



Sensores Activos - Microondas

PR

Percepción Remota y
Aplicaciones Geográficas

Héctor Mauricio Ramírez Daza hmramirez@igac.gov.co

¿Por qué perder el tiempo con las imágenes radar?

Fuente de iluminación controlable

Respuesta a algunas variables geofísicas

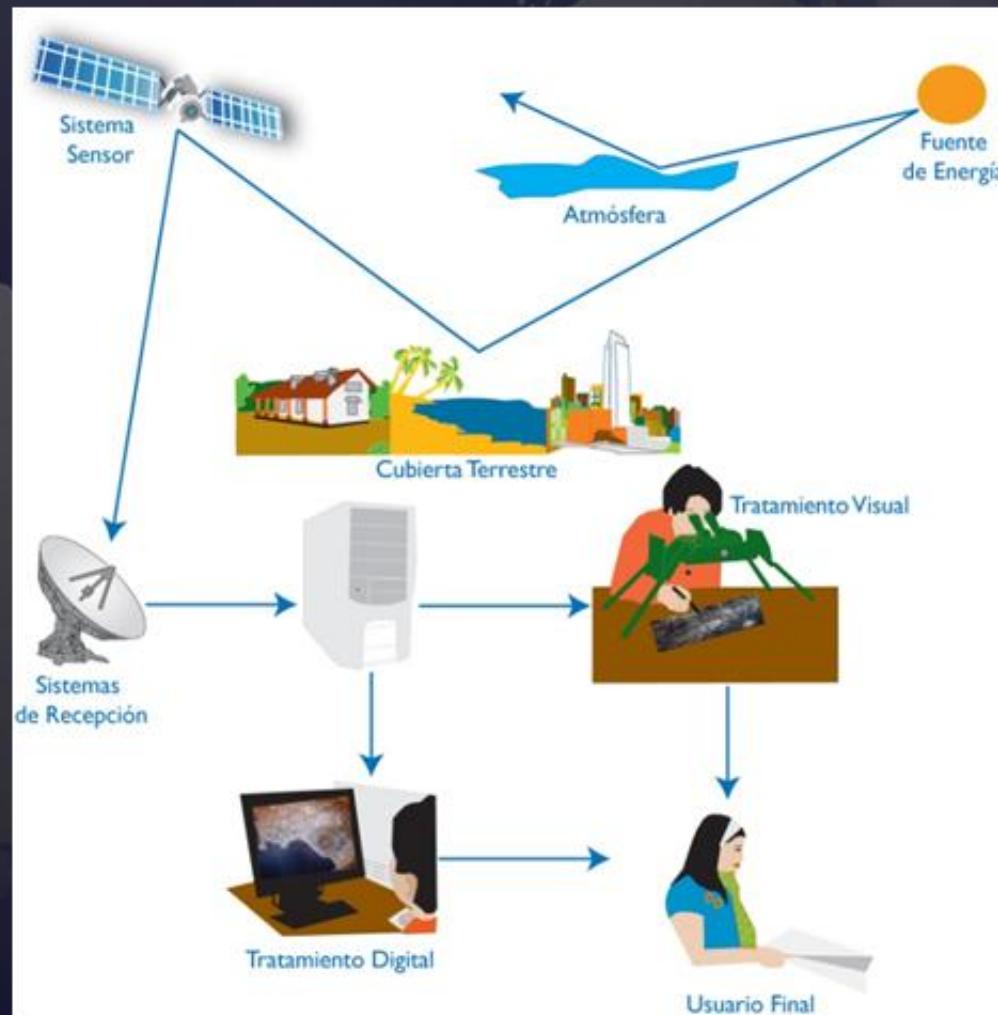
- Salinidad
- Humedad

Interferometría (intensidad y fase!)

- Topográfica
- Diferencial

Teledetección

Representa la totalidad de las técnicas que permiten obtener información de las propiedades de un objeto situado a una cierta distancia del observador.

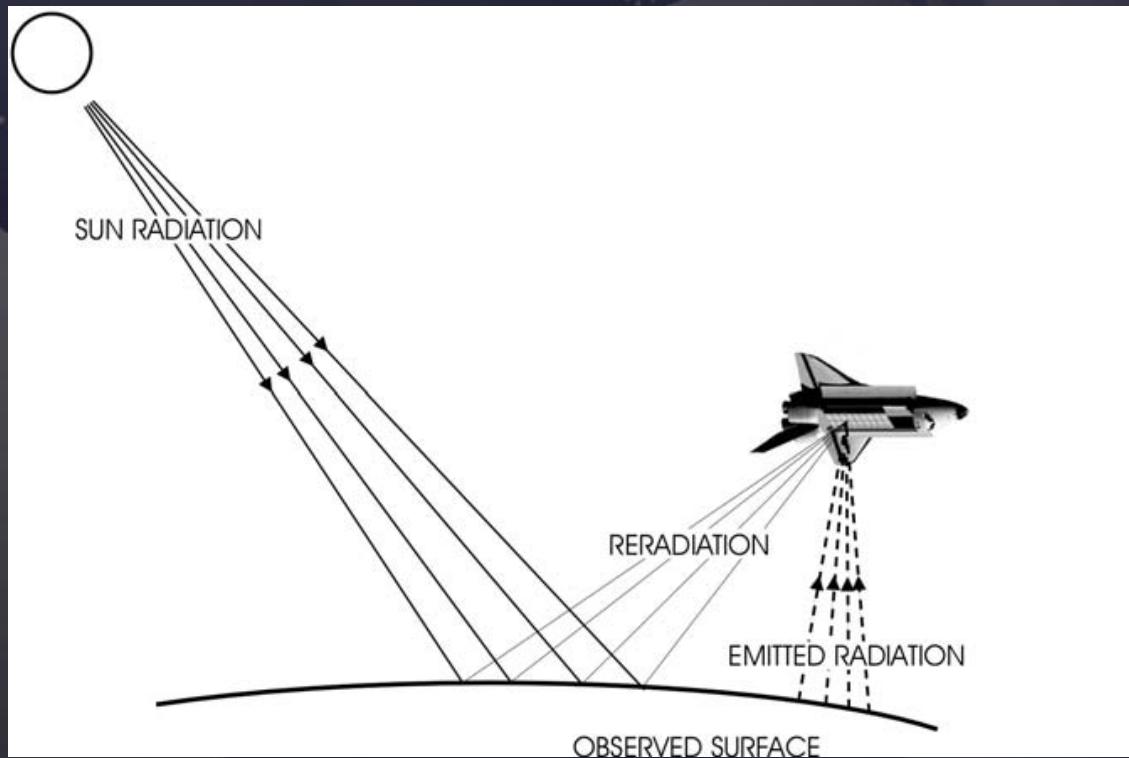


Sensores de imagen

- Los sensores de imagen son instrumentos de teledetección cuyo propósito es la generación de **imágenes** de una zona de interés.
- Estos sensores tienen hoy en día una participación muy importante en aplicaciones de la **observación de la tierra**, así como en misiones planetarias.
- Los sensores de imagen pueden ser clasificados como **activos** y **pasivos**.

Sensores pasivos

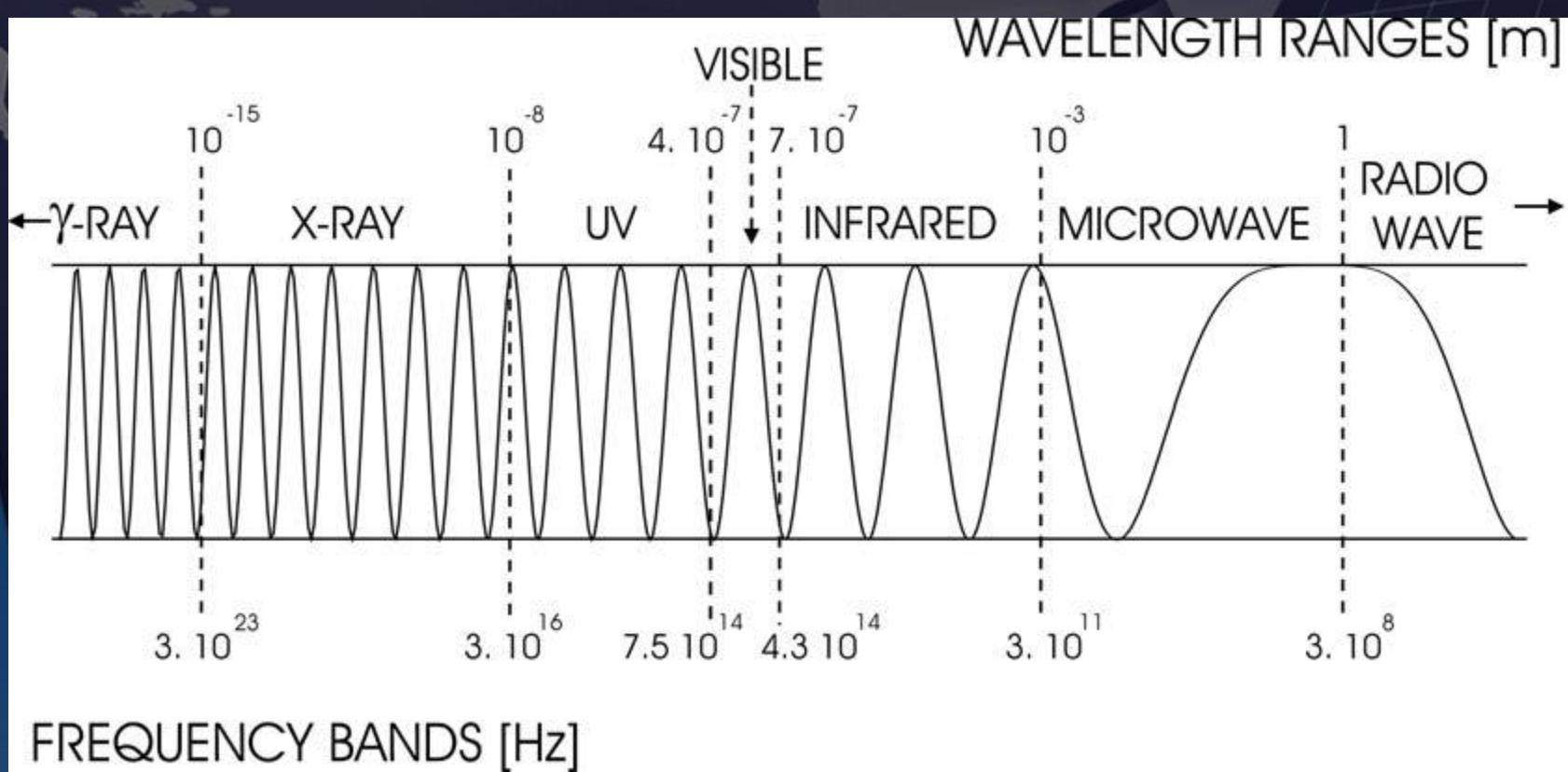
Este tipo de sensores utiliza la radiación emitida o reflejada por la superficie observada.



Su principal limitación reside en la imposibilidad de su utilización en condiciones de falta de luz o nubosidad.

Sensores pasivos

Para las aplicaciones de observación de la Tierra, los sensores pasivos se benefician de la radiación en las regiones de **infrarrojo** ($2.5\text{-}15 \mu\text{m}$) y **microondas**. Igualmente, es importante la reradiación en el **visible**, el **infrarojo cercano** ($0.7\text{-}1.3 \mu\text{m}$) y **ultravioleta**.





IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Introducción

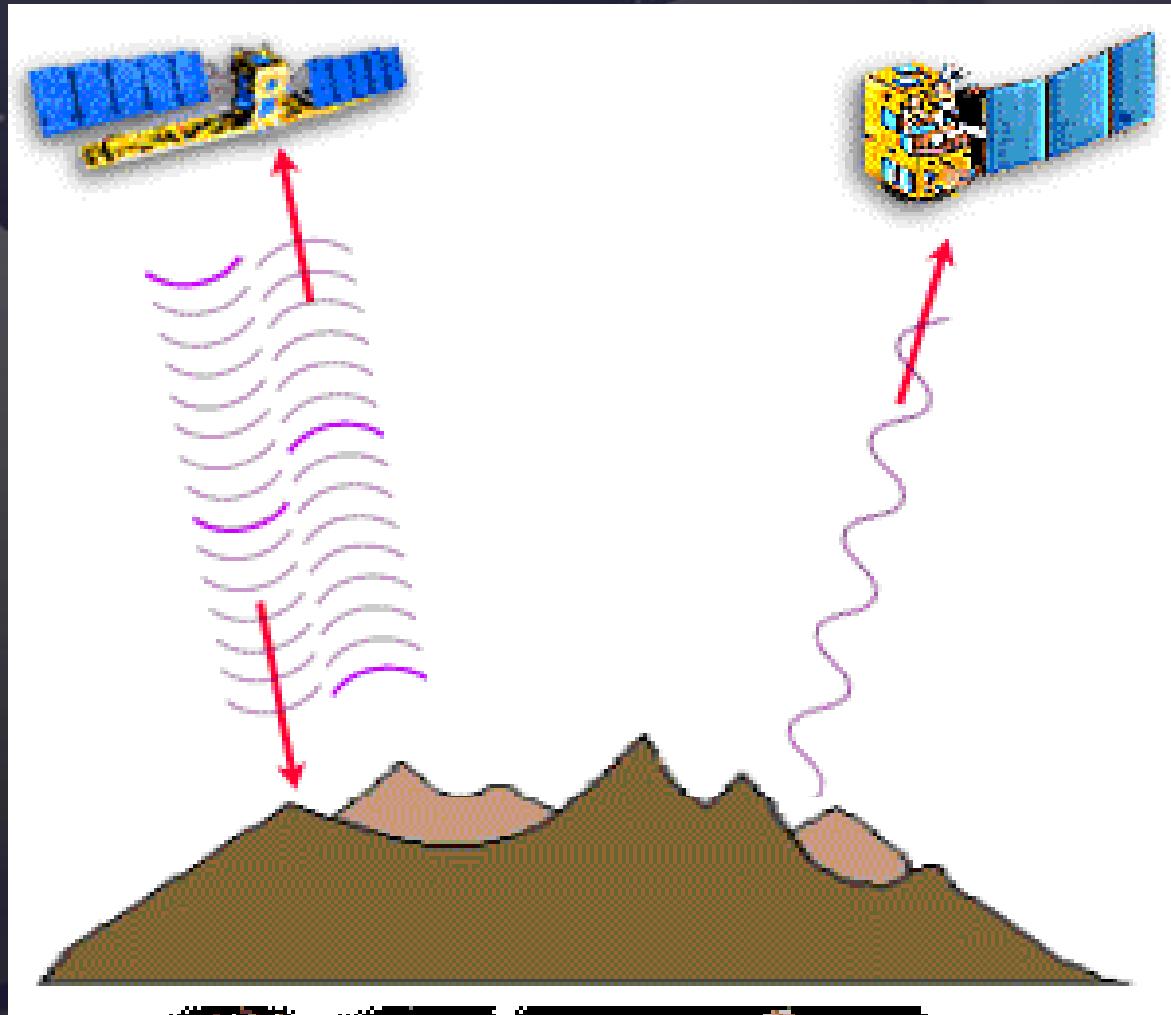
Sensores pasivos

Burj Dubai (UEA)
828 m de altura
Imagen Geoeye
En verdadero color



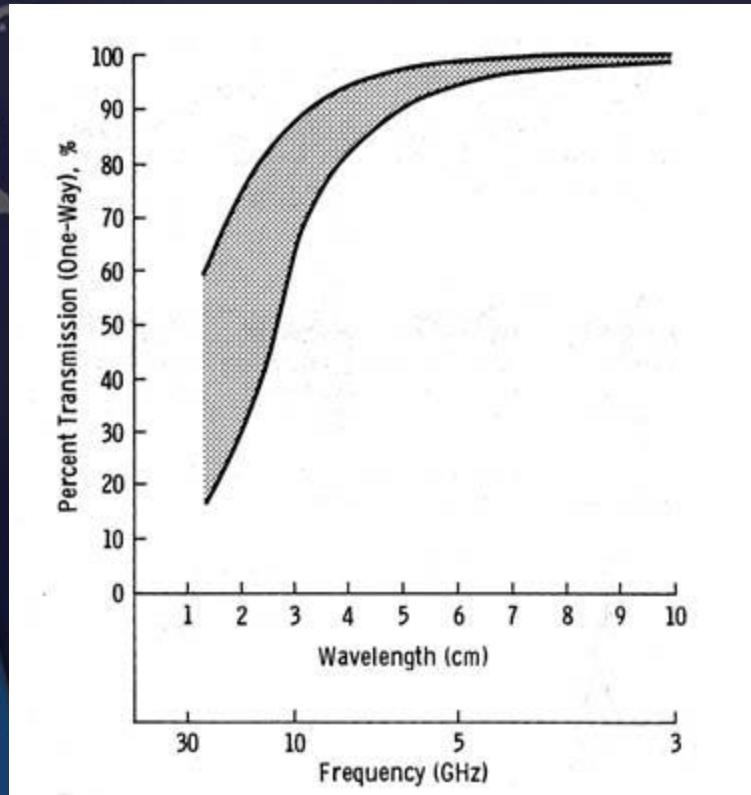
Sensores activos

Este tipo de sensores están equipados con sistemas de transmisión y recepción que captan la señal **reflejada** sobre la **superficie iluminada**.

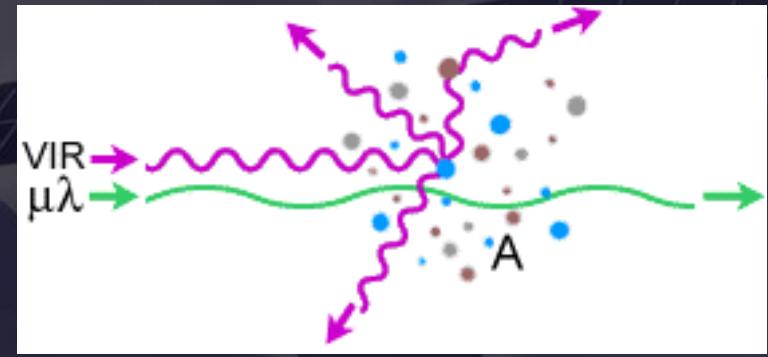


Sensores activos

La utilización de microondas reduce drásticamente el impacto de fenómenos como el **humo**, las **nubes** o la **lluvia** sobre las imágenes resultantes.



Efecto de la lluvia en la transmisión de la señal



Efecto de la atmósfera en la transmisión de la señal
A: vapor de agua, aerosoles

De este modo, se puede trabajar en condiciones de falta total de luz y cualquier estado de la meteorología.

Sensores activos

Ejemplo de penetración en las nubes:

Volcán Kliuchevshoi en Kamchatka, Rusia



Imagen óptica

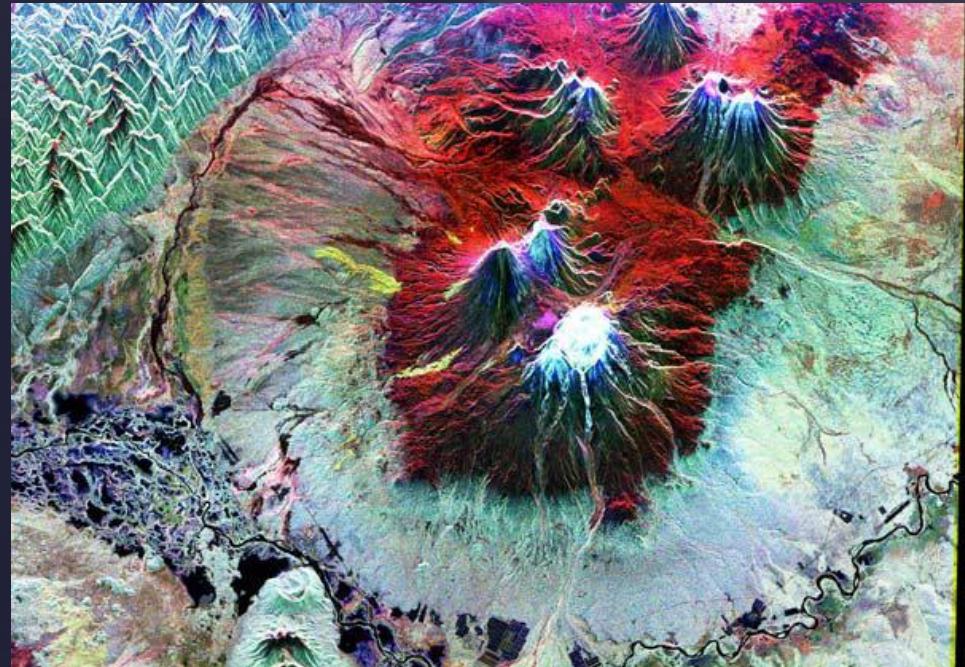
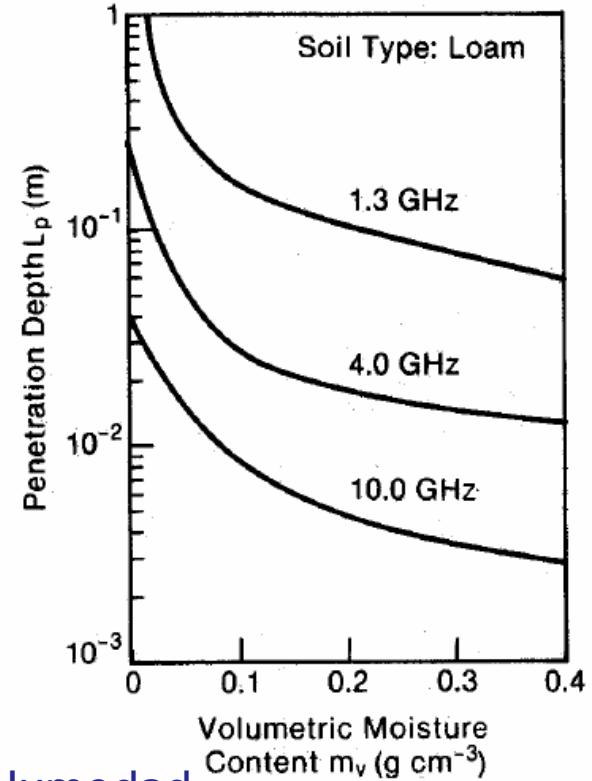
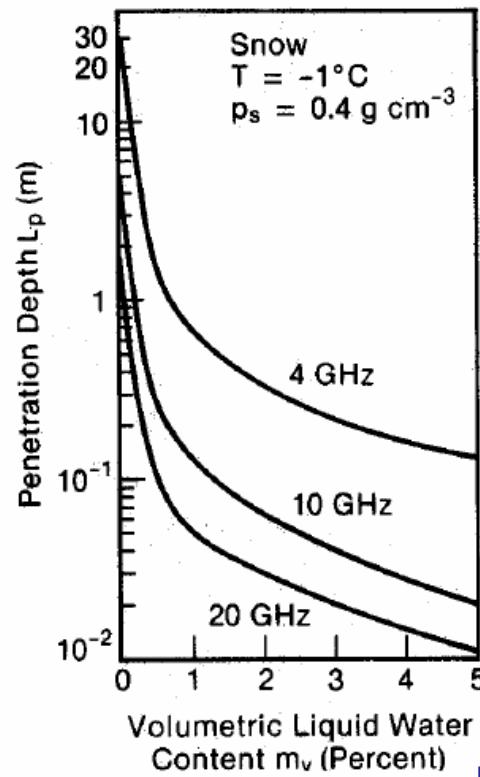
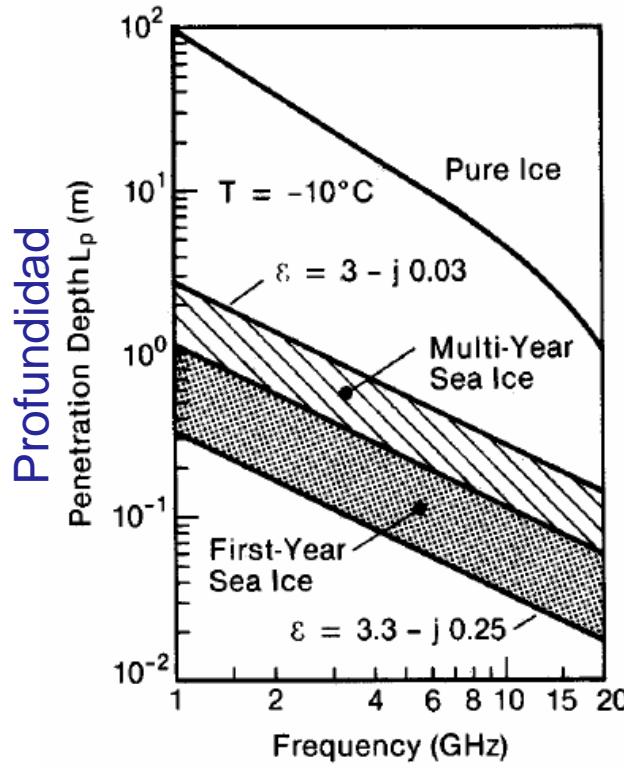


Imagen Radar SIR-C/X-SAR

Sensores activos

Profundidad de penetración en diversos materiales:



Humedad



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Ejemplo de penetración en el terreno:

Sensores activos

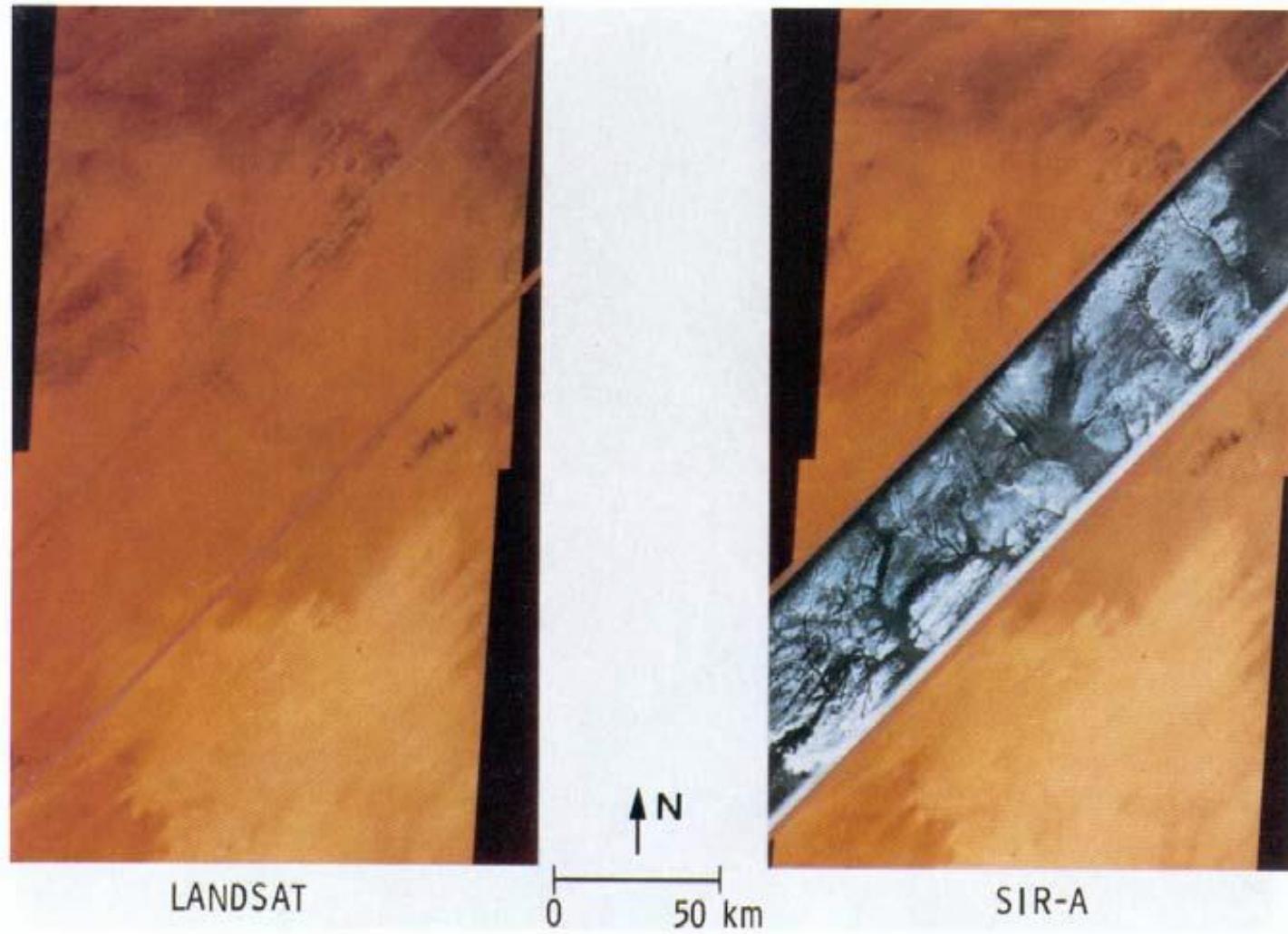
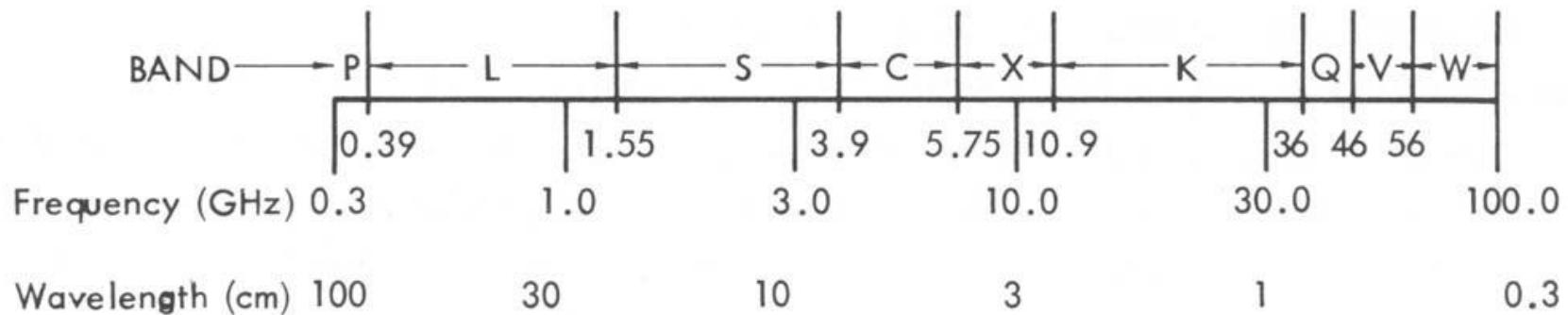


Imagen Radar (SIR-A) y Landsat de una zona del desierto de Egipto. La imagen radar muestra una red de canales interna que es invisible para el sensor Landsat (Elachi, Spaceborne Radar Remote Sensing: Applications and Techniques, 1987).

