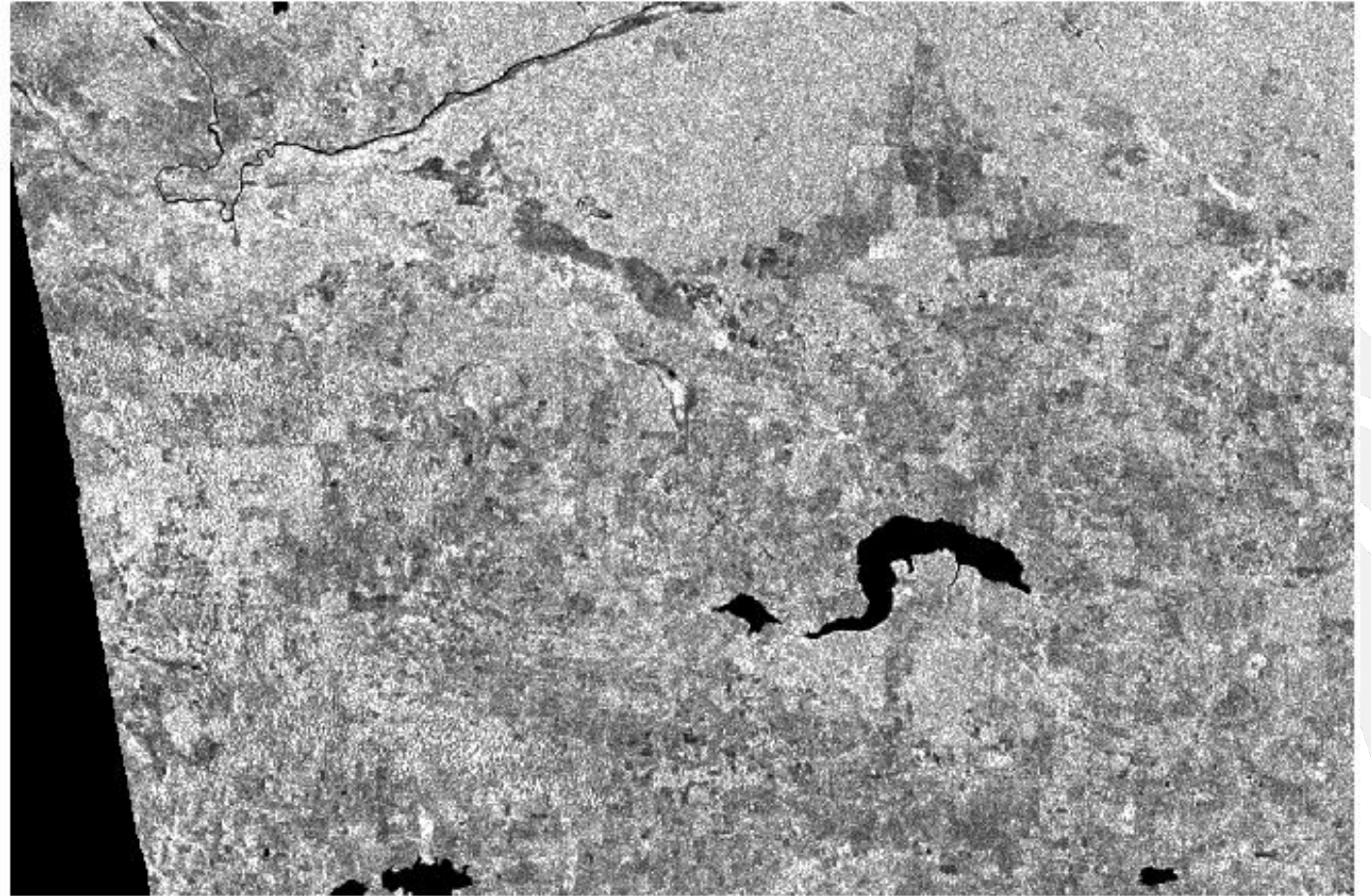
## Detección y uso de ondas de radio



# ¿Que ve SAR?

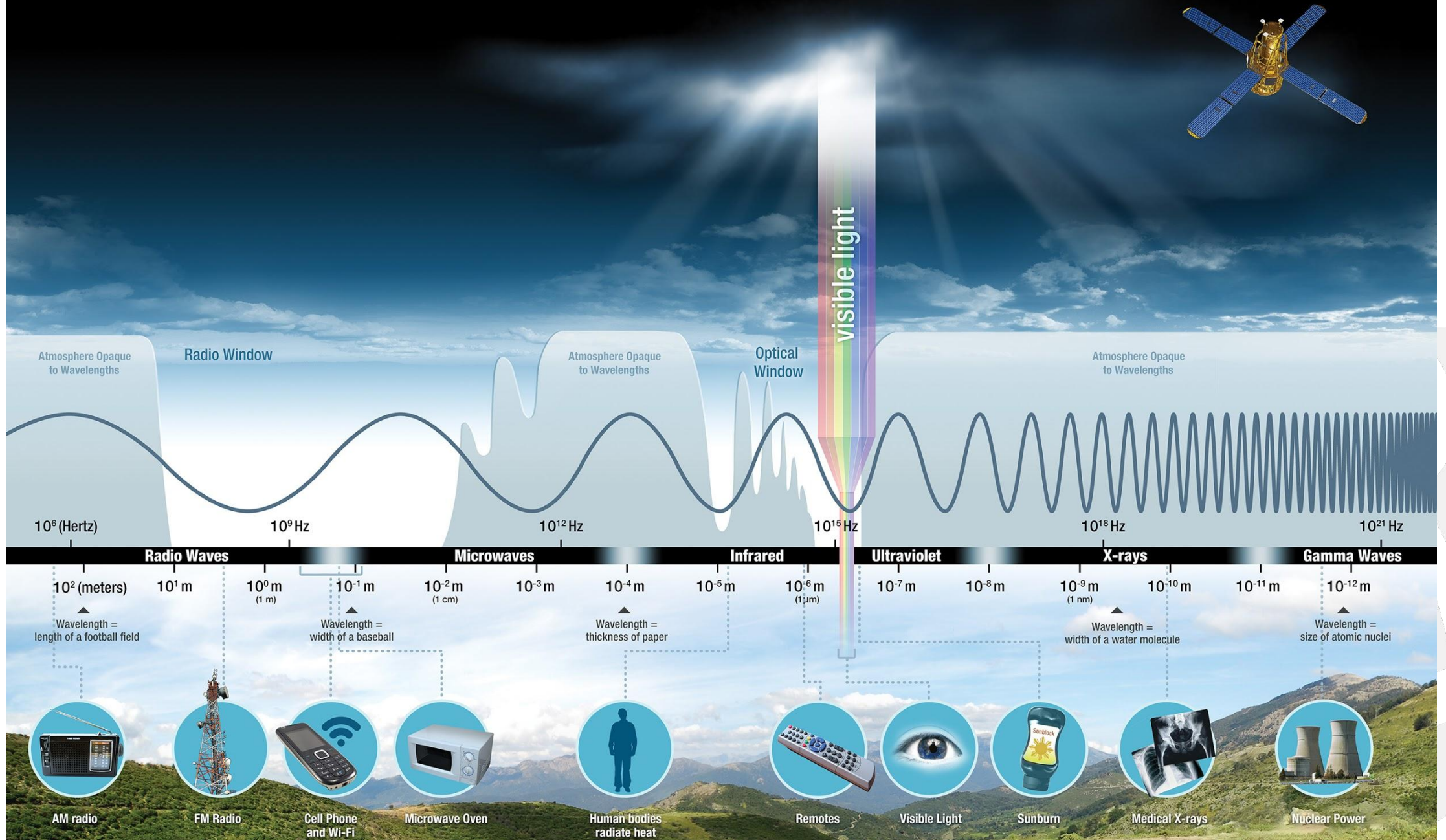
- Estructura
- Humedad

2017-01-03





# Espectro electromagnético



Source: National Aeronautics and Space Administration, Science Mission Directorate. (2010). Introduction to the Electromagnetic Spectrum. Retrieved [insert date - e.g. August 10, 2016], from NASA Science website: [http://science.nasa.gov/ems/01\\_intro](http://science.nasa.gov/ems/01_intro)

# El Espectro de Microondas (aproximadamente)

Banda	Frecuencia		Longitud		Aplicación típica
Ka	27 – 40	GHz	1.1 – 0.8	cm	Raramente se usa para SAR (vigilancia en aeropuertos)
K	18 – 27	GHz	1.7 – 1.1	cm	Raramente se usa para SAR (absorción de H <sub>2</sub> O)
Ku	12 – 18	GHz	2.4 – 1.7	cm	Raramente se usa para SAR (altimetría satelital)
X	8 – 12	GHz	3.8 – 2.4	cm	<b>Resolución alta de SAR</b> (monitoreo urbano; hielo y nieve; poca penetración en la cobertura vegetal; decadencia de coherencia rápida en áreas con vegetación)
C	4 – 8	GHz	7.5 – 3.8	cm	<b>Caballo de batalla de SAR</b> (mapeo global; detección de cambio; monitoreo de áreas con cobertura de vegetación de baja a moderada; penetración mejorada; mayor coherencia)
S	2 – 4	GHz	15 – 7.5	cm	<b>Poco pero creciente uso en Obs. Terrestres basadas en SAR</b> monitoreo de agricultura (NISAR tendrá Banda-S; expande aplicaciones de la banda-C para áreas con mayor densidad de vegetación)
L	1 – 2	GHz	30 – 15	cm	<b>Resolución media de SAR</b> (Monitoreo geofísico; mapeo de biomasa y vegetación; alta penetración; InSAR)
P	0.3 – 1	GHz	100 – 30	cm	<b>Estimación de biomasa.</b> El primer SAR satelital se lanzará en ~2020; mapeo y evaluación de vegetación. SAR experimental.



