National Aeronautics and Space Administration

ARSET

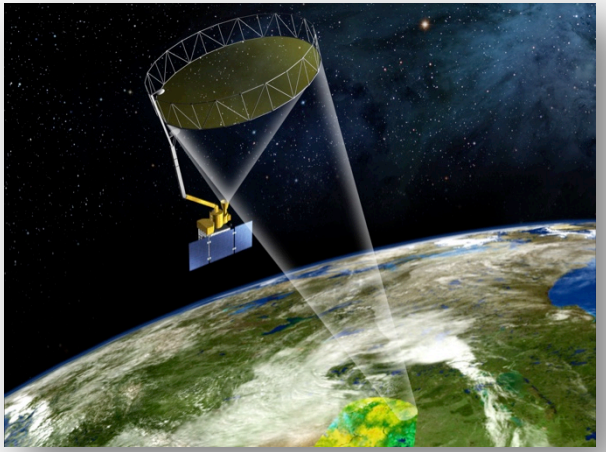
Applied Remote Sensing Training

http://arset.gsfc.nasa.gov

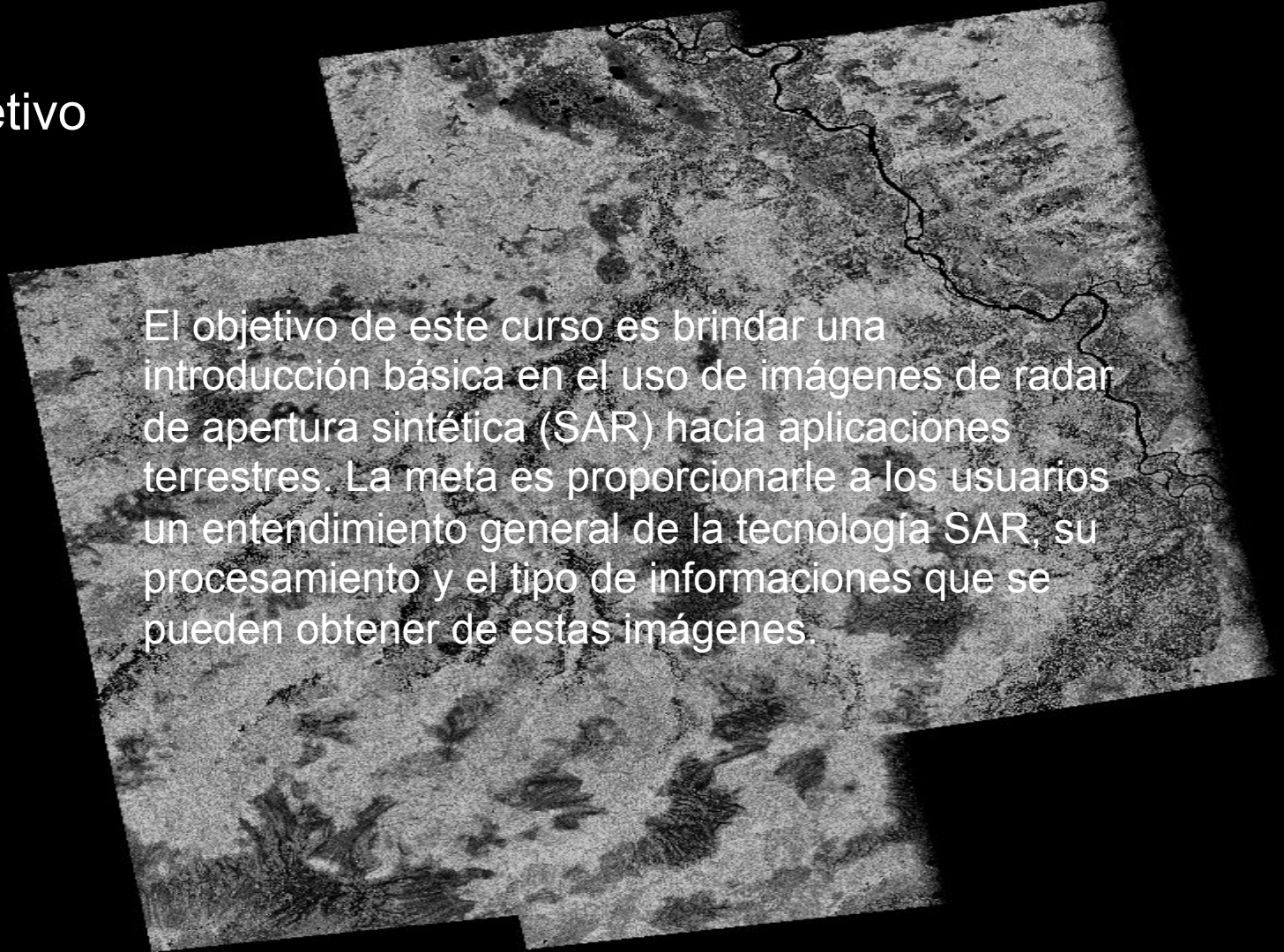
@NASAARSET

Introducción a Radar

Jul. 16, 2016



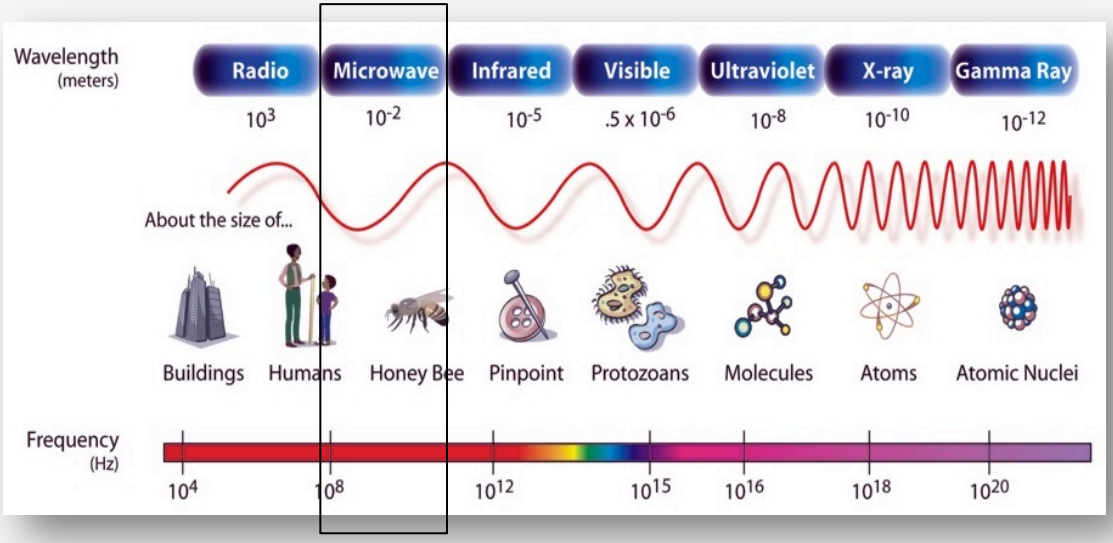
Objetivo



El objetivo de este curso es brindar una introducción básica en el uso de imágenes de radar de apertura sintética (SAR) hacia aplicaciones terrestres. La meta es proporcionarle a los usuarios un entendimiento general de la tecnología SAR, su procesamiento y el tipo de informaciones que se pueden obtener de estas imágenes.

El Espectro Electromagnético

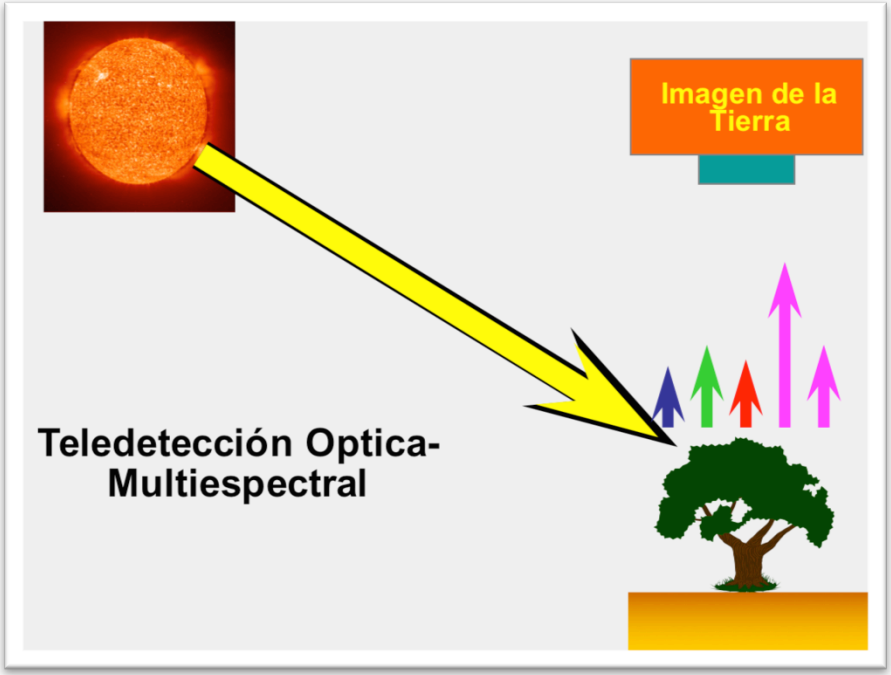
- La superficie terrestre no es observable con sensores. visibles o infrarrojos ni cuando hay nubes o vegetación densa.
- Los sensores ópticos miden la luz del sol dispersada y funcionan en el día nada mas.



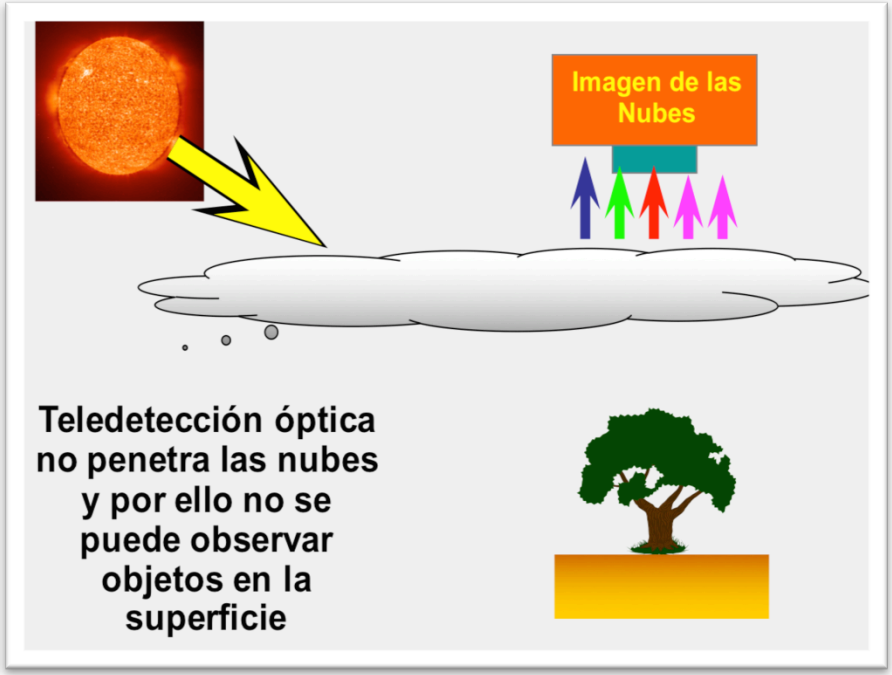
- Las microondas pueden penetrar las nubes y vegetación, operar durante el día y la noche.

