

SAR para el Mapeo de la Cobertura Terrestre

Erika Podest

7 de agosto de 2018

Objetivos de Aprendizaje

Al finalizar esta presentación, usted entenderá:

- las ventajas de SAR sobre los sistemas ópticos par el mapeo de la cobertura terrestre y los cambios de uso del suelo
- el contenido informático en las imágenes SAR relevantes a las características de la cobertura terrestre
- las limitaciones de SAR para el mapeo de la cobertura terrestre
- cómo generar un mapa de la cobertura terrestre a partir de SAR

Ventajas y Desventajas de la Teledetección con Radar en Comparación a la Óptica

Ventajas

- Funciona bajo casi cualquier condición meteorológica
- Observa la superficie terrestre en el día o la noche
- Penetra la vegetación
- Penetra los suelos
- Los efectos atmosféricos son mínimos
- Sensitivo a las propiedades dieléctricas de la superficie (ej. Agua congelada vs descongelada)
- Sensitivo a la estructura de los componentes de la superficie

Desventajas

- La información es diferente a las imágenes ópticas y algunas veces difícil de interpretar.
- Presencia de speckle (efecto sal y pimienta en las imágenes)
- Distorsiones en áreas donde hay topografía



Mapeo de la Cobertura Terrestre: Óptico vs. Radar

Óptico

- La energía reflejada por la vegetación depende de la estructura, pigmentación y humedad foliar
- Hay productos disponibles de longitudes de onda visibles hasta infrarrojas que consisten en varias bandas de datos
- Los sensores ópticos sólo ven la parte superior de las superficies porque el dosel oculta lo que hay por debajo, lo cual limita las inferencias sobre la cobertura terrestre y el uso del suelo a cuando éstas están bien correlacionadas con las características de las capas superiores

Radar

- La energía de microondas dispersada por la vegetación depende de la estructura (tamaño, densidad, orientación) y propiedades dieléctricas del objetivo
- Las señales de radar típicamente son de una sola longitud de onda para cada sensor
- La señal puede penetrar a través del dosel (dependiendo de la longitud de onda), brindando información sobre las condiciones del suelo o el estado de inundación.



Aplicaciones del Radar al Mapeo y Monitoreo de la Cobertura Terrestre

- Mapeo de bosques
- Mapeo de humedales
- Mapeo de biomasa
- Monitoreo de disturbios (ej., incendios, tala selectiva)
- Monitoreo de cambios (ej., deforestación, reforestación)

Los Parámetros por Considerar en un Estudio de Mapeo de la Cobertura Terrestre

Parámetros del Radar

- Longitud de onda
- Polarización
- Ángulo de Incidencia

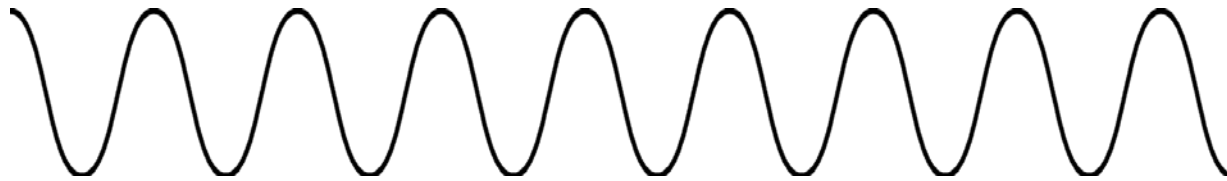
Parámetros Superficiales

- Estructura
- Propiedades Dieléctricas

Parámetros del Radar: Longitud de Onda

$$\text{Longitud de onda} = \frac{\text{vel. de la luz}}{\text{frecuencia}}$$

Mayor Frecuencia



Menor Longitud

Menor Frecuencia




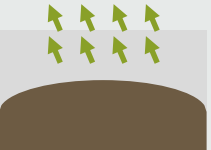
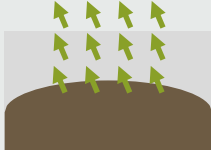



Mayor Longitud

| Designación de Bandas* | Longitud de onda (λ), cm | Frecuencia (ν), GHz (10^9 ciclos·seg ⁻¹) |
|------------------------|------------------------------------|--|
| Ka (0.86 cm) | 0.8 – 1.1 | 40.0 – 26.5 |
| K | 1.1 – 1.7 | 26.5 – 18.0 |
| Ku | 1.7 – 2.4 | 18.0 – 12.5 |
| X (3.0 cm, 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 utilizadas en SAR están en paréntesis

Penetración en Función a la Longitud de Onda

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

- 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

| Banda de Frecuencias | Ejemplos de Aplicaciones |
|----------------------|---|
| VHF | penetración del follaje y del suelo, biomasa |
| Banda-P | biomasa, humedad del suelo, penetración |
| Banda-L | agricultura, silvicultura, humedad del suelo |
| Banda-C | océano, agricultura |
| Banda-X | agricultura, océano, radar de alta resolución |
| Banda-Ku | glaciología (mapeo del manto de nieve) |
| Banda-Ka | radar de alta resolución |

Image (left) based on [ESA Radar Course 2](#); Table (right) Credit: DLR



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

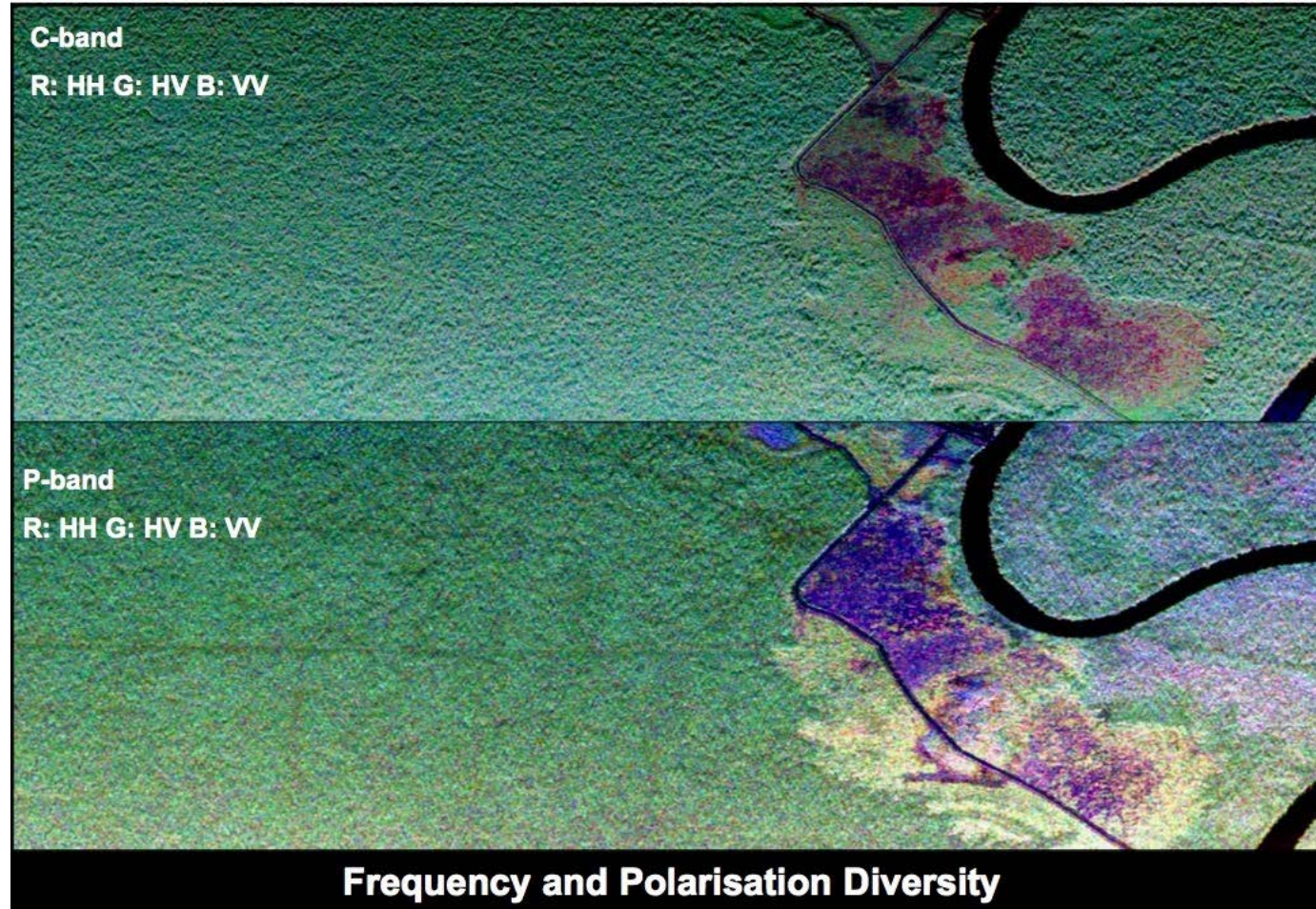
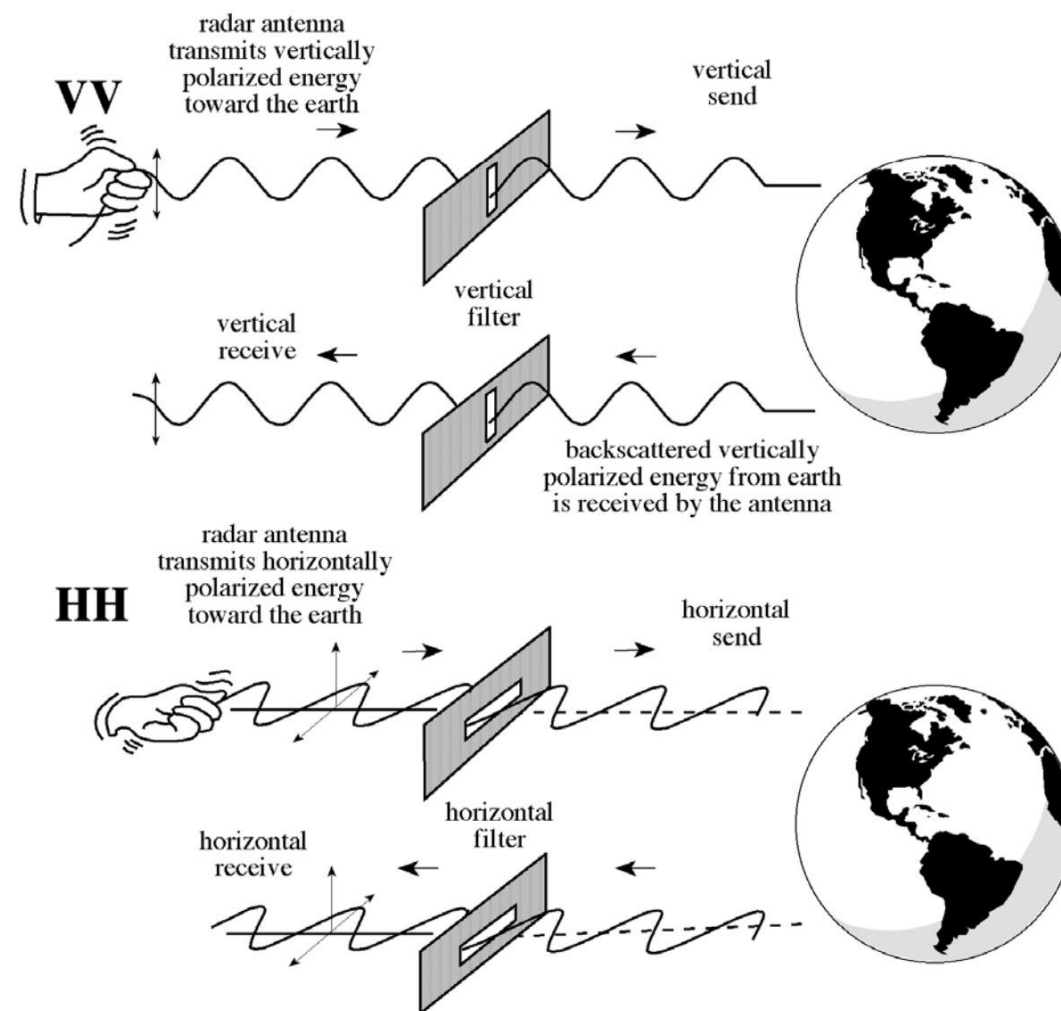