# El Espectro de Microondas (aproximadamente)

Banda	Frecuencia		Longitud		Aplicación típica
Ka	27 – 40	GHz	1.1 – 0.8	cm	Raramente se usa para SAR (vigilancia en aeropuertos)
K	18 – 27	GHz	1.7 – 1.1	cm	Raramente se usa para SAR (absorción de H <sub>2</sub> O)
Ku	12 – 18	GHz	2.4 – 1.7	cm	Raramente se usa para SAR (altimetría satelital)
X	8 – 12	GHz	3.8 – 2.4	cm	<b>Resolución alta de SAR</b> (monitoreo urbano; hielo y nieve; poca penetración en la cobertura vegetal; decadencia de coherencia rápida en áreas con vegetación)
C	4 – 8	GHz	7.5 – 3.8	cm	<b>Caballo de batalla de SAR</b> (mapeo global; detección de cambio; monitoreo de áreas con cobertura de vegetación de baja a moderada; penetración mejorada; mayor coherencia)
S	2 – 4	GHz	15 – 7.5	cm	<b>Poco pero creciente uso en Obs. Terrestres basadas en SAR</b> monitoreo de agricultura (NISAR tendrá Banda-S; expande aplicaciones de la banda-C para áreas con mayor densidad de vegetación)
L	1 – 2	GHz	30 – 15	cm	<b>Resolución media de SAR</b> (Monitoreo geofísico; mapeo de biomasa y vegetación; alta penetración; InSAR)
P	0.3 – 1	GHz	100 – 30	cm	<b>Estimación de biomasa.</b> El primer SAR satelital se lanzará en ~2020; mapeo y evaluación de vegetación. SAR experimental.

# Los valores de retrodispersión SAR están determinados por las características del **sensor** y del **objeto**

- **Características del Sensor:**

- frecuencia/longitud de onda de SAR,
- Polarización de la señal SAR transmitida y recibida,
- ángulo de incidencia radar-suelo,
- Y dirección de mirada del sensor

**Especialmente para análisis de series de tiempo:**

Usar datos con las mismas características del sensor

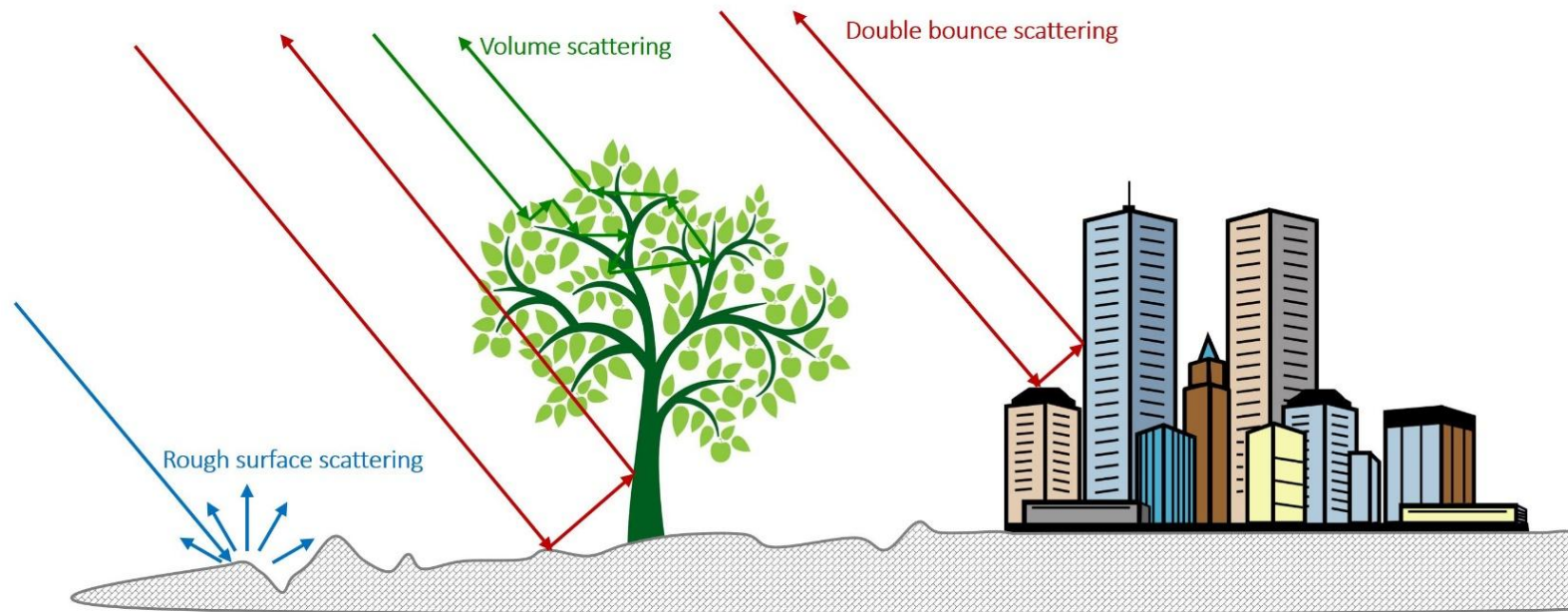
- Para evitar interpretaciones erróneas de características del sensor como cambio