Teledetección Óptica: Ventajas y Desventajas

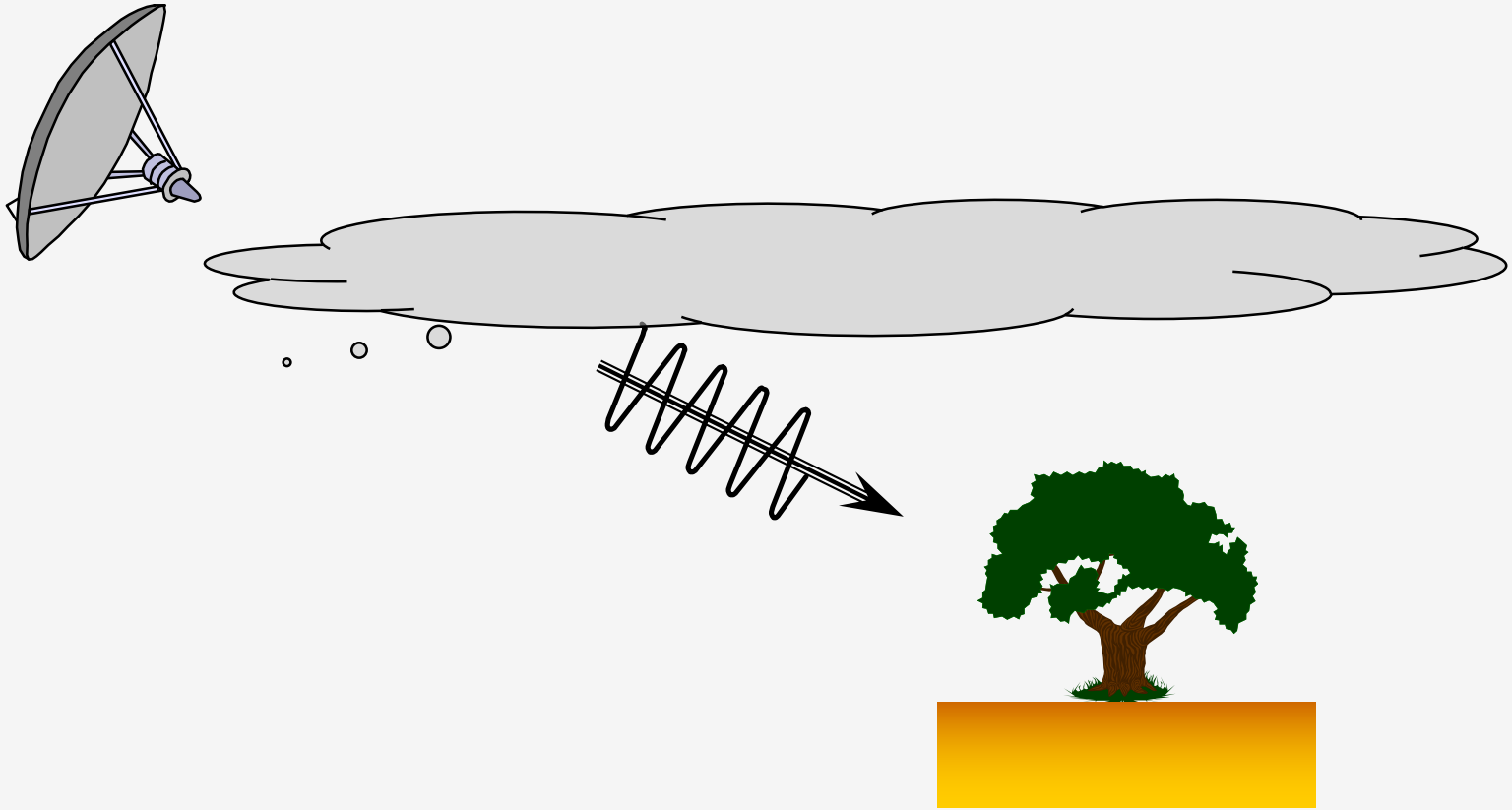
Ventajas



Desventajas

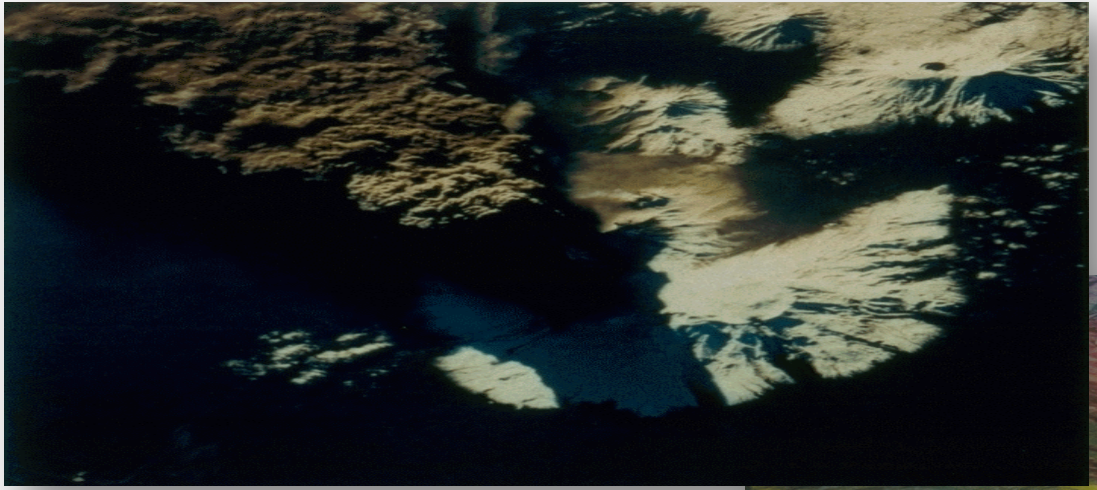


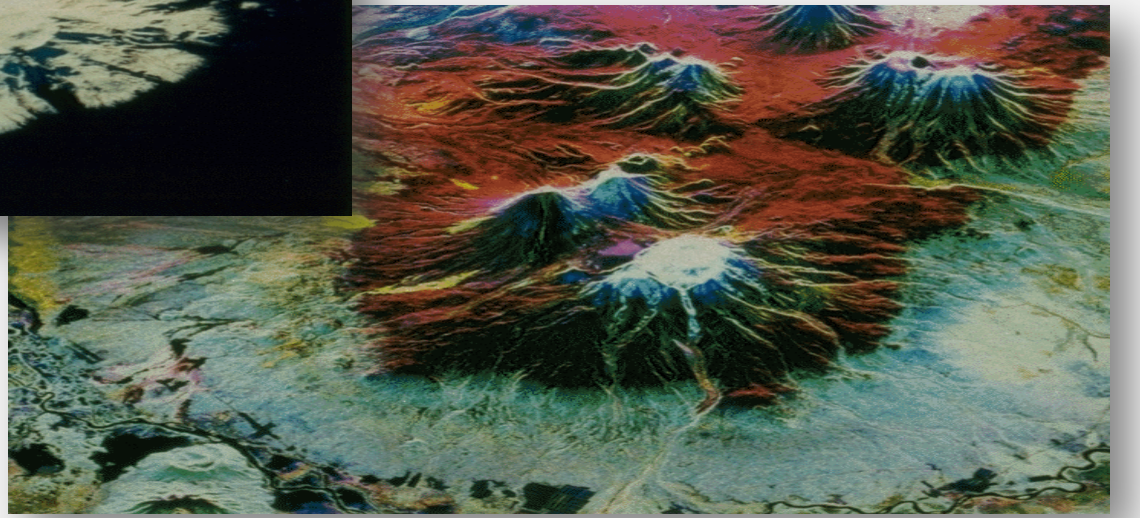
Radar: Ventajas



Ejemplo de Teledetección Óptica vs. Radar

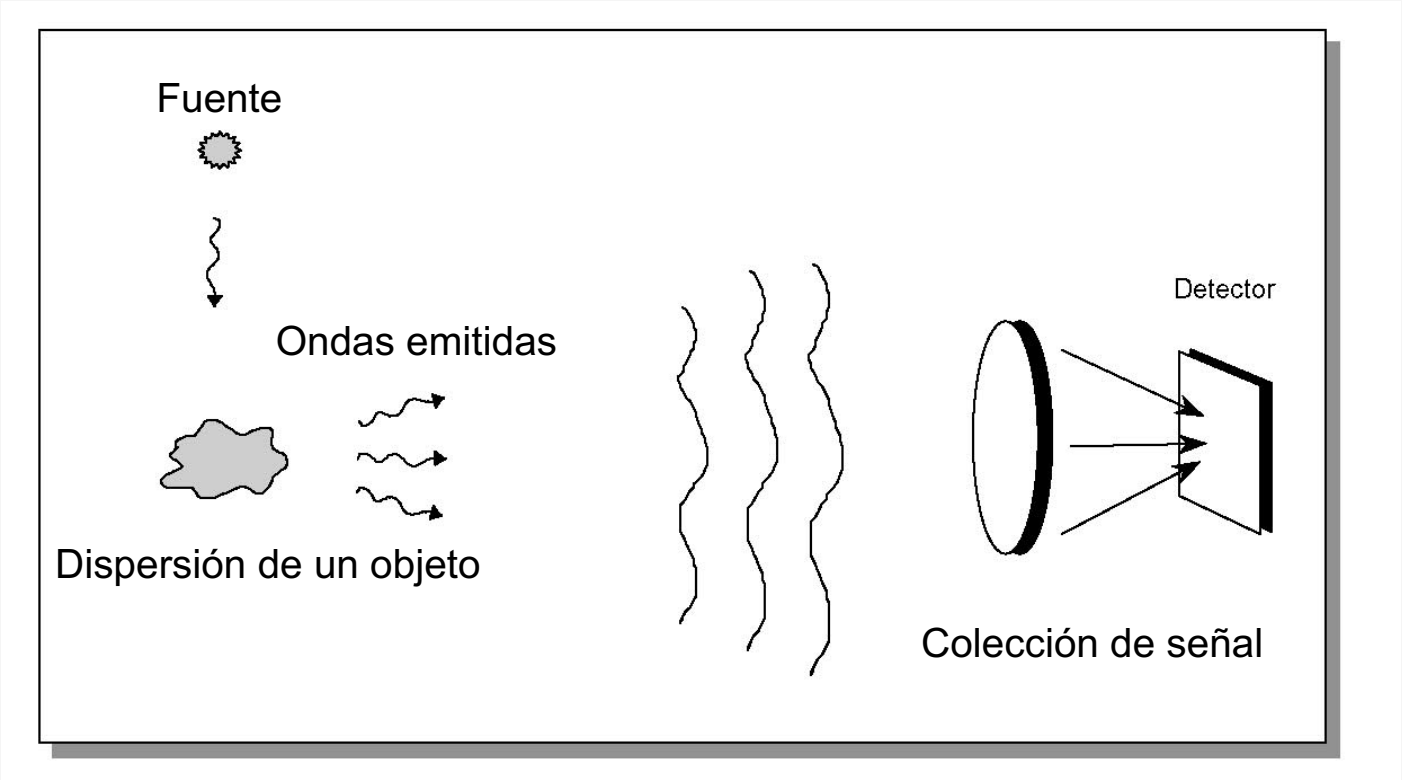
Volcán en Kamchatka, Rusia





Octubre 5, 1994

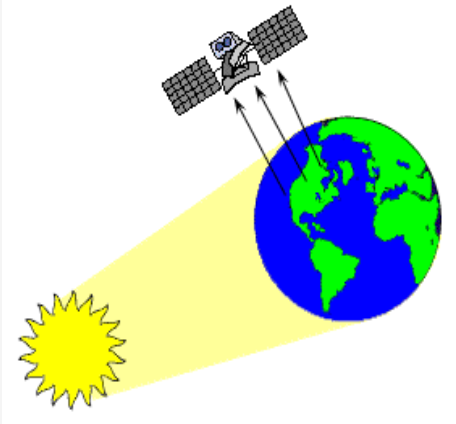
El Concepto Básico de la Teledetección



Teledetección de Sistemas Pasivos y Activos

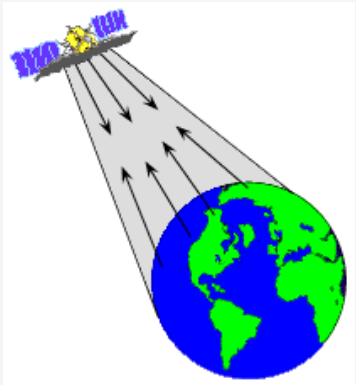
Sensores Pasivos:

- La fuente de energía radiante surge de fuentes naturales
- El sol, la Tierra, otros “cuerpos” calientes

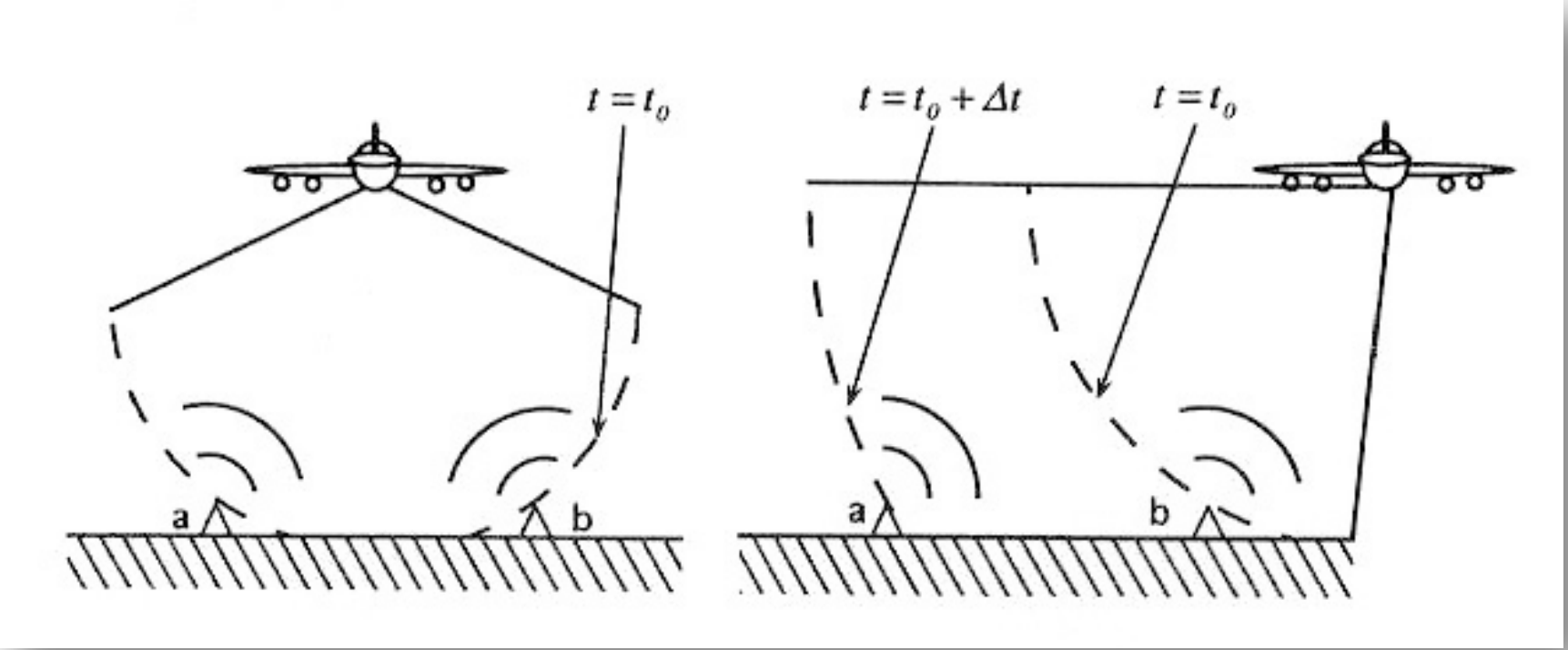


Sensores Activos:

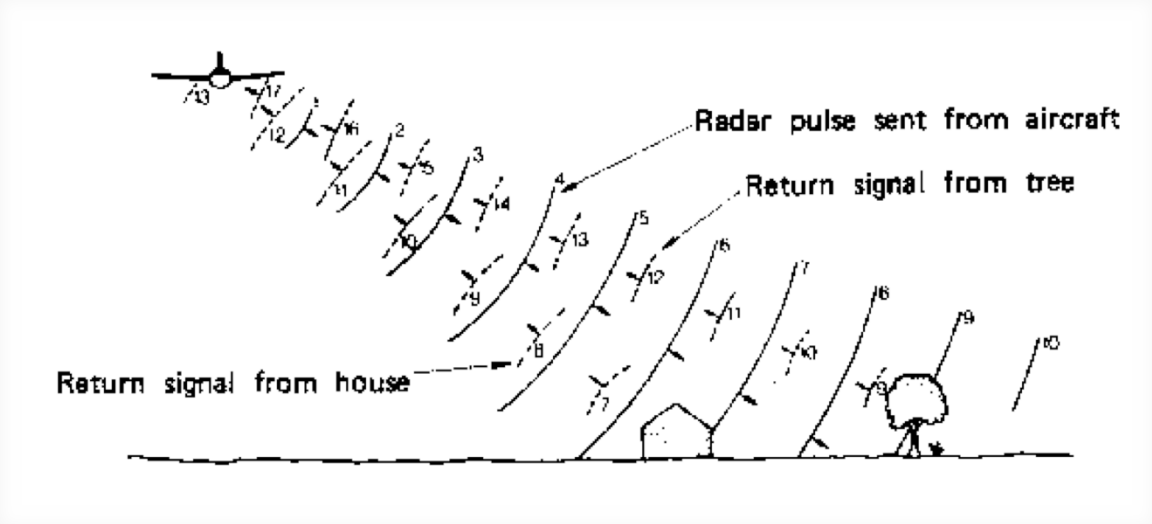
- Proporcionan artificialmente su propia energía radiante como iluminación
- Radar, radar de apertura sintética (SAR), LIDAR



Fundamentos de Radar: Orientación Hacia Abajo vs. de Lado



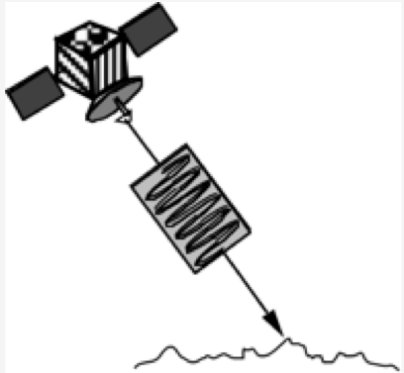
Fundamentos de Radar

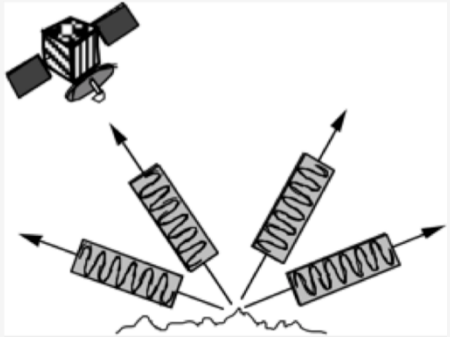


- Cada pixel en la imagen de radar representa una cantidad compleja de la energía que se reflejó devuelta al satélite.
- La magnitud de cada pixel representa la intensidad del eco reflejado.

Formación de Imágenes de Radar

El radar transmite un pulso



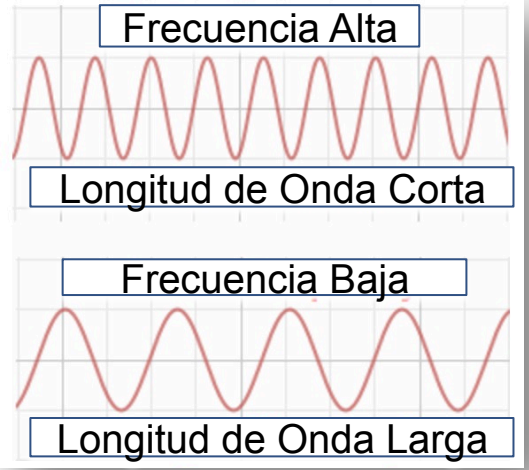


Mide el eco que retorna (retrodispersión)

1. El radar mide el retraso y la fuerza del eco retrodispersado
   – Mide la amplitud y la fase
2. El radar nada mas mide parte del eco reflejado de vuelta a la antena (retrodispersión)
3. El pulso de radar viaje a la velocidad de la luz
4. Debido al retraso-se pueden observar objetos a diferentes distancias del radar

Parámetros del Radar: Longitud de Onda

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



Designación de Banda	Longitud de Onda	Frecuencia
Ka (0.86 cm)	0.8 to 1.1	40.0 to 26.5
K	1.1 to 1.7	26.5 to 18.0
Ku	1.7 to 2.4	18.0 to 12.5
X (3.0 cm, 3.2 cm)	2.4 to 3.8	12.5 to 8.0
C (6.0)	3.8 to 7.5	8.0 to 4.0
S	7.5 to 15.0	4.0 to 2.0
L (23.5 cm, 25 cm)	15.0 to 30.0	2.0 to 1.0
P (68 cm)	30.0 to 100.0	1.0 to 0.3

*Las longitudes de ondas mas frecuentemente usadas en radar están en paréntesis

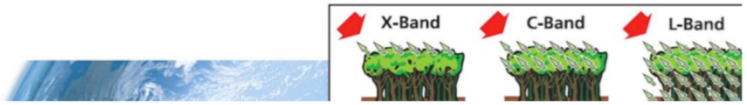
Parámetros del Radar: Longitud de Onda

Penetración es el factor primordial en la selección de la longitud de onda

La penetración a través de la vegetación o del suelo incrementa con la longitud de onda

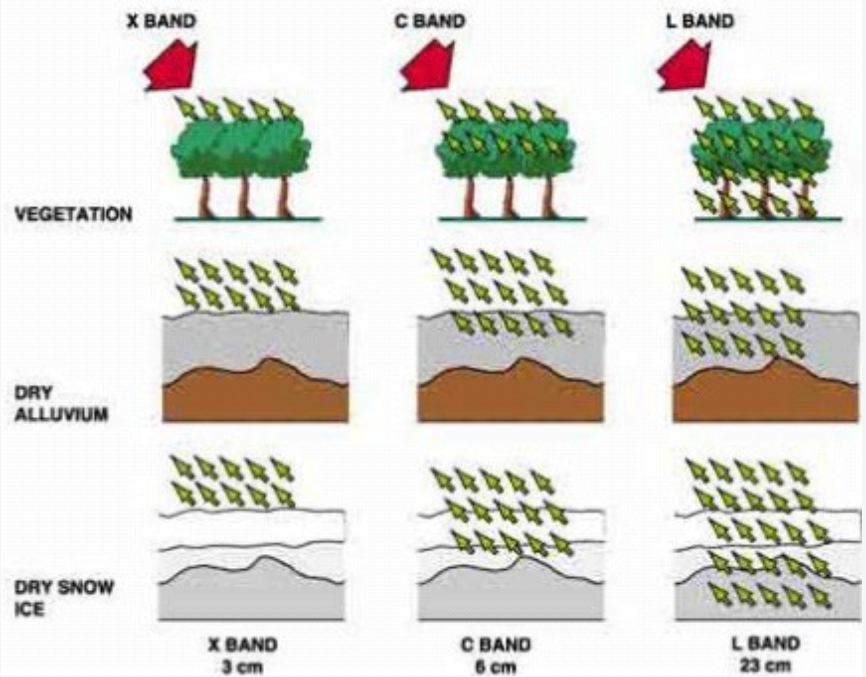
Bandas Comúnmente Utilizadas

Banda	Frecuencia	Ejemplo de Aplicaciones
• VHF	300 KHz - 300 MHz	Penetración del follaje o suelo, biomasa
• P-Band	300 MHz - 1 GHz	Biomasa, humedad del suelo
• L-Band	1 GHz - 2 GHz	Agricultura, vegetación, humedad del suelo
• C-Band	4 GHz - 8 GHz	Océanos, agricultura
• X-Band	8 GHz - 12 GHz	Agricultura, océanos
• Ku-Band	14 GHz - 18 GHz	Glaciología, estudios de nieve
• Ka-Band	27 GHz - 47 GHz	Radares de alta resolución