Sensores activos

La mayoría de los sensores son sistemas **radar** operando a frecuencias de **microondas**.



La utilización de estas frecuencias de un modo activo hacen que los sensores activos puedan trabajar con independencia de otras fuentes, tales como la luz solar.



BANDA	FRECUENCIA	LONGITUD ONDA	USUARIOS
VLF, LF	3 – 300KHz	-	comunicaciones submarinas
MF, HF	300KHz-30MHz	1km – 100m	radio
VHF, UHF	30MHz – 3GHz	10m –10cm	televisión,radar
SHF, EHF	3 – 300 GHz	10cm –1mm	radio de microondas Comunicación satelital
P	300 MHz –1GHz	100 –30cm	
L	1 – 2 GHz	30 – 15cm	
S	2 – 4 GHz	15 – 7.5cm	
C	4 – 8 GHz	7.5 – 3.75cm	
X	8 –12.5 GHz	3.75 – 2.4 cm	
Ku	12.5 – 18 GHz	2.4 –1.67 cm	
K	18 – 26.5 GHz	1.67-1 .1 cm	
Ka	26.5 –40 GHz	1.1 – 0.75 cm	

SENSORES REMOTOS



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI



COMPARACIÓN DE FRECUENCIAS

Flevoland, Holanda

Imagen de campos
agrícolas



Banda C



Banda L



Banda P

Comparación de frecuencias

Frecuencias altas

- Mayor resolución
- Necesitan más potencia
- Antenas más cortas

Frecuencias bajas

- Electrónica más fácil
- Mayor penetración en vegetación alta



Polarización

Las antenas de los sistemas de radar se pueden configurar para transmitir y recibir radiación electromagnética polarizada ya sea horizontal o verticalmente.

Cuando la energía transmitida es polarizada en la misma dirección que la recibida, al sistema se le conoce como de polarización similar. HH indica que la energía se transmite y se recibe horizontalmente polarizada; VV que la energía se transmite y se recibe verticalmente polarizada.

La reflexión de una onda de radar al chocar en una superficie puede modificar la polarización, dependiendo de las propiedades de la superficie misma.

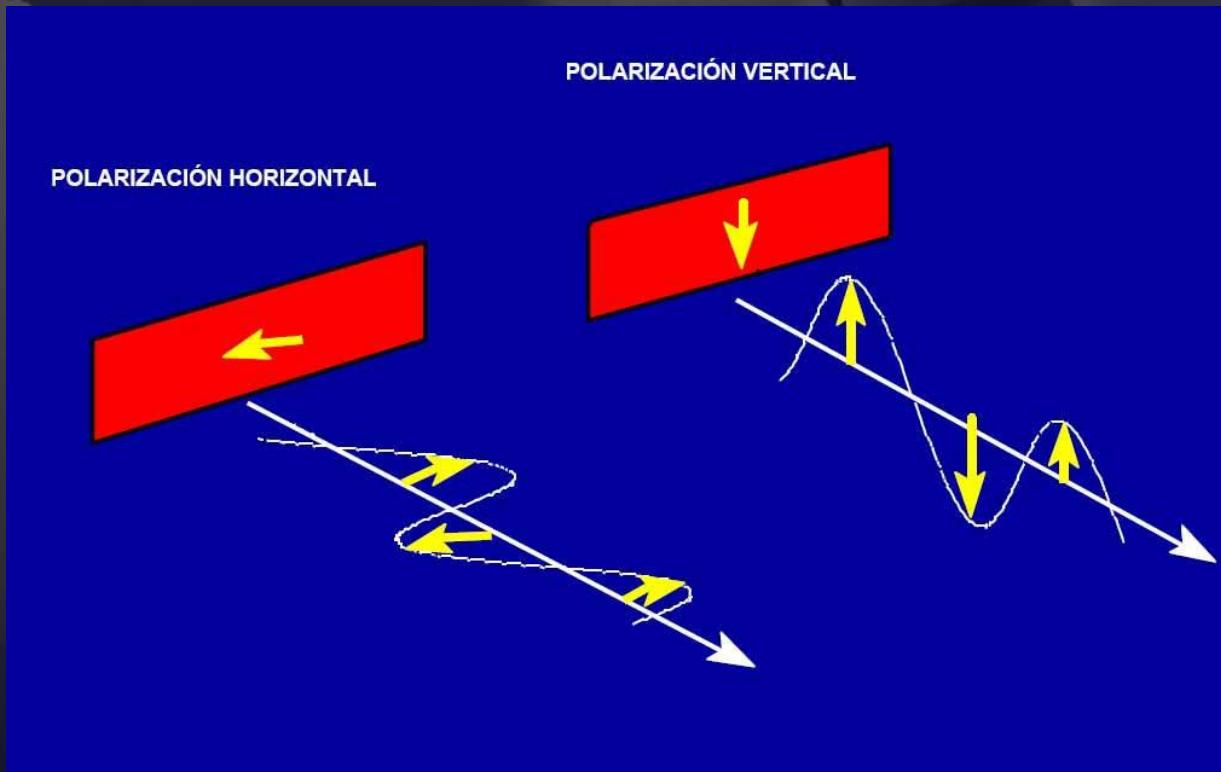
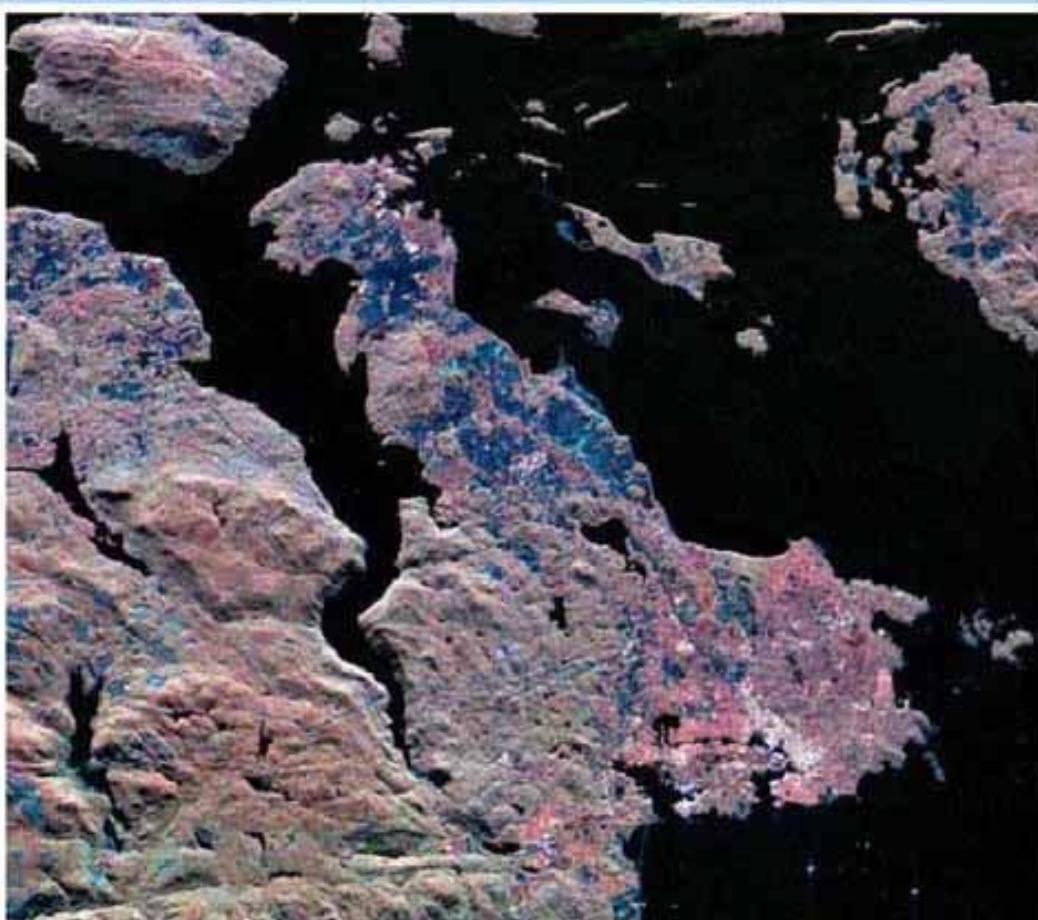


Imagen polarimétrica

Victoria y Península Saanich, Canadá

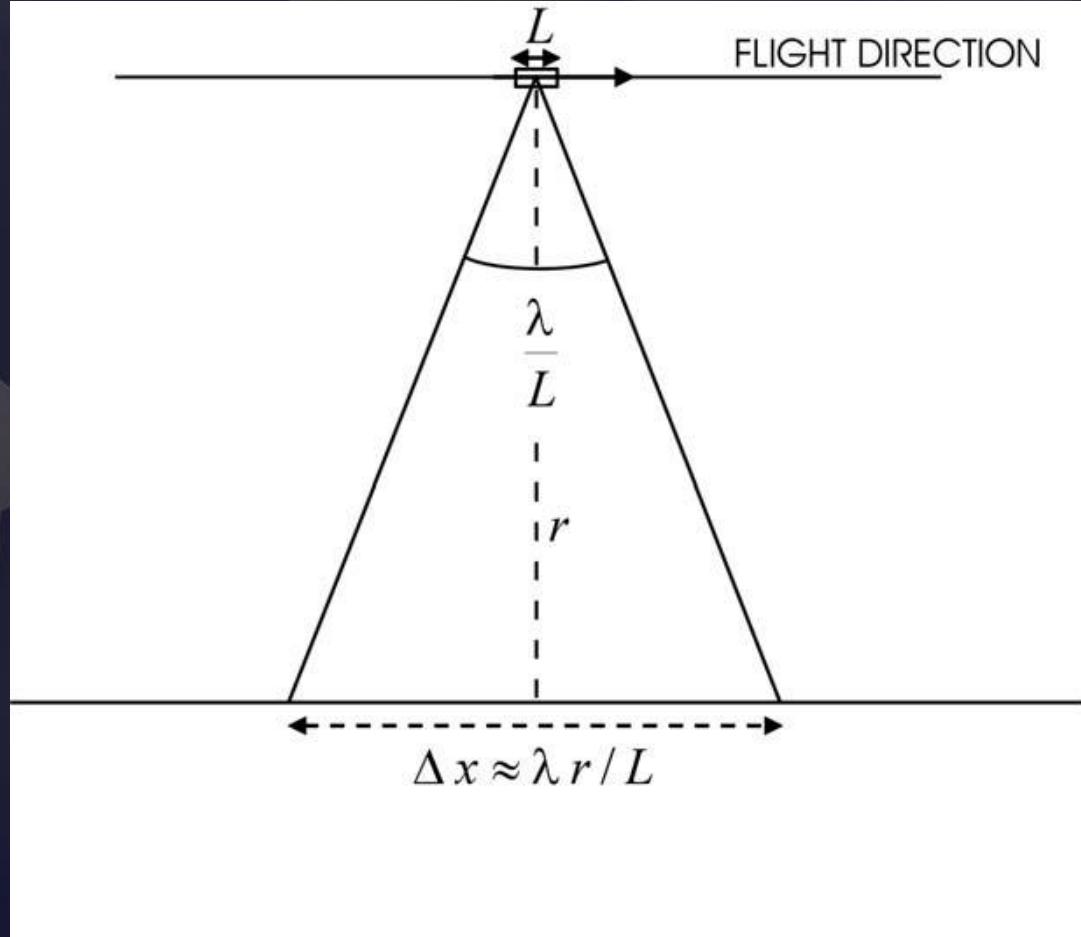


-  **Urbana**
 -  **Suburbana**
 -  **Bosque**
 -  **Agricultura /
tala al ras**
-
-  **Banda-C, HH**
 -  **Banda-L, HV**
 -  **Banda-L, HH**

Radar de Apertura Real

Una limitación de los sensores de imagen a microondas, normalmente llamados **radares de Apertura Real** (RARs), es la **pobre resolución espacial**.

$$\Delta x \approx r \frac{\lambda}{L}$$



Radar de Apertura Real

Caso orbital

$$\lambda = 5,6 \text{ cm}$$

$$L = 12 \text{ m}$$

$$R = 800 \text{ Km}$$

$$\Delta x \approx 3730 \text{ m}$$

Caso Aerotransportado

$$\lambda = 5,6 \text{ cm}$$

$$L = 50 \text{ cm}$$

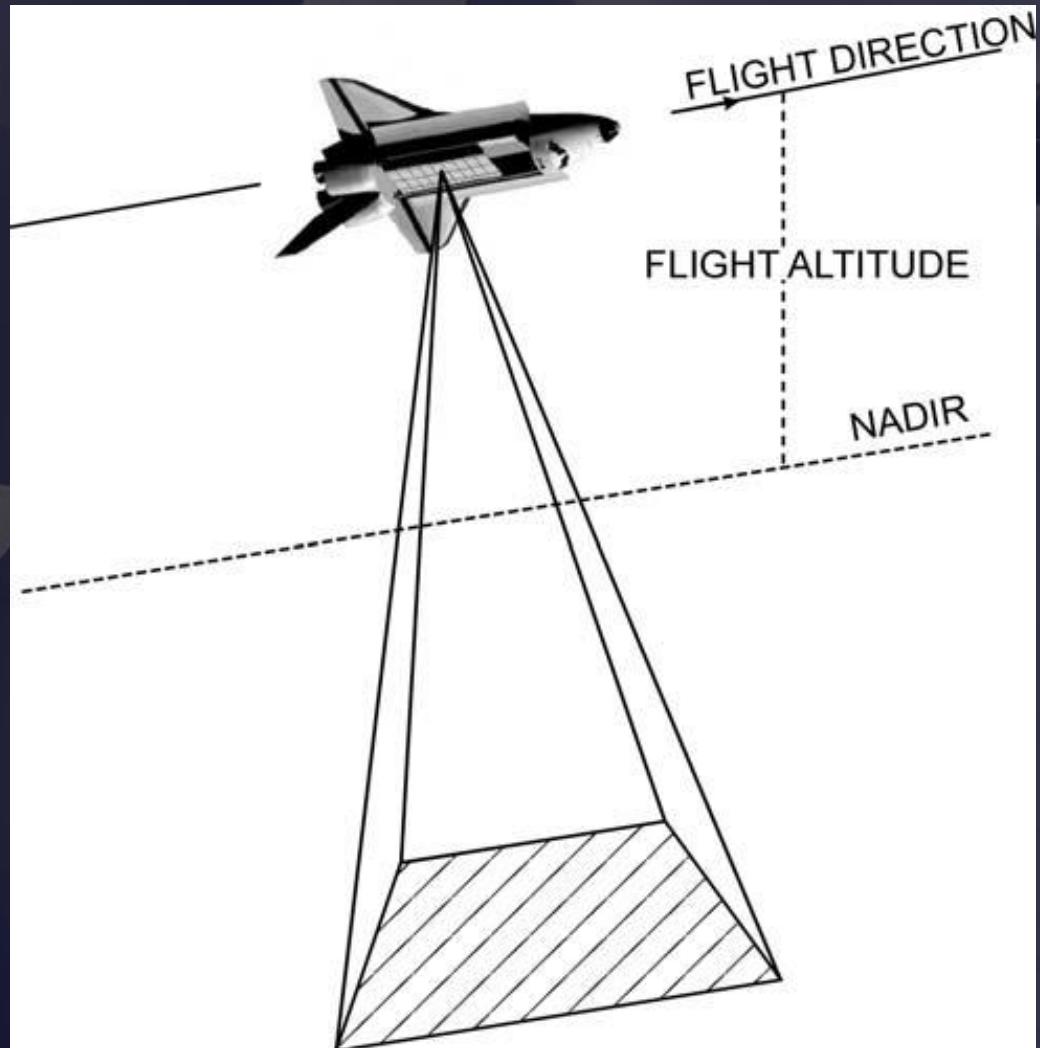
$$R = 8 \text{ Km}$$

$$\Delta x \approx 896 \text{ m}$$



Radar de Apertura Real

Una característica importante de los sistemas RAR es su **ángulo de vista lateral** respecto a la dirección de vuelo. Esto permite evitar ambigüedades izquierda-derecha en puntos equidistantes.





Concepto de Radar de Apertura Sintética

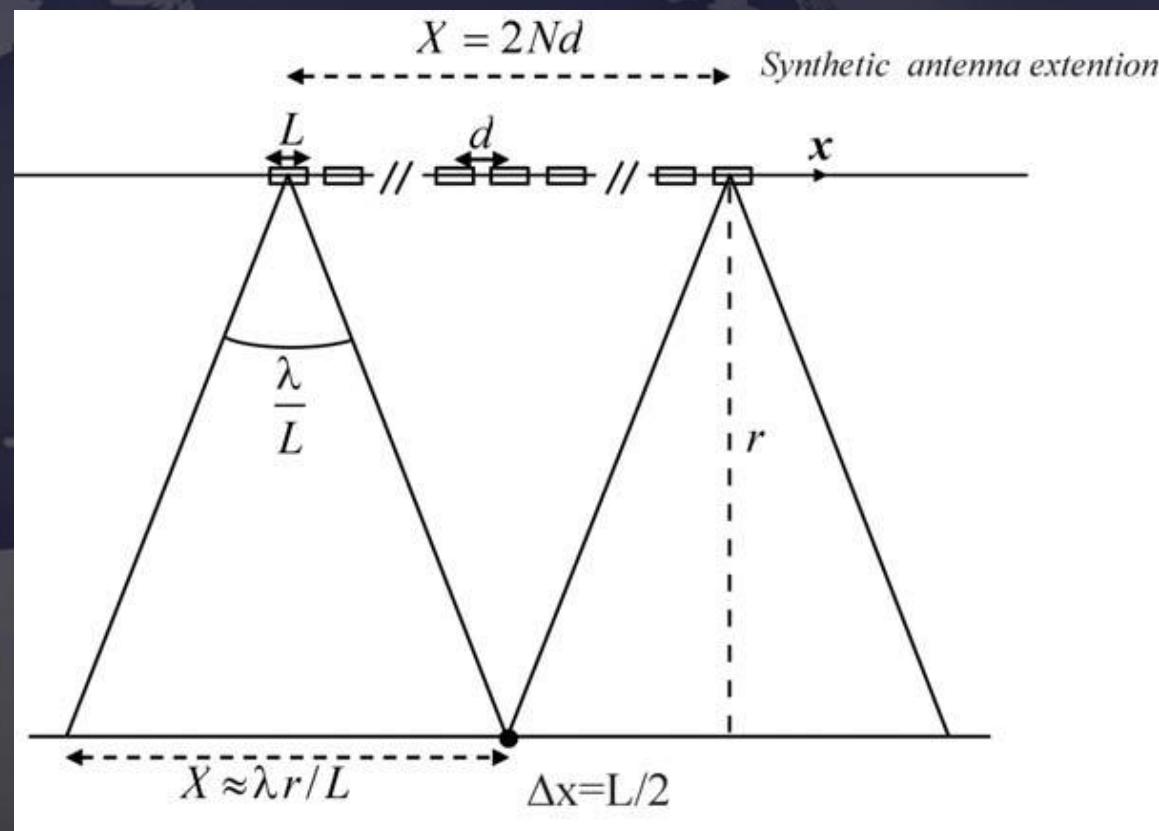
Una manera de eliminar la limitación referente a la resolución espacial de los sistemas RAR es el uso del concepto de la **Apertura Sintética**, una **gran antena** sintetizada por:

- El movimiento de una pequeña antena de longitud **L** a lo largo de una cierta trayectoria.
- Combinando coherenteamente las señales recibidas y adquiridas a diferentes intervalos espaciales separados por una distancia **d**.

Esta combinación coherente, conocida como **enfocado**, se explica como una compensación de la variación relativa de distancia sensor-tierra y resulta en una resolución $\Delta x=L/2$ que es independiente de la altitud del sensor.



El Radar de Apertura Sintética (SAR)



$$\Delta x = \frac{1}{2} \frac{\lambda r}{X} = \frac{1}{2} \frac{\lambda r}{\lambda r / L} = \frac{L}{2}$$

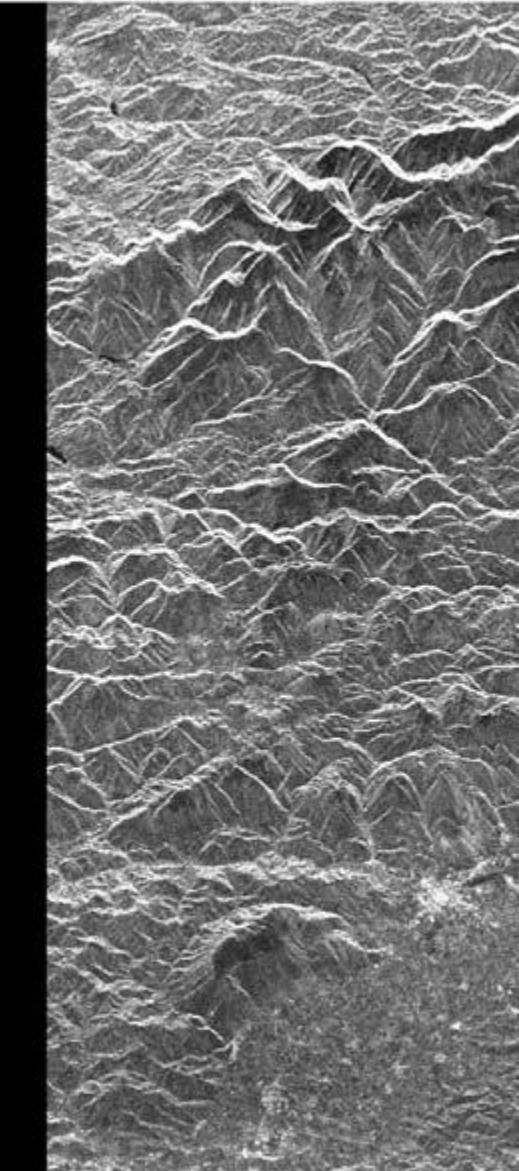
Notar que el término $\frac{1}{2}$ tiene en cuenta que las adquisiciones SAR no son simultáneas en el tiempo como sería en una apertura real de extensión X

El Radar de Apertura Sintética (SAR)

Es necesario realizar un procesado digital de los datos adquiridos para sintetizar la antena y obtener la imagen SAR final.

**RECORDED
SIGNAL**

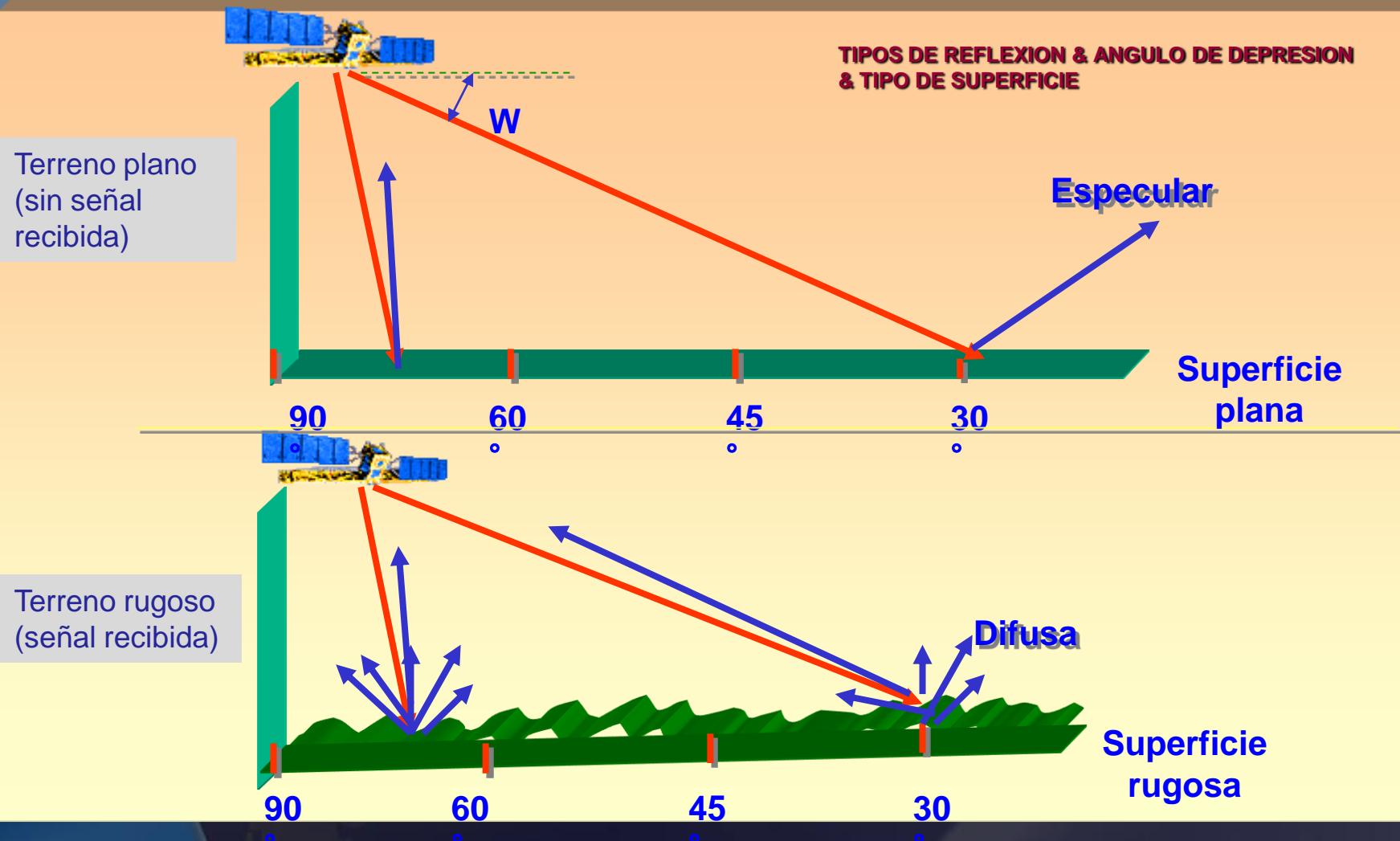
SAR IMAGE

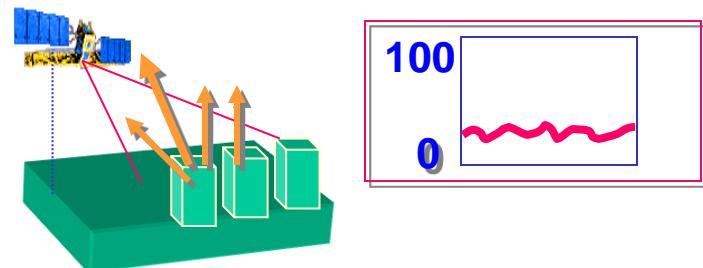
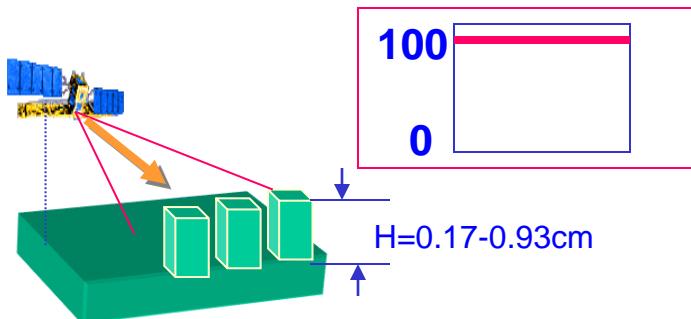


PROCESSING
→

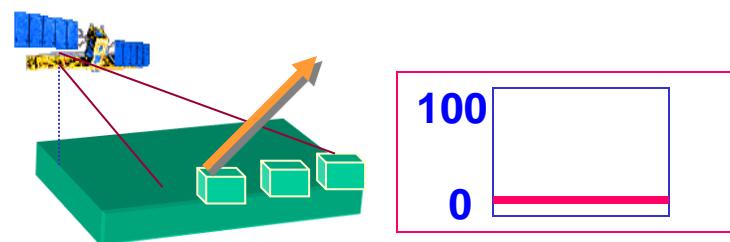
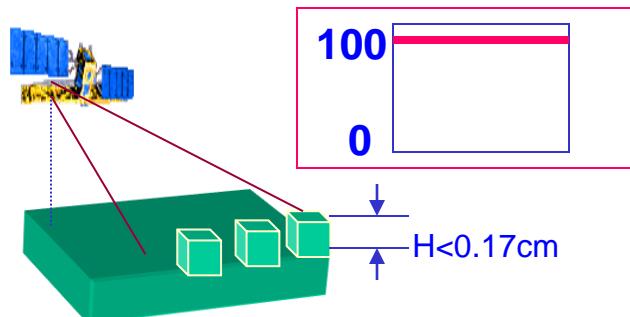


De la **rugosidad** del área iluminada depende la cantidad de señal reflejada hacia el radar.