- **Características del Objeto:**

- Humedad en suelos y vegetación; agua estancada abierta y agua estancada debajo del dosel
- Aumento en la humedad de los suelos y vegetación □ incrementa la retrodispersión SAR
- Agua estancada abierta □ típicamente muy oscura - Sin embargo, viento y corrientes pueden agitar el agua y aumentar el brillo especialmente para observaciones de longitud de onda corta (banda X y C)
- En longitudes de onda más largas, el efecto de doble rebote debajo del dosel puede tener una fuerte señal de retrodispersión

# ¿Cómo reacciona la señal del SAR?

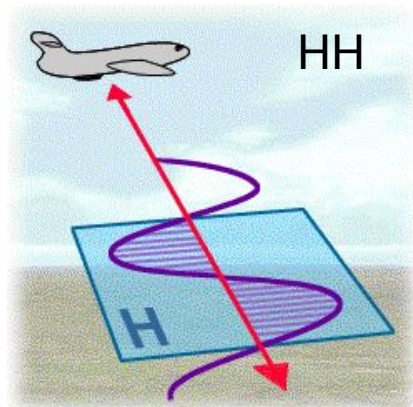
- En la longitud de onda del radar, la dispersión es muy física y puede describirse como una serie de rebotes en las interfaces de dispersión
- Tres mecanismos principales de dispersión dominan:
  - **Dispersión en superficies (rugosas)**: agua, suelos desnudos, caminos – la dispersión depende en gran medida de la rugosidad de la superficie y la longitud de onda del sensor
  - **Dispersión de doble-rebote**: Edificios, troncos de árboles, postes de luz – poca dependencia de la longitud de onda
  - **Dispersión volumétrica**: Vegetación; suelos secos con alta penetración – depende fuertemente de la longitud de onda del sensor y las propiedades dieléctricas del medio



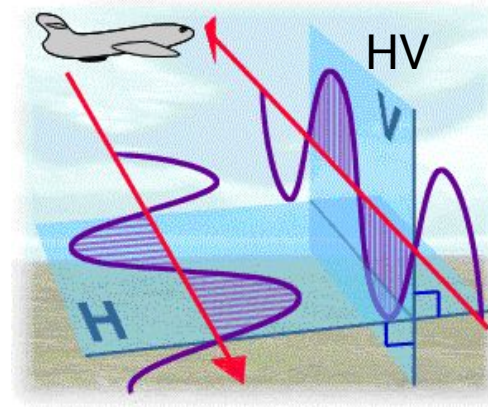


# Polarizaciones

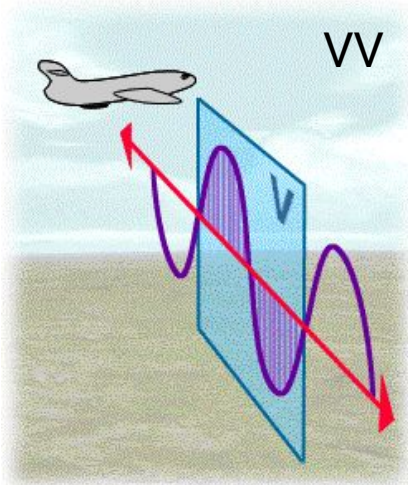
Transmisión Horizontal  
Recepción Horizontal



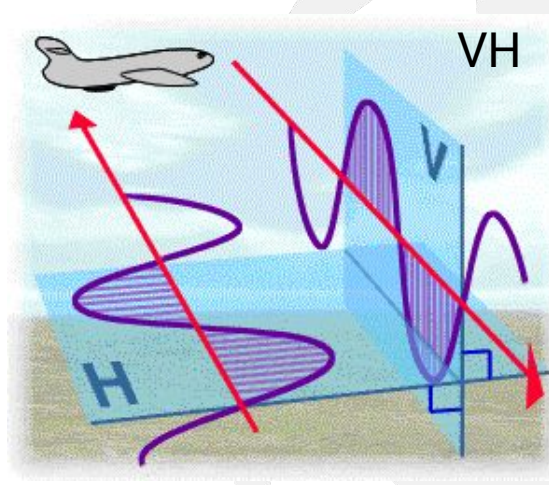
Transmisión Horizontal  
Recepción Vertical



Transmisión Vertical  
Recepción Vertical



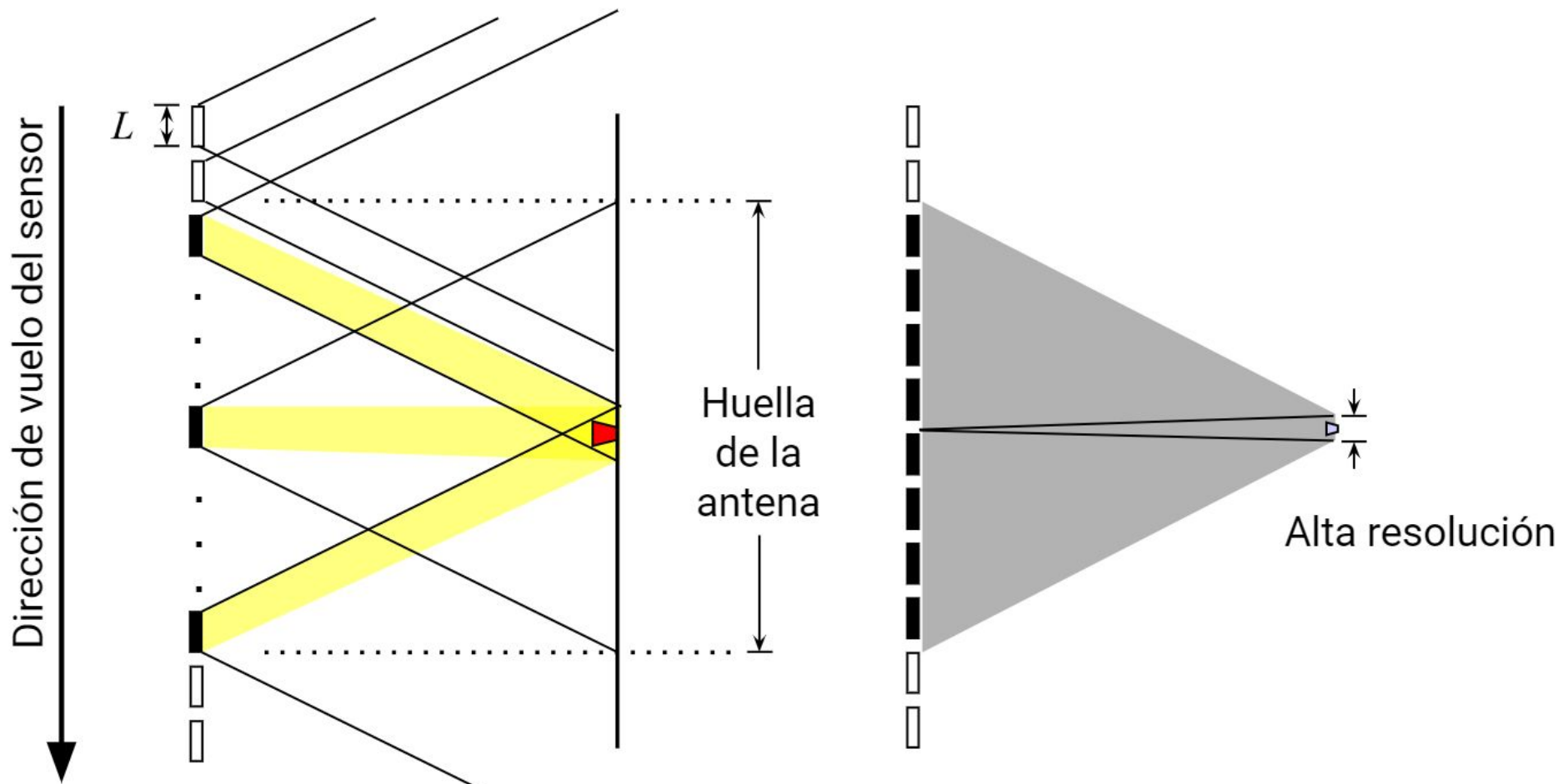
Transmisión Vertical  
Recepción Horizontal