Fuente: DLR

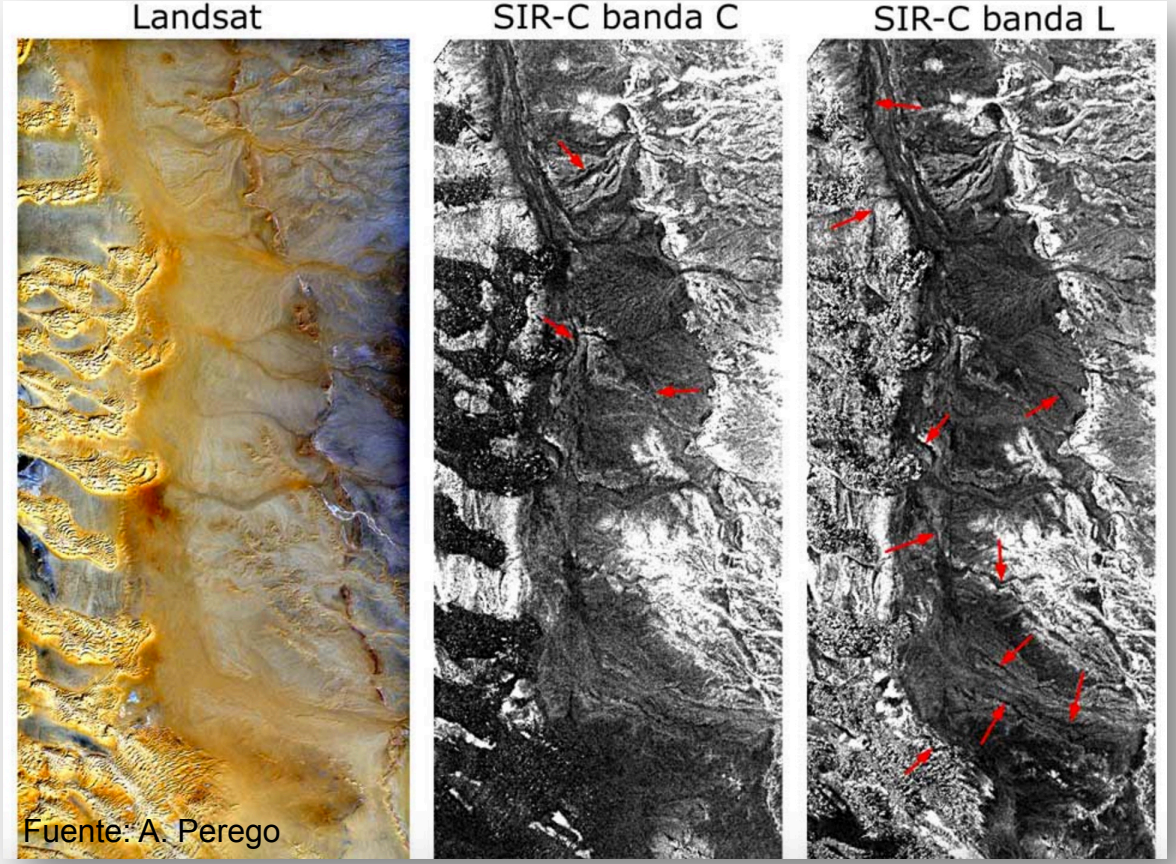
Penetracion y Longitud de Onda



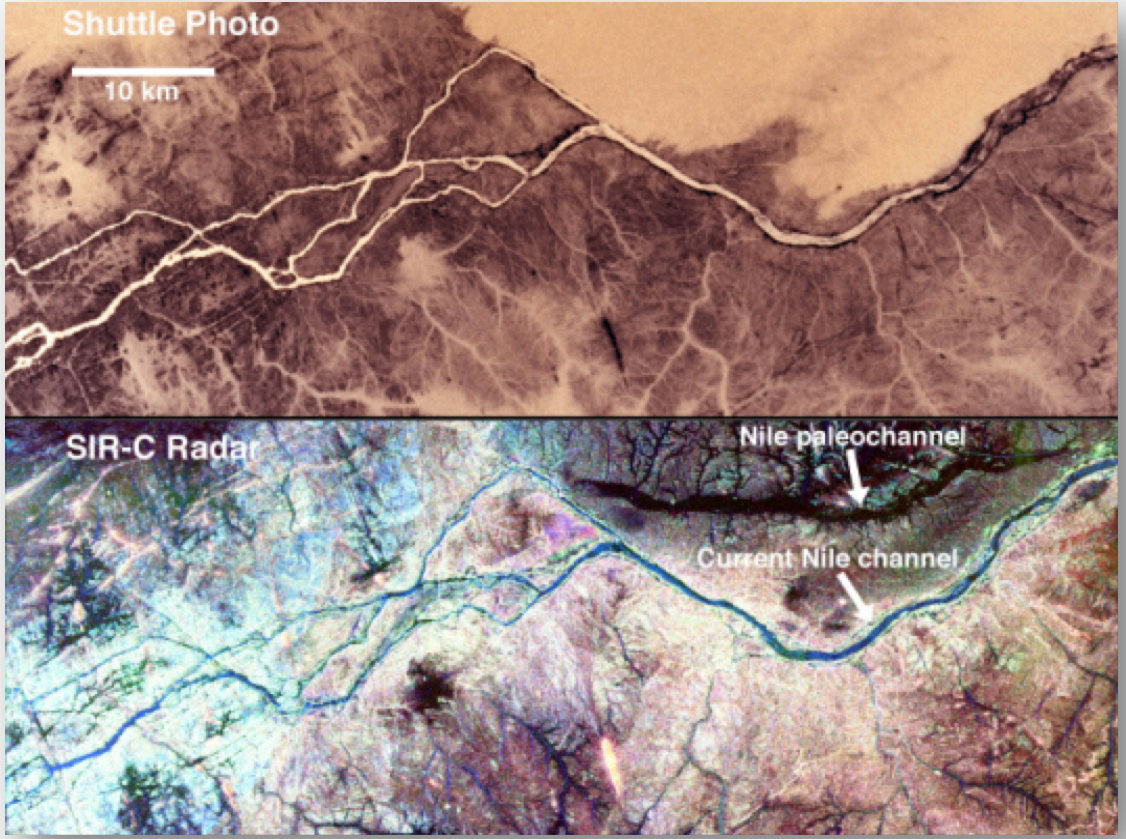
- Generalmente, mientras mas larga la longitud de onda, mas fuerte es la penetración
- Dependiendo de la frecuencia y la polarización, las ondas pueden penetrar el dosel forestal
- Bajo condiciones secas también puede penetrar hasta cierto punto el suelo (por ejemplo, arena o nieve seca)
- Con respecto a la polarización, adquisiciones con polos cruzados (VH/HV) tienen significativamente menos penetración que con polos iguales (HH/VV)

Ejemplo: Penetración de la Señal de Radar en Suelos Secos

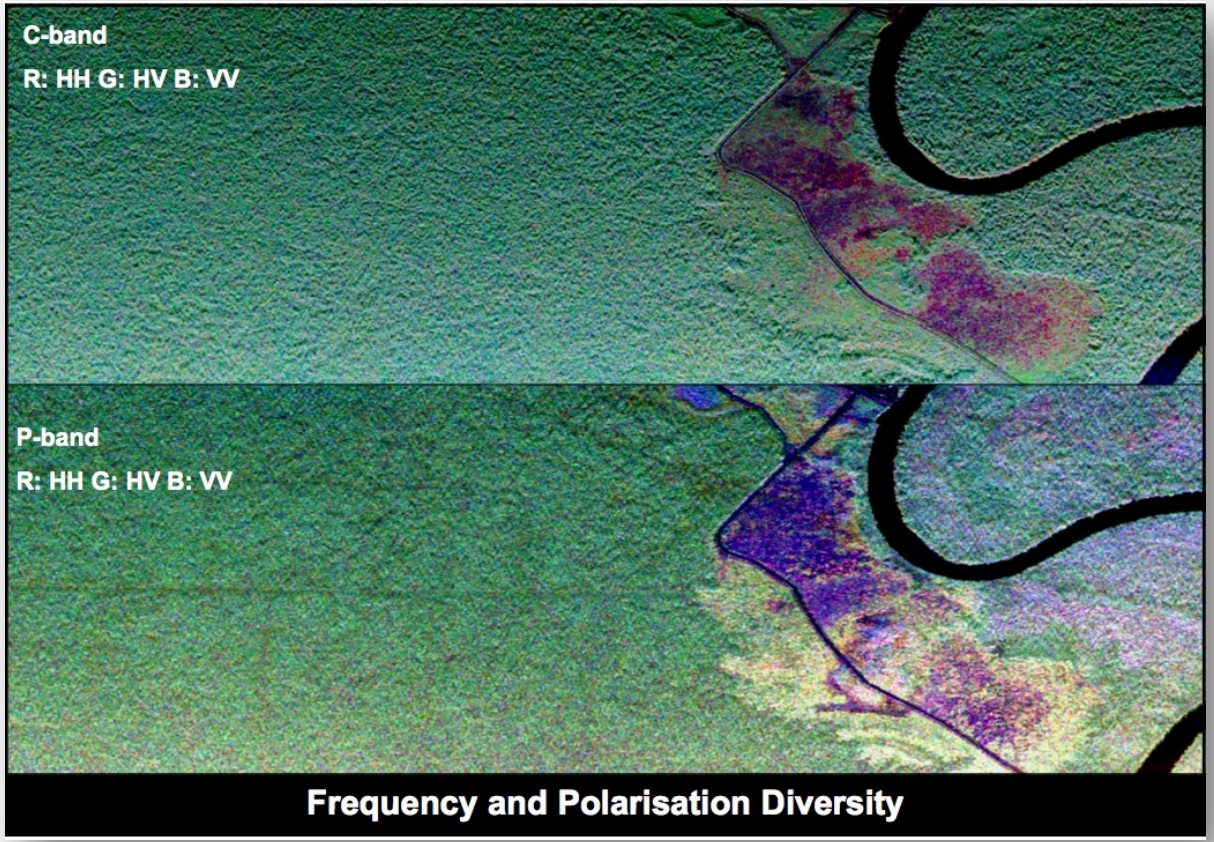
Diferentes imágenes de satélites sobre el suroeste de Libia. Las flechas indican posibles sistemas fluviales.



Ejemplo: Penetración de la Señal de Radar en Suelos Secos



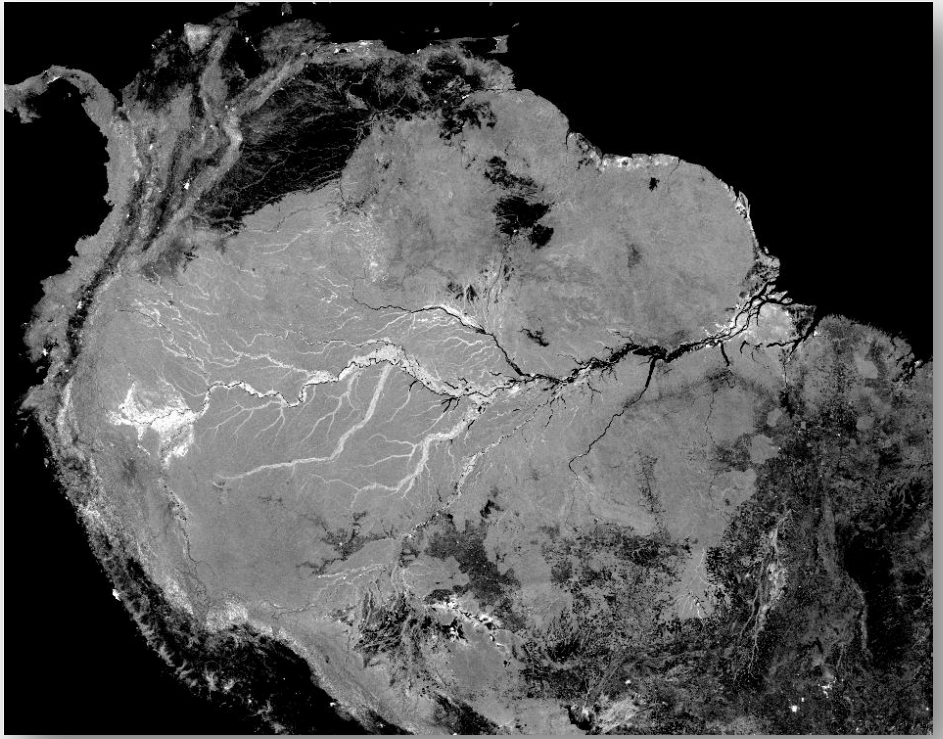
Ejemplo: Penetración de la Señal de Radar a través de la Vegetación



Ejemplo: Penetración de la Señal de Radar a través de la Vegetación

- La banda-L es ideal para el estudio de humedales porque la señal penetra a través del dorsal y puede “ver” áreas inundadas
- En la imagen a la derecha las áreas inundadas aparecen blancas

Mosaico de Imágenes de Radar de SMAP

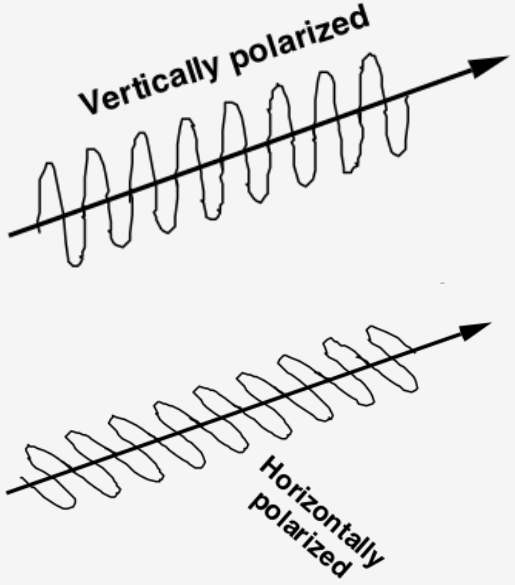


Parámetros del Radar: Polarización

- La señal de radar puede ser polarizada (usualmente horizontal y vertical)
- Las polarizaciones son controladas cambiando entre antenas H y V:

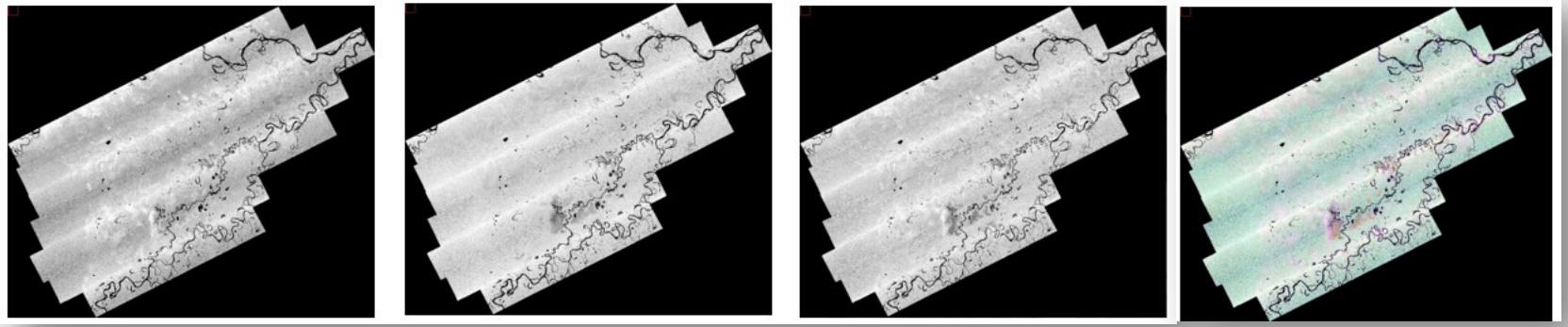
HH- Transmisión Horizontal, Recepción Horizontal
HV- Transmisión Horizontal, Recepción Vertical
VH- Transmisión Vertical, Recepción Horizontal
VV- Transmisión Vertical, Recepción Vertical

- Modo “Quad-Pol-cuando cuatro polarizaciones son medidas
- Diferentes polarizaciones pueden ser utilizadas para determinar las propiedades físicas del objeto observado



Ejemplo: Polarizaciones Múltiples en Estudios de Vegetación

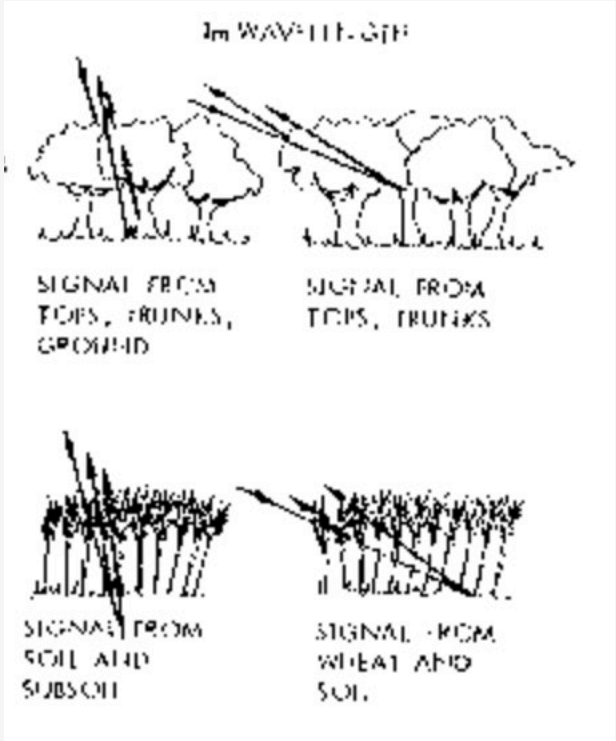
Reserva de Pacaya-Samiria en el Perú
Imágenes de UAVSAR (HH, HV, VV)



UAVSAR
(HH, HV, VV)

Parámetros del Radar: Angulo de Incidencia

- Ángulo de incidencia: es el ángulo entre la dirección de iluminación del radar y la normal a la superficie de la Tierra. Dependiendo de la altura del radar sobre la superficie de la Tierra, el ángulo de incidencia cambia a lo largo de la dirección del alcance. Por lo tanto, la geometría de visualización un una misma imagen es diferente de punto a punto en la dirección del alcance.
- Ángulo de incidencia local: es el ángulo de incidencia local tomando en cuenta la inclinación local del la superficie iluminada. El ángulo de incidencia local influye de forma determinante en la brillantez de la imagen.