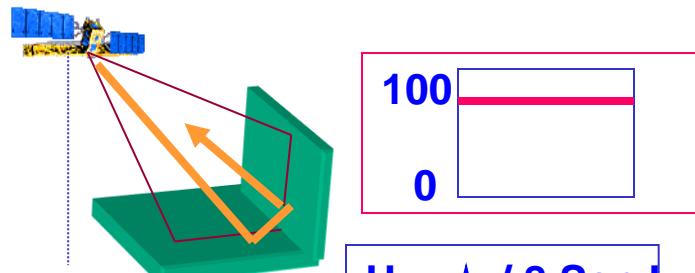
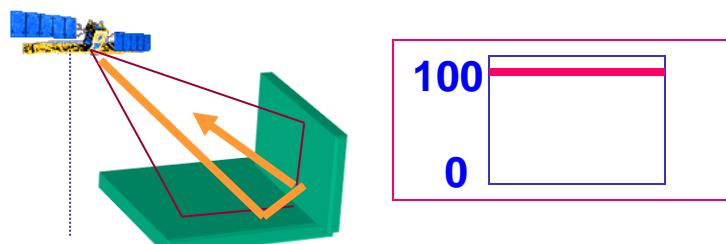




REFLECTOR DIFUSO: RUGOSIDAD INTERMEDIA DE TERRENO



REFLECTOR ESPECULAR: SUPERFICIE PLANA



REFLECTOR DE ESQUINA

$H < \frac{\lambda}{8 \operatorname{Sen} I}$

Historia del SAR

- El concepto SAR se atribuye a C. Wiley de Goodyear Aircraft Corporation (1951).
- La primera validación experimental fue realizada por la Universidad de Illinois (1953).
- El primer sistema SAR operativo fue un banda X construido en 1957 por los Willow Run Laboratories de la Universidad de Michigan para el departamento de defensa Americano (DoD).
- A finales de los 60 la NASA empezó a financiar el desarrollo de sistemas SAR para aplicaciones civiles.
- El ERIM y el JPL llevaron a cabo el experimento Apollo Lunar Sounder que se instaló exitosamente en el Apollo 17 en 1972.
- La NASA incluyó un SAR en banda L en el SEASAT-A (1978).



Orbitales

•EUROPA

- ALMAZ-1 (Rusia, 1991)
- ERS-1 (ESA, 1991)
- X-SAR (Alemania/Italia, 1994)
- ERS-2 (ESA, 1995)
- SRTM (Alemania/Italia, 2000)
- ASAR (ESA, 2003)
- TERRASAR-X (Alemania, 2007)
- COSMO-SKYMED (Italia, 2008)

•JAPÓN

- JERS-1 (1992)
- PALSAR (2006)

USA y CANADA

- SEASAT-A (USA, 1978)
- SIR-A (USA, 1981)
- SIR-B (USA, 1984)
- SIR-C (USA, 1994)
- RADARSAT-I (Canadá, 1995)
- SRTM (USA, 2000)
- RADARSAT-II (Canadá, 2007)



Misiones y sensores SAR

ASAR instalado sobre el satélite ENVISAT



Aerotransportados

EUROPA

- EMI-SAR (Dinamarca, EMI-DTU)
- DOSAR (Alemania, Dornier)
- E-SAR (Alemania, DLR)
- AES (Alemania, Aerosensing)
- RAMSES (Francia, ONERA)
- DERA system (DERA, Gran Bretaña)
- PHARUS (TNO, Holanda)

JAPÓN

- CRL/NASDA system (CRL/NASDA, Japón)

USA y CANADA

- AIRSAR (NASA/JPL, USA)
- SANDIA system (Sandia Labs, USA)
- IFSARE (Intermap Technologies, USA/CANADA)
- GeoSAR (NASA/ARPA/JPL/Calgis Inc. /California DOC, USA)



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Misiones y sensores SAR

Sensor E-SAR del DLR

AVIACIÓN



Modos de operación

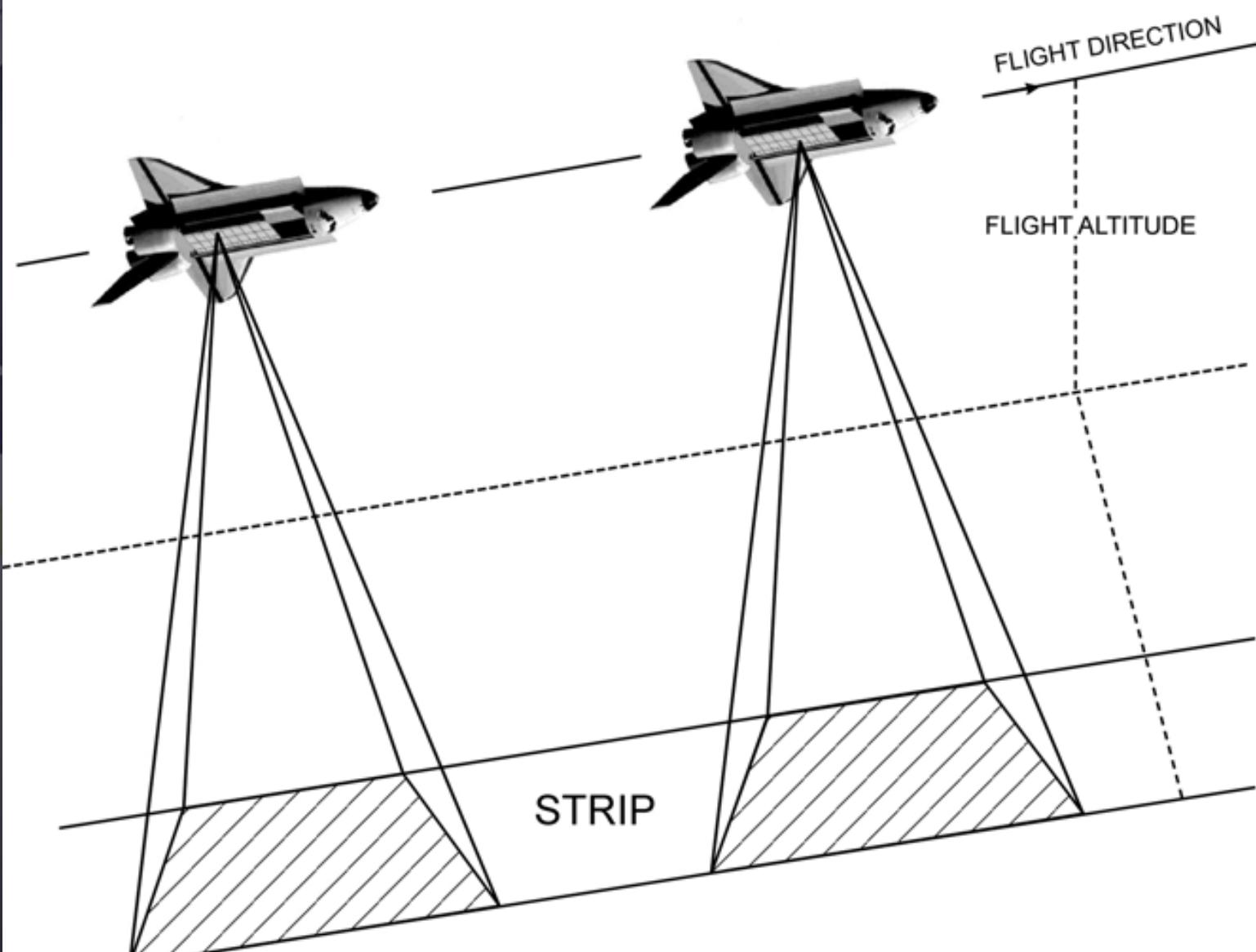
- **Stripmap**
- **Spotlight**
- **Scansar (burst)**



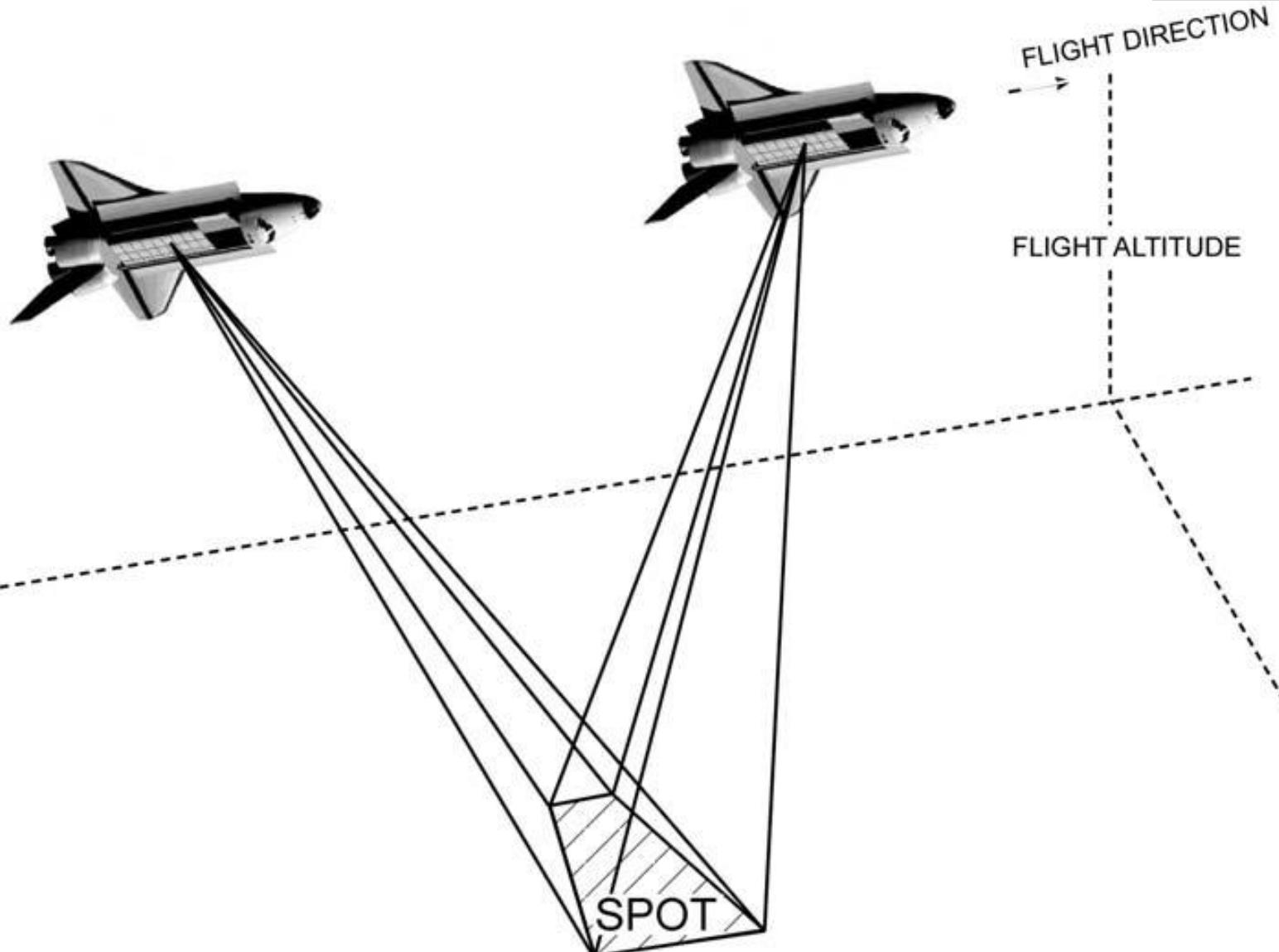
IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Modos de operación

Stripmap



En este caso la antena apunta en una dirección fija durante el vuelo. La dimensión de la imagen SAR está limitada en la dirección **range**, y en principio no está condicionada en **azimut**.



La antena del radar es enfocada durante el vuelo iluminando la misma zona (**spot**). La longitud de la antena sintética es mayor que en el caso stripmode, mejorando la resolución en **azimut**.



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Procesado Spotlight



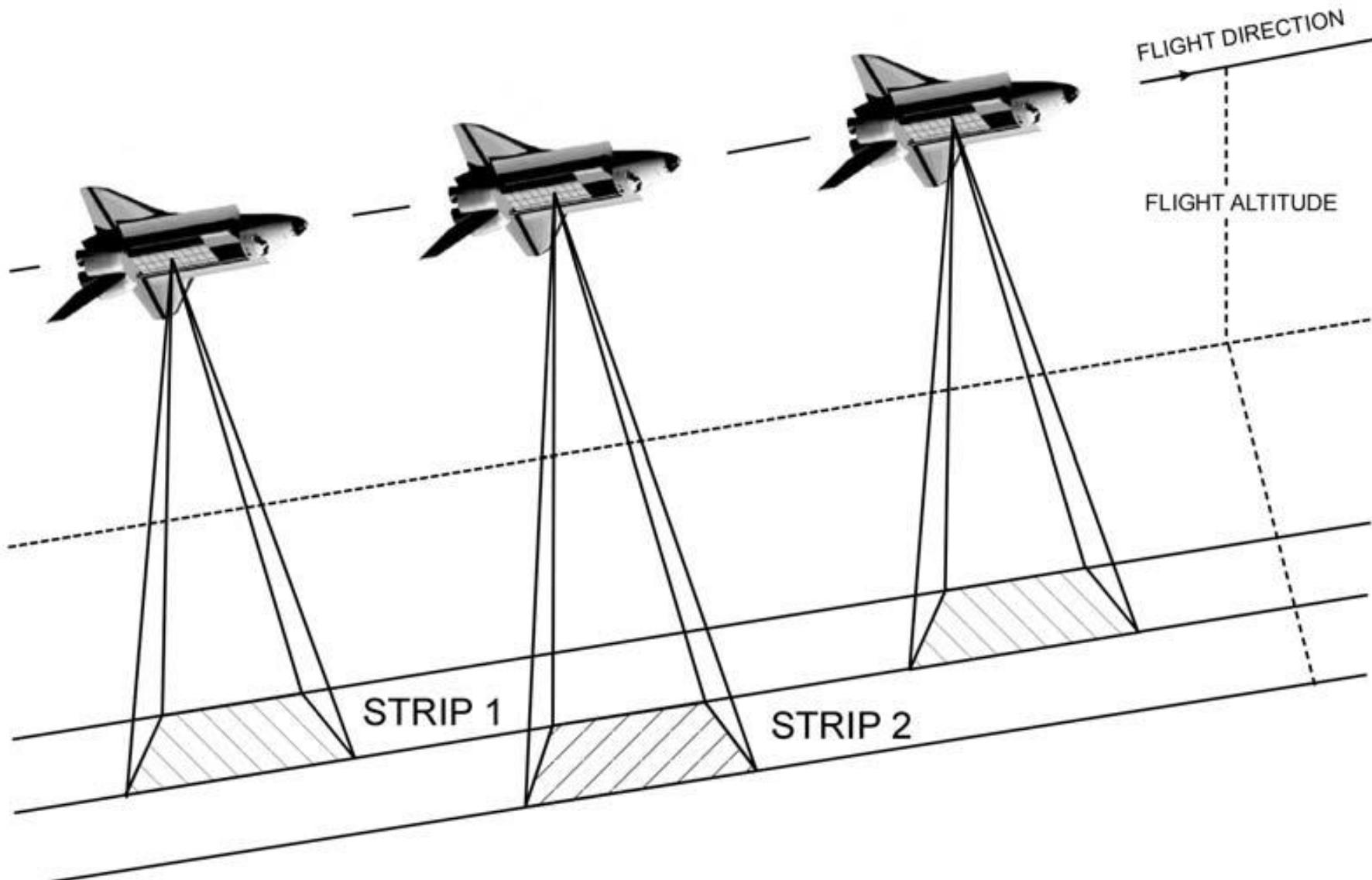
Imágenes SAR en banda Ku (15 GHz) de 1m x 1m de resolución procesadas en modo spotlight.



IGAC
INSTITUTO GEÓGRAFICO
AGUSTÍN CODAZZI

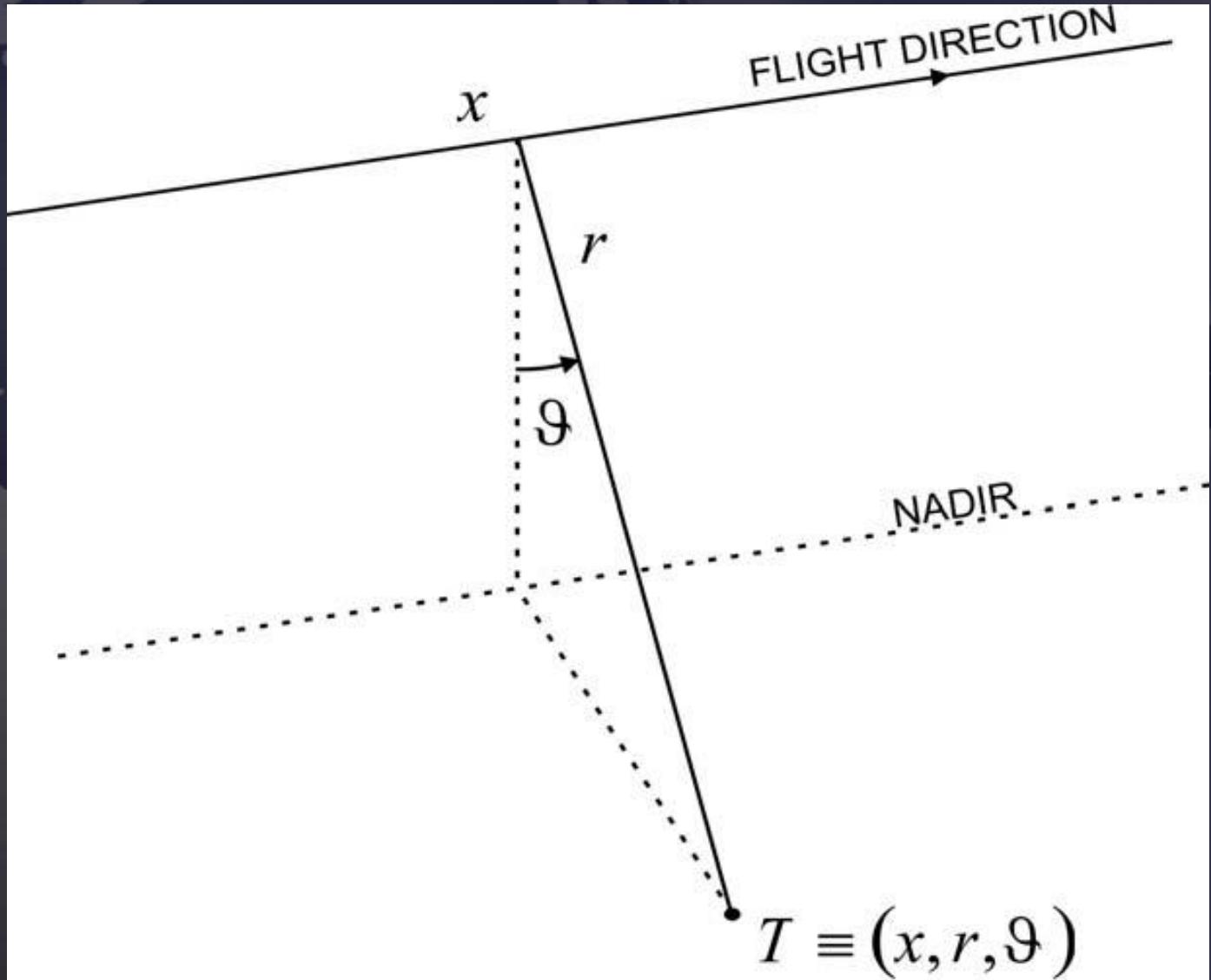
Procesado Spotlight - Cucuta





Este modo permite aumentar la dimensión **range** de la imagen al cambiar periódicamente la dirección del haz de la antena. En contrapartida se pierde resolución en **azimuth**.





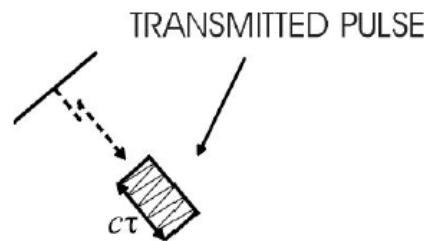
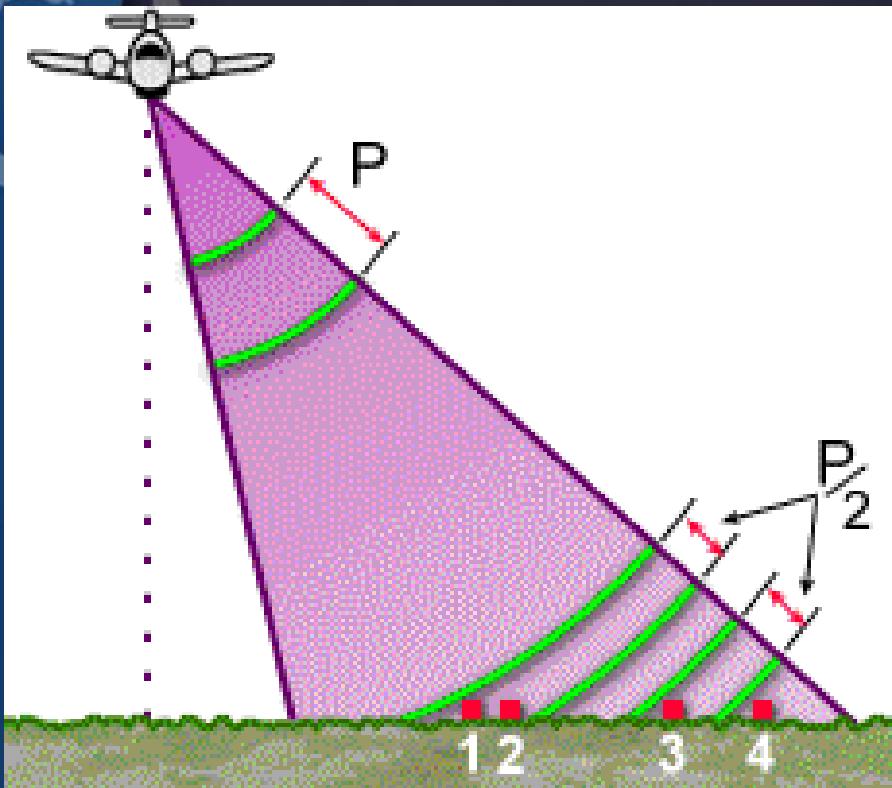
Se considera una geometría en coordenadas cilíndricas (x, r, ϑ) , donde x es azimuth, r es range (o slant range) y ϑ el ángulo de visión.



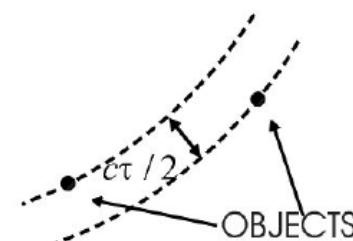
Resoluciones geométricas

Resolución range

- τ es la duración temporal del pulso electromagnético transmitido.
- Δr es la resolución range (la mínima distancia entre dos objetos que pueden ser discriminados)



$$\Delta r = \frac{c\tau}{2}$$



P: longitud del pulsos
1, 2 no se pueden resolver
3 y 4 si que se puede



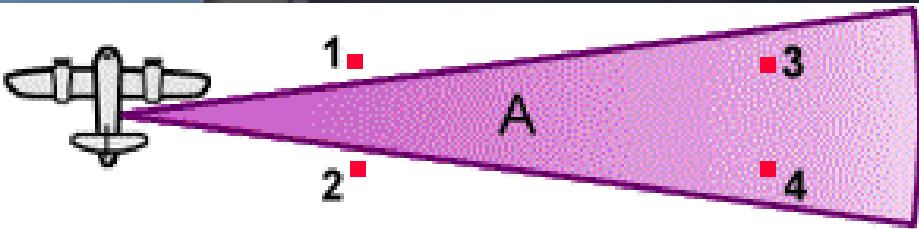
Resoluciones geométricas

Resolución range

$$\Delta r = \frac{c\tau}{2} \approx \frac{c}{2\Delta f}$$

donde $\Delta f \approx 1/\tau$ es el ancho de banda del pulso.

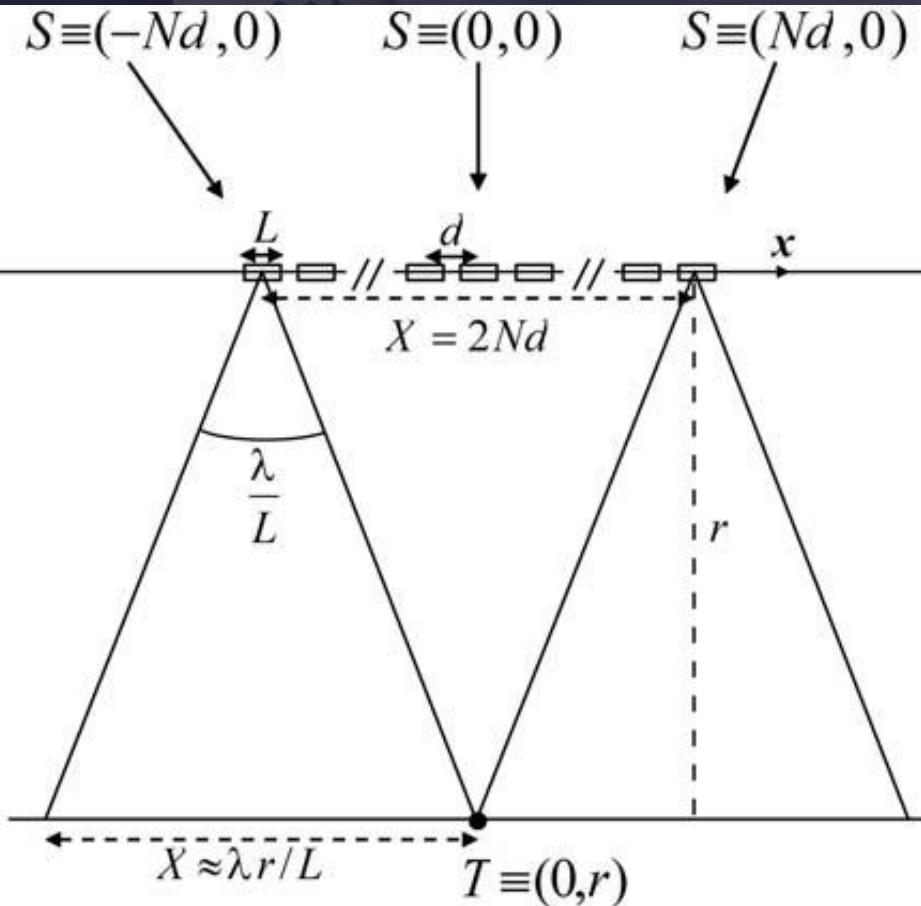
Es importante destacar que una mejora en la resolución implica una **reducción de τ** , esto resulta en unos requerimientos de **potencia de pico** mucho mayores.



A: haz de la antena

1, 2 no se pueden resolver
3 y 4 si que se puede

Resolución azimut



La alta resolución en azimut se consigue utilizando el concepto de apertura sintética. Se sintetiza una gran antena mediante el movimiento de una más pequeña de dimensión L . Esto se consigue mediante la combinación coherente de los ecos recibidos en diferentes posiciones espaciadas por una distancia d .