Image Credit: A. Moreira - ESA

Características del Radar: Polarización

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



Ejemplo de Polarizaciones Múltiples en un Estudio de Vegetación

Reserva Forestal Pacaya-Samiria en el Perú

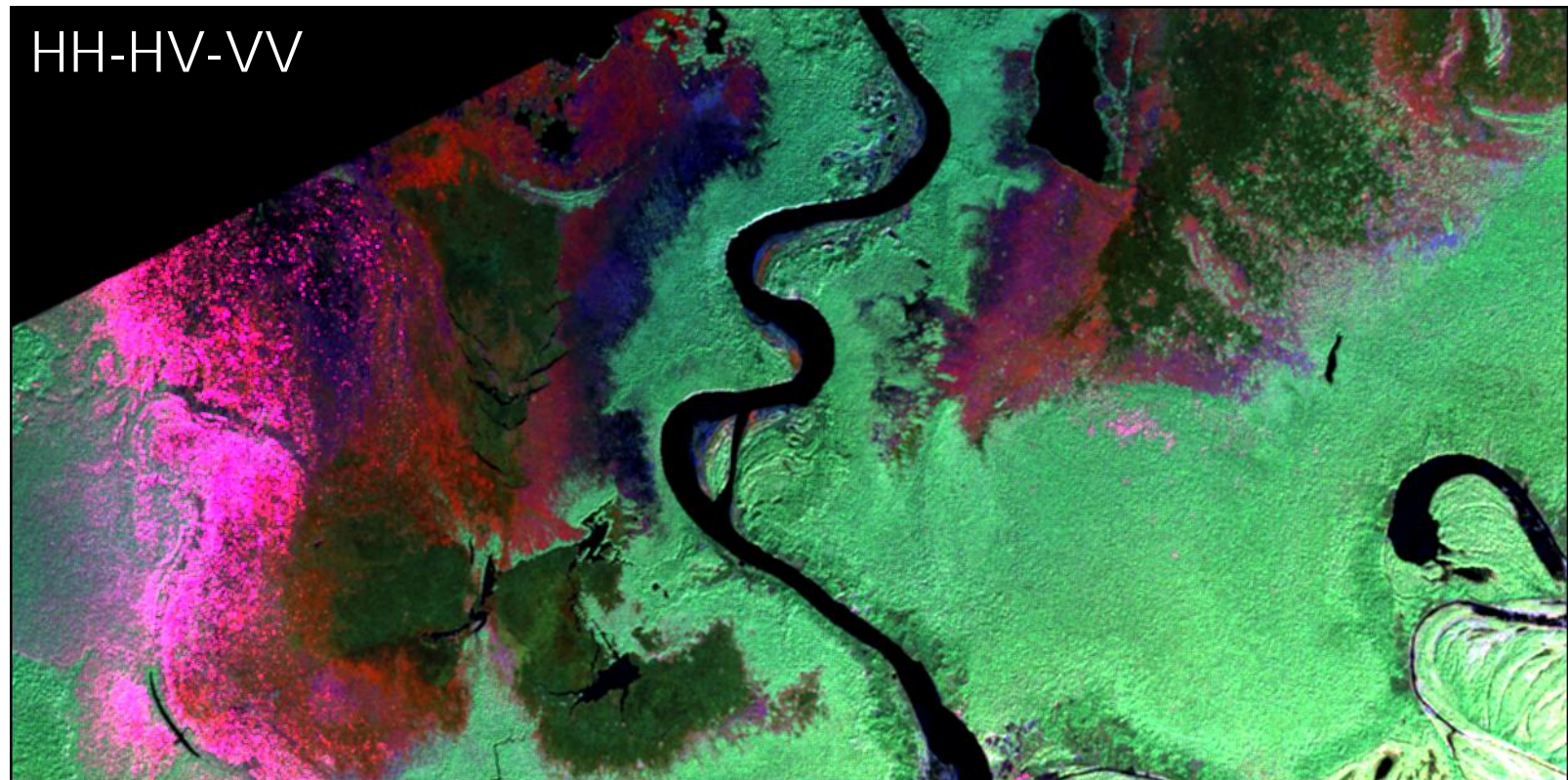
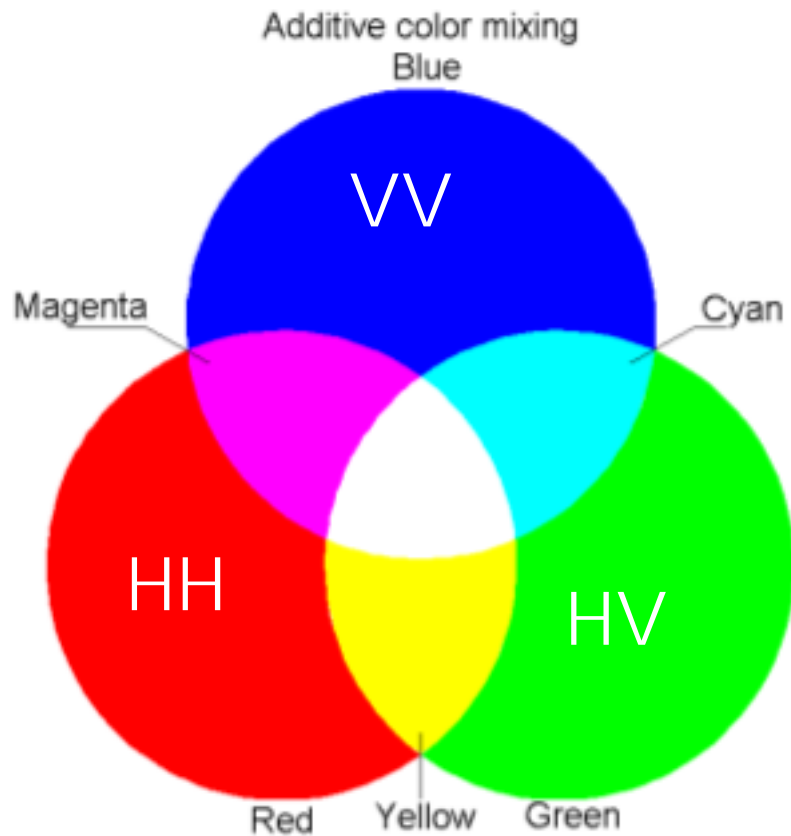
Imágenes de UAVSAR (HH, HV, VV)