# Configuraciones del sistema SAR polarimétrico

- **Polarización única (single pol):**
  - VV o HH (o posiblemente HV o VH)
- **Polarización doble (dual pol):**
  - HH y HV, VV y VH, o HH y VV
- **Polarización cuádruple (quad pol) (totalmente polarimétrico):**
  - HH, VV, HV, y VH

# Formación de una apertura sintética - Principio SAR



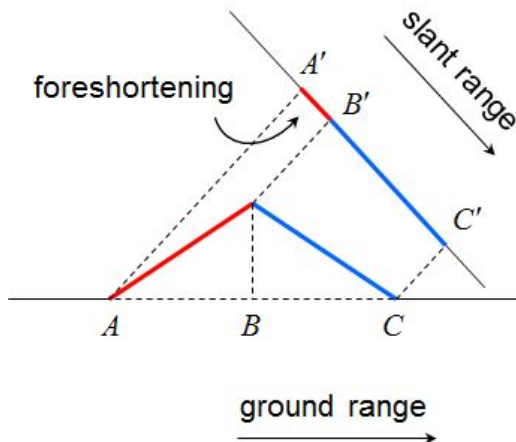
Combinación de adquisiciones superpuestas



# Distorsiones geométricas como consecuencia del ángulo oblicuo

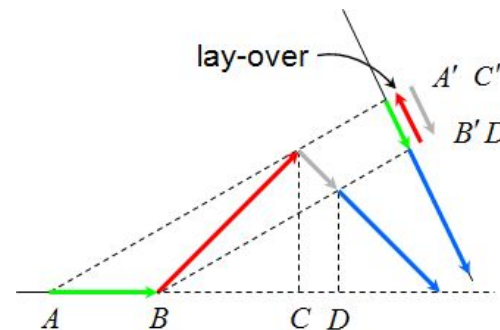
## Escorzo/perspectiva (foreshortening)

- Pendiente orientada al sensor acortada en la imagen
- Estos efectos disminuyen al aumentar el ángulo de *mirada*



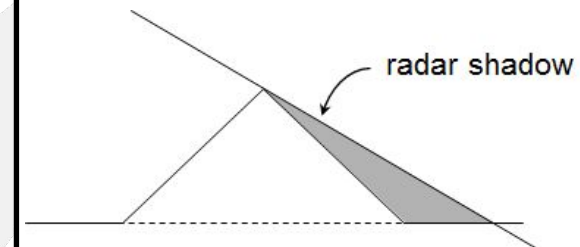
## Inversión por relieve (Layover)

- Cima de la montaña sobrepuesta a la base delante de la montaña
- Estos efectos disminuyen al aumentar el ángulo de mirada