Preguntas

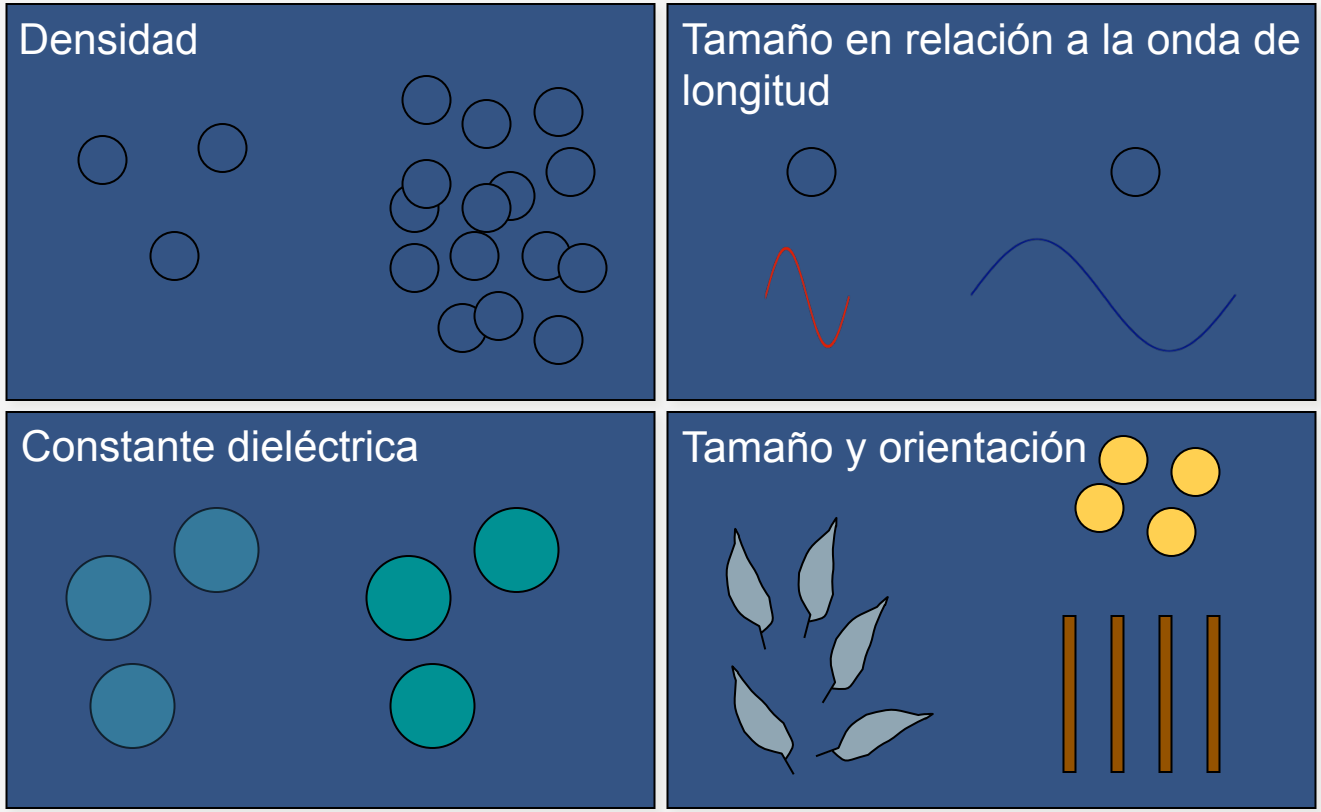
1. ¿Cuáles son las ventajas de sistemas de radar?
2. ¿Cuáles son tres parámetros del radar que son fundamentales para considerar para diferentes estudios?
3. ¿Cuál es la relación entre longitud de onda y penetración?
4. ¿En qué ayuda el uso de diferentes polarizaciones?
5. ¿Cómo influyen las variaciones del ángulo de incidencia en las imágenes de radar?

Mecanismos de Dispersión de la Señal de Radar

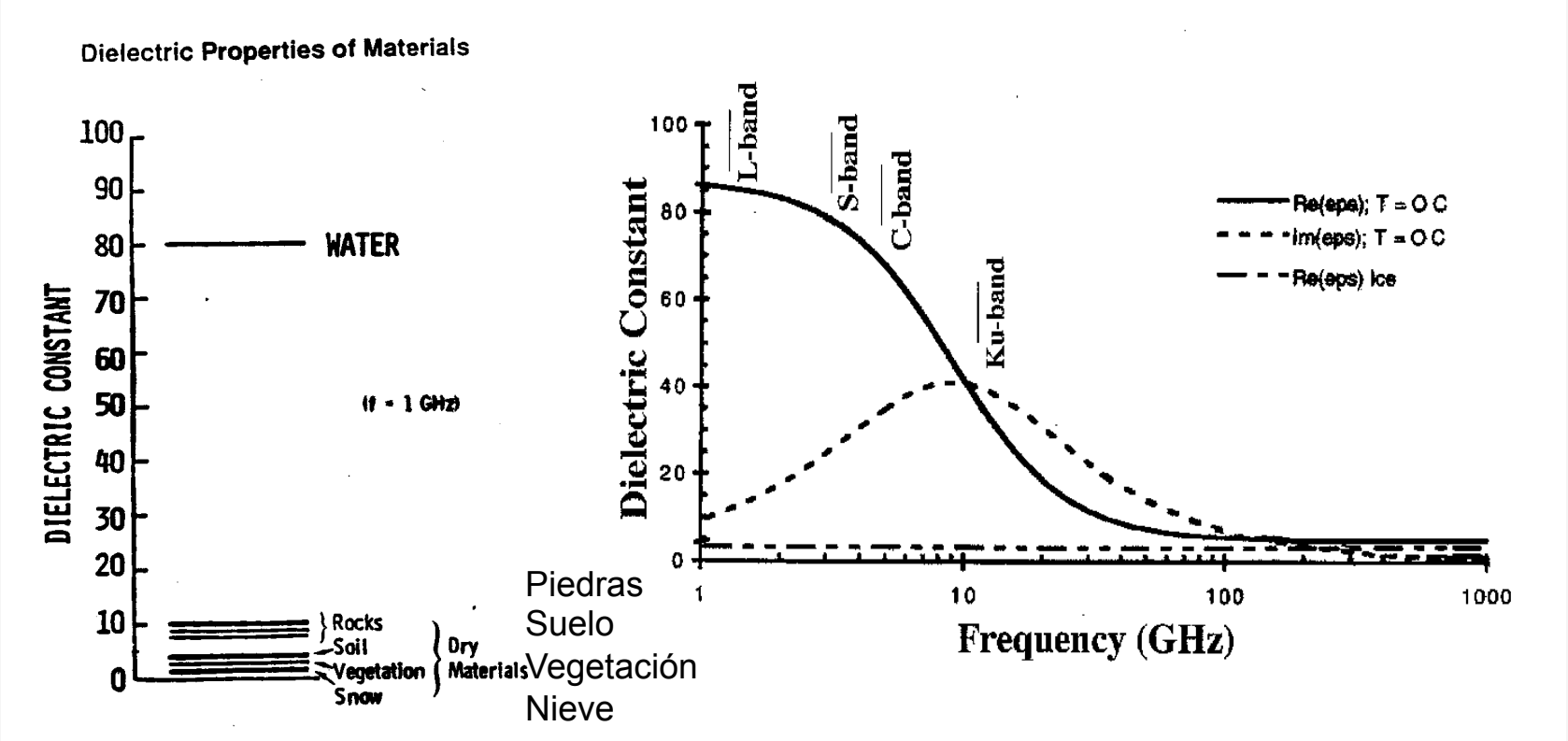
Retrodispersión de la Señal de Radar

- El eco de radar contiene información sobre la superficie, la cual se caracteriza por la dispersión de la onda electromagnética incidente
- Esta dispersión depende de:
  - la frecuencia o longitud de la onda: parámetro del radar
  - polarización de la onda: parámetro del radar
  - el ángulo de la onda incidente: parámetro del radar
  - la constante dieléctrica de la superficie: parámetro de la superficie
  - la aspereza de la superficie en relación a la longitud de onda: parámetro de la superficie
  - La estructura en la superficie y su orientación en relación a la onda: parámetro de la superficie

Fundamentos de Dispersión

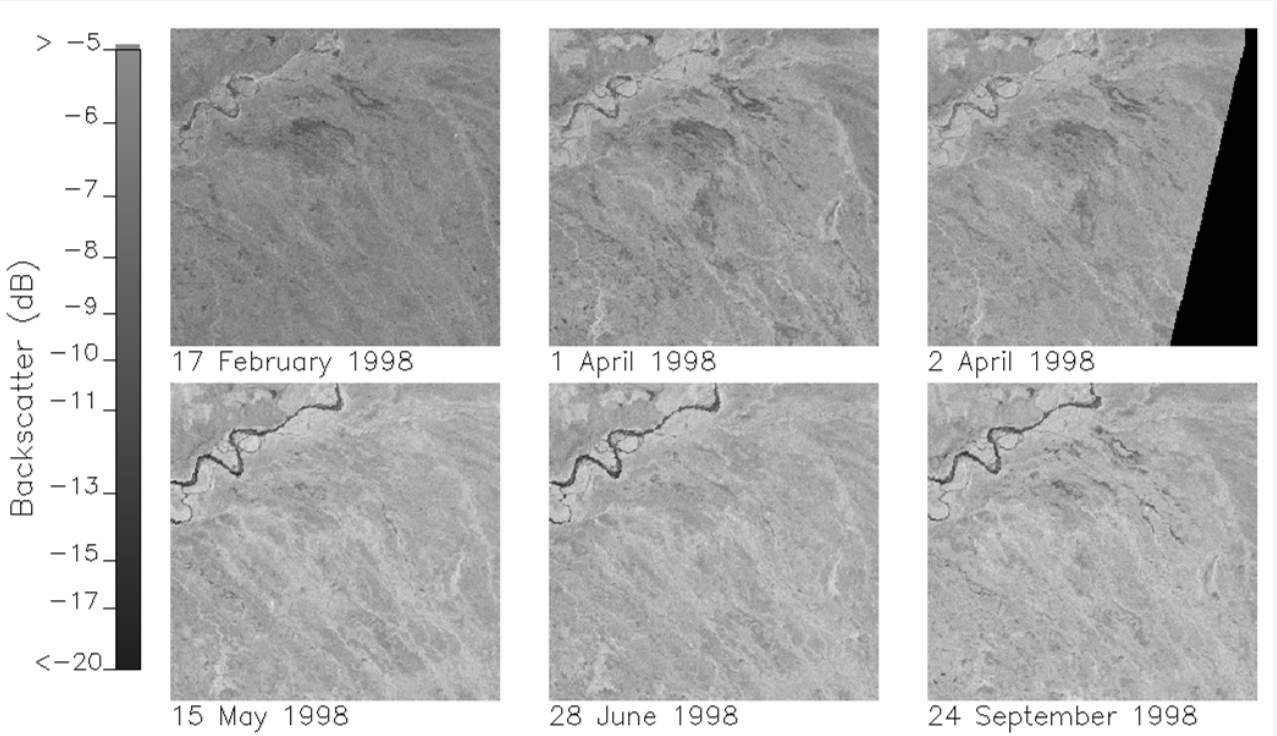


Parámetros de la Superficie: Constante Dieléctrica



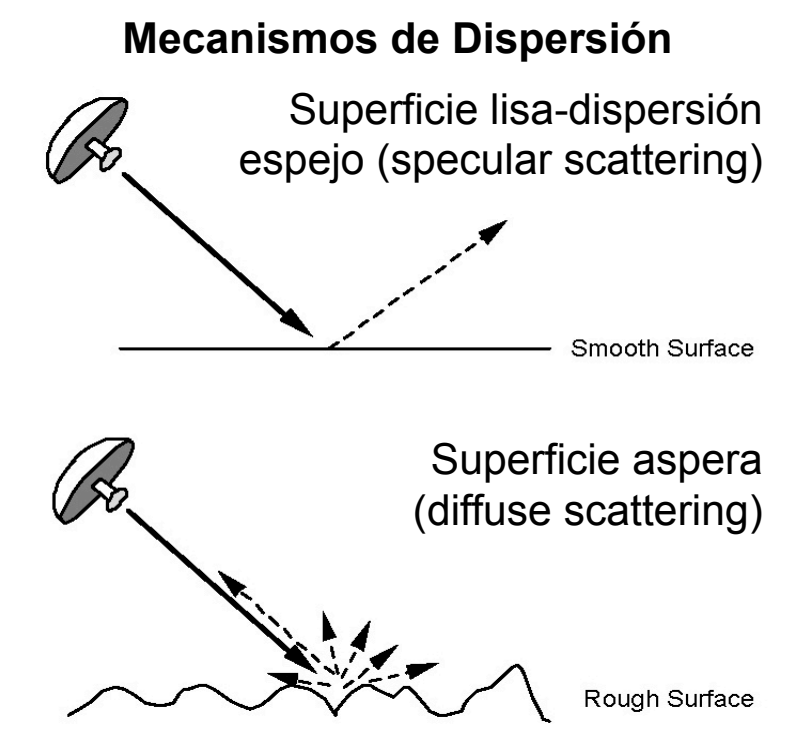
Propiedades Dieléctricas de la Superficie y su Estado Congelado/ Descongelado

Durante la transición de la superficie de estado congelado a descongelado hay un cambio en las propiedades dieléctricas de la superficie lo cual causa un incremento notable en retrodispersión.