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Resoluciones geométricas

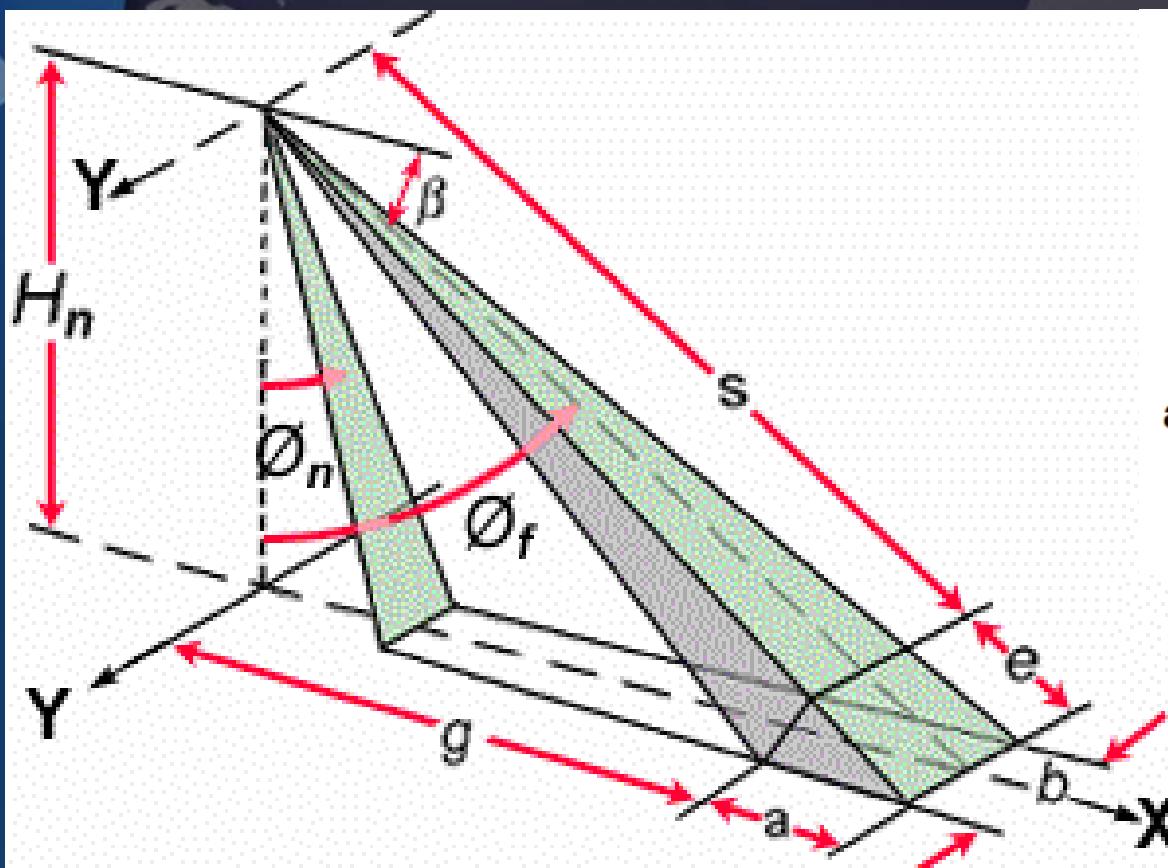
Imagen SAR enfocada

- Amplitud de imagen ERS enfocada
- Delta del Ebro, Catalunya



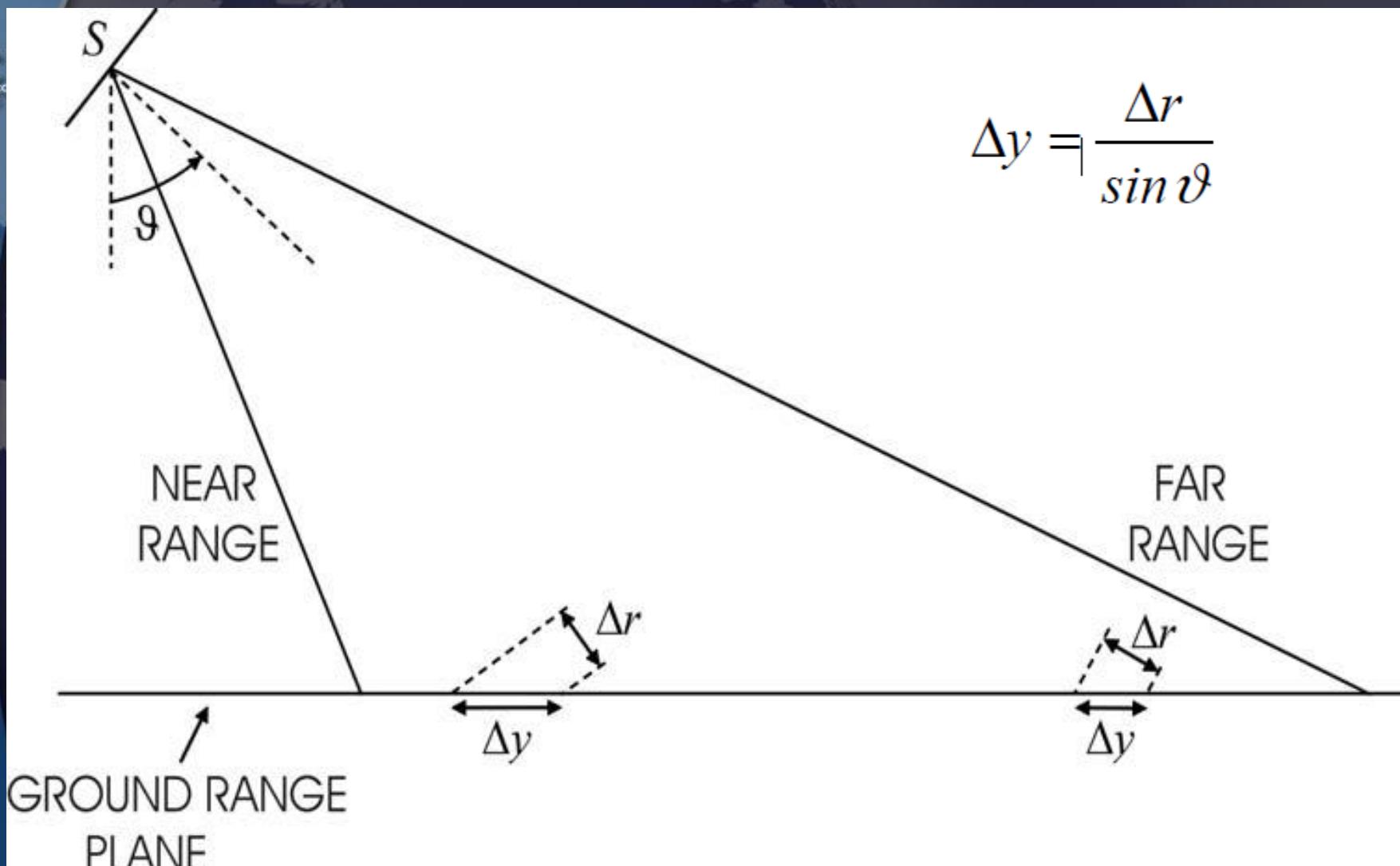
Distorsiones geométricas

- Las imágenes SAR son geométricamente diferentes de una imagen óptica.
- Debido a la geometría *slant range* y al modo de operación del radar (medición de distancias), las imágenes SAR parecen estar distorsionadas.



H_n = Altura de vuelo
 β = Ángulo de depresión
 θ_n = Borde cercano del Ángulo de incidencia
 θ_f = Borde lejano del Ángulo de incidencia
s = slant range
g = ground range
a = ground range resolution (x direction)
b = azimuth resolution (y direction)
e = slant range resolution

Distorsiones geométricas

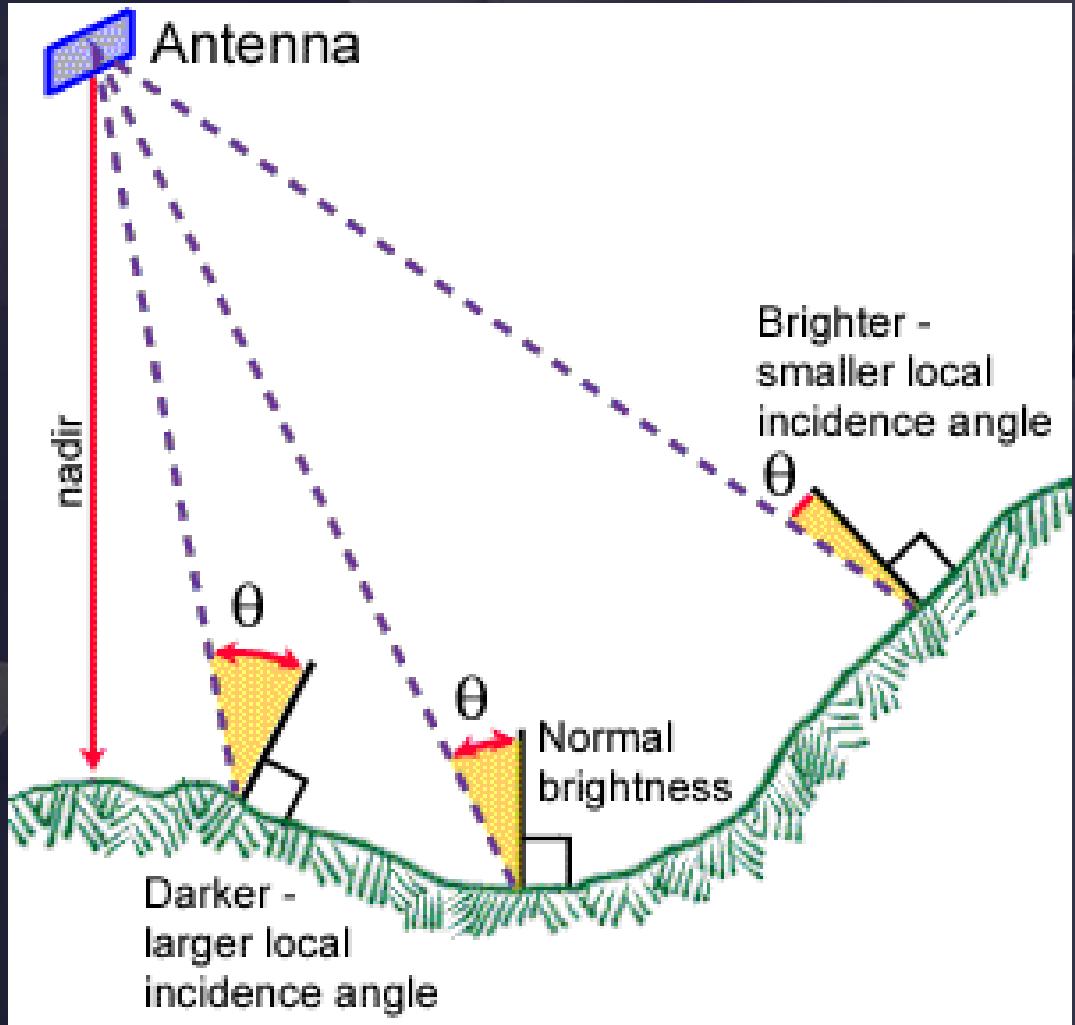
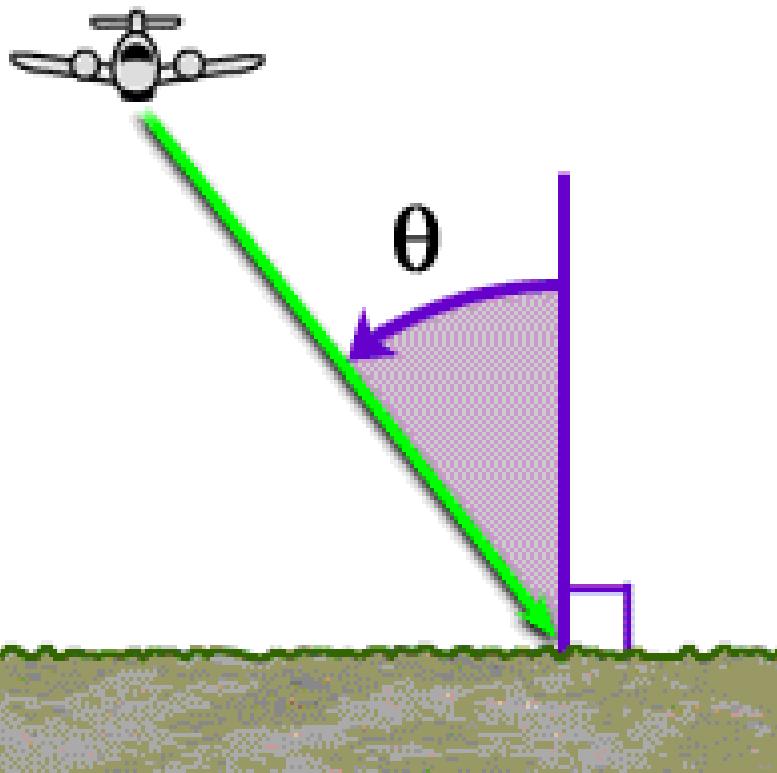


$$\Delta y = \frac{\Delta r}{\sin \vartheta}$$

En algunas aplicaciones el uso de imágenes SAR, en coordenadas *azimut* y *range*, está limitado por estas distorsiones geométricas. Por ejemplo, si la zona iluminada es plana, una resolución constante Δr (slant range) no se corresponde con una resolución constante Δy (ground range):



Angulo de incidencia



El **ángulo de incidencia** describe la relación entre la iluminación SAR y la superficie del suelo. Específicamente, es el ángulo entre el haz y el objeto. El ángulo de incidencia ayuda a determinar la apariencia del objeto en una imagen

Distorsiones geométricas

Imágenes SAR iluminadas desde distintas direcciones

Imagen ERS del Monte Etna (órbita descendente)

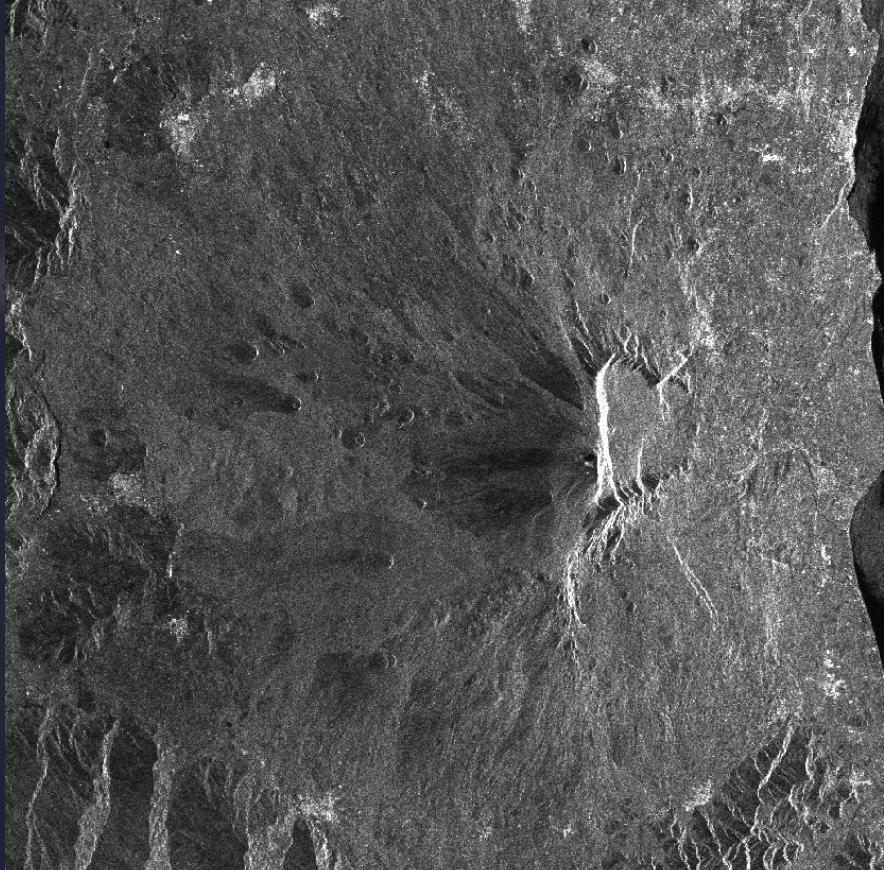
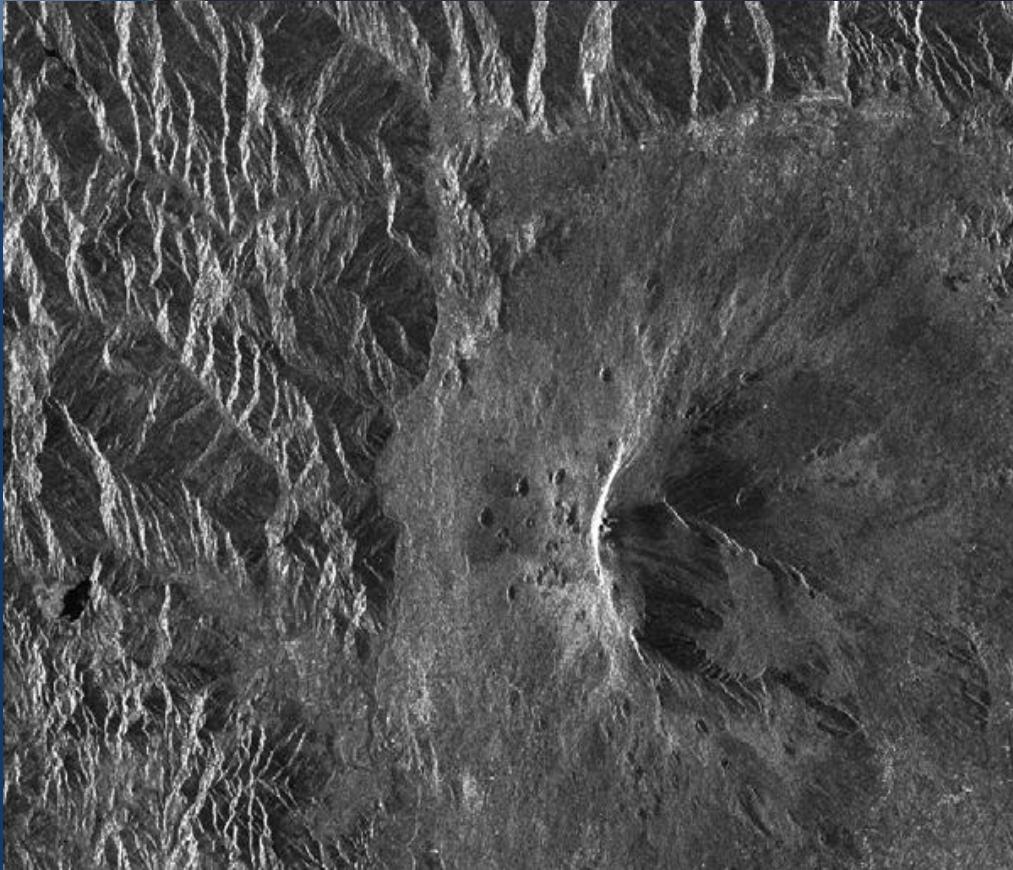
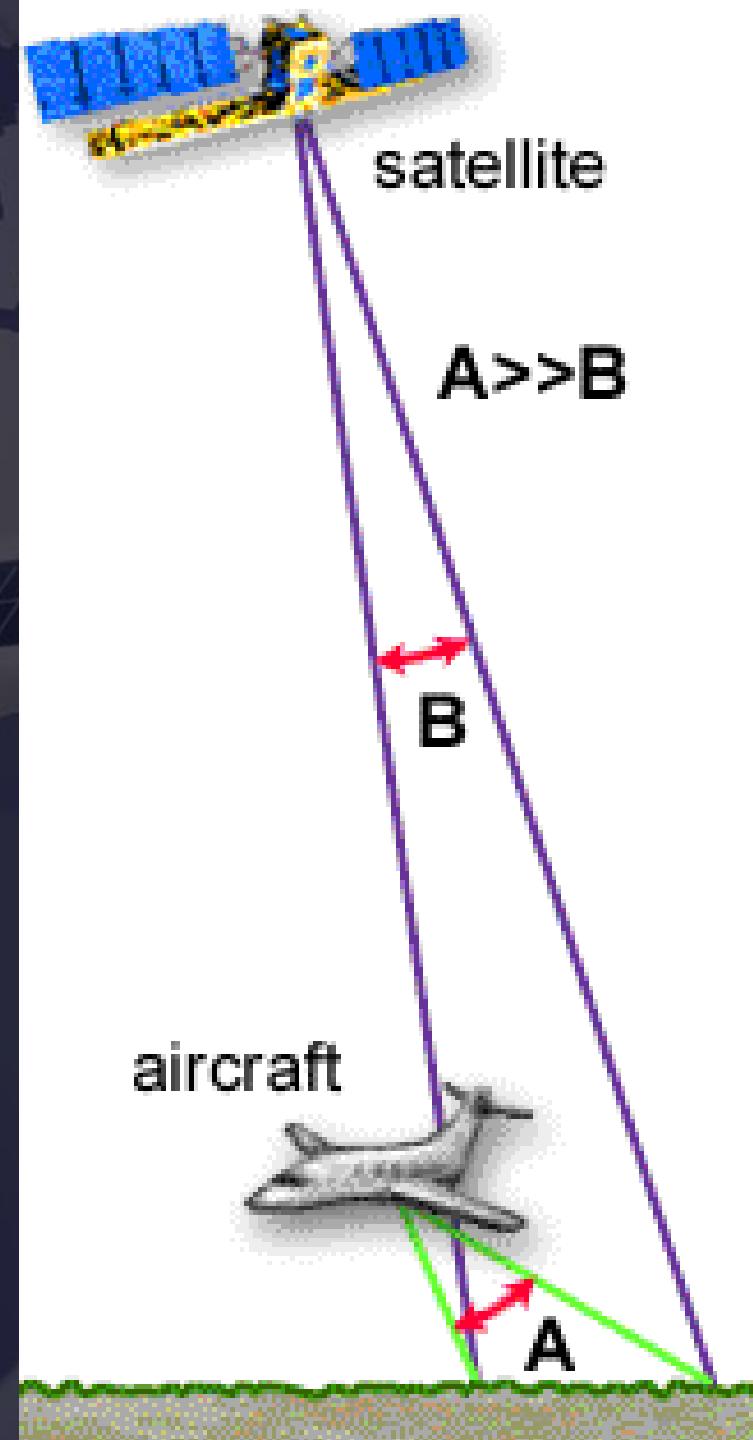


Imagen ERS del Monte Etna (órbita ascendente)

Ángulo de incidencia

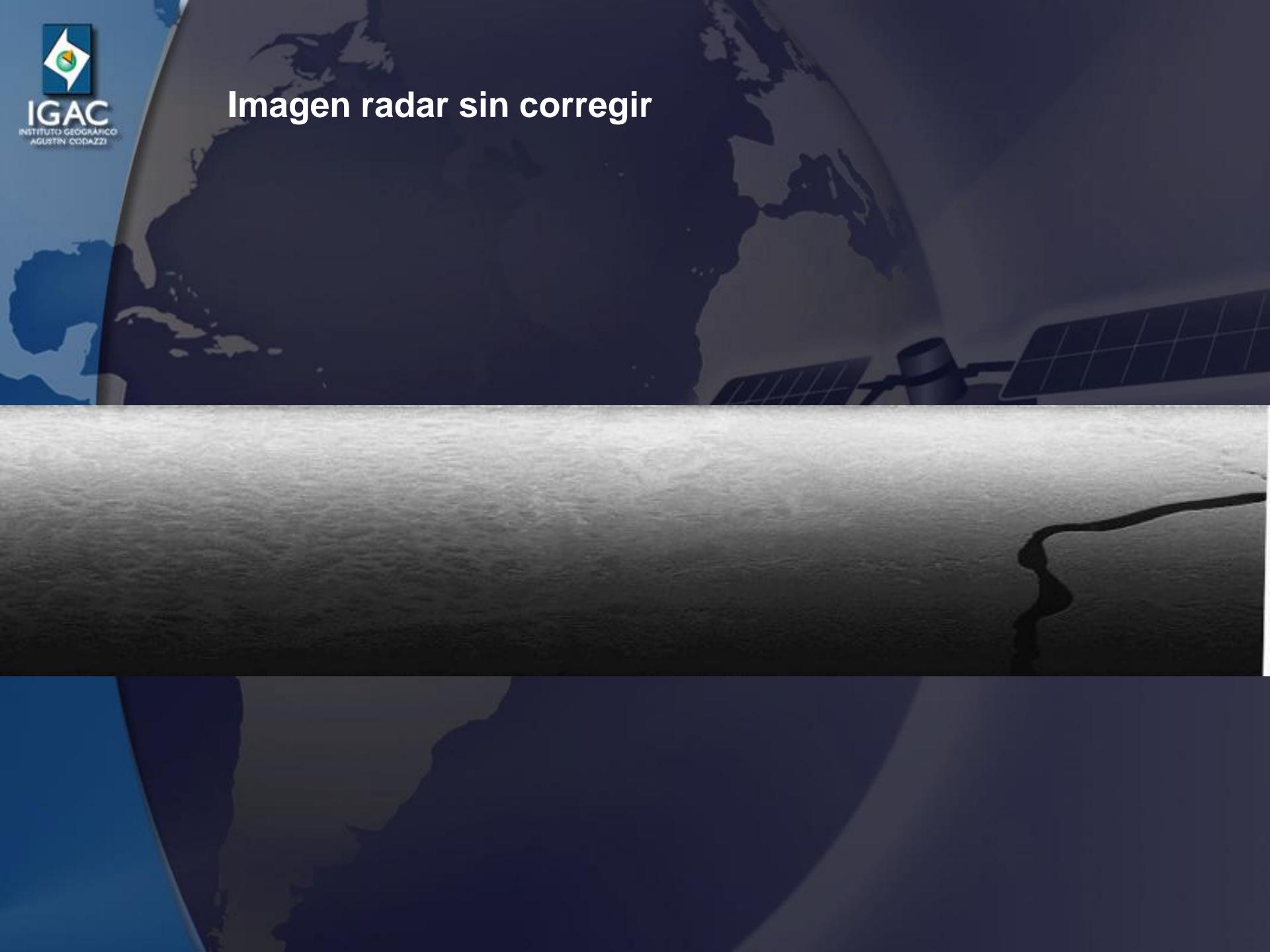
Debido a su mayor altitud, los ángulos de incidencia para los sensores en satélites varían menos que los instalados en avión. Esto conduce a una iluminación más uniforme en imágenes de satélite que las de avión





IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Imagen radar sin corregir

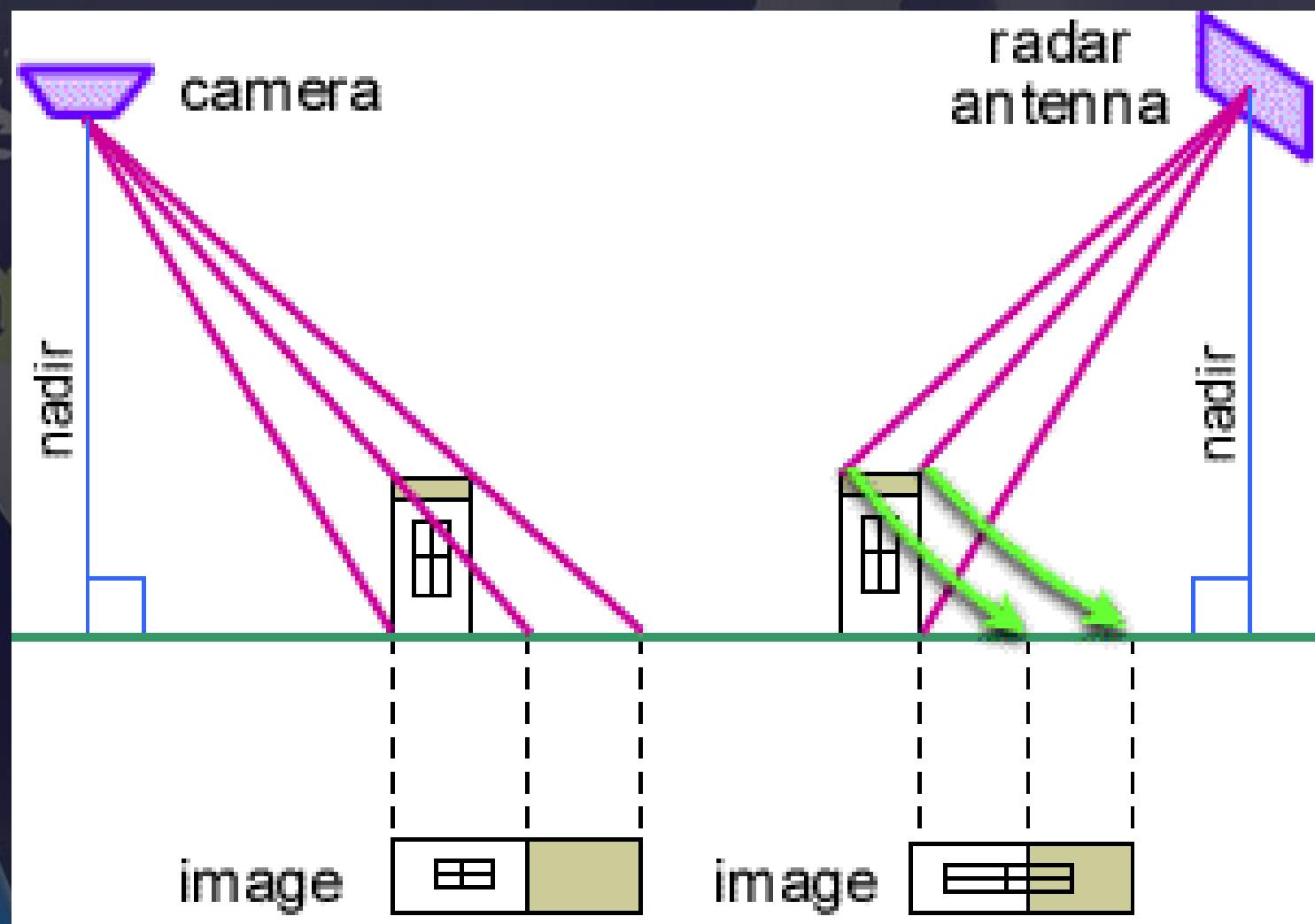




Comparación VIR/SAR

IGAC
INSTITUTO GE
AGUSTIN C

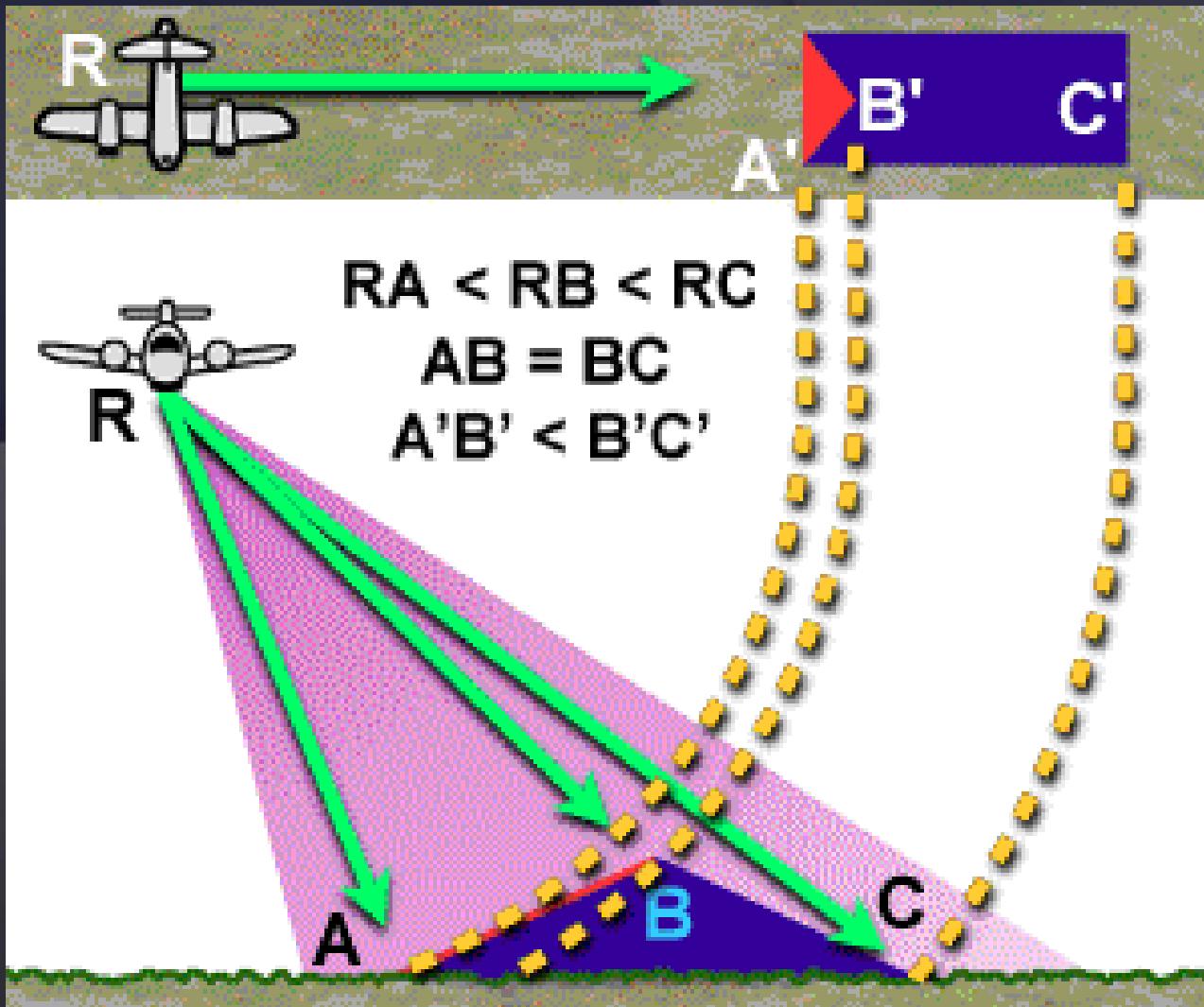
Un rápido vistazo a una imagen radar y una imagen visible revelará diferencias obvias, no sólo en la respuesta de estos objetos, sino también en su posición relativa