Ejemplo de Polarizaciones Múltiples en un Estudio de Vegetación

Reserva Forestal Pacaya-Samiria en el Perú

Imágenes de UAVSAR (HH, HV, VV)

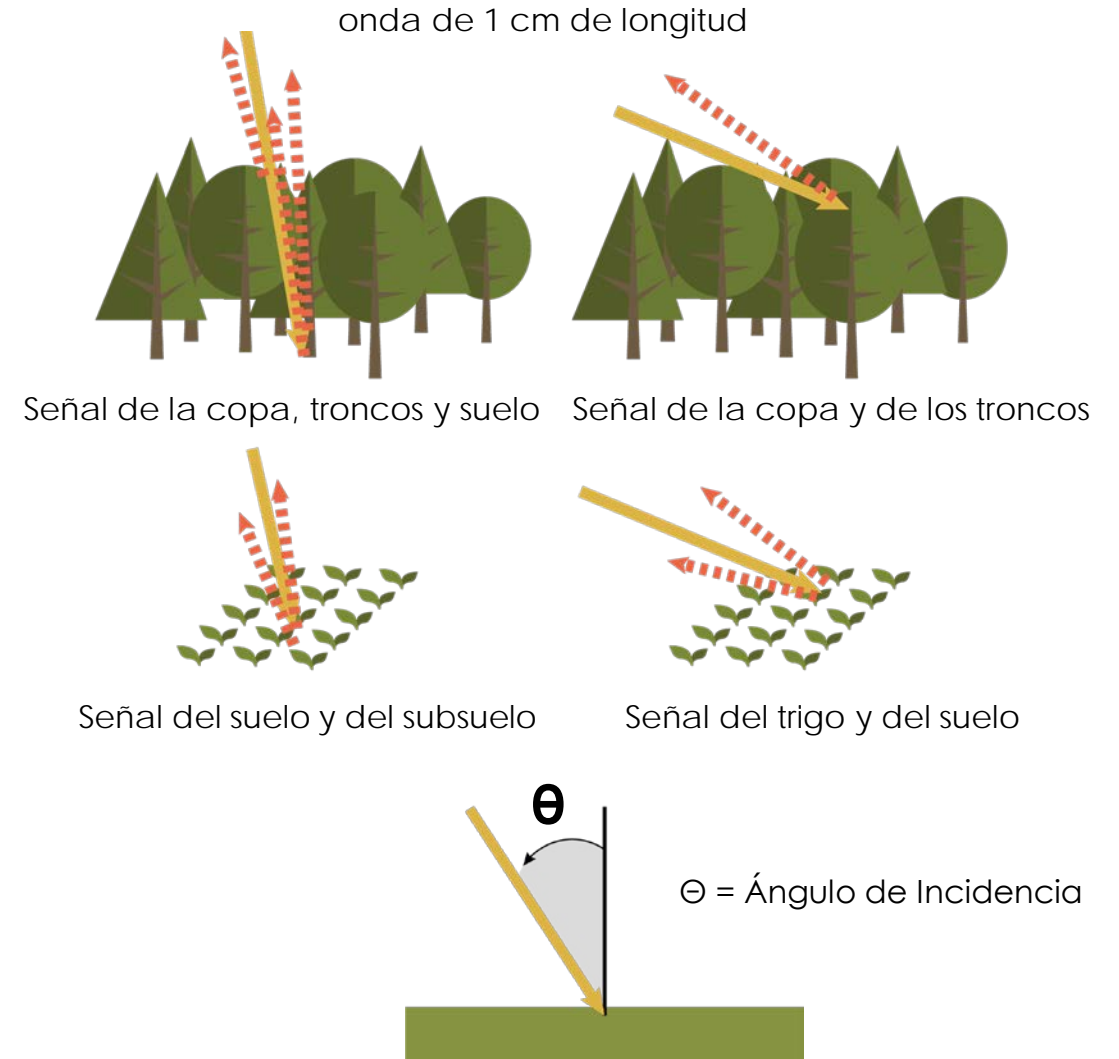


Características del Radar: Ángulo de Incidencia

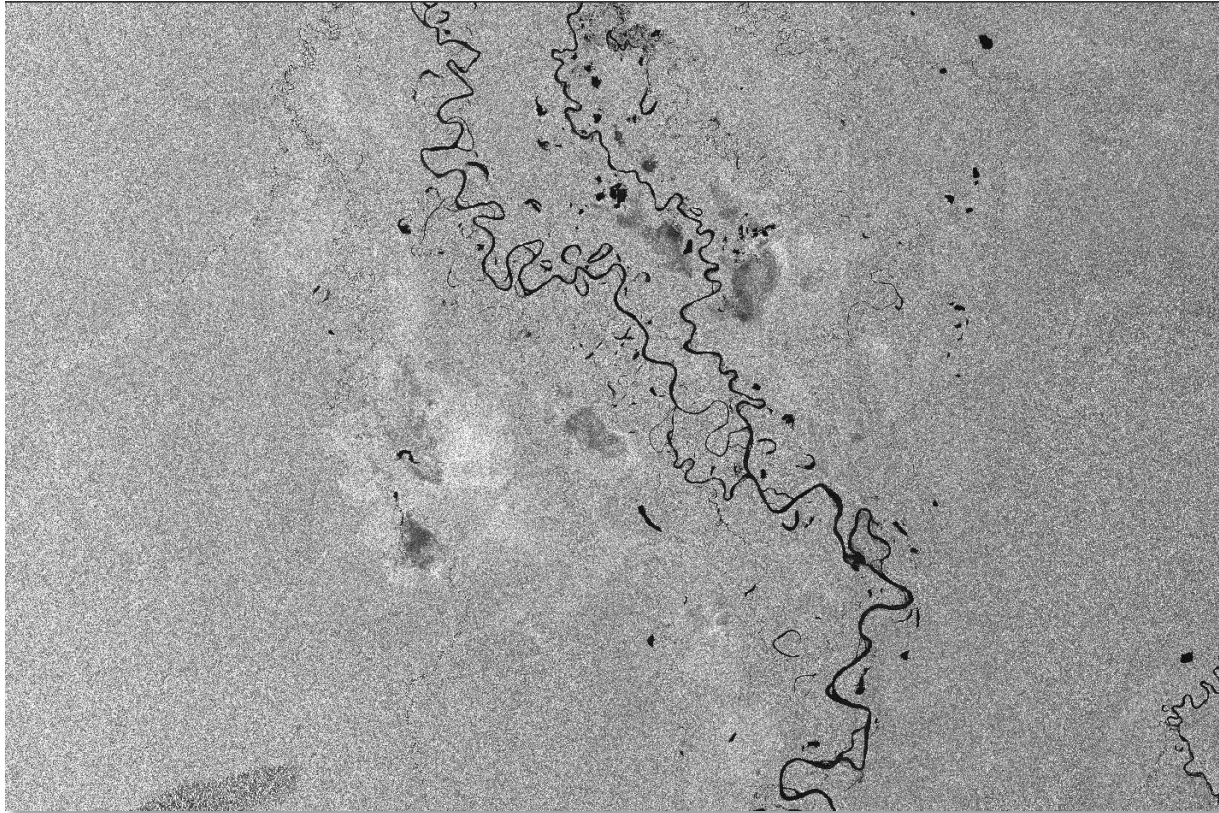
Ángulo de Incidencia Local:

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

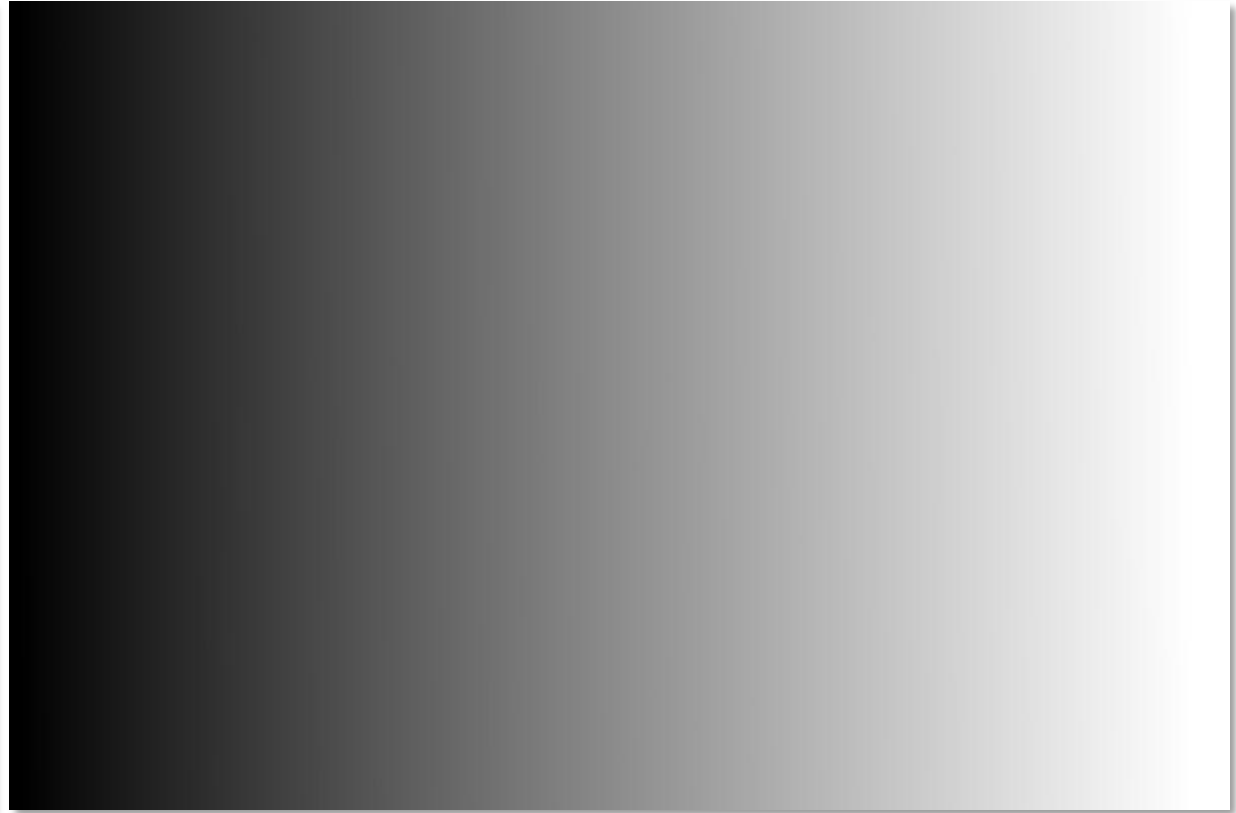
Imágenes basadas en: superior: Ulaby et al. (1981a), inferior: ESA



El Efecto de la Variación del Ángulo de Incidencia



Sentinel-1



30 ← Ángulo de Incidencia (grados) → 45



Los Parámetros por Considerar en un Estudio de Mapeo de la Cobertura Terrestre

Parámetros del Radar

- Longitud de onda
- Polarización
- Ángulo de Incidencia

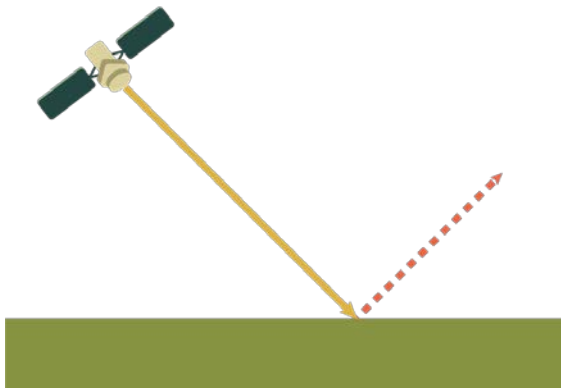
Parámetros Superficiales

- Estructura
- Propiedades Dieléctricas

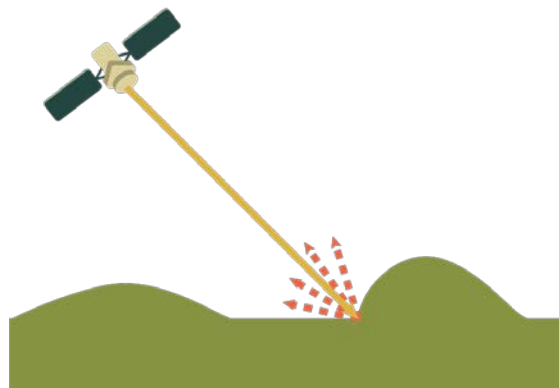


Mecanismos de Interacción de la Señal de Radar

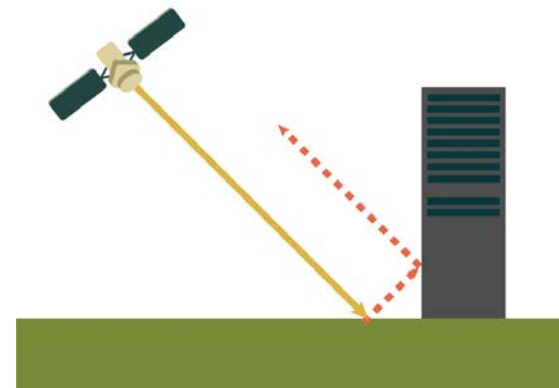
- La escala de los objetos en la superficie relativo a la longitud de onda determina qué tan áspero o liso aparecen al radar y qué tan brillantes u oscuros aparecen en la imagen
- Mecanismos de Retrodispersión:



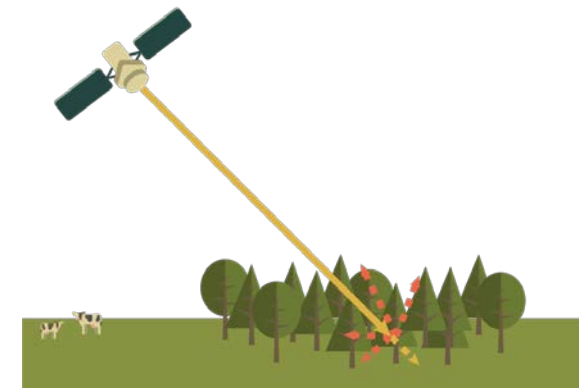
Superficie Lisa



Superficie Áspera



Doble Rebote

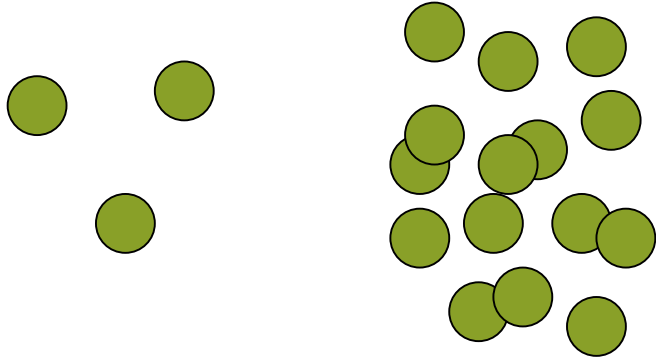


Vegetación

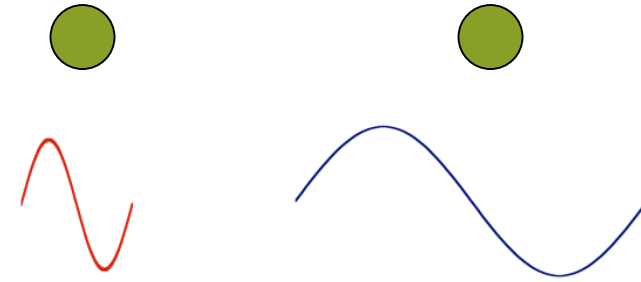


Parámetros Superficiales Relacionados con la Estructura

Densidad



Tamaño Relativo a la Longitud de Onda



Tamaño y Orientación



Tamaño en Relación con la Longitud de Onda



Pino austriaco



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



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

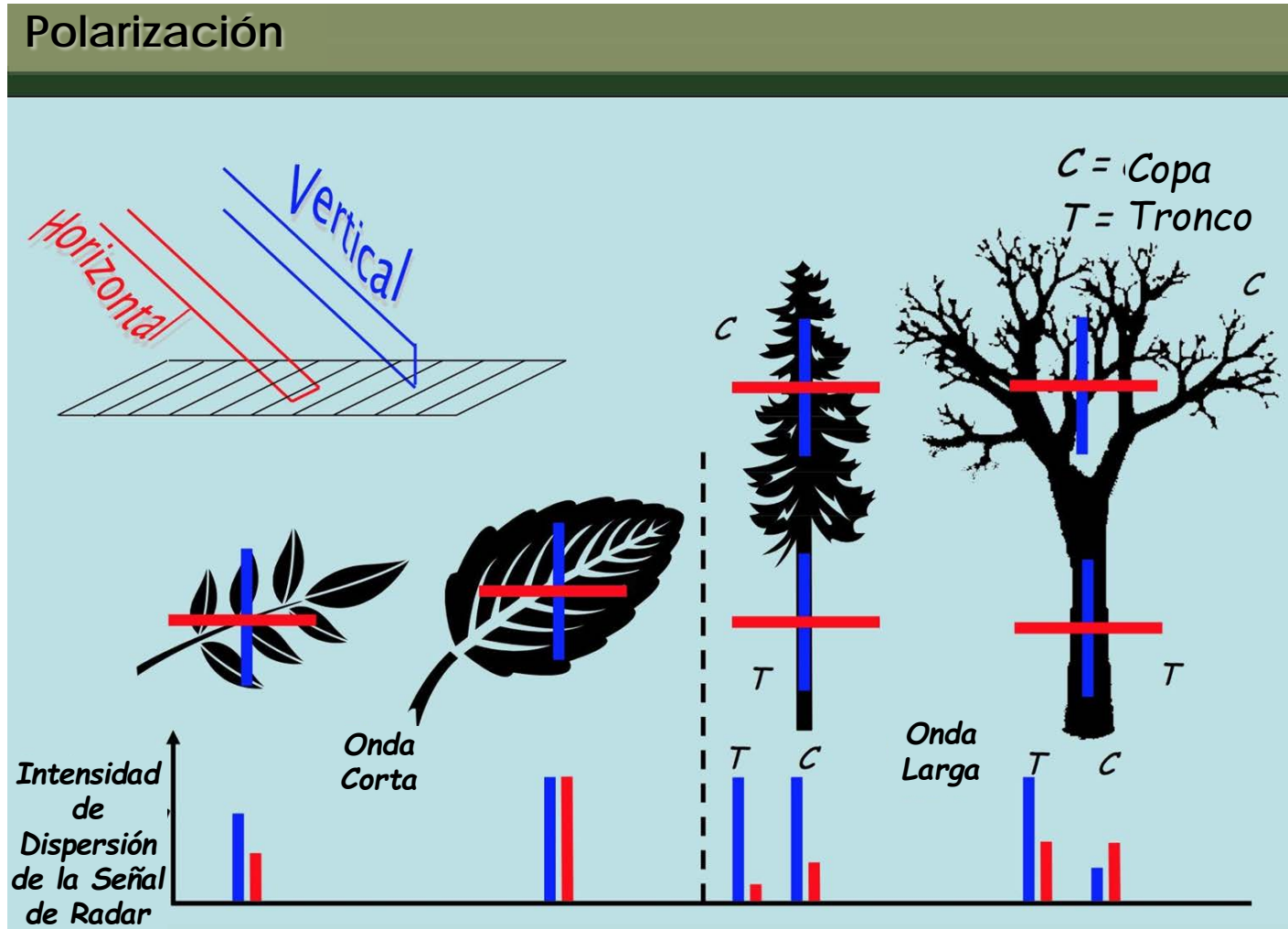


Banda-P
 $\lambda = 70 \text{ cm}$

Fuente de la Imagen: Thuy le Toan



Tamaño y Orientación



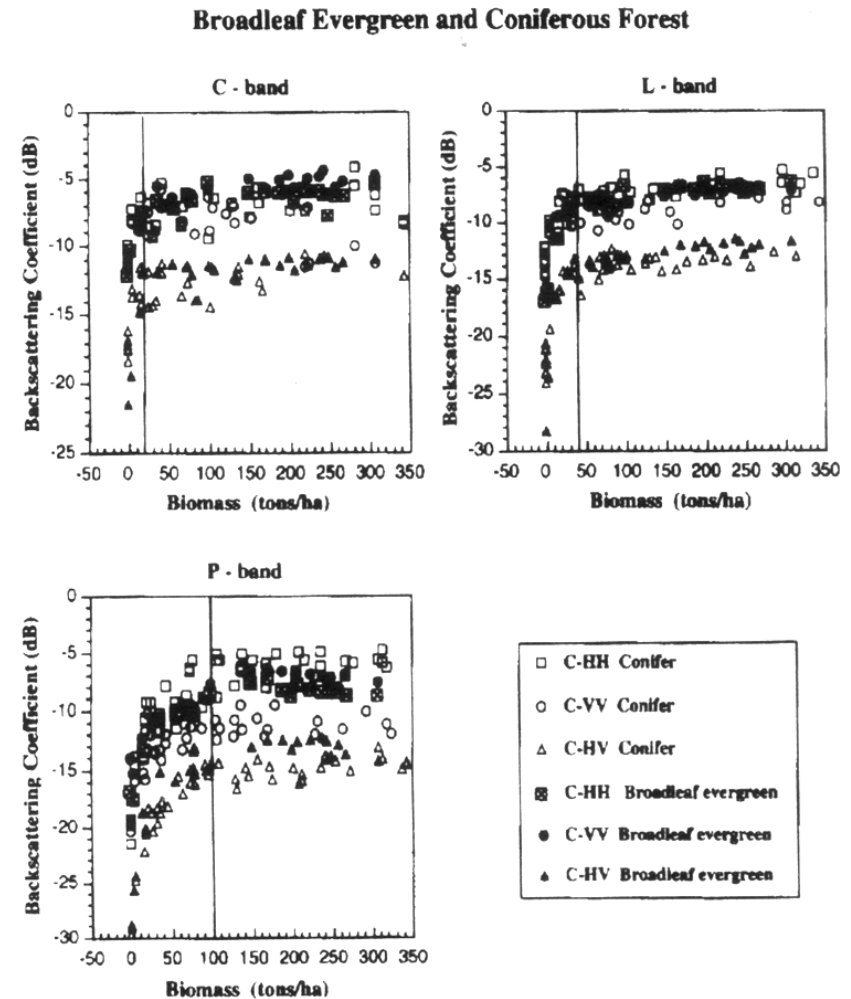
Fuente: Walker, W. *Introduction to Radar Remote Sensing for Vegetation Mapping and Monitoring*



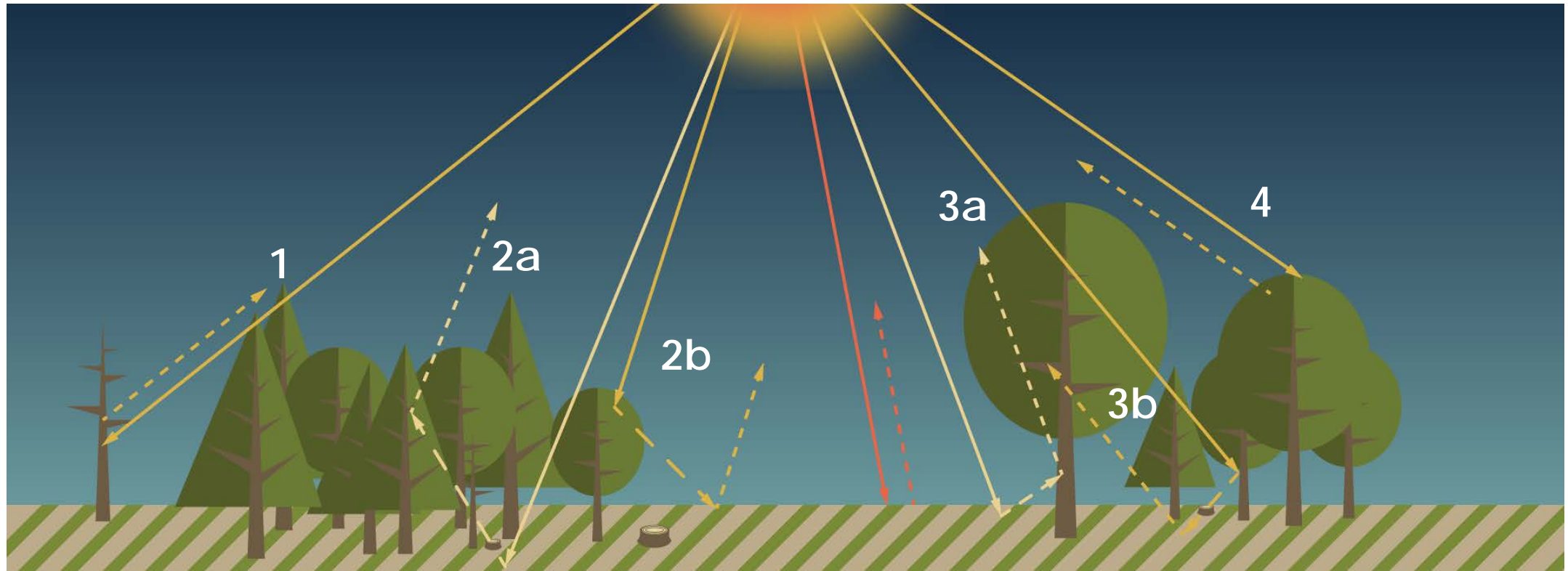
La Densidad

- La saturación puede ser un problema
- Densidad informática/Instrumental
 - El AIRSAR polarimétrico de la NASA/JPL opera en las bandas -C, -L, y -P
 - Tiene un ángulo de incidencia entre 40° y 50 °
- Banda-C \approx 20 toneladas/ha (2 kg/m²)
- Banda-L \approx 40 toneladas/ha (4 kg/m²)
- Banda-P \approx 100 toneladas/ha (10 kg/m²)

Image Source: Imhoff, 1995:514)