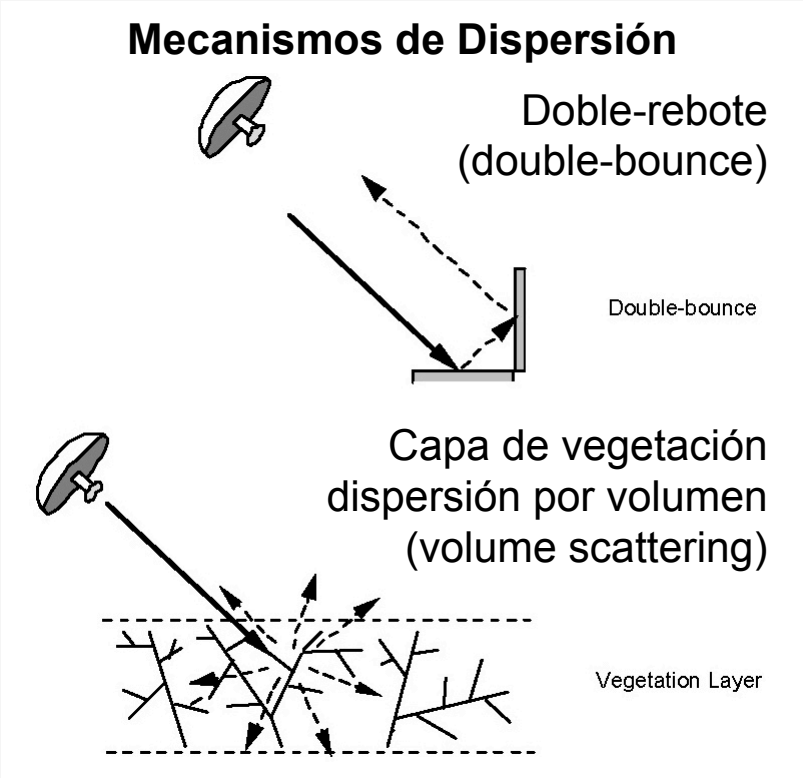


Fuentes de Dispersión de Radar – Parte 1

- La señal de radar es principalmente sensitiva a la estructura de la superficie
- La escala de los objetos en la superficie relativo a la longitud de onda determinan que tan áspero o liso aparecen al radar y que tan brillantes o oscuros aparecen en la imagen



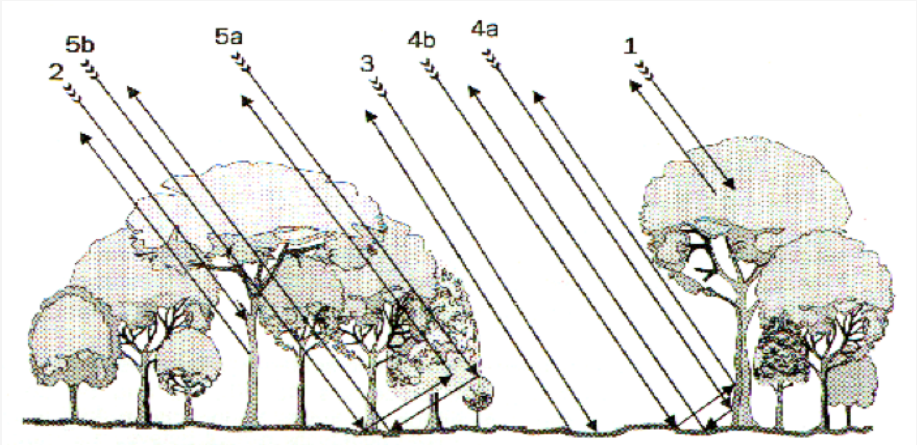
Fuentes de Dispersión de Radar – Parte 2



Fuentes de Dispersión de Radar – Parte 3

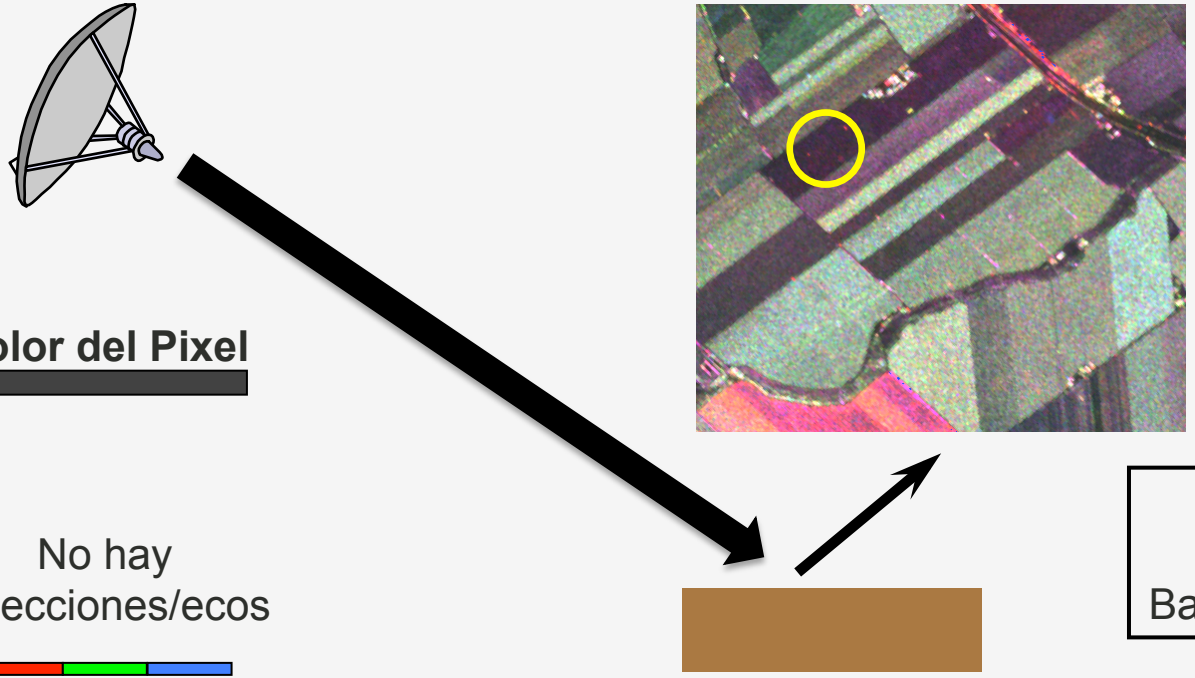
Fuentes de dispersión:

1. dispersión por volumen de la copa de los arboles
2. dispersión directa con el tronco de los arboles
3. dispersión directa del suelo
4. dispersión por:
   a. el tronco y el suelo
   b. el suelo y el tronco
5. dispersión por:
   a. la copa y el suelo
   b. el suelo y la copa



Tipos de Interacción de la señal de RADAR

Reflexión tipo espejo (specular reflection)



Color del Pixel

No hay reflecciones/ecos

HH CS VV

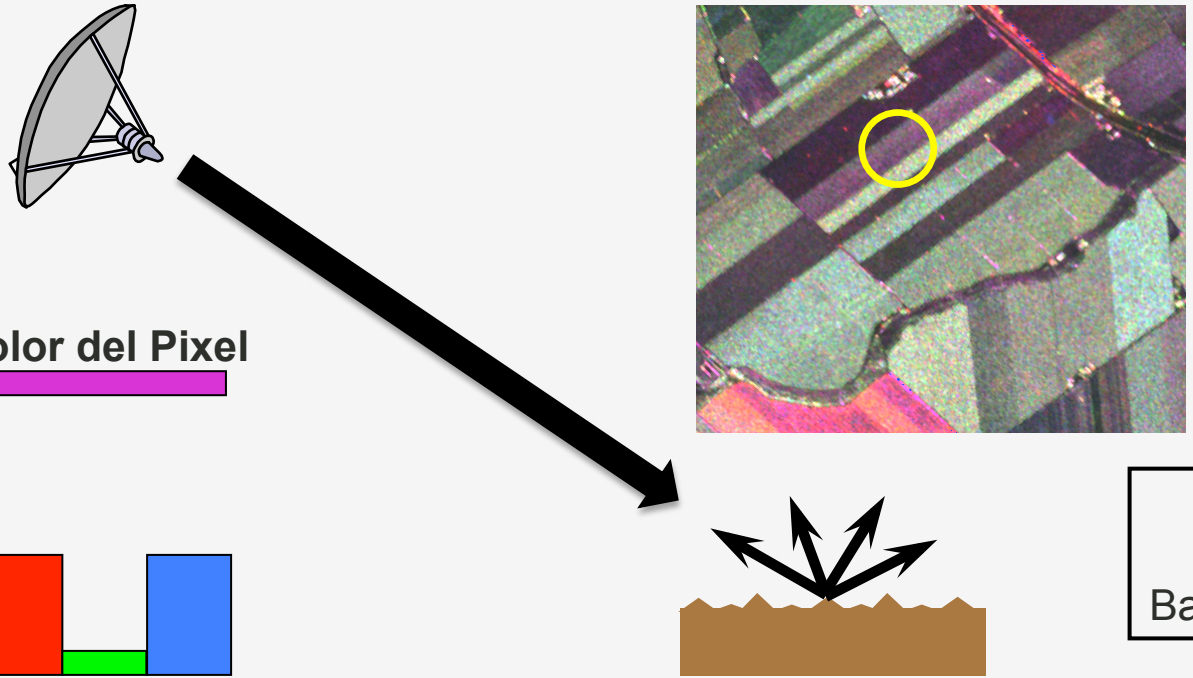
Fuente: Natural Resources Canada

Superficie plana y lisa (agua, carretera)

Valle de Salinas, California
Octubre 24, 1998
Banda L Imagen de 3 colores

Tipos de Interacción de la señal de RADAR

Reflexión de superficies ásperas

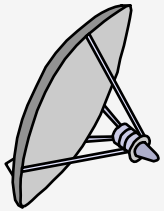


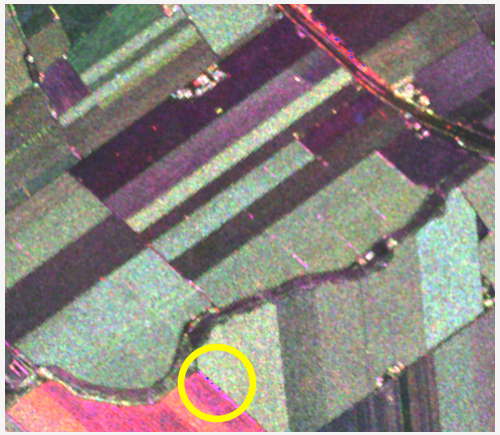
Valle de Salinas, California
Octubre 24, 1998
Banda L Imagen de 3 colores

Fuente: Natural Resources Canada

Tipos de Interacción de la señal de RADAR

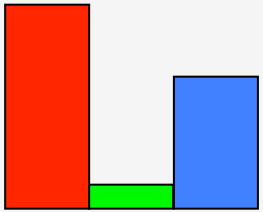
Reflexión de superficies surcadas (Bragg scattering)