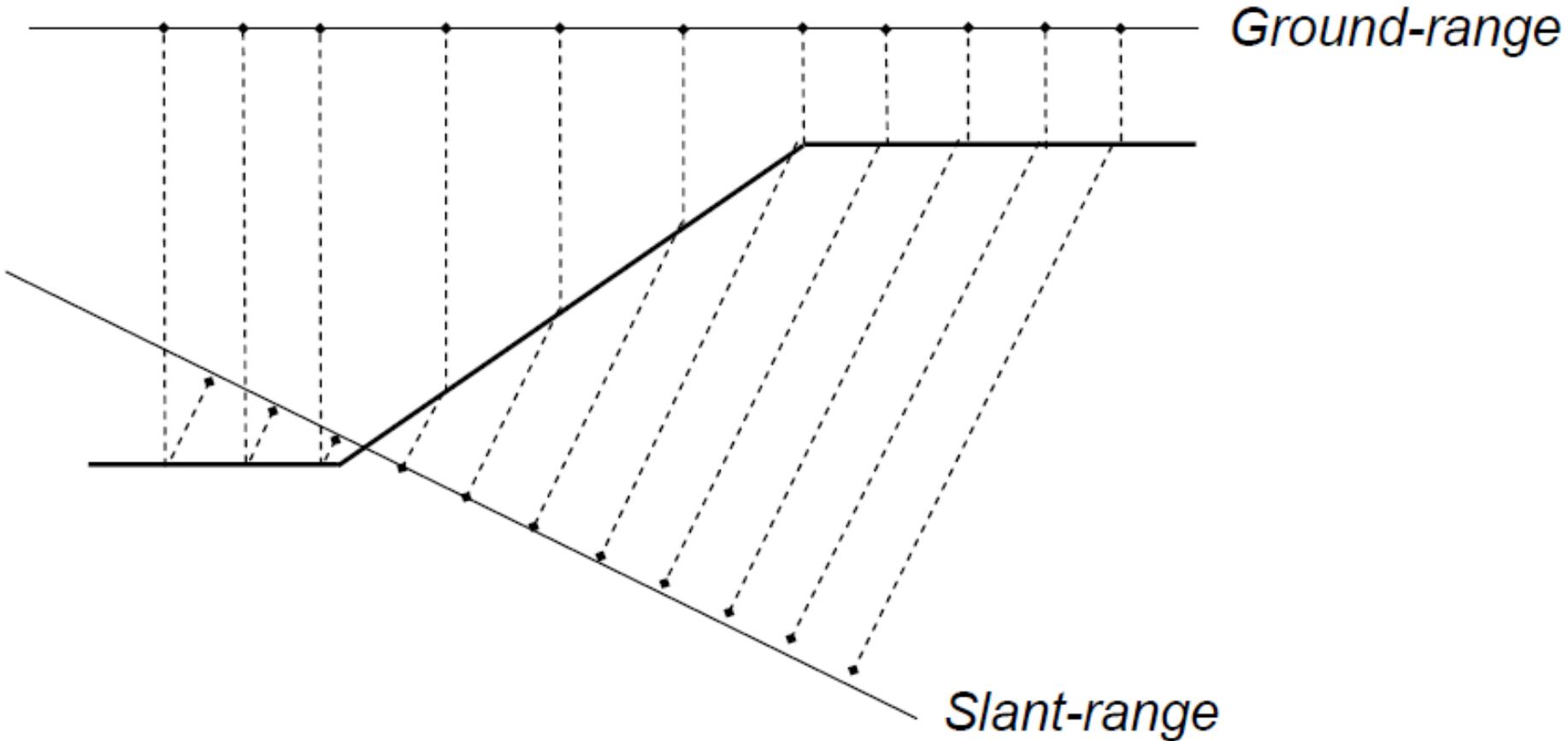
Distorsiones geométricas

La situación se complica cuando estamos iluminando una superficie con pendiente α . Los tres casos de interés son:

- ***Foreshortening (Escorzo)***
- ***Layover***
- ***Shadow***



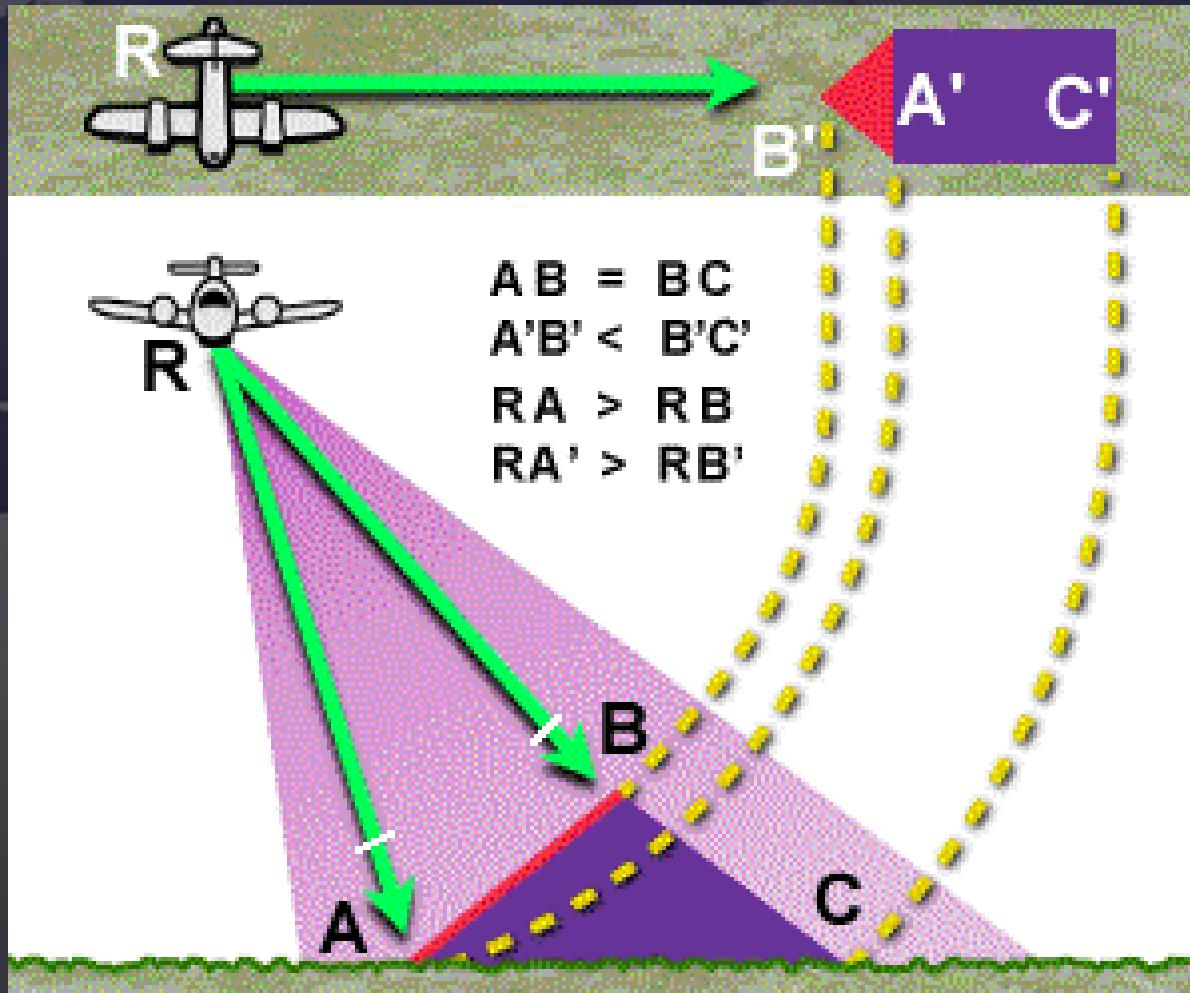
Se corresponde con un efecto de compresión de la celda de resolución que se acentúa con la pendiente del terreno ($-\theta < \alpha < \theta$).





Distorsiones geométricas

Layover



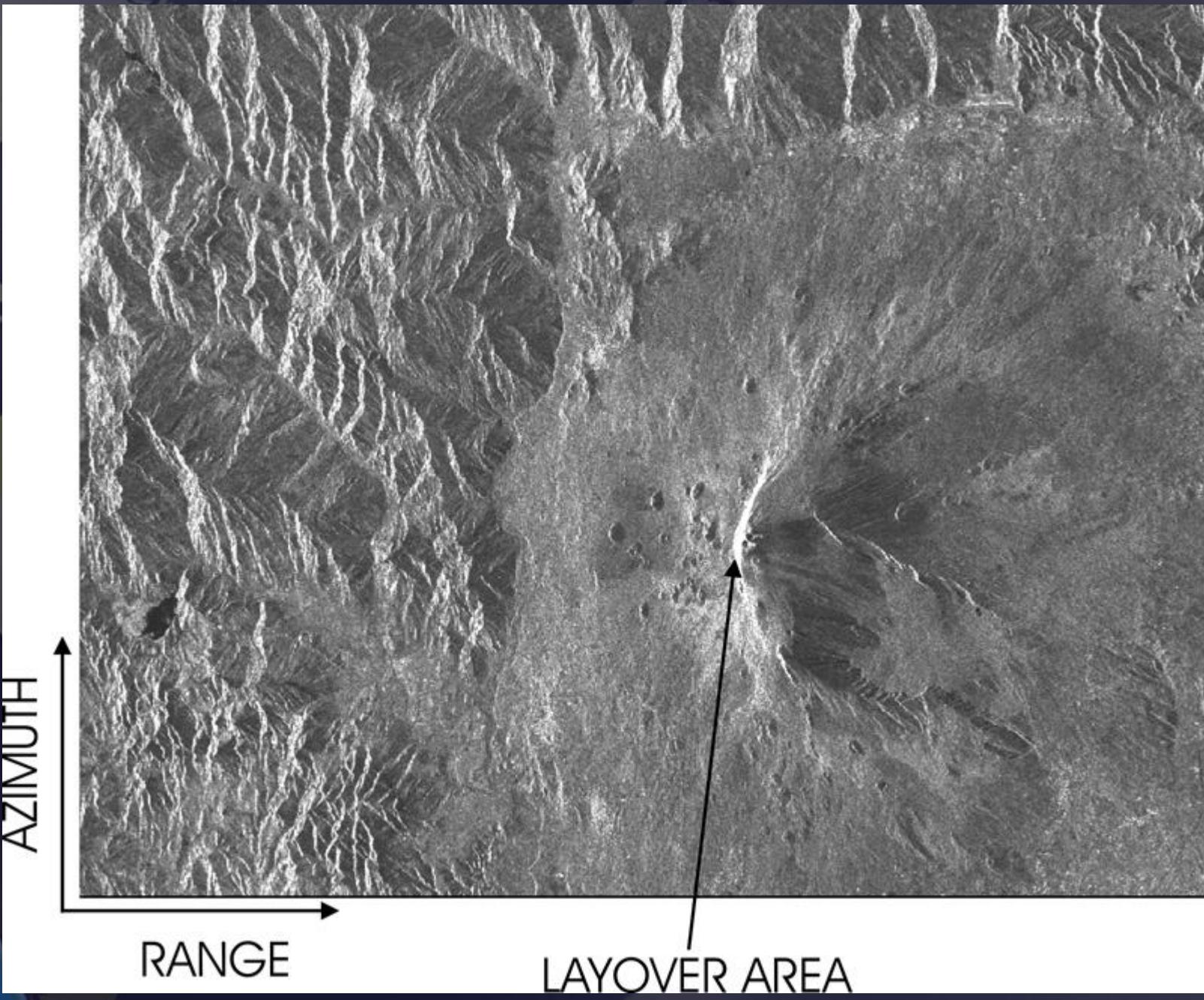
Causa una inversión de la geometría de la imagen ($\alpha \geq \theta$). Los picos de las montañas con una fuerte pendiente aparecen antes que sus bases en la geometría slant-range, causando una importante distorsión. Un caso particular es el representado por la situación ($\alpha = \theta$) que resulta en una compresión de la pendiente de la montaña en un sólo pixel.



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Distorsiones geométricas

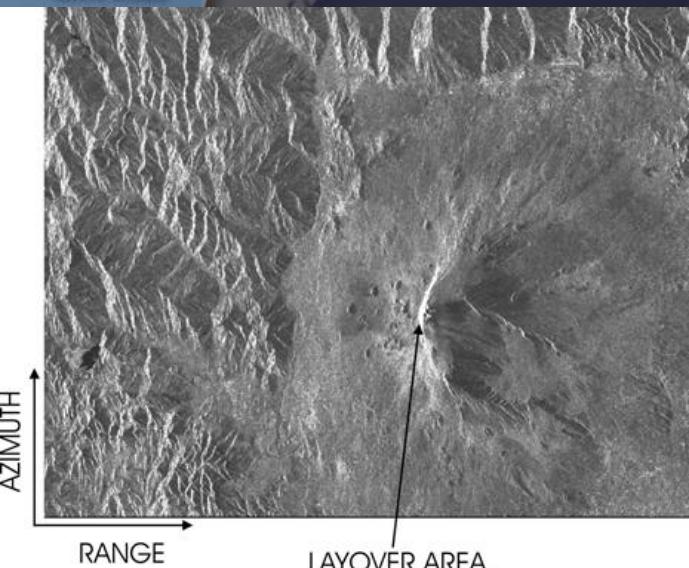
Layover



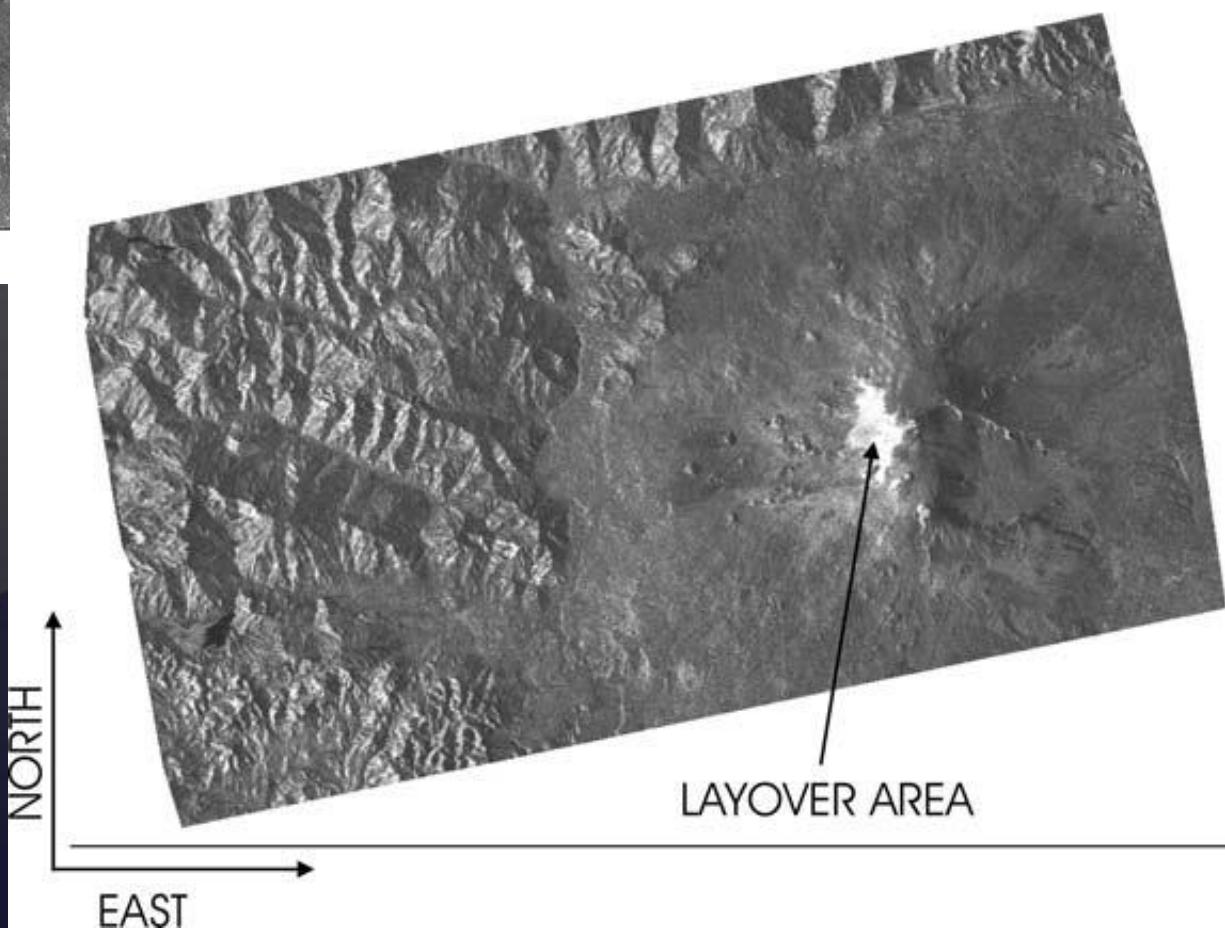


IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Georreferenciación de los datos



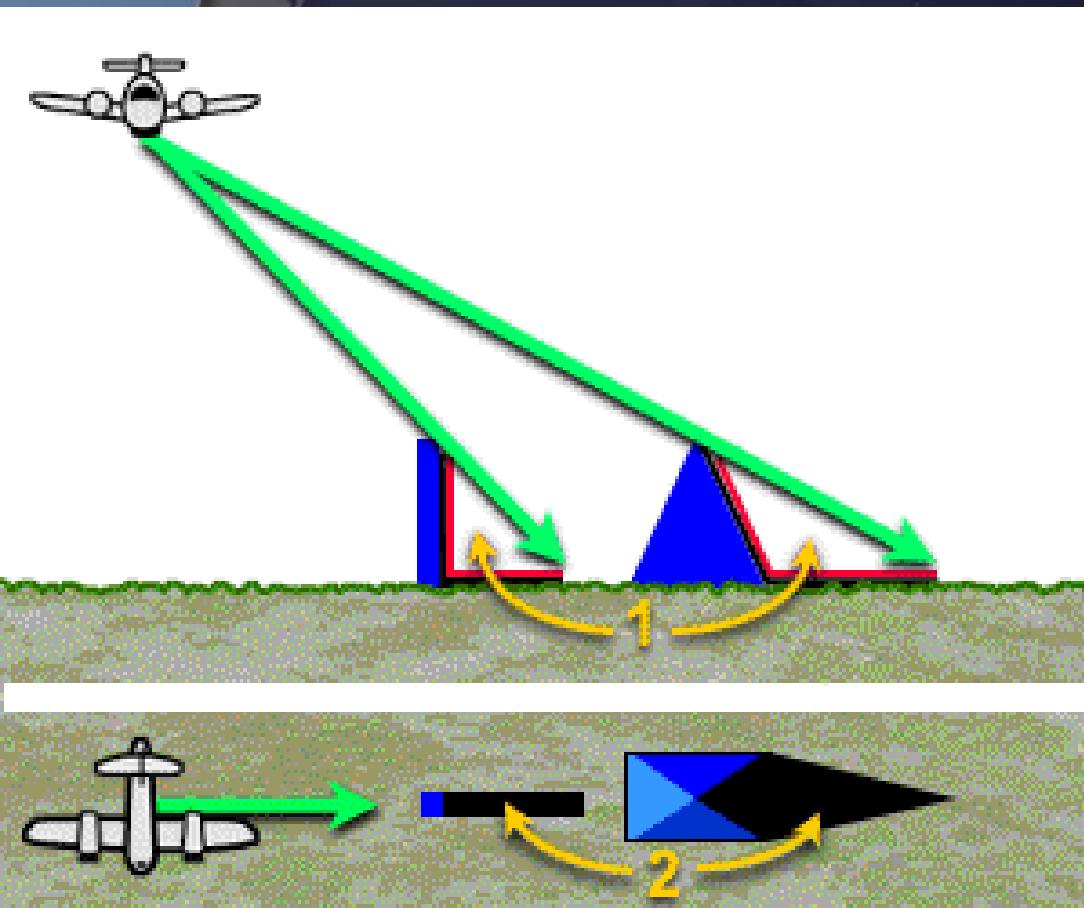
Geometría SAR



Referencia Cartográfica
(proyección UTM)

Distorsiones geométricas

Shadow



En este caso, la zona afectada no refleja señal y queda representada como un área sin reflectividad en la imagen SAR final.

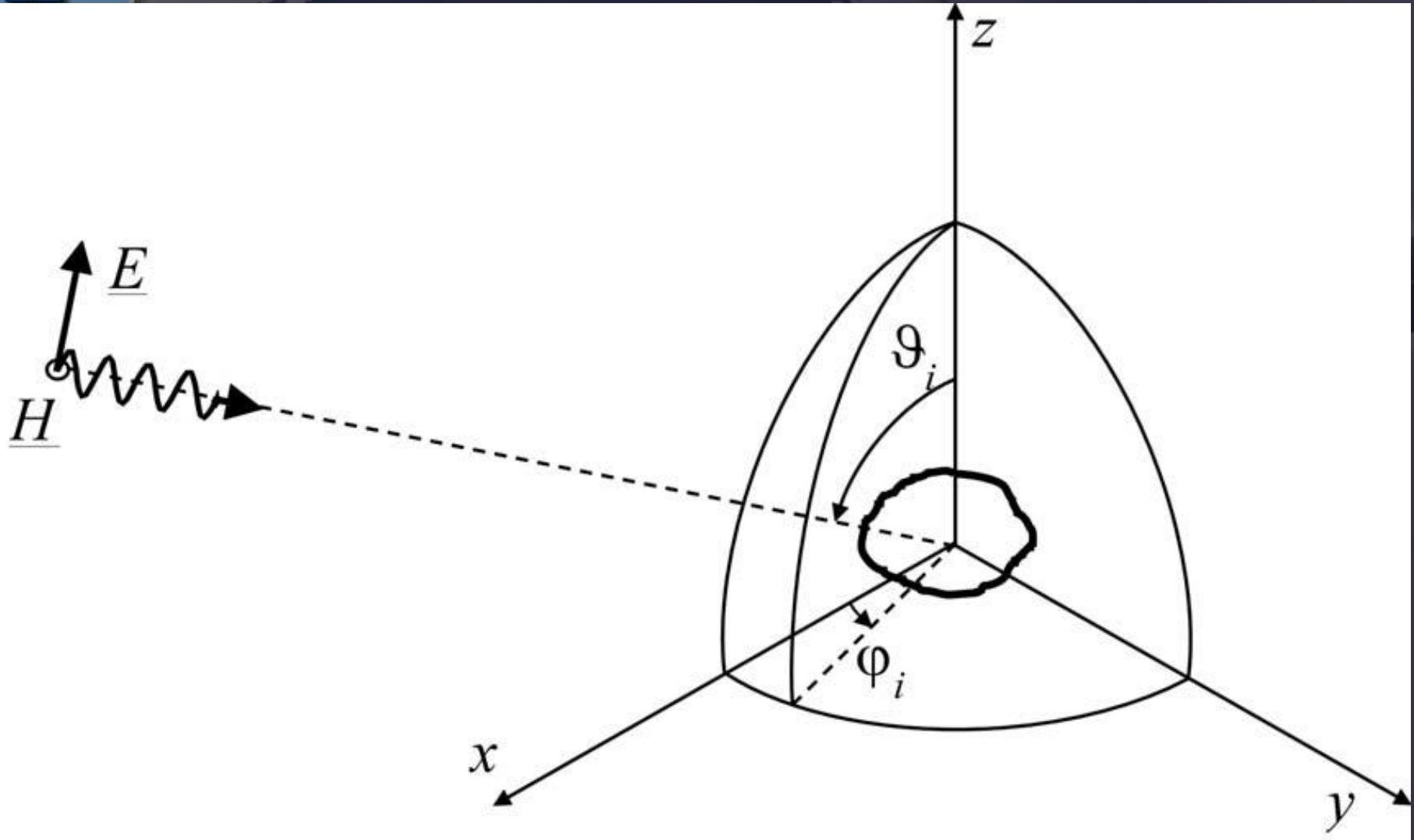


IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

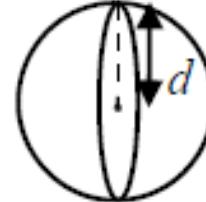
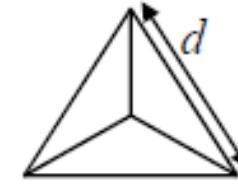
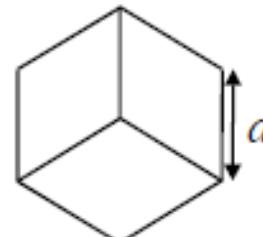
Distorsiones geométricas

Shadow





Cuando un objeto es iluminado por una onda electromagnética se produce una dispersión de la señal incidente en diversas direcciones.

	3 dB BEAMWIDTH [rad]	MAXIMUM σ [m^2]	TARGET SHAPE
SPHERE	2π	πd^2	
SQUARE PLATE	$0.44 \frac{\lambda}{d}$	$4\pi \frac{d^4}{\lambda^2}$	
TRIANGULAR TRIHEDRAL	0.7	$\frac{4\pi}{3} \frac{d^4}{\lambda^2}$	
SQUARE TRIHEDRAL	0.7	$12\pi \frac{d^4}{\lambda^2}$	

La RCS caracteriza las propiedades de dispersión del objeto, que dependen de su tamaño, forma y orientación, así como de la longitud de onda y la polarización de la señal incidente.



Ejemplo de reflectores en forma de triángulo usados como dispersores de referencia en las imágenes SAR.



Ejemplo de reflectores en una imagen SAR aerotransportada en banda X.