Retrodispersión del Radar en los Bosques



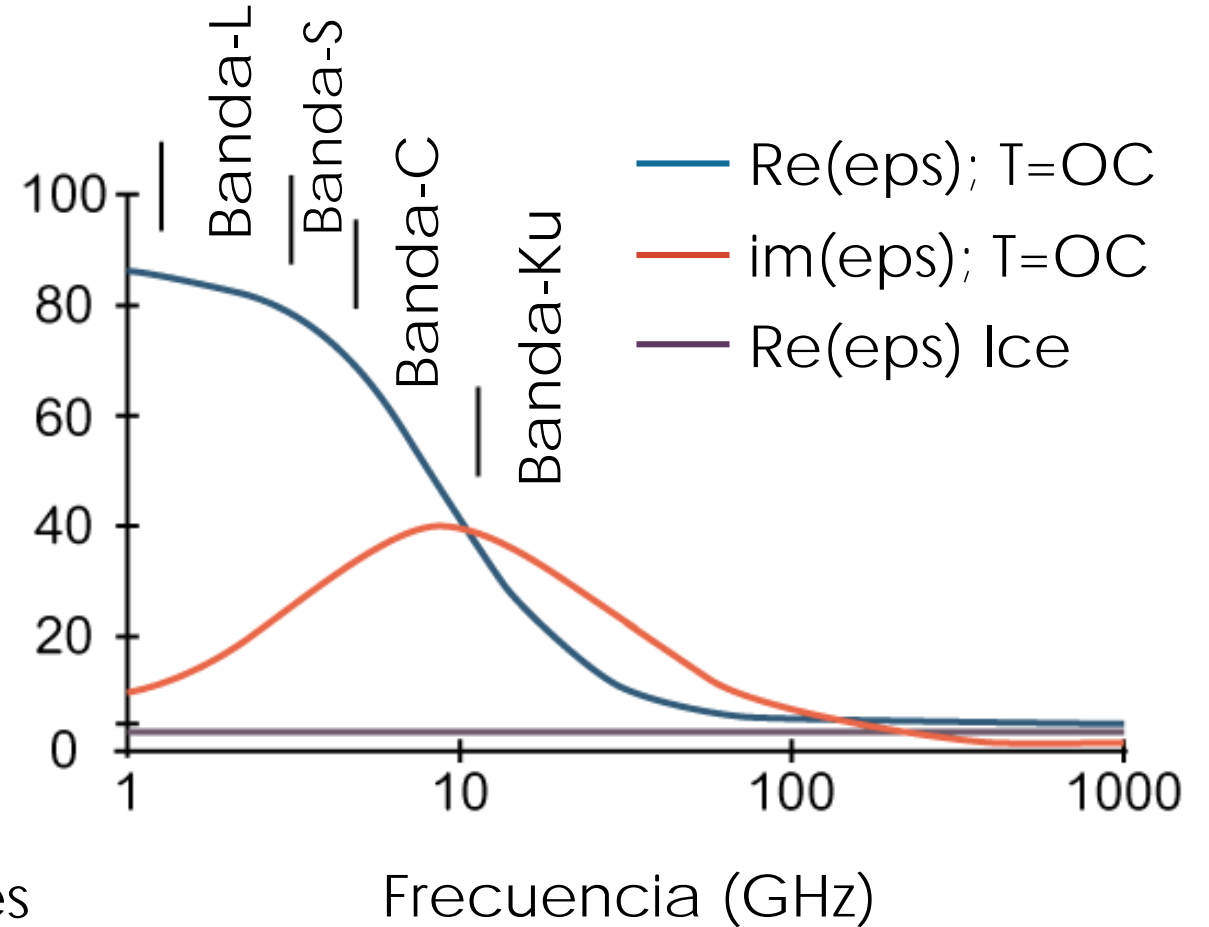
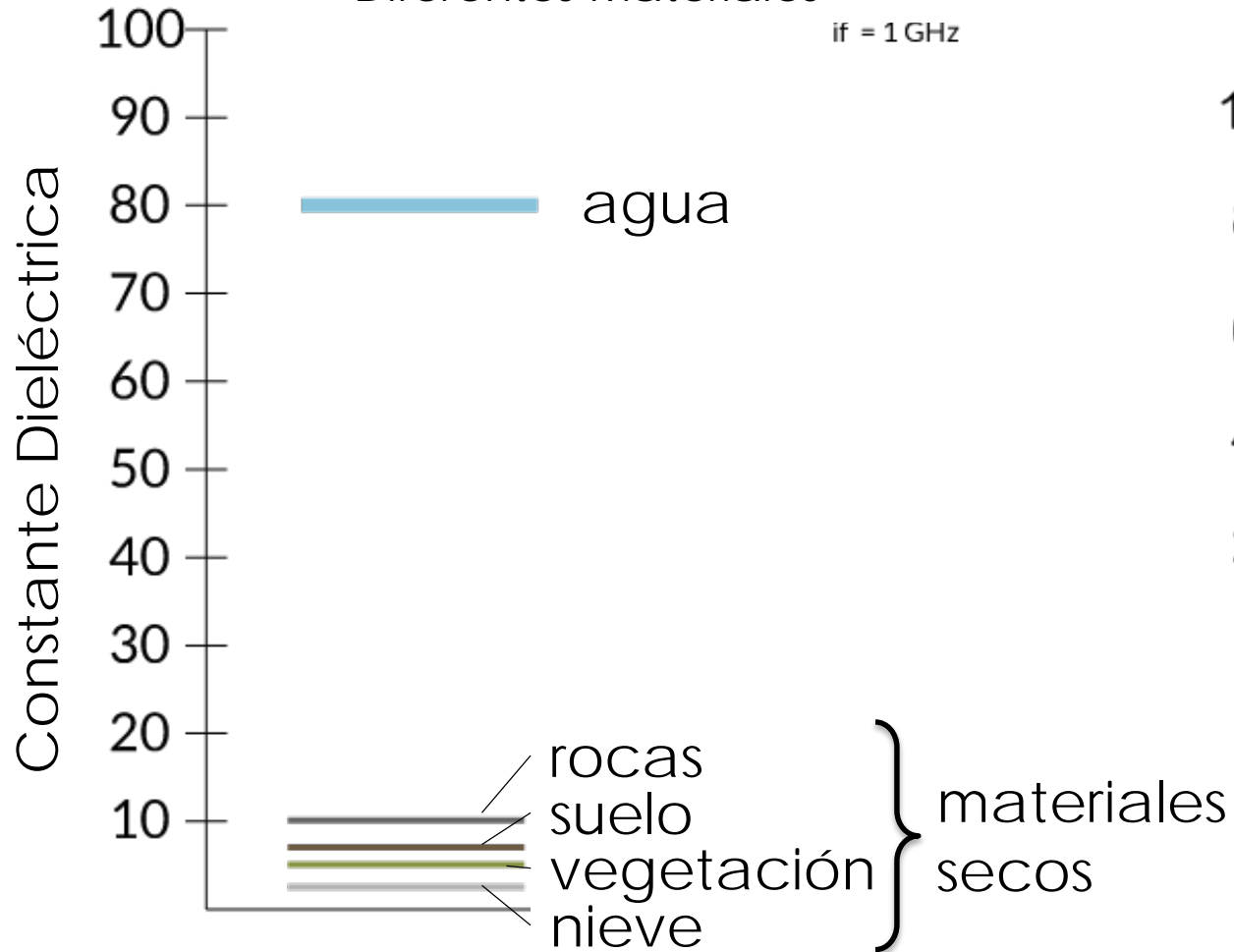
Fuentes principales de retrodispersión en los bosques: (1) dispersión directa de los troncos de los árboles, (2a) dispersión suelo-copa, (2b) dispersión copa-suelo, (3a) dispersión suelo-tronco, (3b) dispersión tronco-suelo, (4) dispersión por volumen, copa



Parámetros Superficiales: Constante Dieléctrica

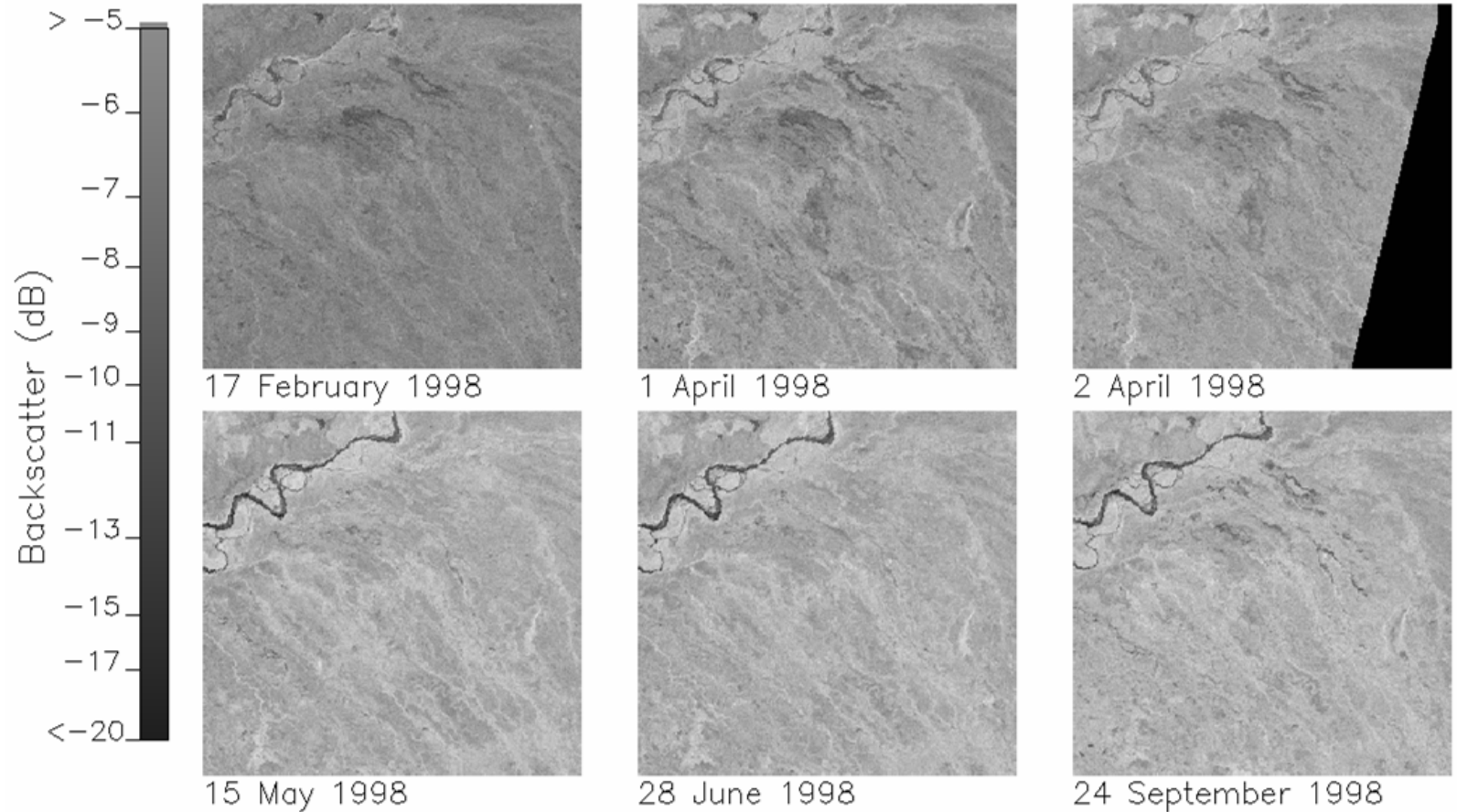
Propiedades Dieléctricas de Diferentes Materiales