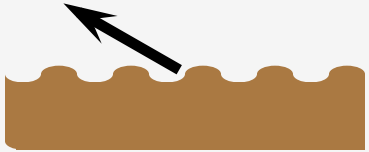


Iluminación

Color del Pixel



Se requiere que las hileras estén perpendiculares a la iluminación del radar



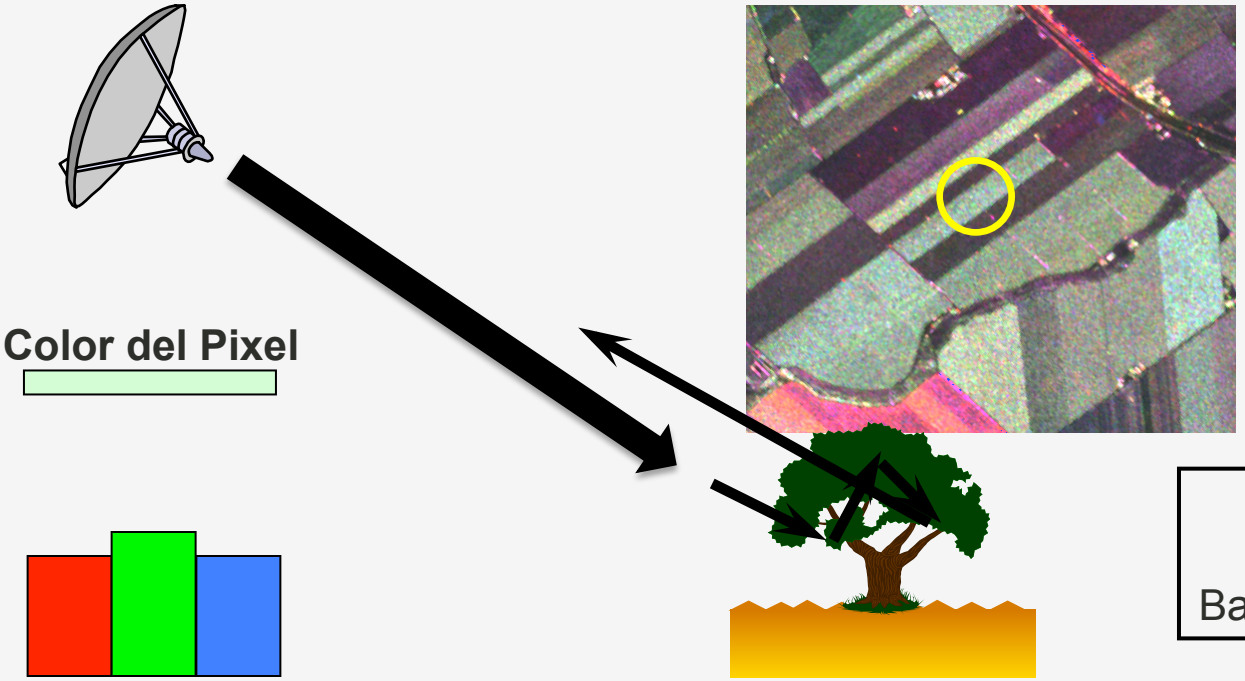
Campos surcados

Valle de Salinas, California
Octubre 24, 1998
Banda L Imagen de 3 colores

Fuente: Natural Resources Canada

Tipos de Interacción de la señal de RADAR

Dispersión de Volumen por Biomasa (volume scattering)

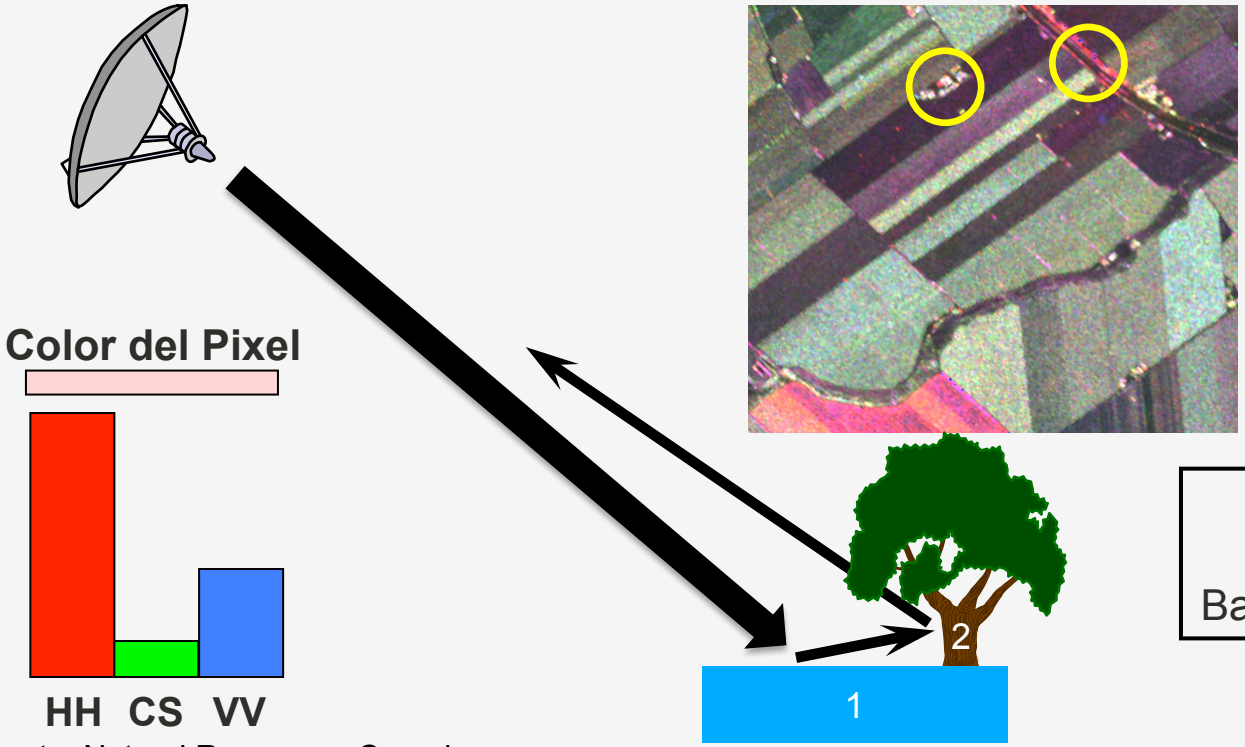


Valle de Salinas, California
Octubre 24, 1998
Banda L Imagen de 3 colores

Fuente: Natural Resources Canada

Tipos de Interacción de la señal de RADAR

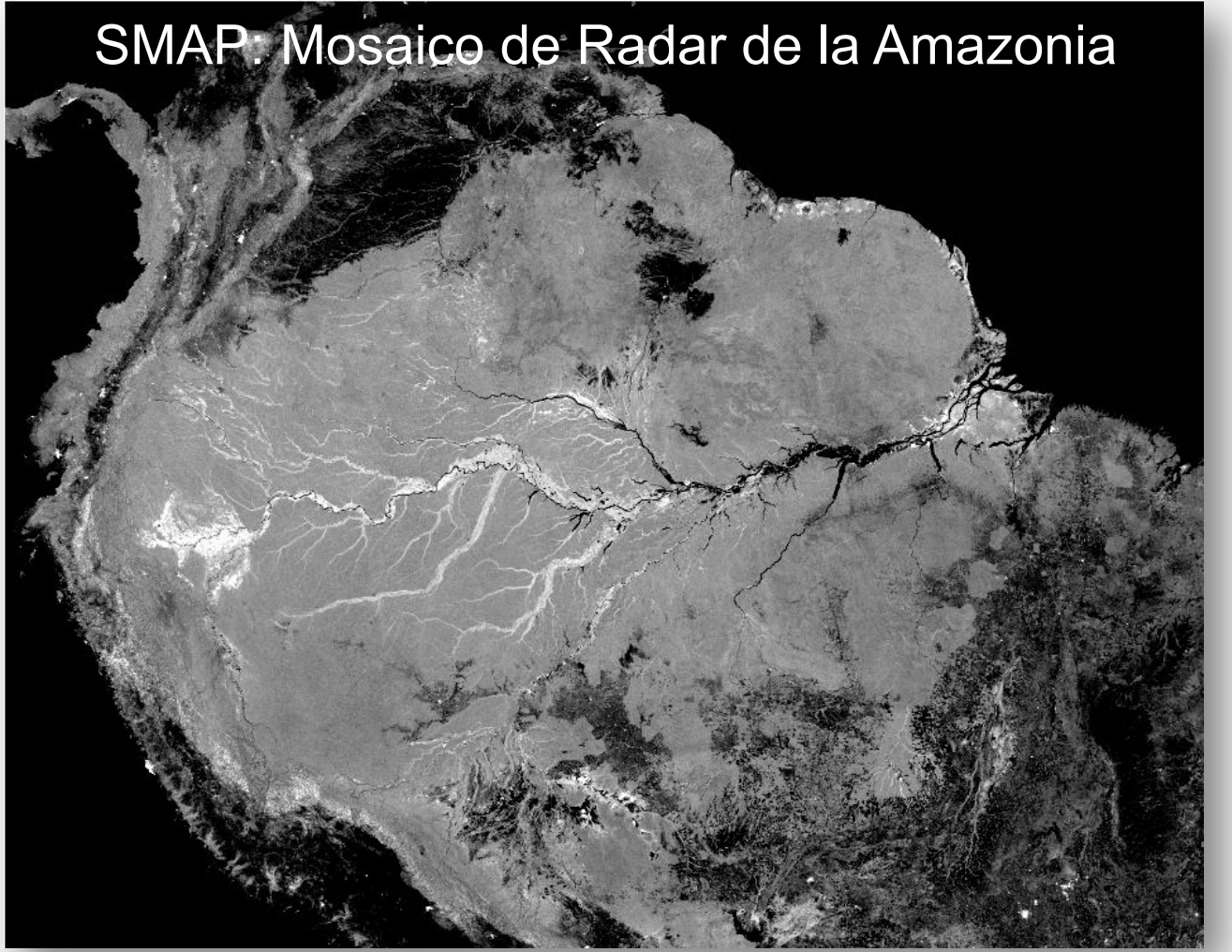
Doble-rebote (double bounce)



Valle de Salinas, California
Octubre 24, 1998
Banda L Imagen de 3 colores

Fuente: Natural Resources Canada

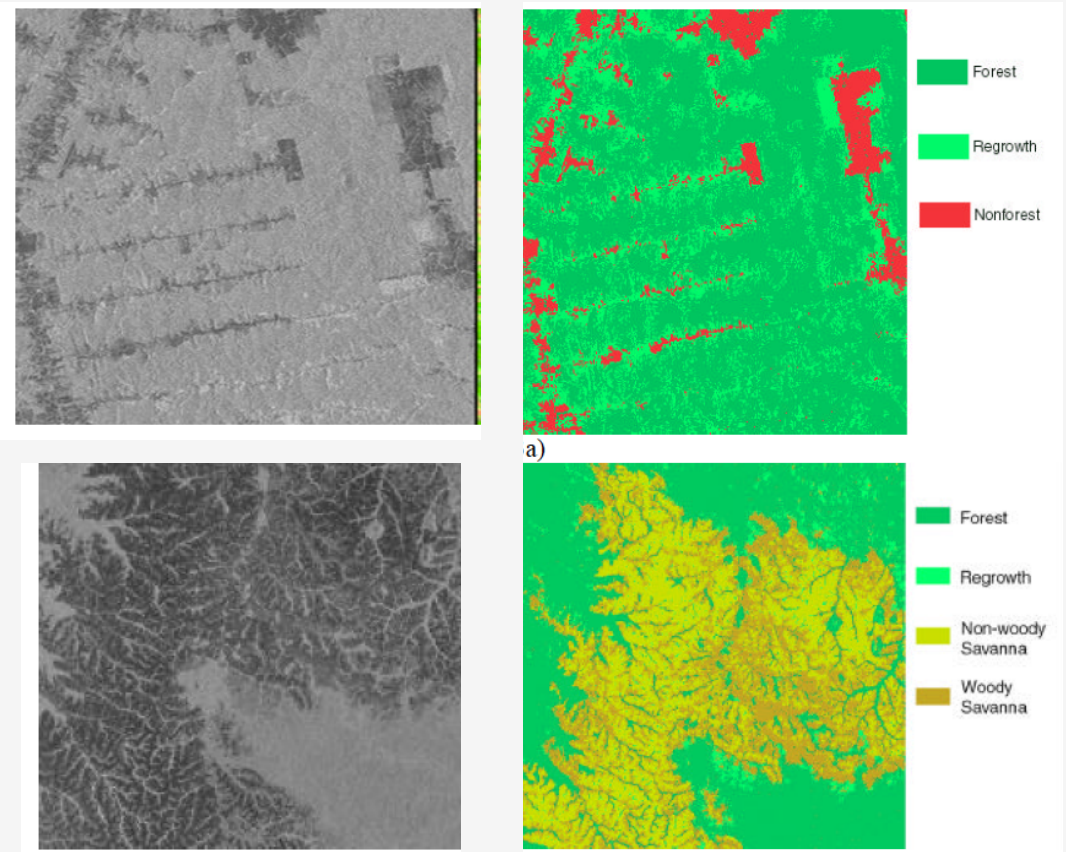
SMAP: Mosaico de Radar de la Amazonia



Ejemplo: Detección de Petróleo en el Agua

UAVSAR (2 metros)
HH, HV, VV

Ejemplo: Clasificación de Cobertura Terrestre

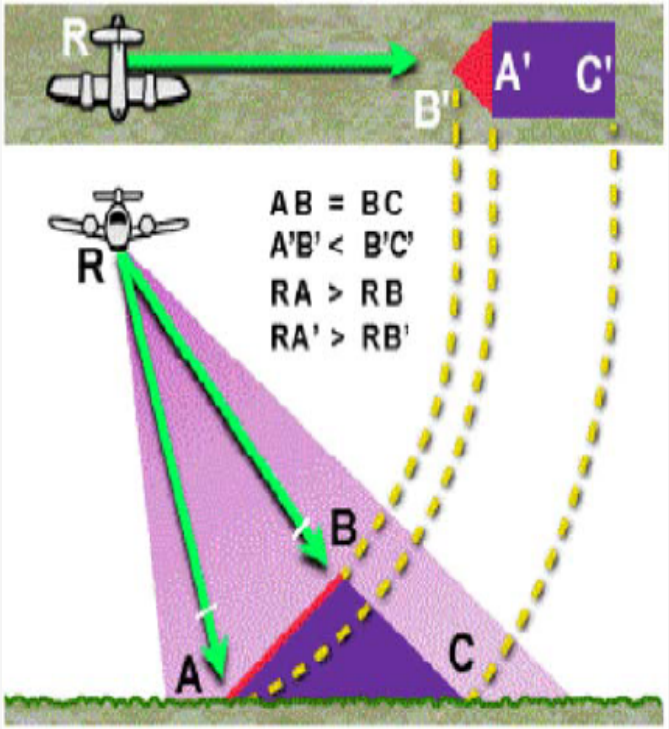


Brazil
JERS-1 Banda L
100 metros de resolución

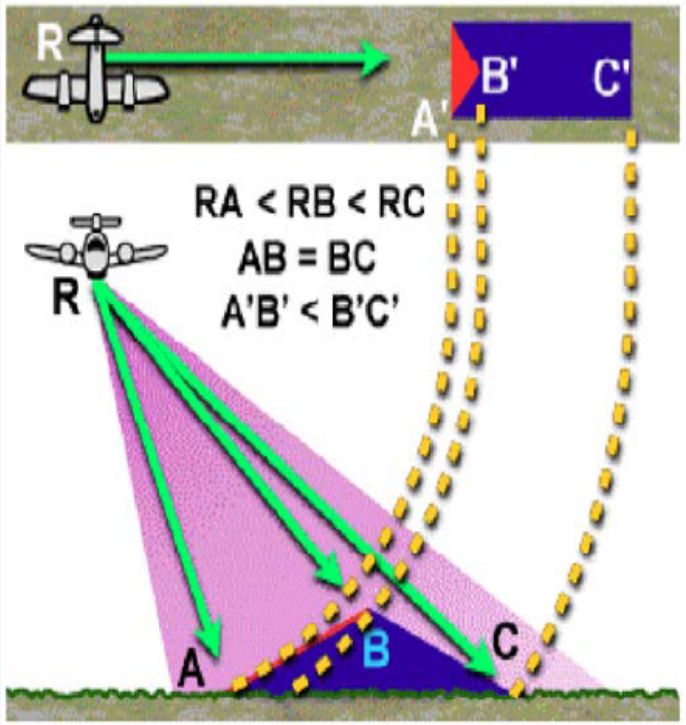
Distorsión Geométrica y Radiométrica de la Señal de Radar