IGAC

INSTITUTO
AGRO

Características de la señal

Sección Recta Radar

La RCS se utiliza para dispersores determinísticos (típicamente objetos creados por el hombre). Sin embargo, las imágenes SAR están compuestas en gran medida por escenas naturales y la RCS debe ser tratada desde un punto de vista estadístico:

$$\sigma = E[\hat{w}^* \hat{w}] = |\gamma|^2 \Delta x \Delta y \rightarrow \sigma^0 = |\gamma|^2$$

Donde σ^0 representa la RCS del terreno normalizada al área de la celda de resolución. Asumimos que los dispersores en el interior de la celda de resolución están incorrelados y el terreno es localmente homogéneo desde un punto de vista macroscópico.



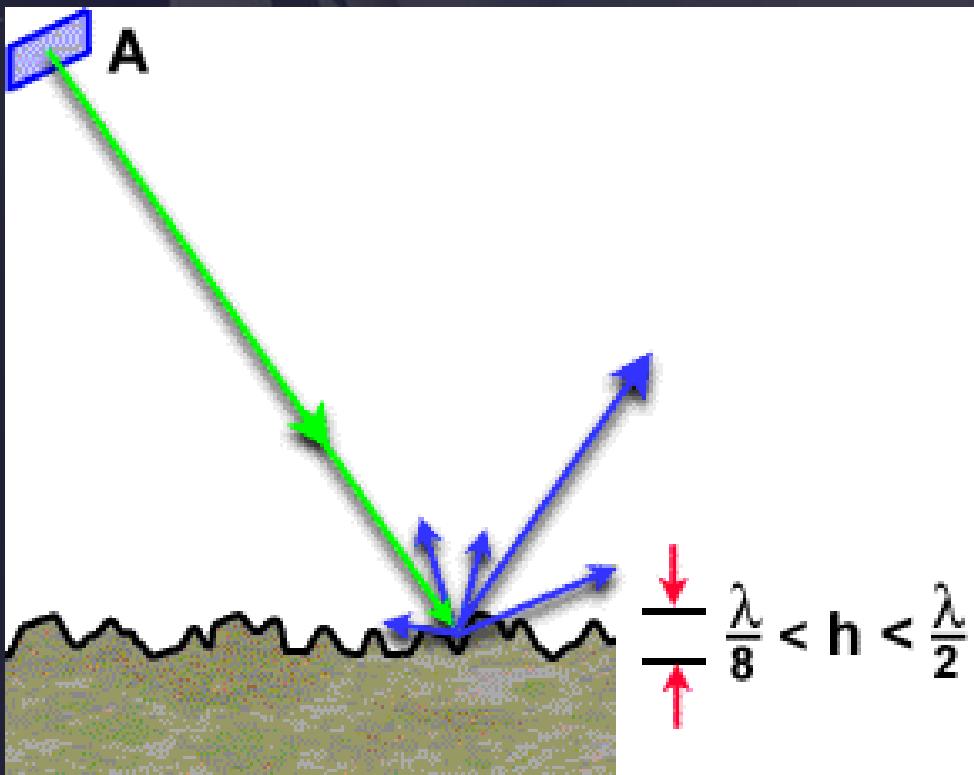
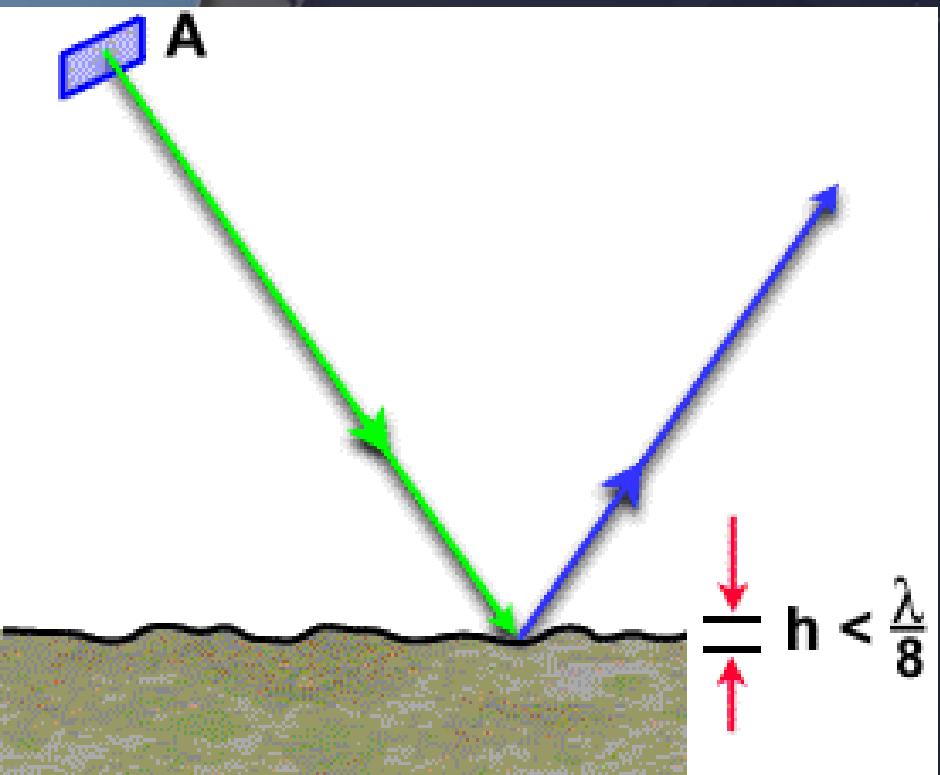
La RCS normalizada se mide generalmente en **decibelios** y representa las propiedades generales de dispersión de la escena iluminada.

Depende de las **características físicas** (**forma**, rugosidad, etc.) y **químicas** (**constantes dieléctricas y magnéticas**, contenido de agua, etc.) del terreno. Adicionalmente, depende de la **longitud de onda del campo incidente**, la **polarización** y el **ángulo de incidencia**.



Reglas generales en imágenes radar

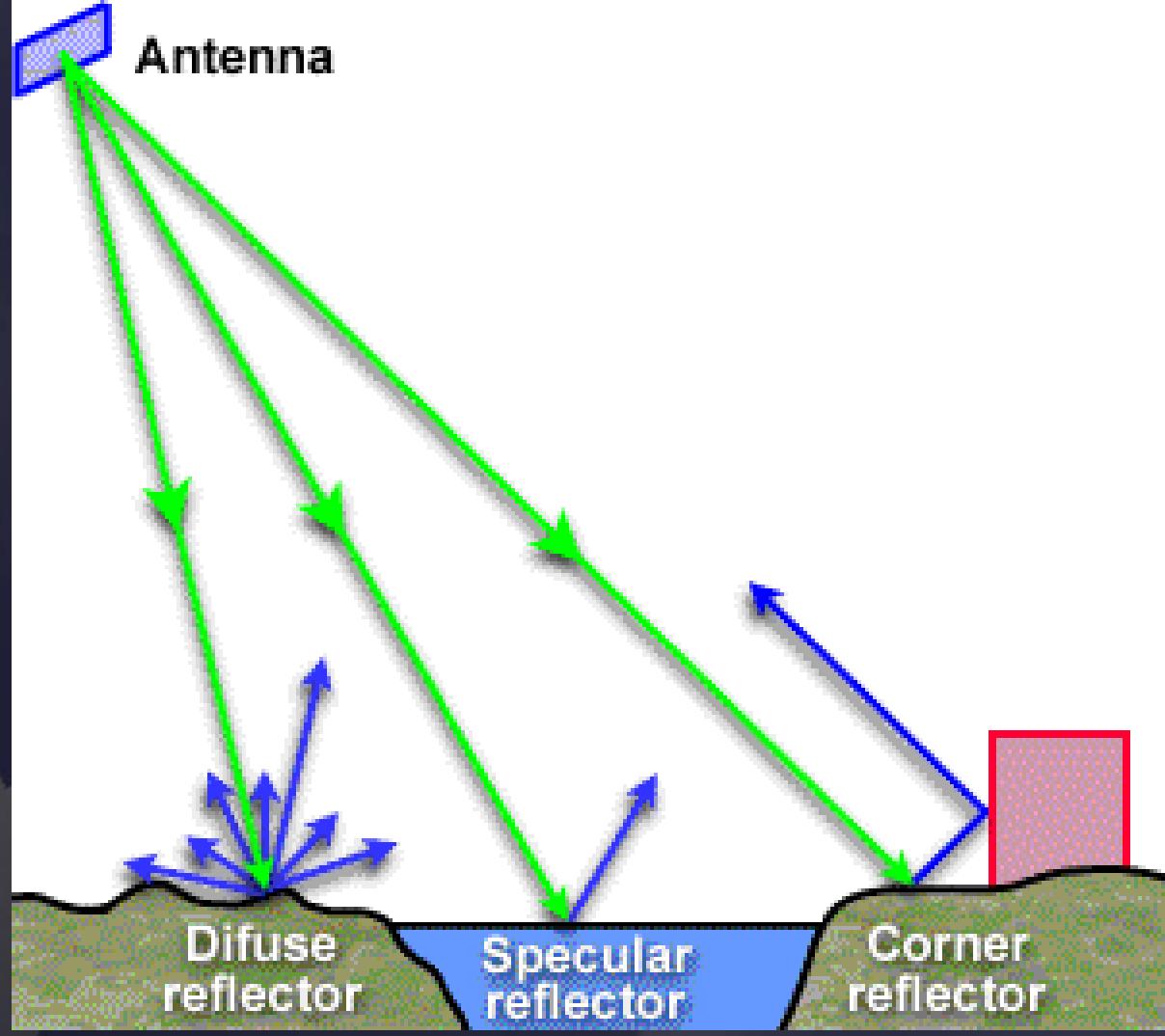
Intervalo de dispersión	Explicación
Dispersión muy elevada (por encima de -5dB)	<ul style="list-style-type: none">• Pendientes del terreno hacia el radar• Radar incidiendo de forma orthogonal• Superficie muy rugosa• Bosque inundado• Objetos hechos por el hombre
Dispersión elevada (-10 a -5dB)	<ul style="list-style-type: none">• Superficie rugosa• Vegetación densa
Dispersión moderada (-20 a -10dB)	<ul style="list-style-type: none">• Superficie moderadamente rugosa• Nivel medio de vegetación
Dispersión baja (por debajo de -20dB)	<ul style="list-style-type: none">• Pendientes del terreno no orientadas al radar• Superficie suave, ej. agua, carretera• Material muy seco, ej. arena del desierto



Dependencia de la dispersión con la rugosidad A: antena, h: variaciones de altura, λ : longitud de onda



Reflectividad



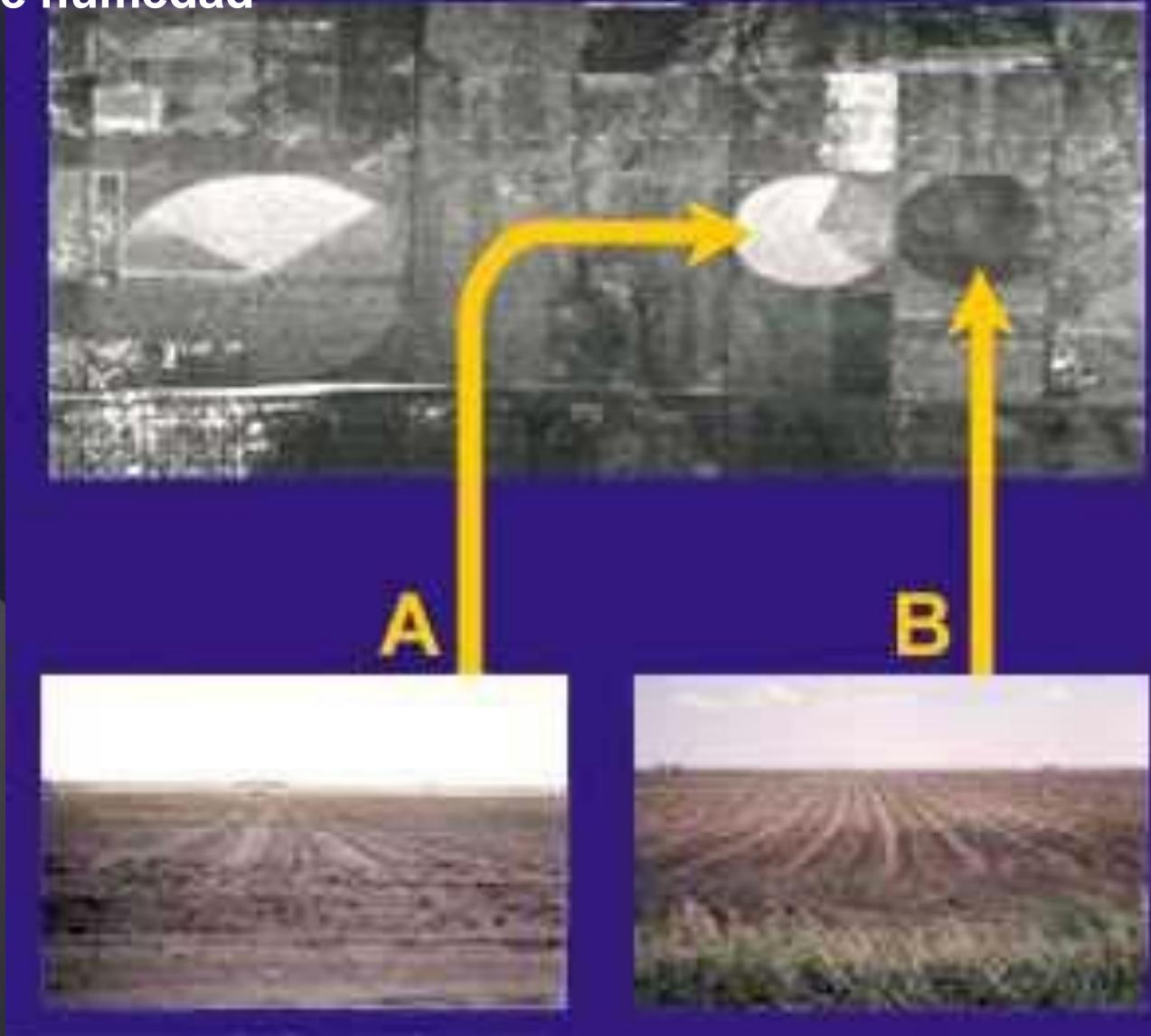
La rugosidad de la superficie influencia en la reflectividad.

Superficies horizontales planas reflejarán casi toda la energía incidente y se denominan reflectores especulares y aparecerán oscuras en la imagen.

Superficies rugosas reflejarán la energía incidente en muchas direcciones y se denominarán reflectores difusos, apareciendo en diferentes tonos de gris.



Contenido de humedad



La humedad del suelo cambia las propiedades eléctricas del material y, como consecuencia, la respuesta a la señal SAR incidente. Las microondas pueden penetrar materiales muy secos tal como la arena del desierto.

En general, cuanto más larga la longitud de onda, más puede penetrar en material seco.



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Características de la señal

Sección Recta Radar

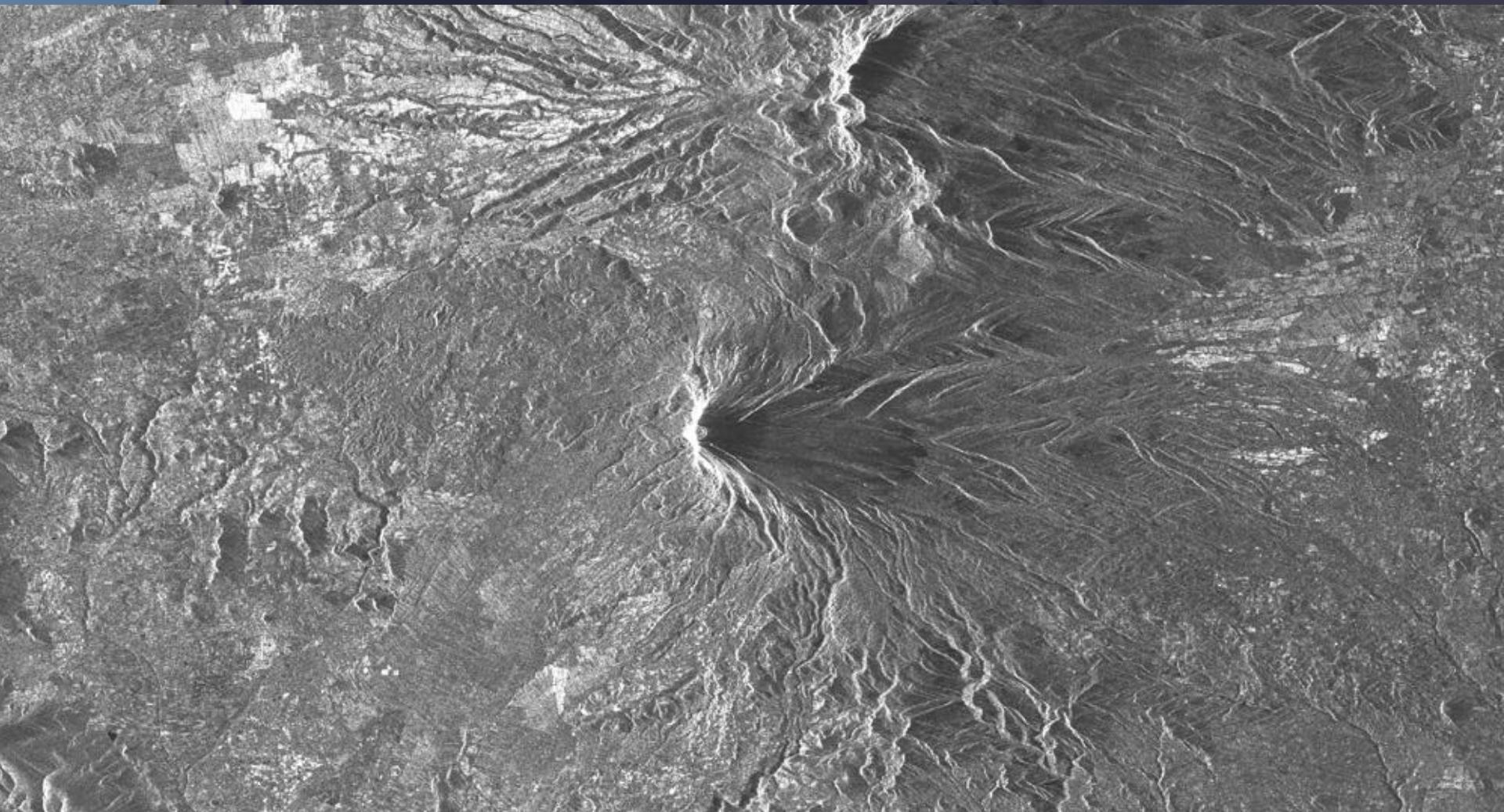


Imagen ERS de la zona del volcán Popocatepetl



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Características de la señal

Sección Recta Radar

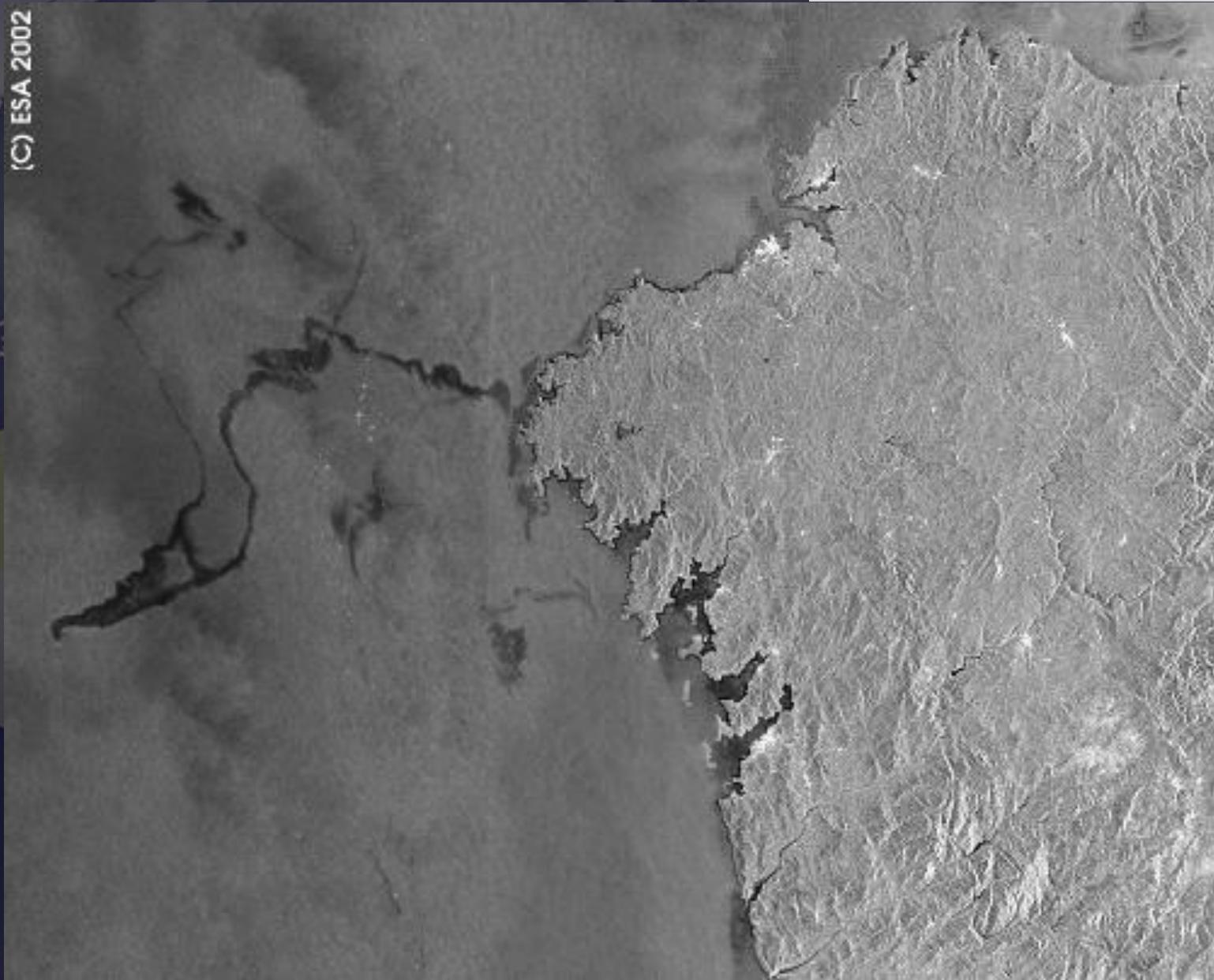
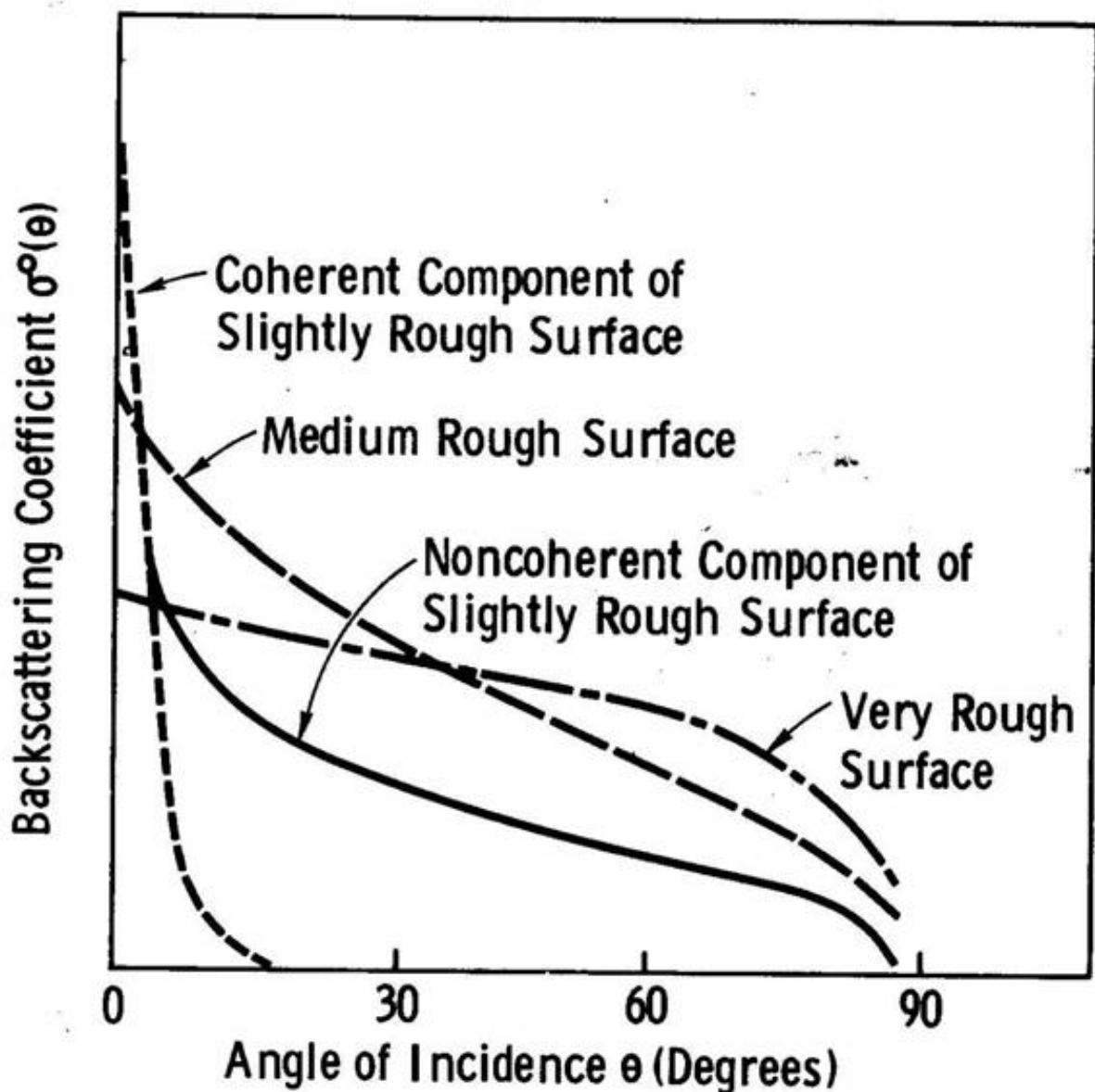


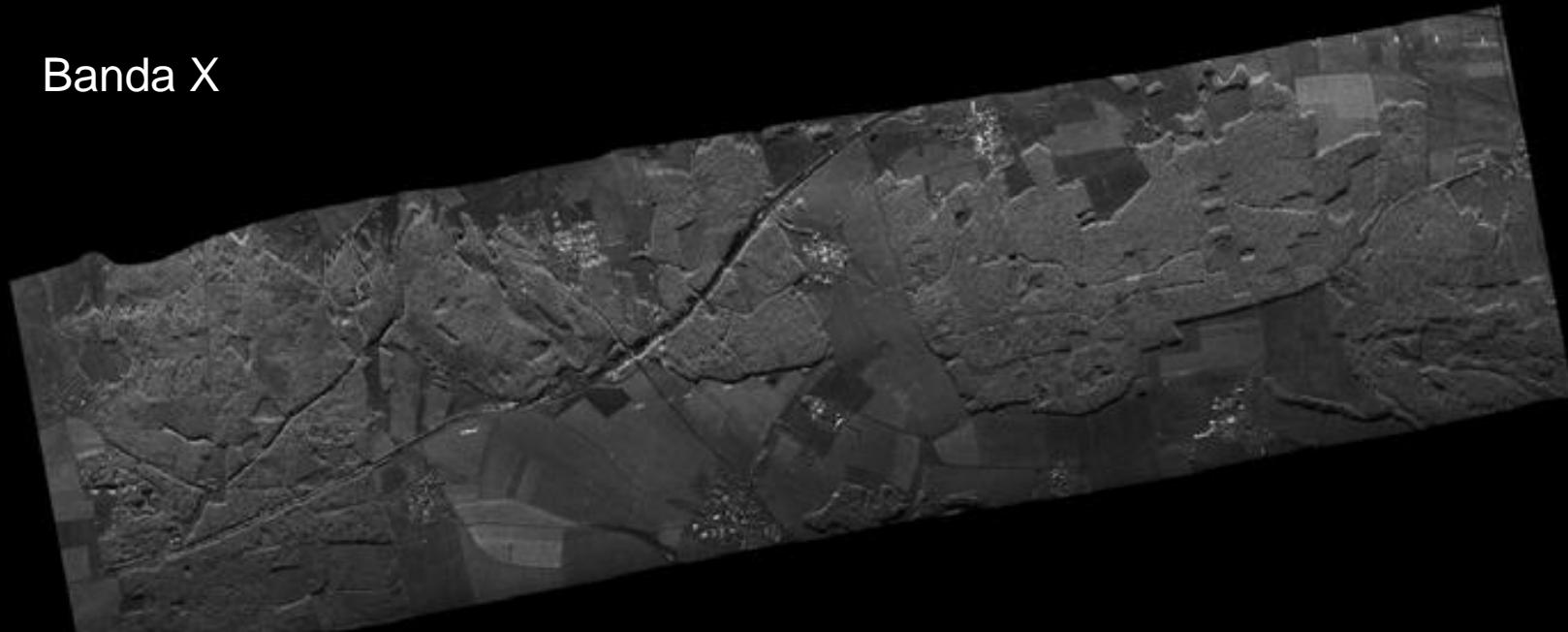
Imagen ENVISAT de la zona de Galicia después del desastre del Prestige.