if = 1 GHz



Propiedades Dieléctricas de la Superficie

- Durante la transición de la superficie de congelado a descongelado hay un cambio en las propiedades dieléctricas de la superficie
- Esto causa un incremento notable en retrodispersión



Distorsiones Geométricas

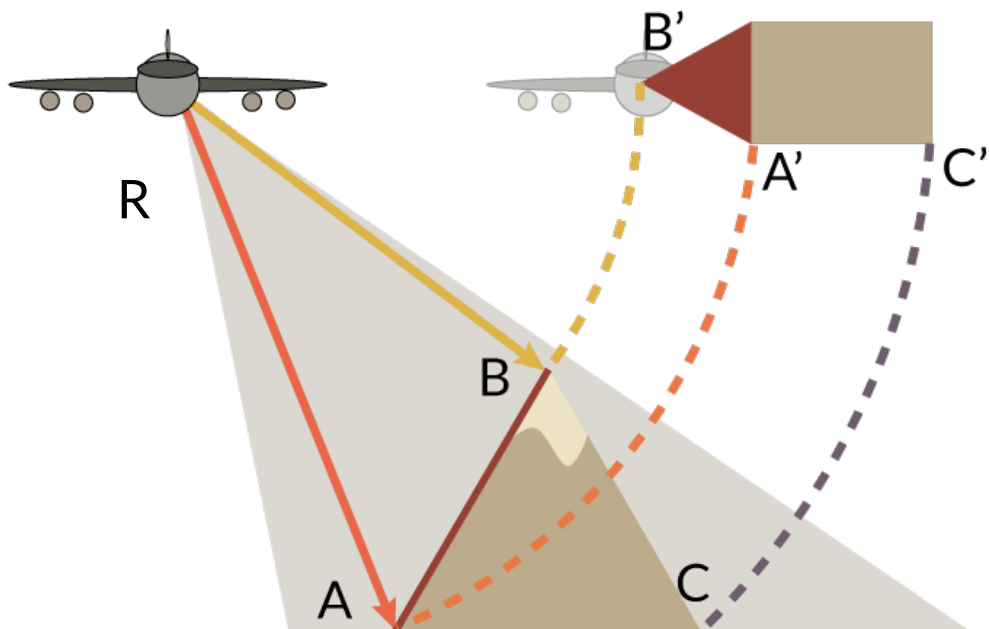
Inversión
por Relieve
(Layover)

$$AB = BC$$

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

$$RA > RB$$

$$RA' > RB'$$

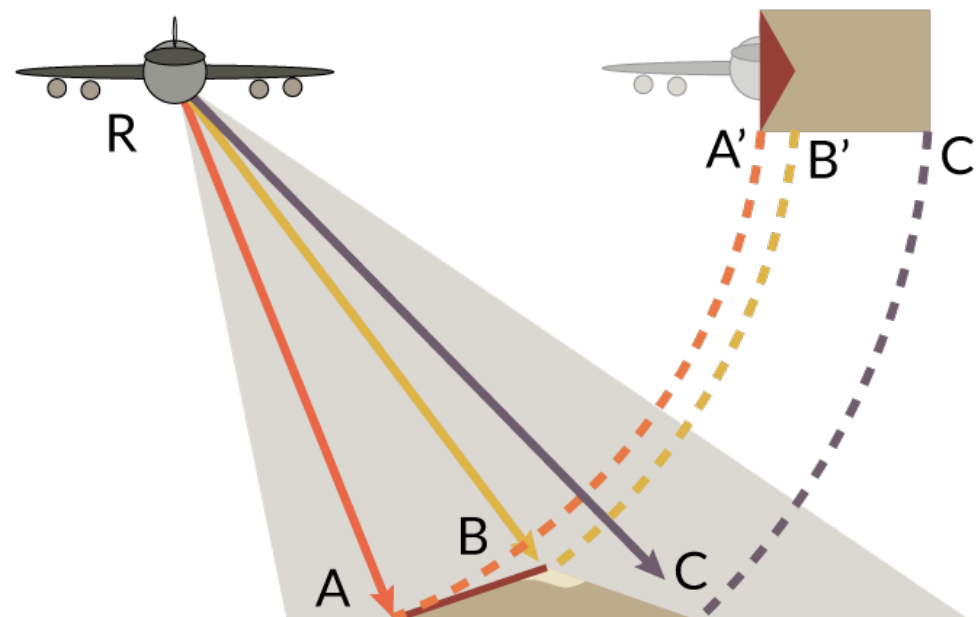


Desplazamiento
de Estructuras
(Foreshortening)

$$RA < RB < RC$$

$$AB = BC$$

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



Images based on NRC images



Sombra

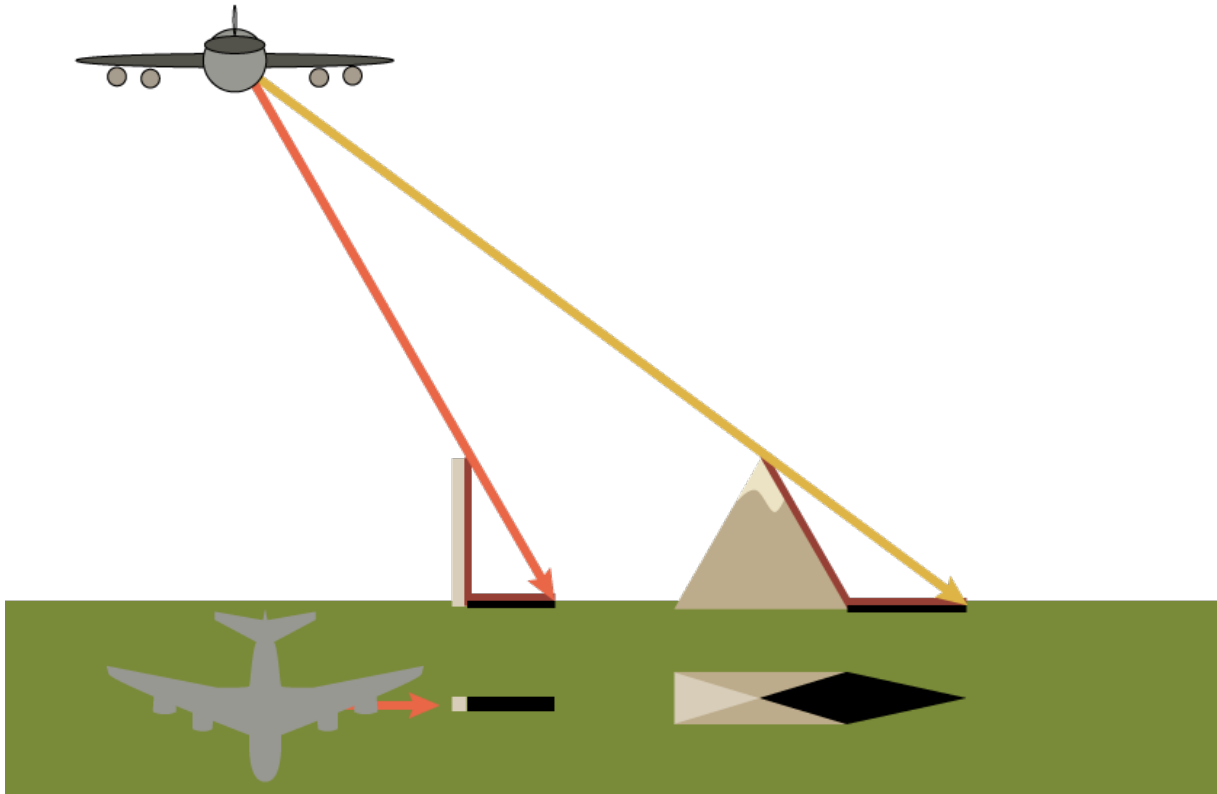


Image (left) based on NRC

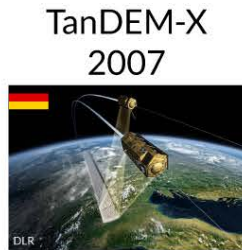


Datos por Radar de Diferentes Satélites

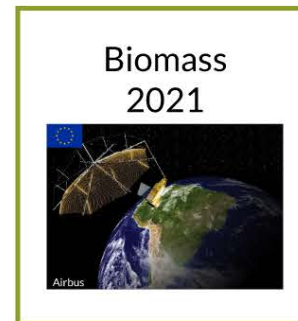
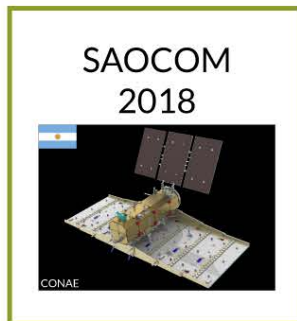
Antiguos:



Actuales:



Futuros:



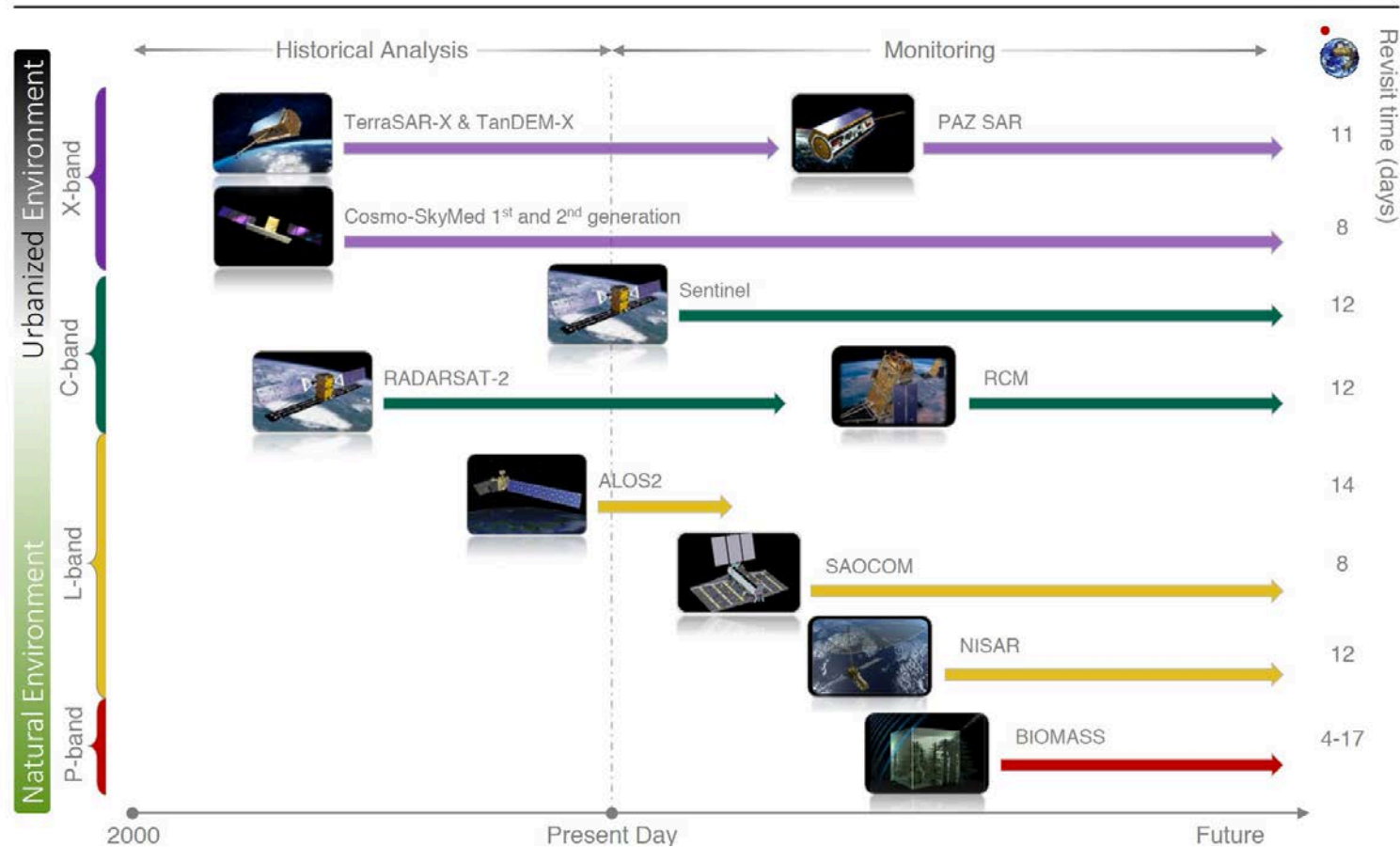
 freely accessible

Fuente: Franz Meyer, University of Alaska, Fairbanks



Satélites de SAR Actuales y Futuros

Current and Future SAR Satellites



Courtesy: A. Ferretti, TRE: modified version



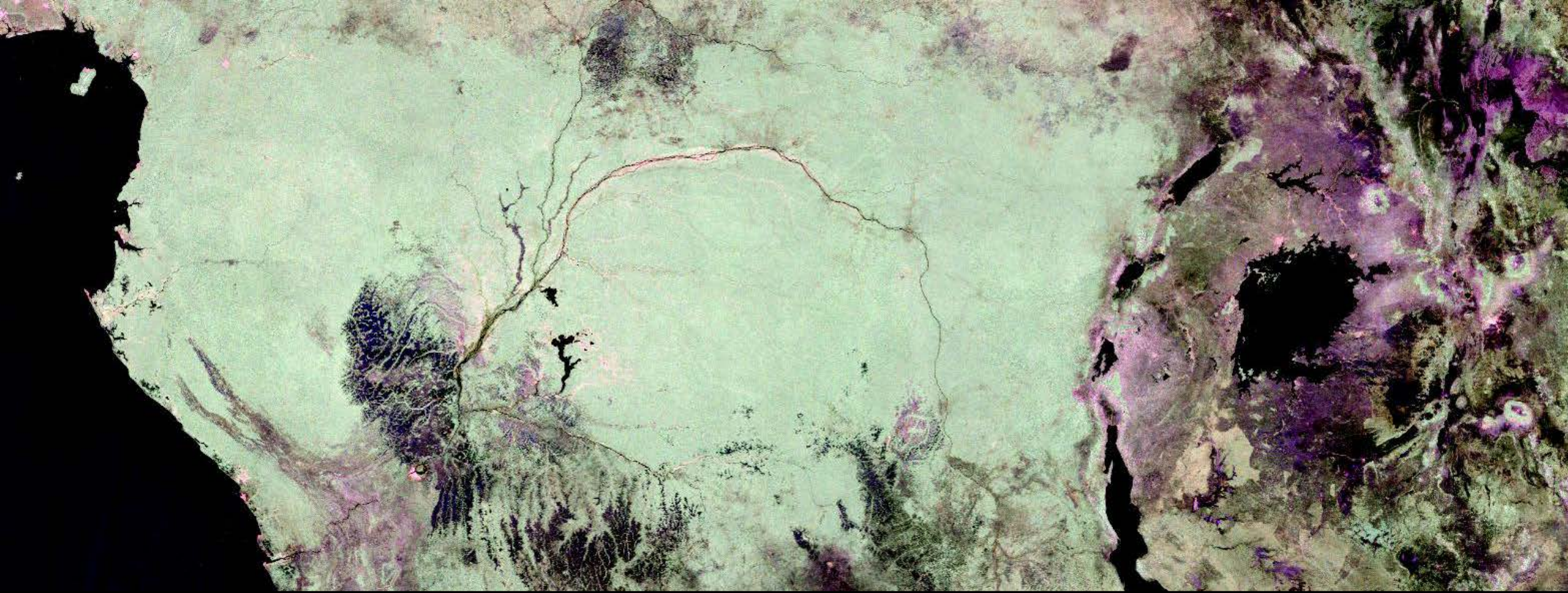
Misión NISAR (NASA-ISRO SAR)

- Resolución espacial alta con tiempo de revisita frecuente
- Fecha de lanzamiento más pronta: 2021
- Radar de Apertura Sintética (SAR) de frecuencia dual L- y S-band
 - SAR de L-band de la NASA y SAR de S-band de ISRO
- 3 años de operaciones científicas (+ de 5 años de consumibles)
- Todos los datos científicos se harán 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 \leq -23 db | Surface characterization of smooth surfaces |

Courtesy: Paul Rosen (JPL)





Ejercicio Práctico

El Software de Sentinel-1

- Un software gratuito y de fuente abierta desarrollado por la ESA para procesar y analizar imágenes de radar de Sentinel-1 y otros satélites
- Acceso a través de la siguiente página web: <http://step.esa.int/main/download/>
- Incluye las siguientes herramientas
 - Calibración
 - Ruido de speckle
 - Corrección por topografía
 - Producción de mosaico
 - Polarimetría
 - Interferometría
 - Clasificación