Distorsión Geométrica

Inversión por Relieve (Layover)



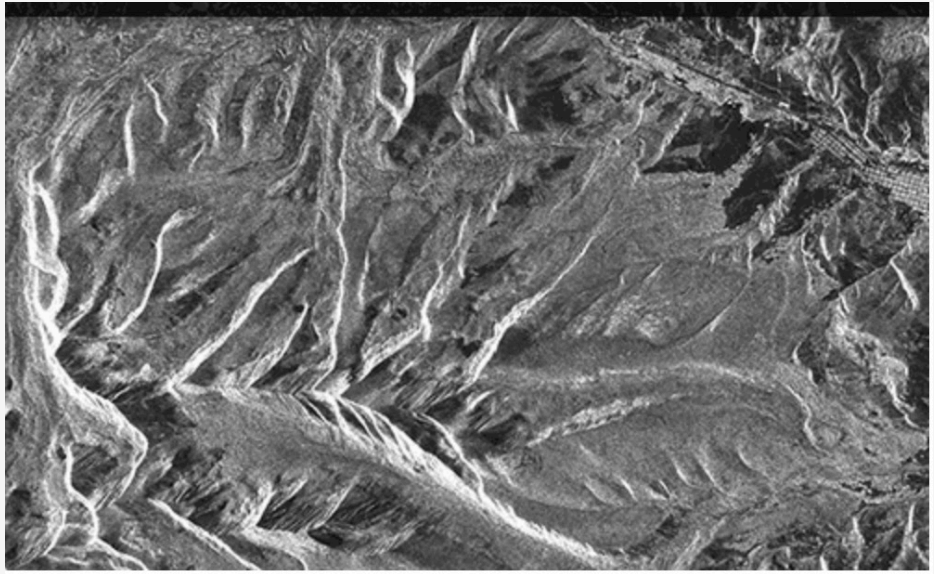
Escorzo (Foreshortening)



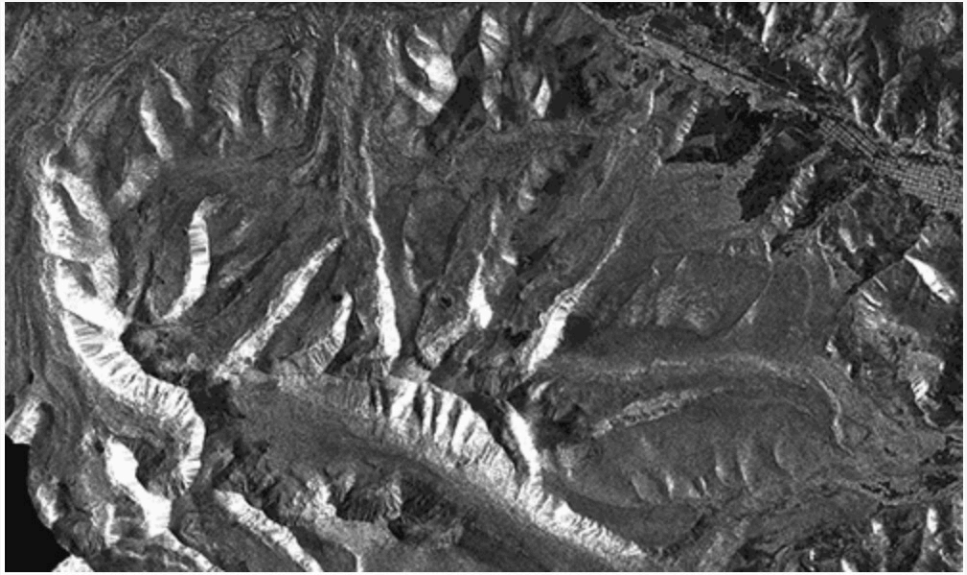
Fuente: Natural Resources Canada

Escorzo

Antes de ser corregida

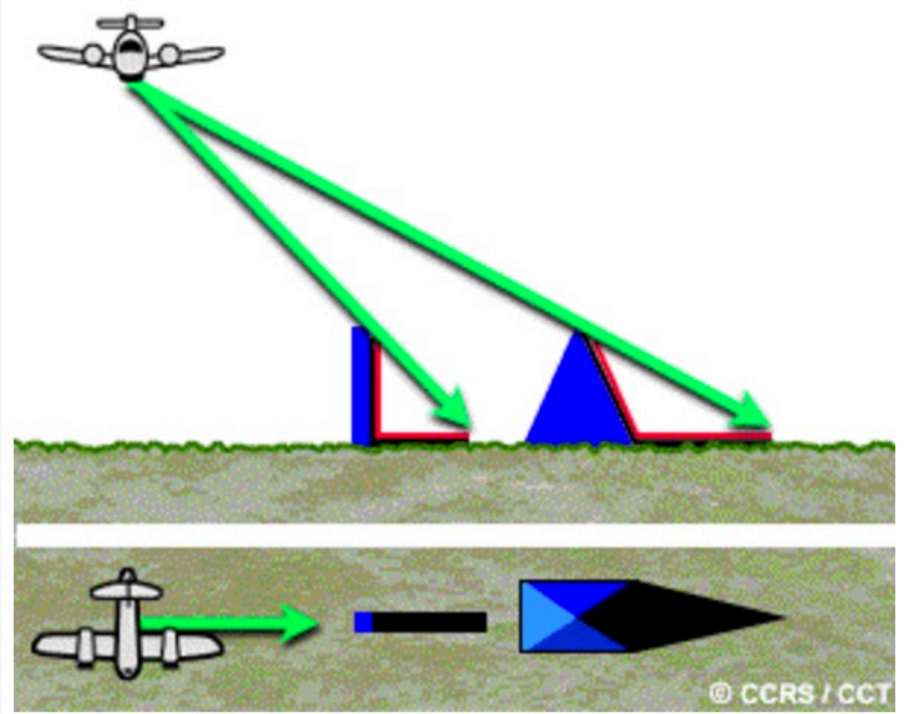


Después de ser corregida



Fuente: ASF

Sombra

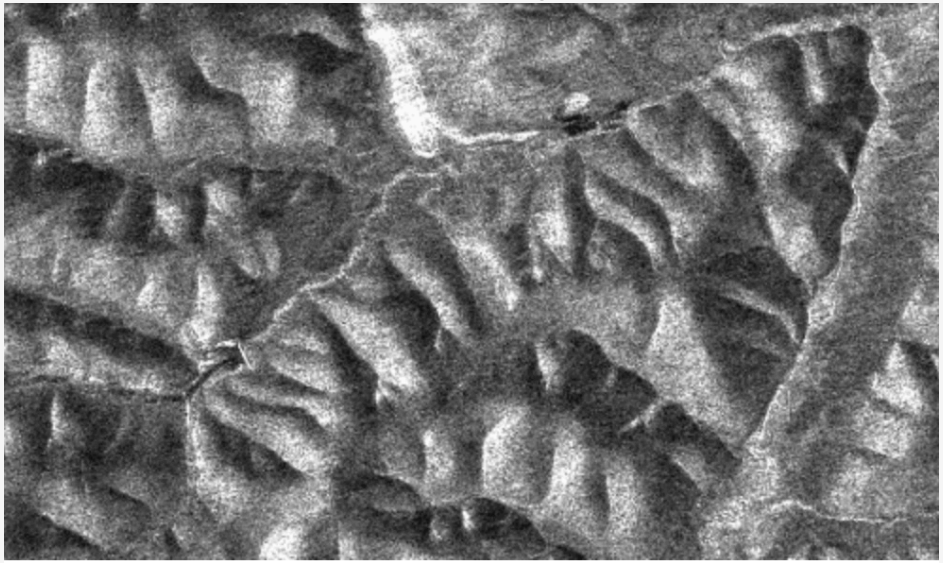


Fuente: Natural Resources Canada

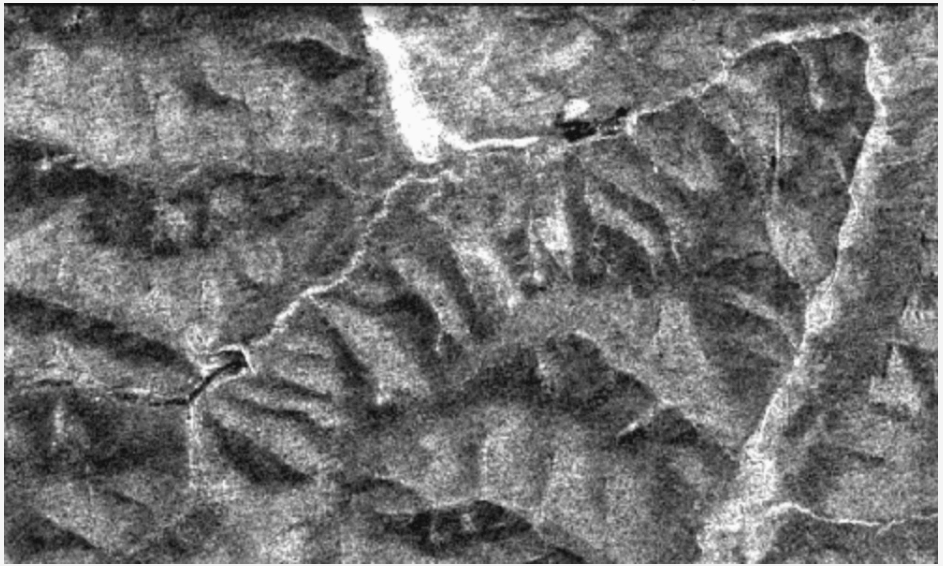
Distorsión Radiométrica

Corrección de la influencia de la topografía en la retrodispersión. Por ejemplo, esta corrección elimina alta valores en áreas de topografía compleja

Antes de ser corregida



Después de ser corregida



Fuente: ASF

Datos de Radar de Diferentes Satélites

	RADARSAT-2	Sentinel-1A	RISAT-1
Agencia	Canadian Space Program (CSP)	European Space Agency (ESA)	Indian Space Research Organization (ISRO)
Instrumento	C-band SAR (5.4 GHz)	C-band SAR (5.4 GHz)	C-band SAR (5.35 GHz)
Angulo Incidente	Side-looking, 15-45° off-nadir	Side-looking, 15-45° off-nadir	36.85°
Polarizacion	HH, HV, VV, & VH	(VV & VH) or (HH & HV)	HH & HV
Altitud del Satélite	798km	693km	542km
Orbita	Sun Synchronous (dusk/ dawn)	Sun Synchronous (dusk/ dawn)	Sun Synchronous (dusk/ dawn)
Resolución Temporal	24 days	12 days	25 days

Datos de Radar de Diferentes Satélites

	RADARSAT-2	Sentinel-1A	RISAT-1
Resolución	100m	5m x 20m	~25m
Ancho de Barrido	500km (ScanSAR mode)	250km (IWS mode)	115km (MRS)
Hora Local de Sobrevuelo	6:00 a.m. descending	6:00 a.m. descending	6:00 a.m.
Lanzamiento	14 Dec 2007	3 April 2014	26 Apr 2012
Duración de la Misión	7 years minimum	7 years	5 years

Preguntas

1. ¿Cuáles son los dos parámetros de la superficie que la señal de radar es sensible?
2. ¿Cuáles son los tres principales mecanismos de dispersión?
3. ¿Qué tipo de distorsiones tienen las imágenes de radar?
4. ¿Cuáles son las distorsiones geométricas?
5. ¿Qué tipo de productos se pueden generar de imágenes de radar?
6. ¿Cómo podrían utilizar imágenes de radar en sus estudios/ aplicaciones?