Dependencia del ángulo de incidencia con la dispersión superficial



Banda X



Banda L

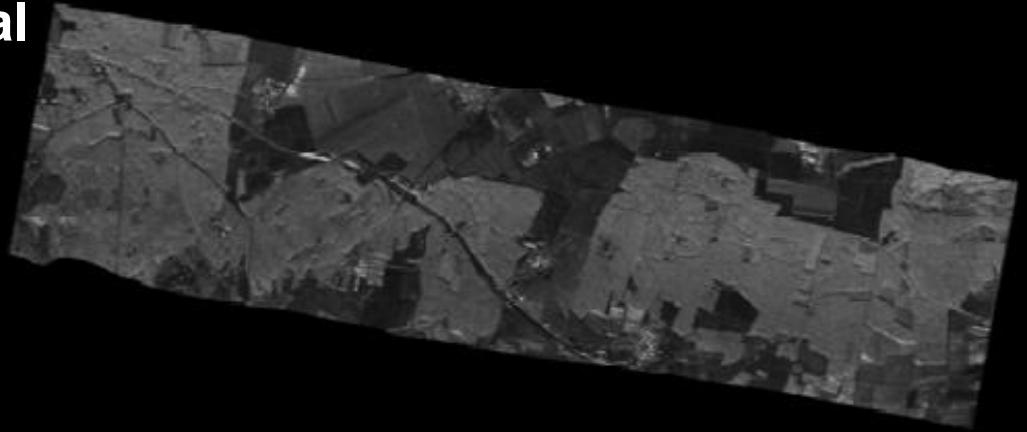


Ejemplo de dependencia de la frecuencia

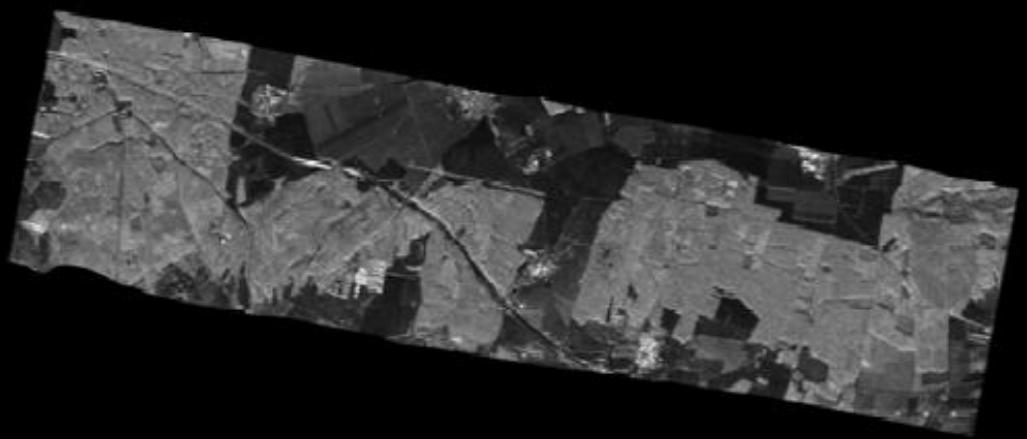


Características de la señal

Polarización HH

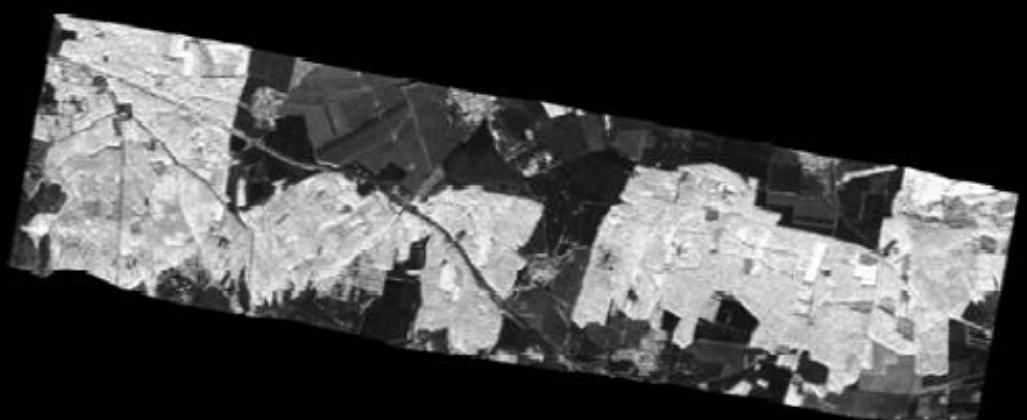


Polarización VV

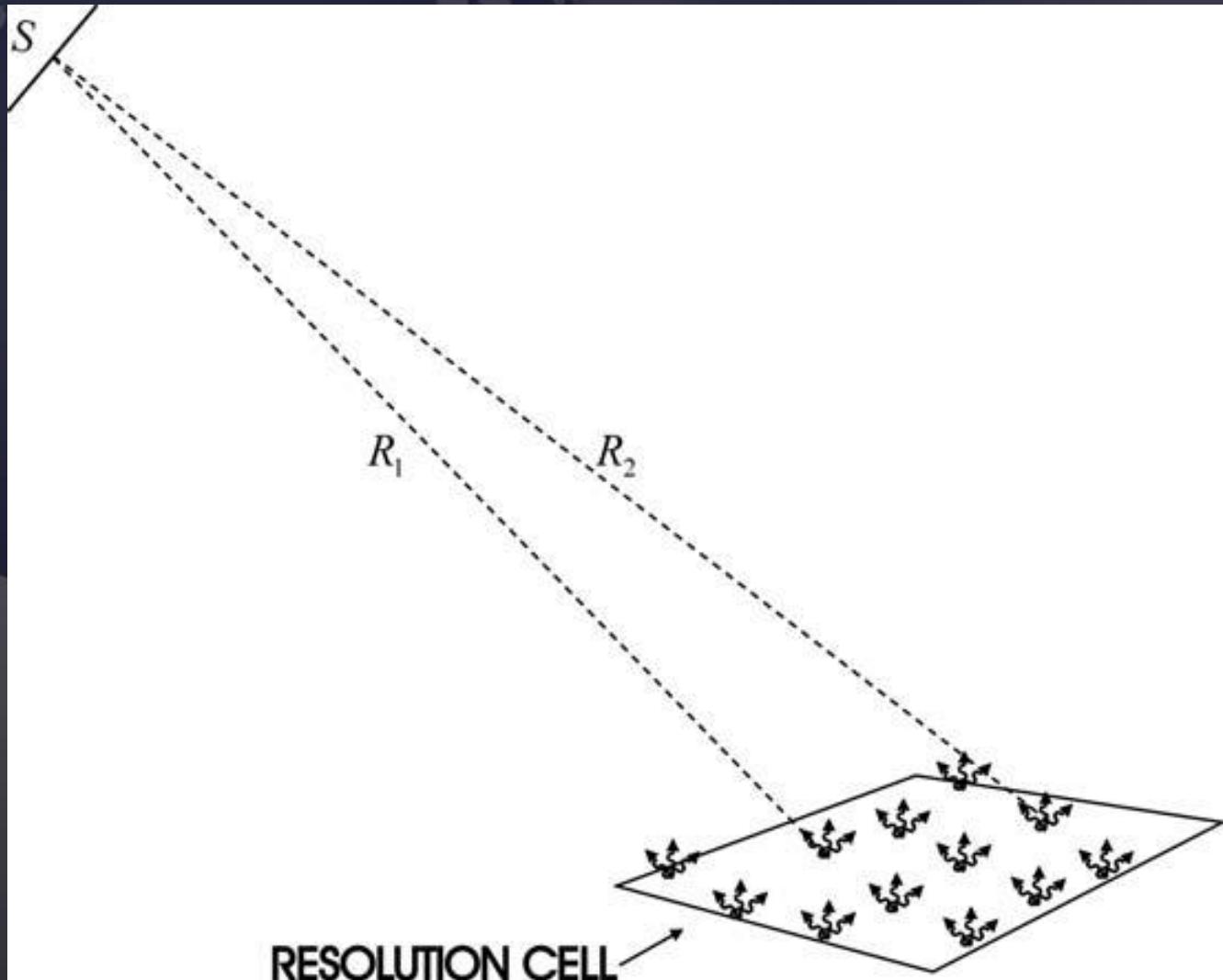


Ejemplo de dependencia con la
polarización

Polarización HV



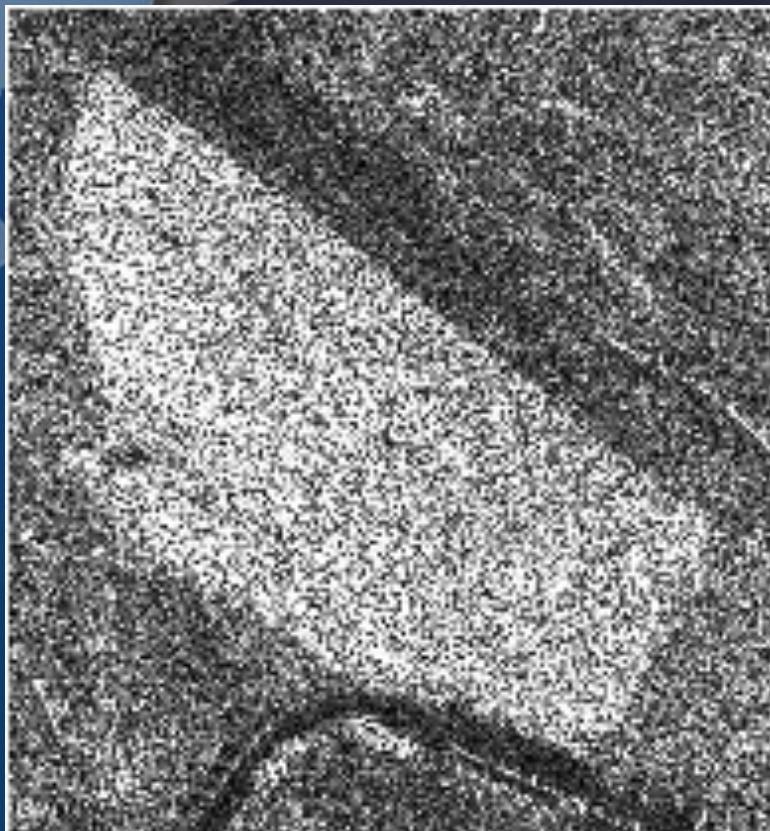
Características de la señal



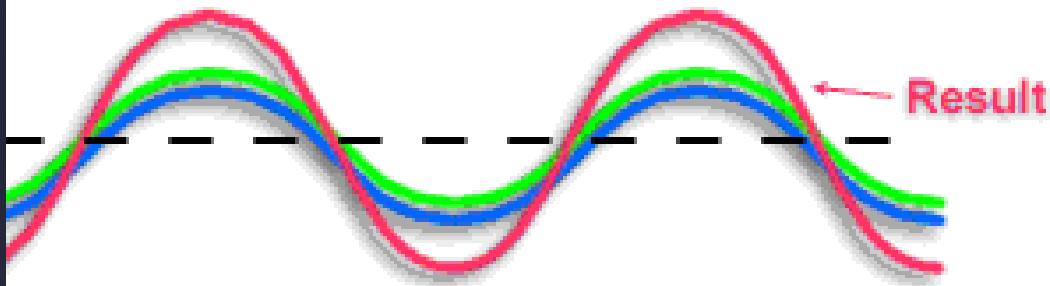
La celda de resolución SAR es muy grande cuando se compara con la longitud de onda utilizada. Por lo tanto, en una celda de resolución se encuentra un gran número de dispersores puntuales. La señal recibida es el resultado de la suma coherente de los ecos de todos los dispersores puntuales. Para un sistema en movimiento estas contribuciones cambian con el tiempo y la señal recibida presenta fluctuaciones (*fading*).



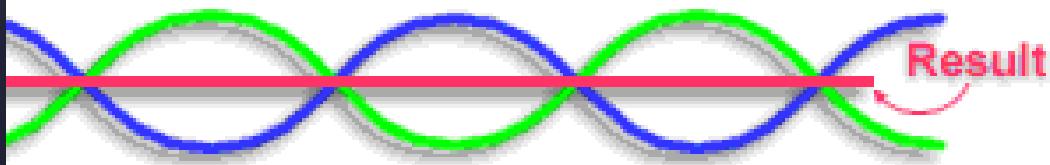
Características de la señal



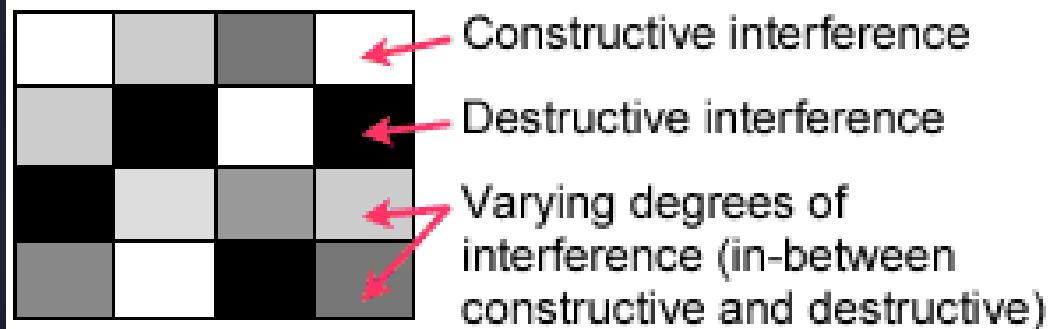
Constructive Interference



Destructive Interference



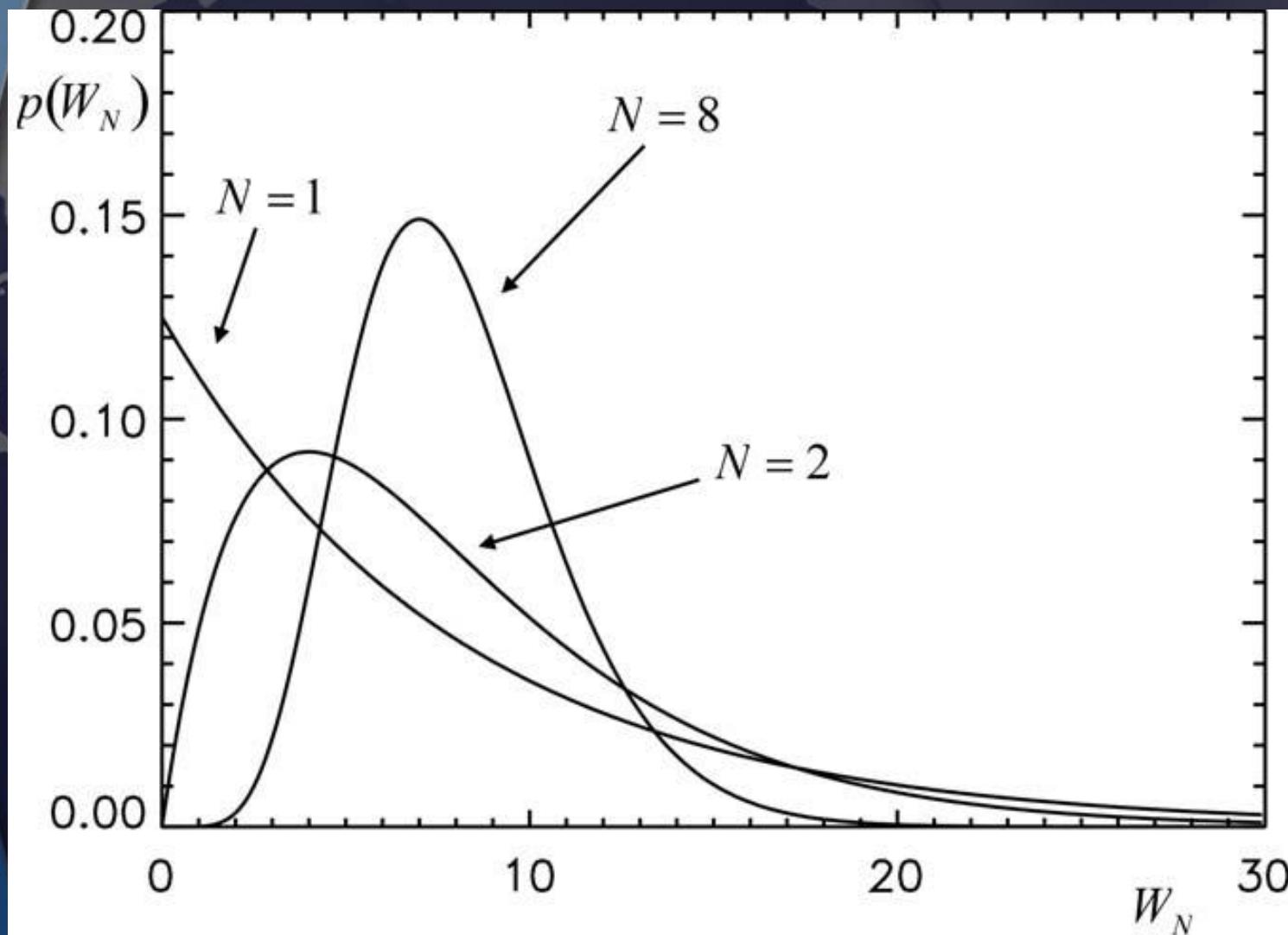
Example of Homogeneous Target (being imaged by a radar sensor)



La generación de la imagen SAR implica un procesado coherente, de este modo, el *fading* resulta en una apariencia final granulada de la imagen, conocida como ruido speckle.

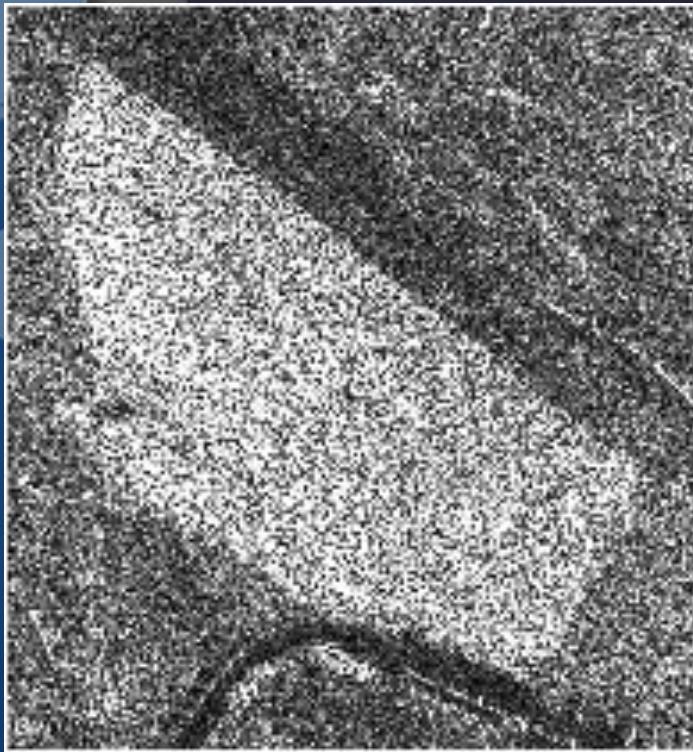


Características de la señal

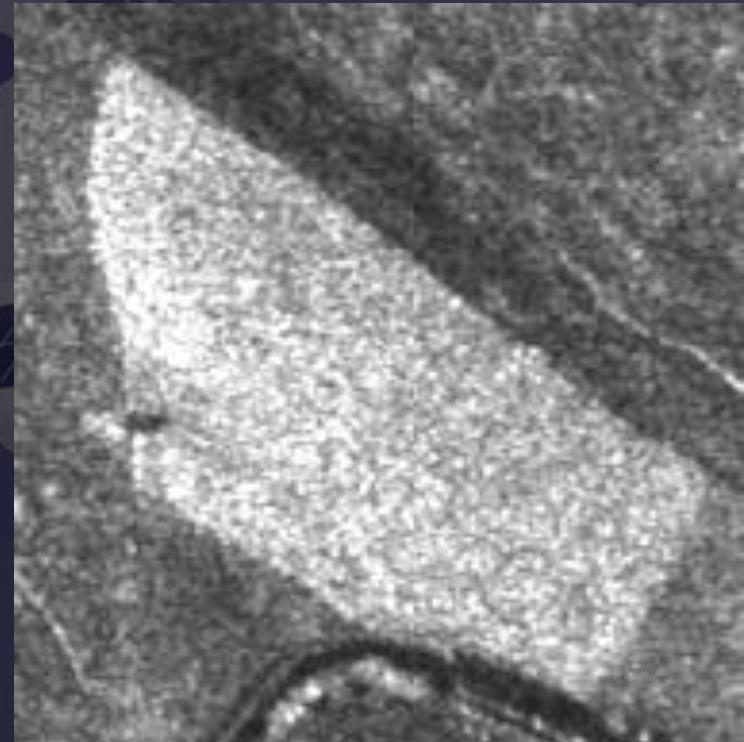
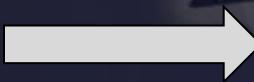
Distribución gamma para diferentes valores de N .

La combinación de muestras reduce la varianza por un factor igual al **número de looks** N . **Esto permite mejorar la resolución** radiométrica y se corresponde con un incremento de ISNR: $\text{ISNR} \rightarrow N \cdot \text{ISNR}$

Características de la señal



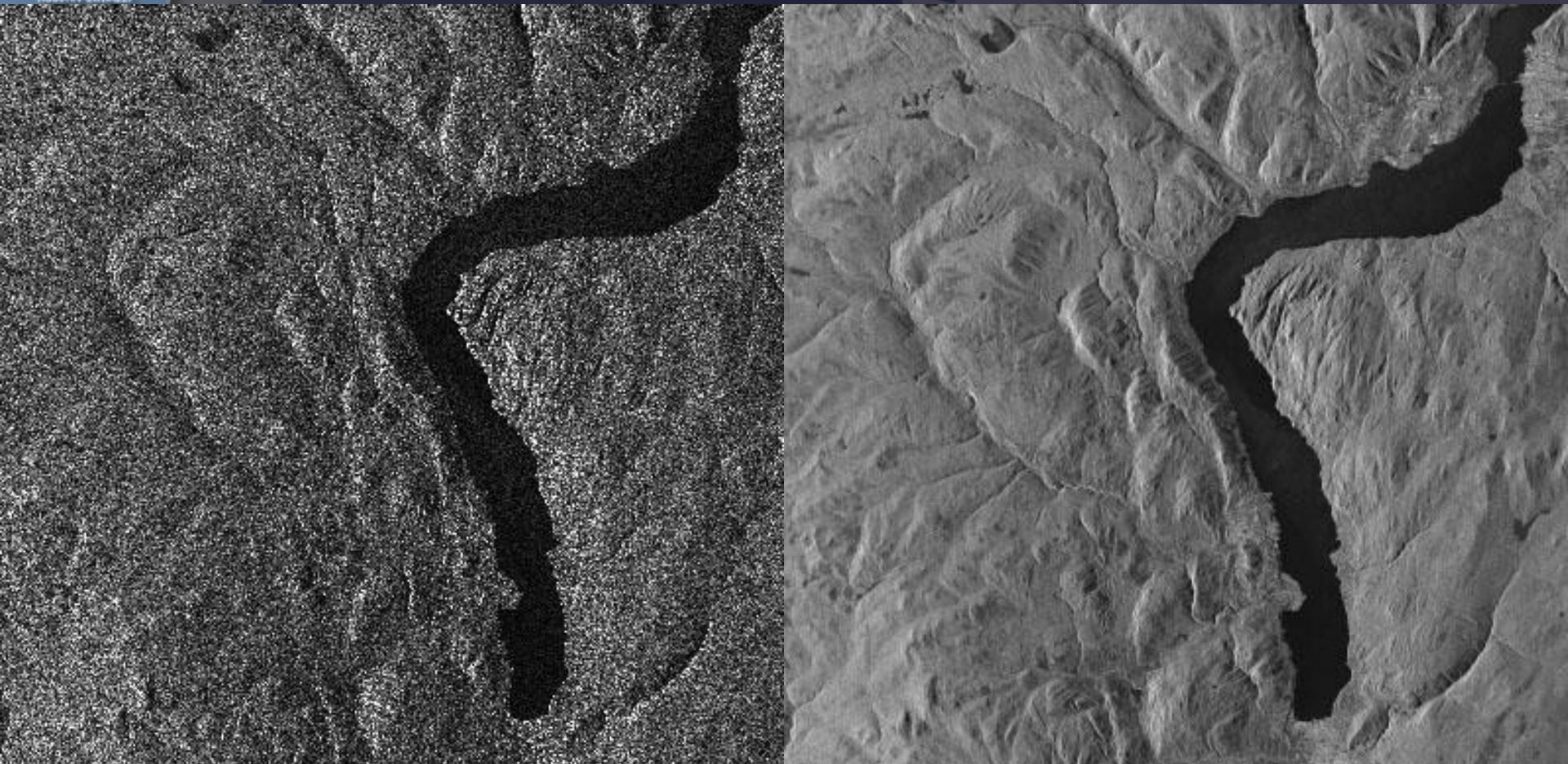
multilook



Estas consideraciones resultan en una técnica para reducir el *speckle* conocida como **multilook**. **Consiste en primero dividir** y después procesar separadamente porciones no superpuestas del ancho de banda SAR. La combinación incoherente mejora la resolución radiométrica.



Utilización de un filtro adaptativo





ACRÓNIMOS AGENCIAS

ESA: European Space Agency

NASA: U.S. National Aeronautical and Space Administration

NGA: US National GeoSpatial-Intelligence Agency, (formally NIMA and DMA)

JAXA: Japan Aerospace EXploration Agency

NASDA: NAtional Space Develepmment Agency of Japan

ASI: Agenzia Spaziale Italiana

DARA: Deutsche Agentur fuer Raumfahrtangelegenheiten (German Space Agency)

DLR: Deutsche Forschungsanstalt fuer Luft- und Raumfahrt
(German Aerospace Research Center)

CSA: Canadian Space Agency

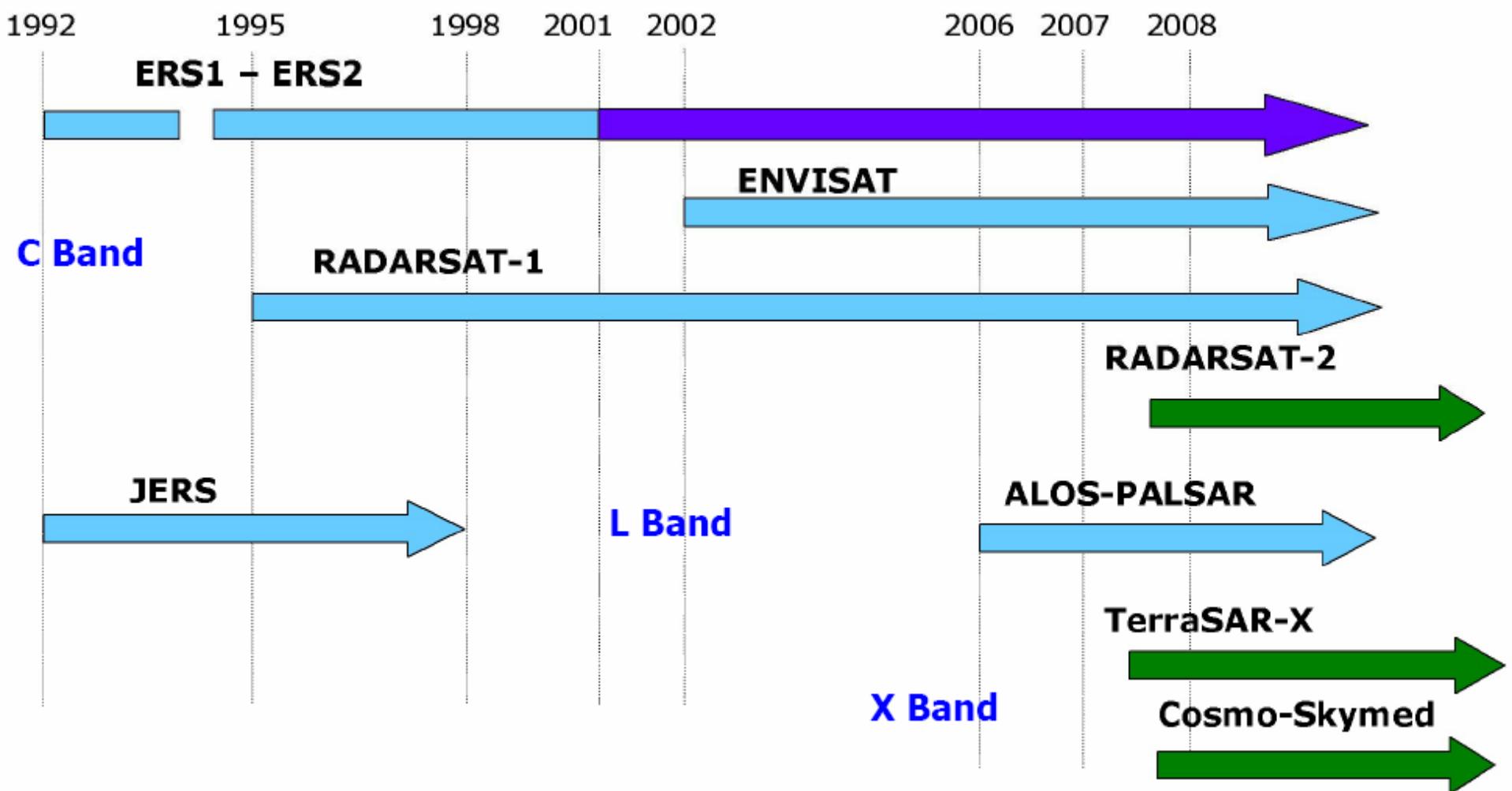
RSA: Russian Space Agency

CRONOLOGÍA SENSORES SAR SATÉLITE

SEASAT	28-junio-1978	NASA
SIR-A	Nov-1981	NASA
SIR-B	Oct-1984	NASA
ALMAZ-1	31-marzo-1991	RSA
ERS-1	17-junio-1991	ESA
JERS-1	11-febrero-1992	NASDA/JAXA
SIR-C/X-SAR	Abril-1994 y Octubre-1994	NASDA/DARA/ASI
ERS-2	21-abril-1995	ESA
RADARSAT-1	noviembre-1995	CSA
SRTM	Febrero-2000	NASA/NGA
ENVISAT	01-marzo-2002	ESA
ALOS	24-enero-2006	JAXA
TERRASAR-X	15-junio-2007	DLR & EADS Astrium GmbH
RADARSAT-2	14-diciembre-2007	CSA



CRONOLOGÍA SENSORES SAR SATÉLITE





SEASAT

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Primer satélite con un SAR

Banda L (1,275 GHz). Pol. HH

Range = 25 m Azimut = 25 m

Swath = 100 Km

28 de junio de 1978

Operativo 105 días

Estudio de los océanos

Órbita a 800 Km

NASA





ALMAZ-1

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

EKOR-A.