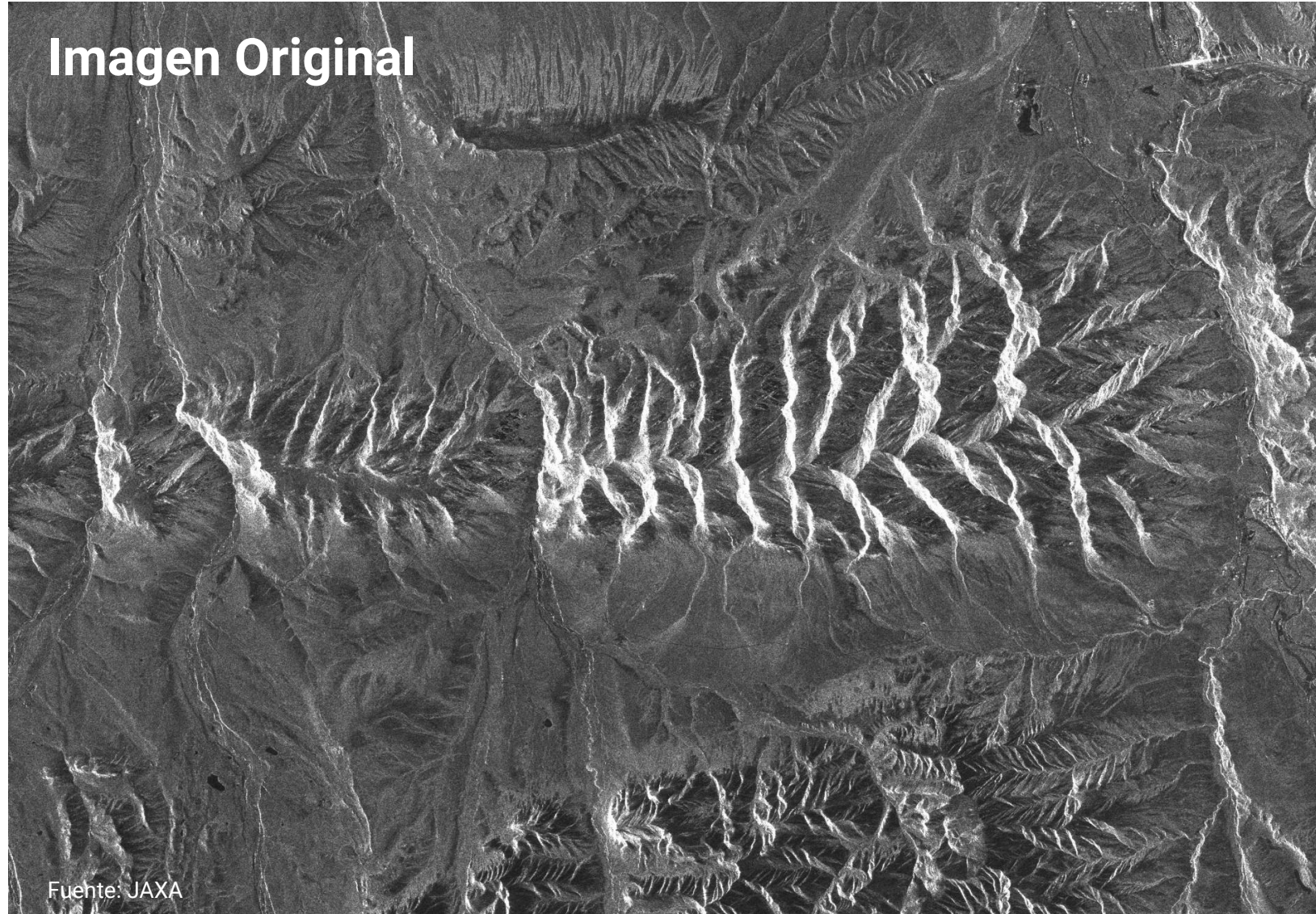


## Sombra

- Área detrás de la montaña no puede ser vista por el sensor
- Estos efectos aumentan al aumentar el ángulo de mirada



# Ejemplo de Corrección geométrica del terreno









# Corrección Radiométrica del Terreno

- **Problema:** Las pendientes orientadas al sensor aparecen demasiado brillantes en las imágenes de radar
- **Causa:** El tamaño del píxel en las pendientes orientadas al sensor es mayor → más área es integrada al píxel → el brillo aumenta

**Solución: Corrección Radiométrica del Terreno (RTC, por sus siglas en inglés)**

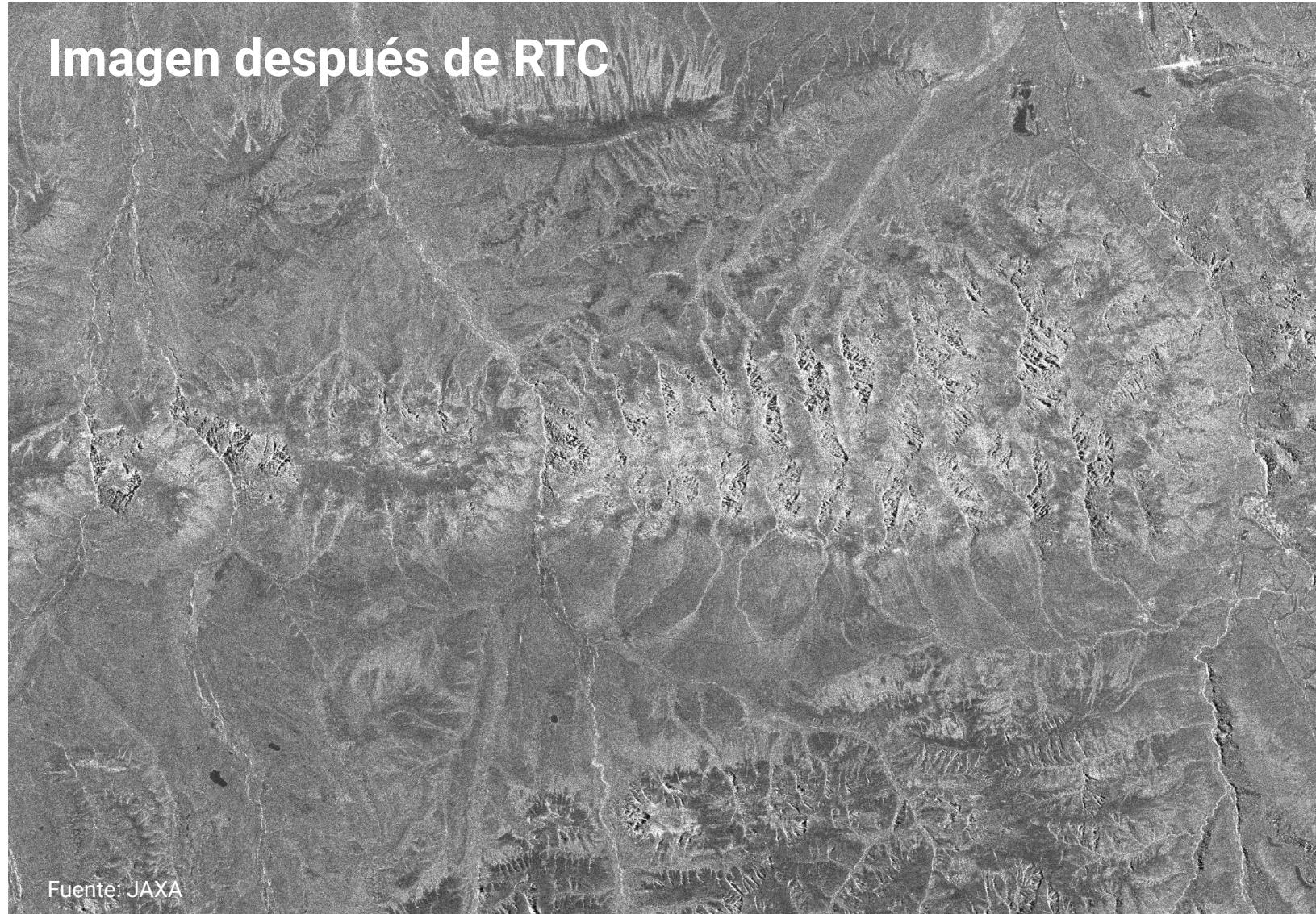
1. Usando el DEM y observación geométrica, se calcula la área equivalente exacta cubierta por cada píxel
2. Normaliza la sección transversal por la área equivalente exacta para llegar a datos normalizados del terreno

# Ejemplo de Corrección geométrica del terreno





# Ejemplo de Corrección geométrica del terreno

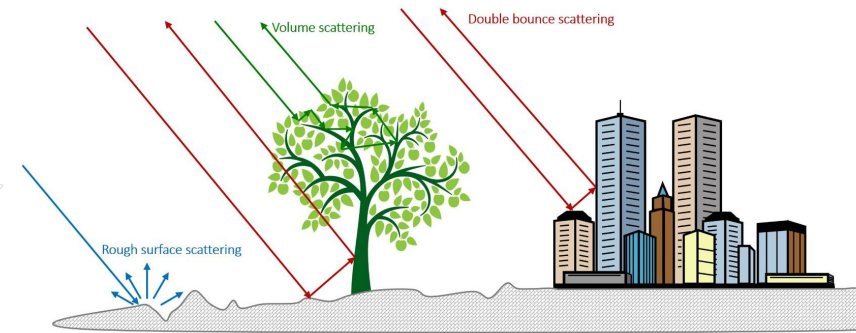




# Dependencia polarimétrica de los principios de dispersión

## Fuerza de dispersión relativa por polarización

- Dispersión de la superficie pura:  $|S_{VV}| > |S_{HH}| > |S_{VH}|$  o  $|S_{HV}|$
- Dispersión de doble rebote:  $|S_{HH}| > |S_{VV}| > |S_{VH}|$  o  $|S_{HV}|$
- Dispersión volumétrica: fuente principal de  $|S_{VH}|$  y  $|S_{HV}|$



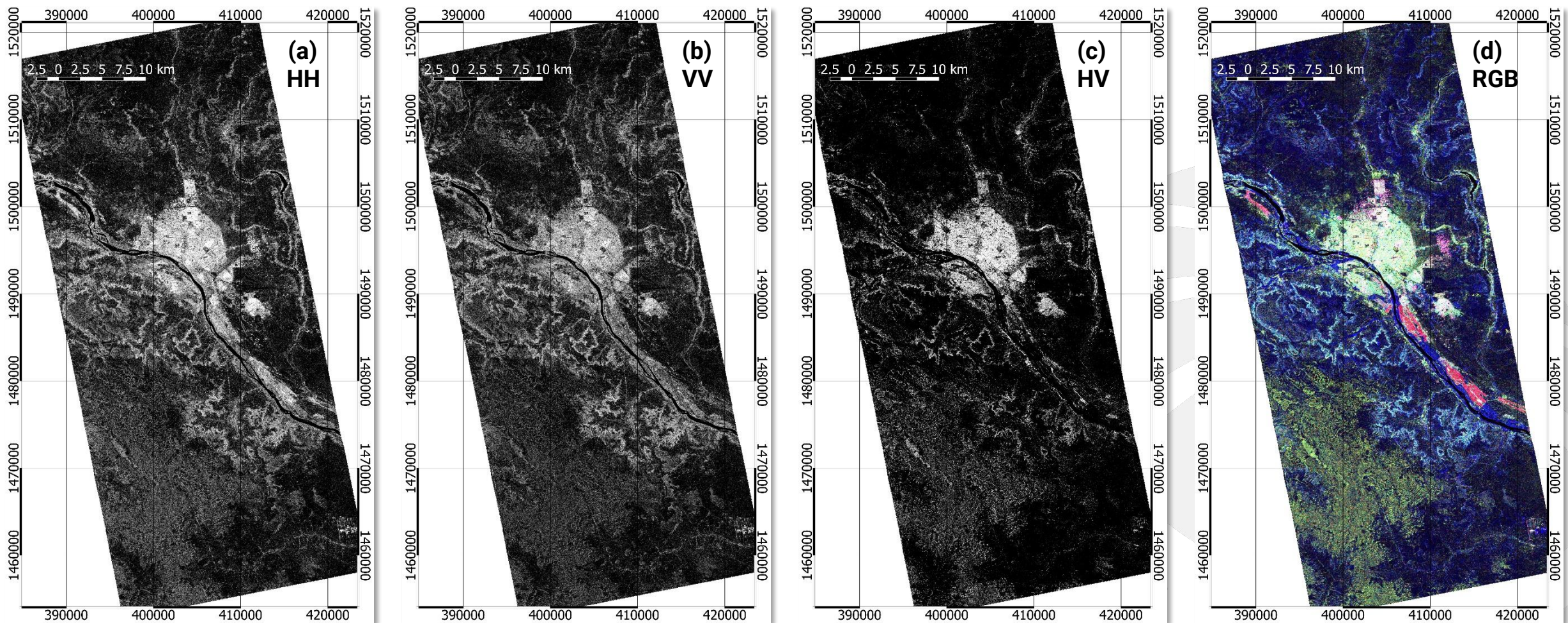
### Leyenda

Bajo brillo de radar ( $|S|$ )

Alto brillo de radar ( $|S|$ )



# Ejemplo de dispersión polarimétrica para Niamey, Níger

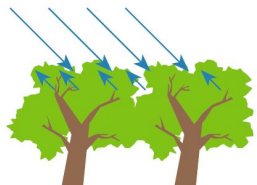


Escena SAR de banda L completamente polarimétrica del sensor ALOS PALSAR sobre Niamey, Níger: de (a) a (c) se muestra la fuerza de dispersión de  $|S_{HH}|$ ,  $|S_{VV}|$  y  $|S_{HV}|$ . (d) muestra la combinación RGB ( $|S_{HH}|$ ,  $|S_{HV}|$ ,  $|S_{VV}|$ )

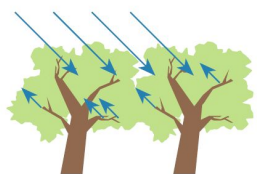


# Firmas SAR de Vegetación en Diversas Frecuencias y Polarizaciones

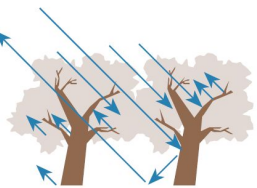
Aumento de la profundidad de penetración con la longitud de onda.



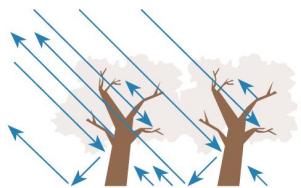
X-BAND 3 cm



C-BAND 6 cm

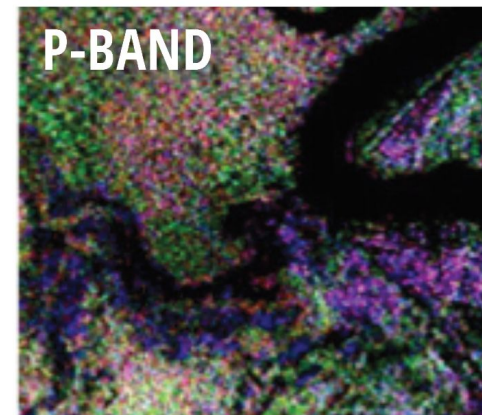
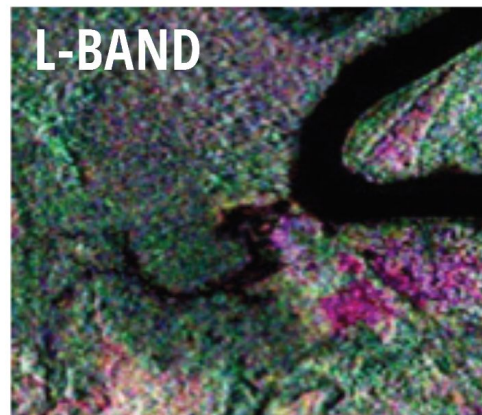
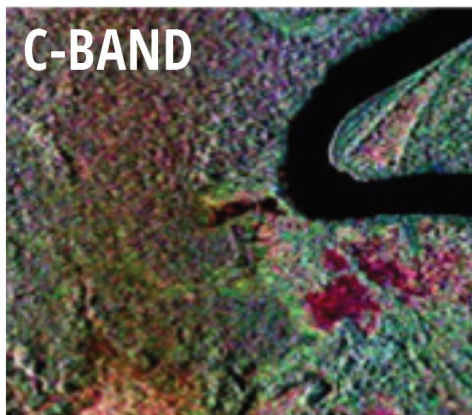


L-BAND 24 cm



P-BAND 65 cm

R: P-BAND, G: L-BAND, B: C-BAND



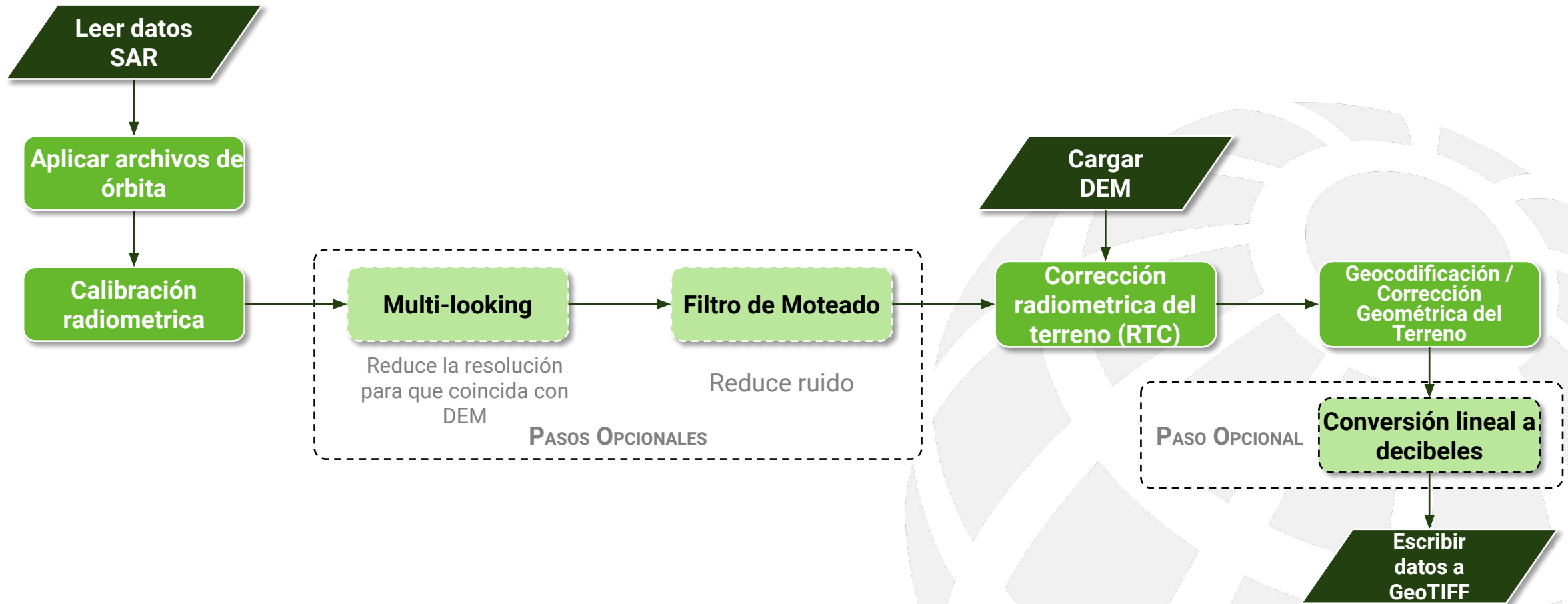
R: HH  
G: HV  
B: VV

El cambio de firma polarimétrica y las características de la cubierta inferior están expuestas a medida que aumenta la longitud de onda



# Preparación de los datos, Procesamiento RTC y Producto Geocodificado

## FLUJO DE TRABAJO DE CORRECCIÓN RADIOMÉTRICA DEL TERRENO Y GEOCODIFICACIÓN



# Preparación de los datos, Procesamiento RTC y Producto Geocodificado

1. Aplicar archivos de órbita: actualiza los metadatos con información de órbita más precisa
2. Calibración radiométrica: cambia los número digitales para números de retrodispersión ( $\sigma^0$ )
3. Multi-looking: reduce la resolución para que coincida con el DEM y para reducir ruido
4. Filtro de Moteado: Reduce ruido
5. Corrección radiométrica del terreno (RTC): corrección de la intensidad de retrodispersión en pixels que fueron distorsionados por la geometría de observación (aplanamiento)
6. Geocodificación/Corrección geométrica del terreno (GTC): corrección de la posición de los pixels que fueron distorsionados por la geometría de observación



# Manual SAR: Metodologías integrales para el monitoreo forestal y la estimación de biomasa

- ▶ eBook de libre acceso, pdfs interactivos, módulos de entrenamiento; resultado de una colaboración conjunta de 2+ años entre **NASA SERVIR & SilvaCarbon**
- ▶ **Contenido aplicado, entrenamientos prácticos** para comenzar a usar SAR para **monitoreo forestal, estimación de biomasa, detección de mangle, análisis de series de tiempo**
- ▶ Escrito por **expertos en SAR de renombre mundial** del equipo Científico de NISAR, Servicio Forestal de US, academia
- ▶ Revisado y probado por la red global de SERVIR
- ▶ **Scripts de código abierto descargables** y conjuntos de datos de muestra para una variedad de aplicaciones forestales; útil de **principiantes a expertos**

Descarga el Manual SAR aquí: <https://bit.ly/2UHZtaw>  
Módulos de entrenamiento del Manual SAR y más: <https://bit.ly/2GeKvAN>  
Para mayor información, visitor el sitio website de SERVIR @ [SERVIRglobal.net](http://SERVIRglobal.net)  
Contacto: Africa Flores-Anderson ([africa.flores@nasa.gov](mailto:africa.flores@nasa.gov))



Páginas seleccionadas del Cap. 6: Radar Remote Sensing of Mangrove Forests (by Dr. Marc Simard, Sr. Scientist & mangrove specialist, NASA Jet Propulsion Laboratory)



# Google Earth Engine





# Google Earth Engine



- Una plataforma en línea de **escala planetaria**
- Para acceso, procesamiento y análisis **multitemporal** de datos satelitales de diversas fuentes
- Archivos completos como del Landsat ya están allí
- API en JavaScript o Python
- Compartimiento de scripts
- Carga de datos propios

The screenshot displays the Google Earth Engine web interface. The top navigation bar includes the Google Earth Engine logo, a search bar, and buttons for 'Get Link', 'Save', 'Run', and 'Reset'. The left sidebar shows a 'Scripts' panel with a tree view of 'Examples' under 'Image', including items like 'From Name', 'Where Operator', and 'Normalized Difference'. The main editor area shows a JavaScript script titled 'Landsat - Phenology Model.js'. The script defines a function to create linear model inputs and another to estimate NDVI based on a fitted model. The right sidebar features an 'Inspector' and 'Console' panel, with a line graph titled 'Original and fitted values' showing NDVI (blue line with dots) and fitted values (red line) over time from April to October 2014. The bottom section of the interface shows a satellite map of a landscape with a semi-transparent NDVI overlay, a 'Layers' panel, and a 'Map' button. The bottom status bar indicates 'Map data ©2017 Google' and a 2 km scale bar.

Fuente: Gorelick et al., 2017

# Google Mission Statement

**"To organize the world's information and make it universally accessible and useful."**



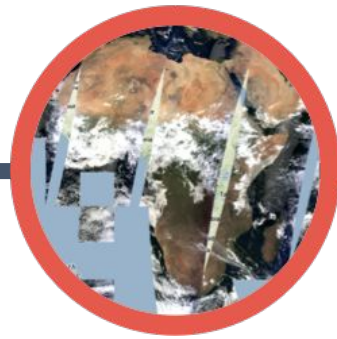


# Catálogo de Datos de Earth Engine



## Landsat & Sentinel 1, 2

10-30m, semanalmente



## MODIS

250m diariamente



## Datos Vectoriales

WDPA, Tiger



## Terreno & Cobertura del Suelo

## Datos Climáticos

NOAA NCEP, OMI, ...

... y cargas sus propios datos vectoriales y rasters

> 200 datasets públicos

> 5 millones de imágenes

> 4000 nuevas imágenes diariamente

> 7 petabytes de datos

# Earth Engine Editor de Código

The screenshot shows the Google Earth Engine Code Editor interface. The interface is divided into several sections:

- Tu Datos**: A search bar at the top left for finding datasets.
- Buscas**: A search bar at the top center for finding places and datasets.
- Su código**: A central code editor showing a JavaScript script for computing the trend of nighttime lights from DMSP data.
- Inspector de Datos**: A panel on the right showing the results of the script execution, including a point, pixels, and objects.
- Console de Resultados**: A panel on the right showing the console output of the script.
- Tareas**: A panel on the right showing the tasks created by the script.
- Mapa**: A map at the bottom showing the results of the script execution, with a color-coded overlay.

Annotations with red arrows point to various parts of the interface:

- Documentación del API**: Points to the 'Docs' tab in the left sidebar.
- Tu Script & Ejemplos de Scripts**: Points to the 'Scripts' tab in the left sidebar.
- Herramientas de dibujo**: Points to the drawing tools in the bottom left corner.
- Inspector de Datos**: Points to the 'Inspector' tab in the right sidebar.
- Console de Resultados**: Points to the 'Console' tab in the right sidebar.
- Tareas**: Points to the 'Tasks' tab in the right sidebar.
- Mapa**: Points to the map area at the bottom.

[code.earthengine.google.com](https://code.earthengine.google.com)



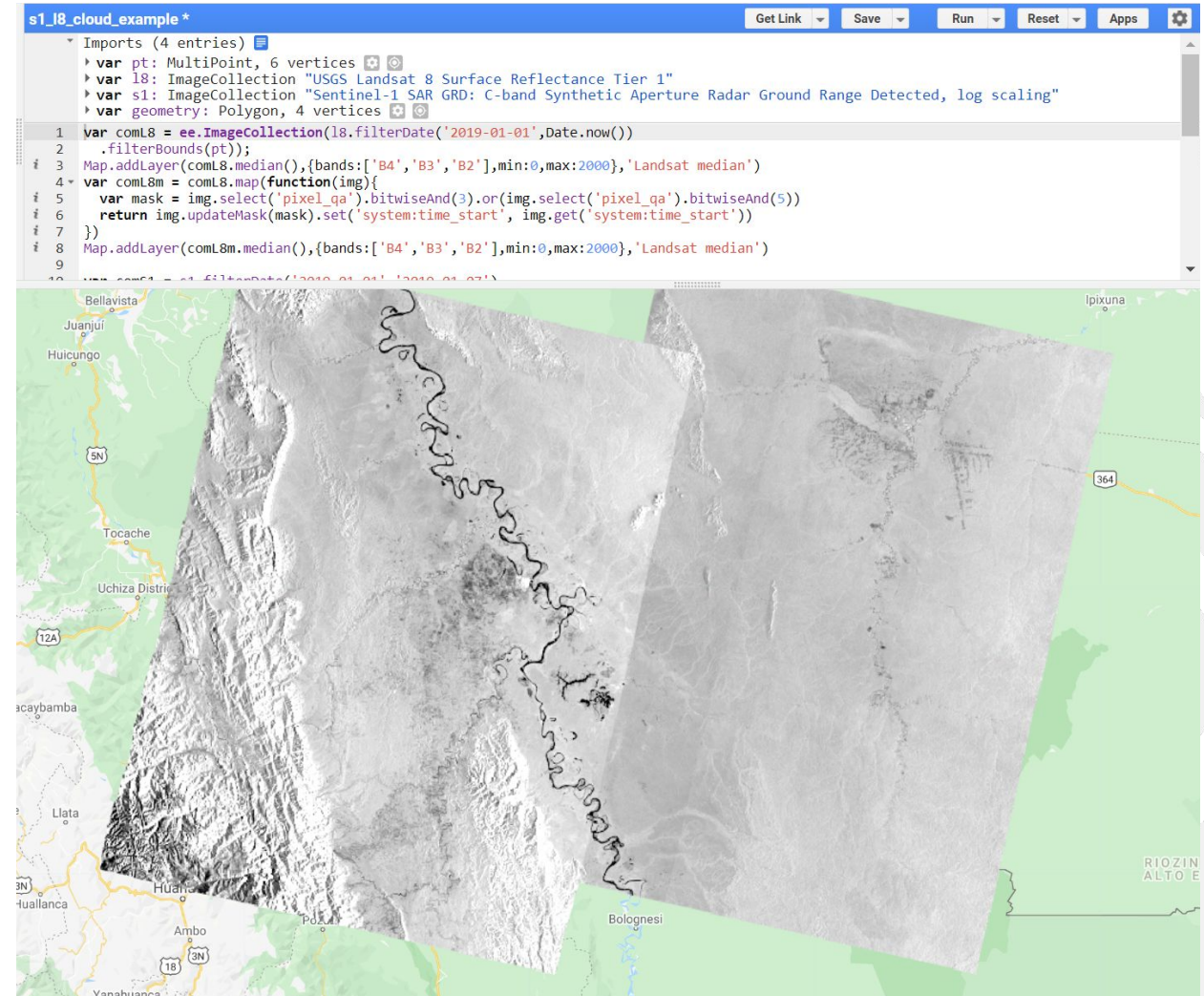
# **Datos Sentinel-1 en GEE**



# Datos Sentinel-1 en GEE



- Escala logarítmica en decibeles (dB)
  - $10 \times \log_{10}(\sigma^0)$
  - Coeficiente de retrodispersión  $\sigma^0$
- Elegir solamente un tipo de geometría de observación (ascending o descending)
- Corrección/Aplanamiento radiométrico de terreno no es aplicado en GEE
  - Puede traer errores de geocodificación e de radiometría





# Ejemplos para Sentinel-1 en GEE



<http://bit.ly/SERVIRAmazoniaEE>

Script 1

Script 2

Script 3



# Retroalimentación



[menti.com](https://www.menti.com)

161761





iGracias!



Fuente: ASF

# Andrea Puzzi Nicolau

*Investigadora Asociada*

NASA SERVIR Science Coordination Office

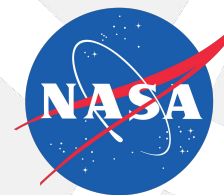
Earth System Science Center

University of Alabama in Huntsville

[andrea.puzzinicolau@nasa.gov](mailto:andrea.puzzinicolau@nasa.gov)

[andrea.nicolau@uah.edu](mailto:andrea.nicolau@uah.edu)

 [@puzzinicolau](https://twitter.com/puzzinicolau)



**USAID**  
FROM THE AMERICAN PEOPLE