Banda S (3,125 GHz)

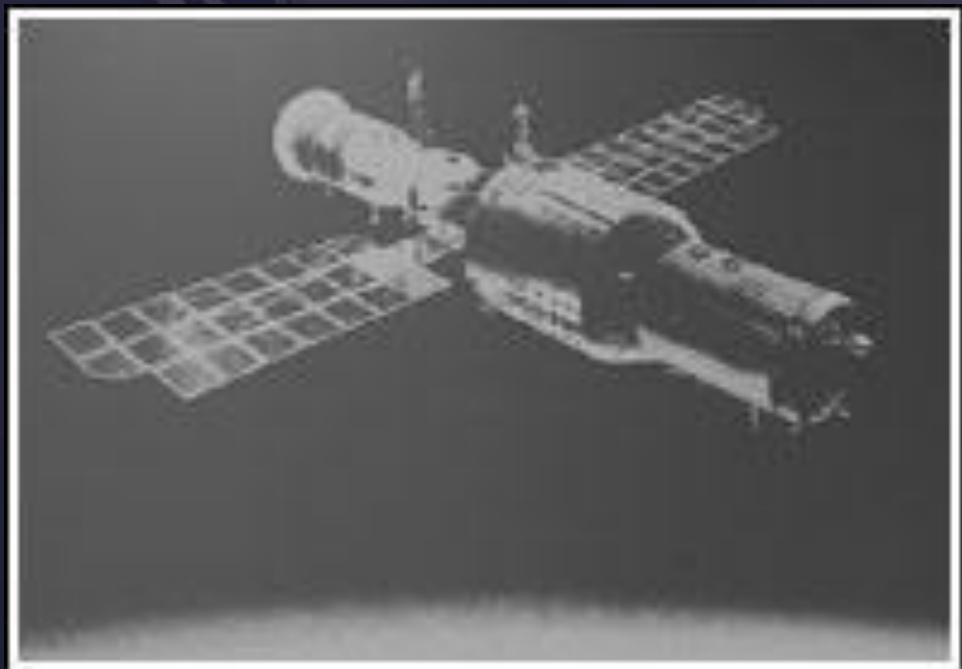
Range = 5-20 m

Swath = 40 Km

31-mar-1991 – 17-oct-1992

Órbita a 270 Km

RSA





ERS-1/2

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Banda C (5,3 GHz), Pol. VV
Range = 26 m
Azimut = entre 6 m y 30 m
Swath = 100 Km
Órbita a 785 Km
Órbita de precisión: PRARE
(Precision Range and Range-Rate Equipment)
ESA





ERS-1: 17-jul-1991

10-mar-2000

ERS-2: 21-abr-1995

22-jun-2003 falló

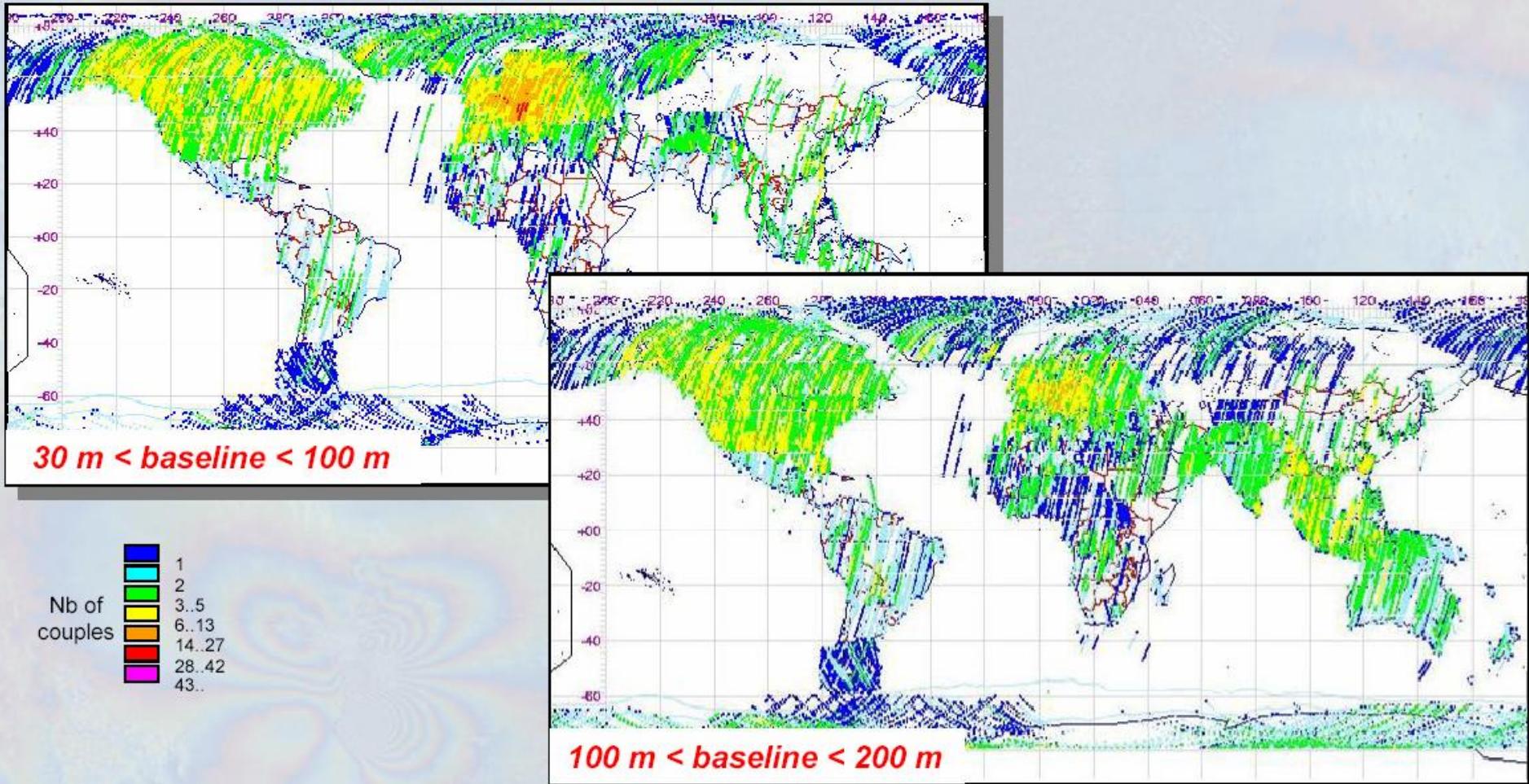
Sigue operativo

Tándem:

-adquisiciones con 1 día
de diferencia.
-Interferogramas con
muchísima calidad de fase



ERS SAR data: Tandem ERS-1/ERS-2



73% of the tandem data meet the optimal baseline requirements for DEM generation of 50 to 300 m



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI



NASDA

Banda L (1,275 GHz), HH
Resolución = 18 m
Swath = 75 Km
Órbita a 568 Km
Órbita precisión: NO
NASDA/JAXA
11-feb-1992 – oct-1998

JERS-1



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

SIR-C/X-SAR

Precedentes: SIR-A. Nov-1981

SIR-B. Oct 1984

Banda L (23,4 cm) – Full Pol

Banda C (5,8 cm) – Full Pol

Banda X (3,1 cm) - VV

Resolución = 30 m x 30 m

Swath:

L,C ▪ 15-90 Km

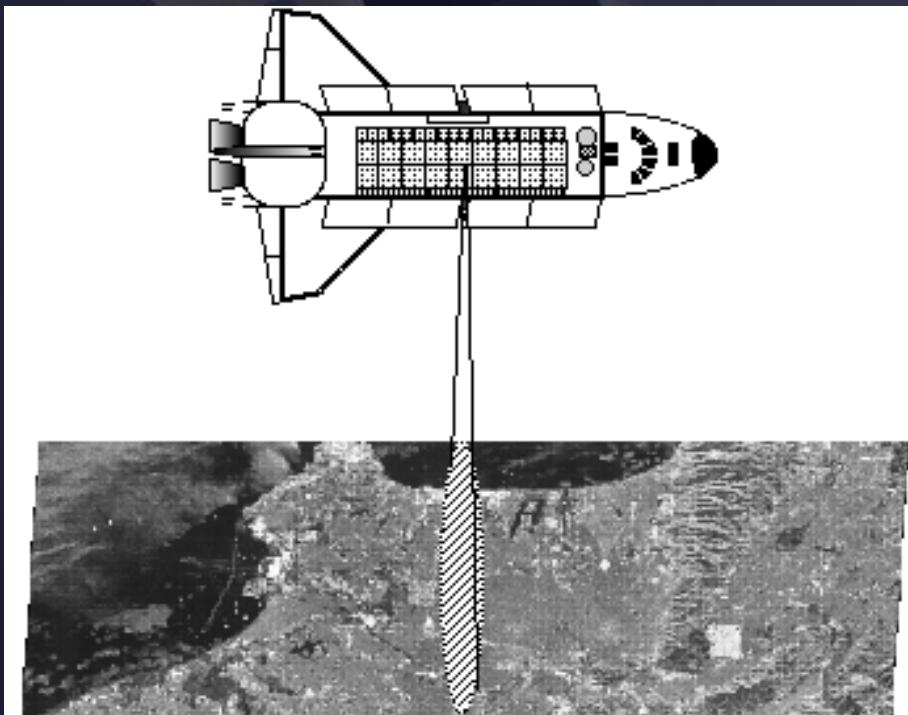
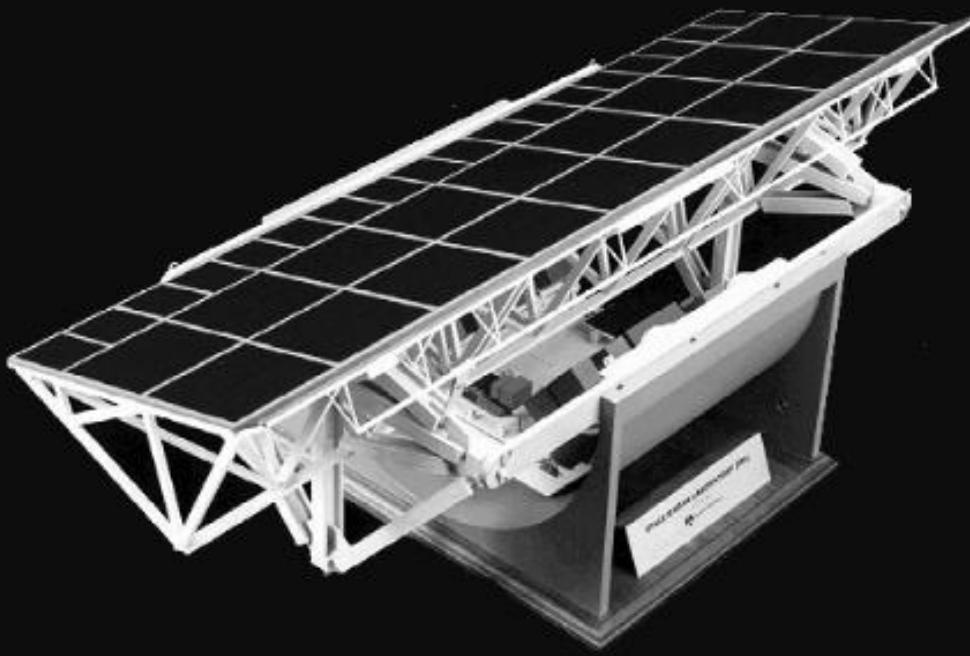
X ▪ 15-45 Km

Órbita a 225 Km

NASA/DARA/ASI

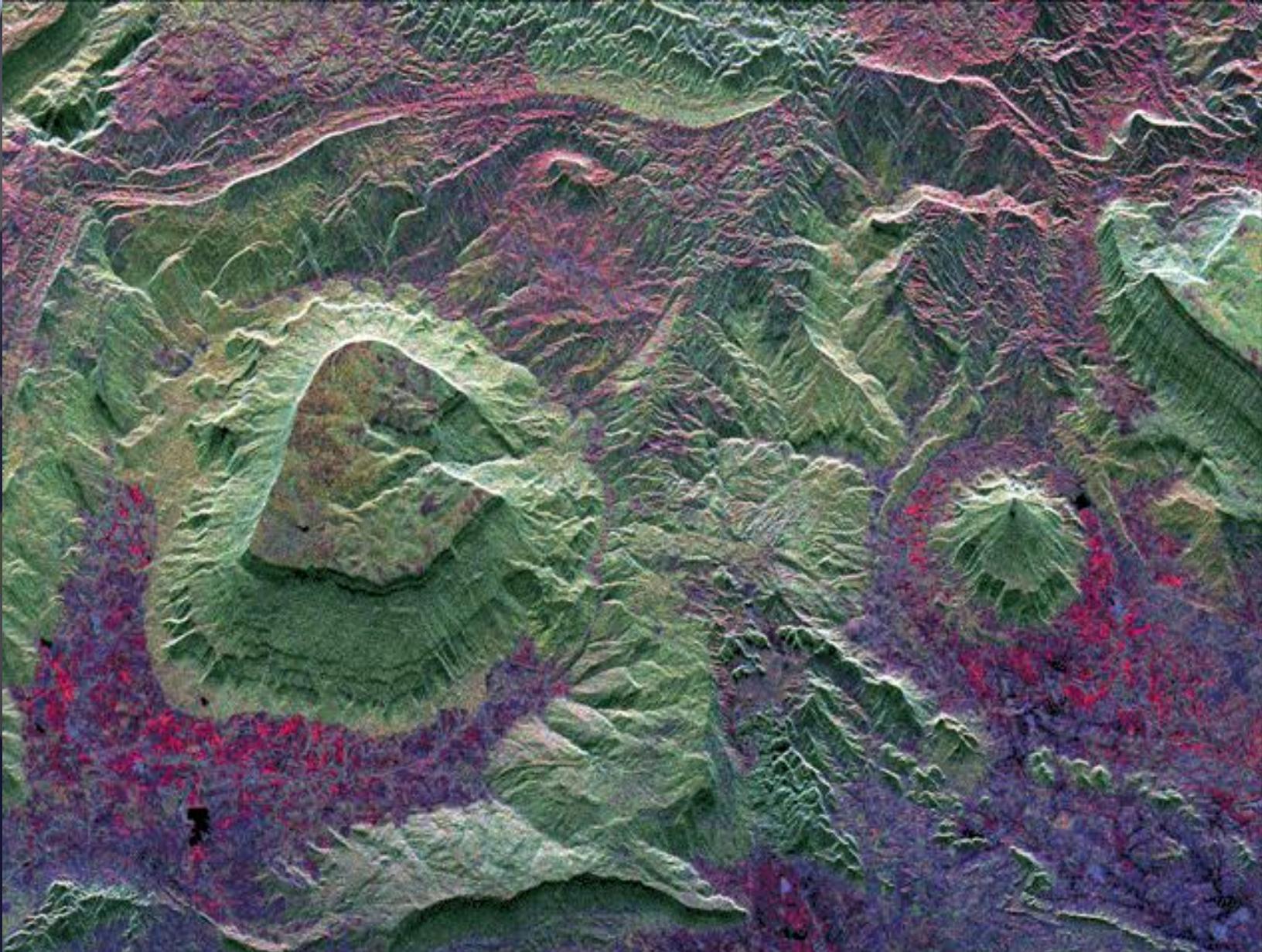
9-abr-1994 – 20-abr-1994

30-sep-1994 – 11-oct-1994





IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI



North Central Thailand. P-49640 March 5, 1998

SIR-C/X-SAR



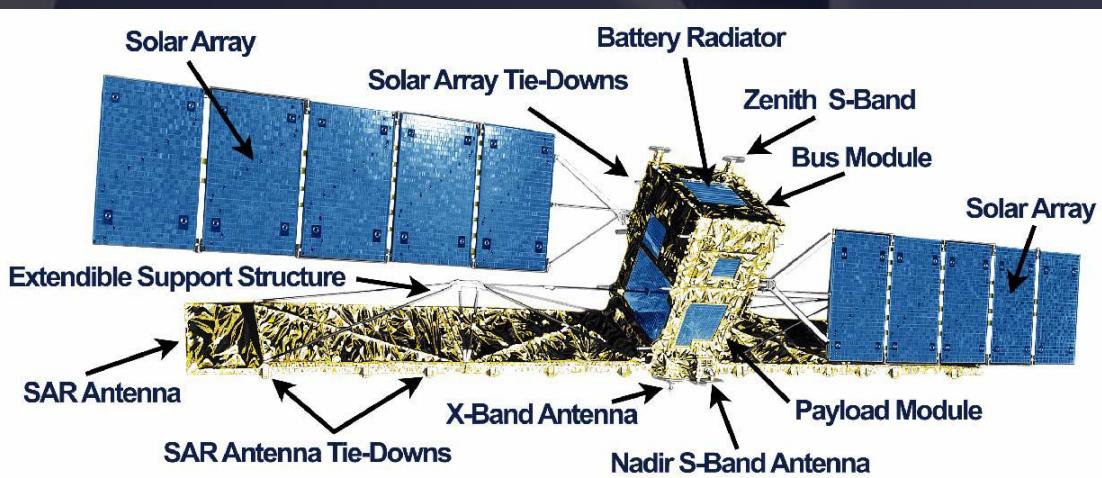
RADARSAT-1

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Banda C (5,3 GHz), HH
Resolución: 8 m – 100 m
Swath: 50 Km – 500 Km
Órbita a 798 Km
Órbita de precisión: NO
Lanzamiento: noviembre-1995
CSA



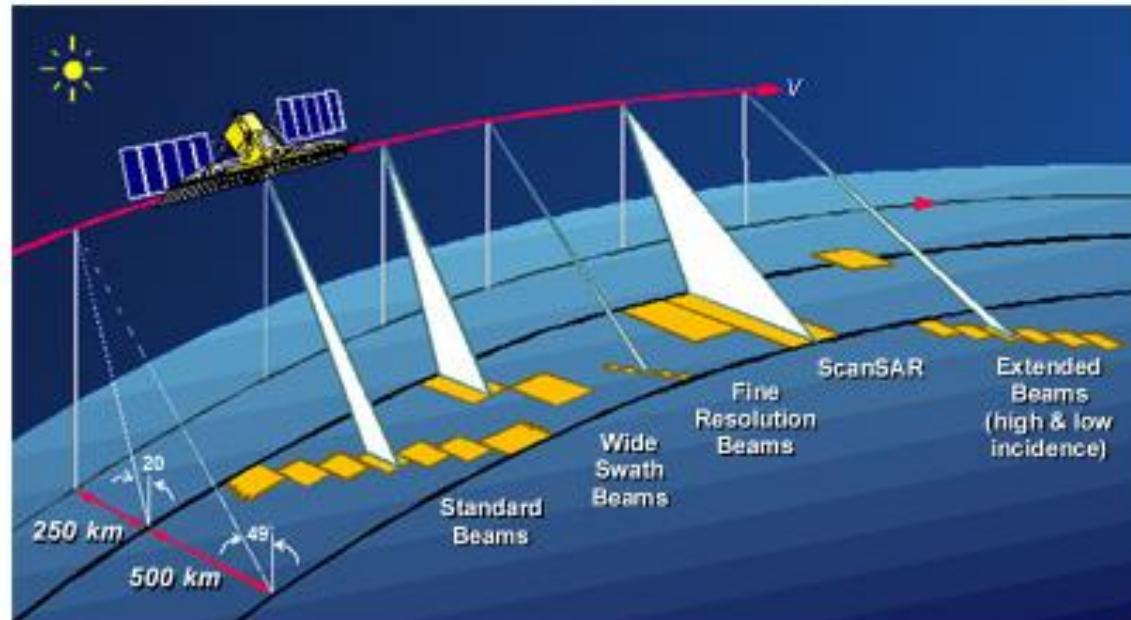
Posee Visión estereoscópica





Imaging modes				
Mode	Nominal Resolution (m)	No. of Positions / Beams	Swath Width (km)	Incidence Angles (degrees)
Fine	8	15	45	37 - 47
Standard	30	7	100	20 - 49
Wide	30	3	150	20 - 45
ScanSAR narrow	50	2	300	20 - 49
ScanSAR wide	100	2	500	20 - 49
Extended high	18 - 27	3	75	52 - 58
Extended low	30	1	170	10 - 22

Imaging modes



RADARSAT-1



SRTM

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Febrero-2000

Misión de 11 días

Dirección: NGA y NASA

DTM entre 60 N y 54 S

Banda C:

resolución = 1 arcsec

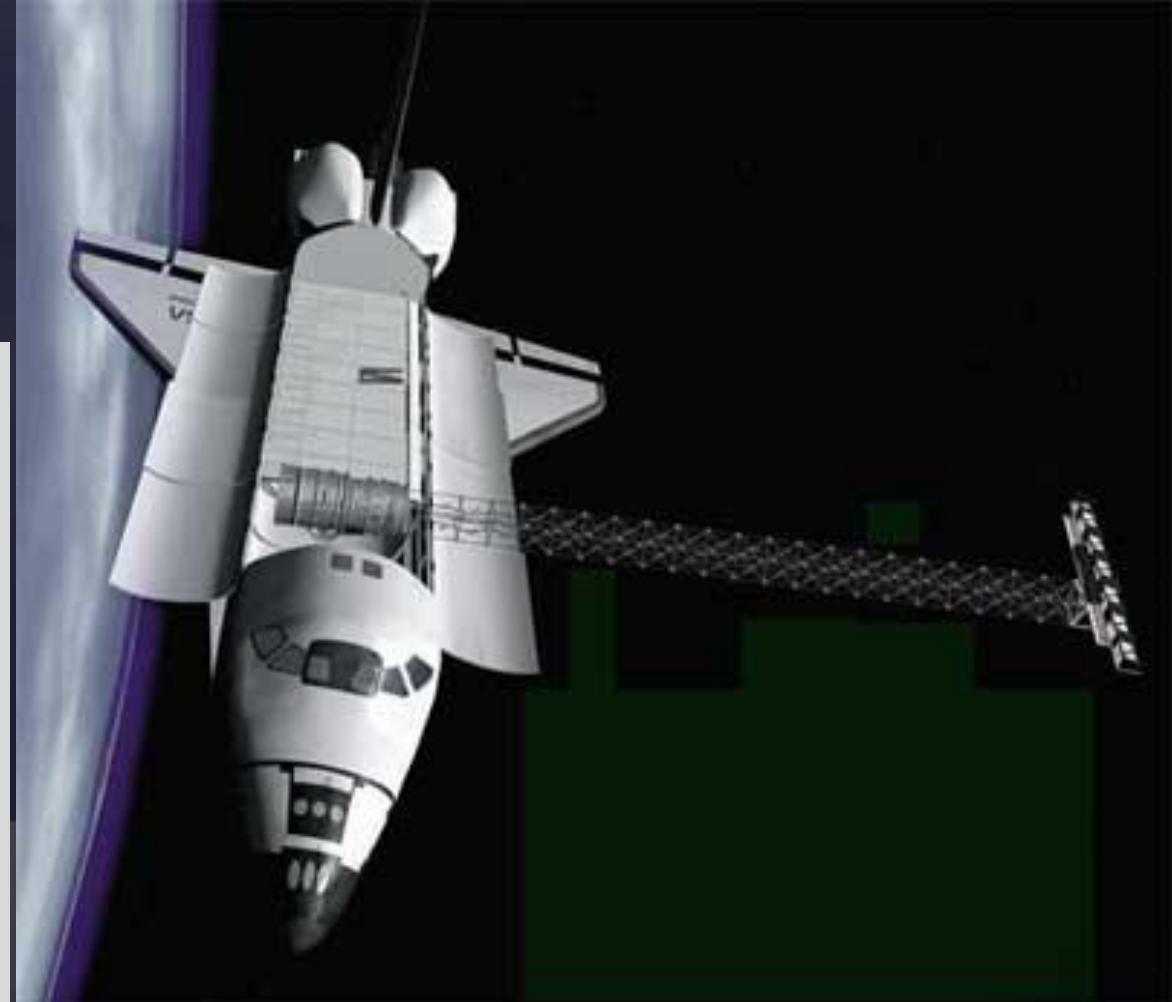
procesado: JPL

distribuido por USGS

Banda X

resolución = 3 arcsec

procesado y distribuido por DLR

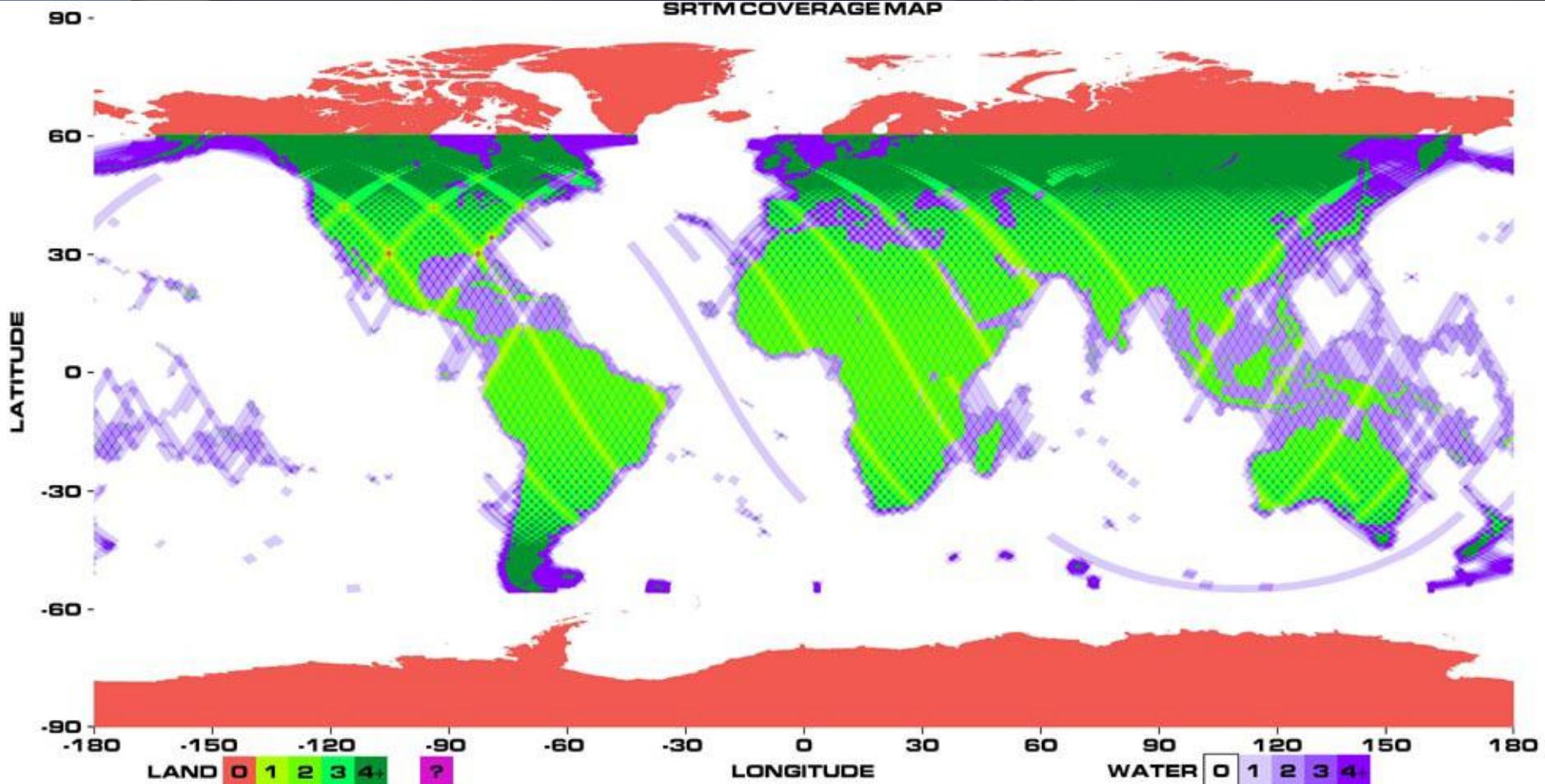




SRTM

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

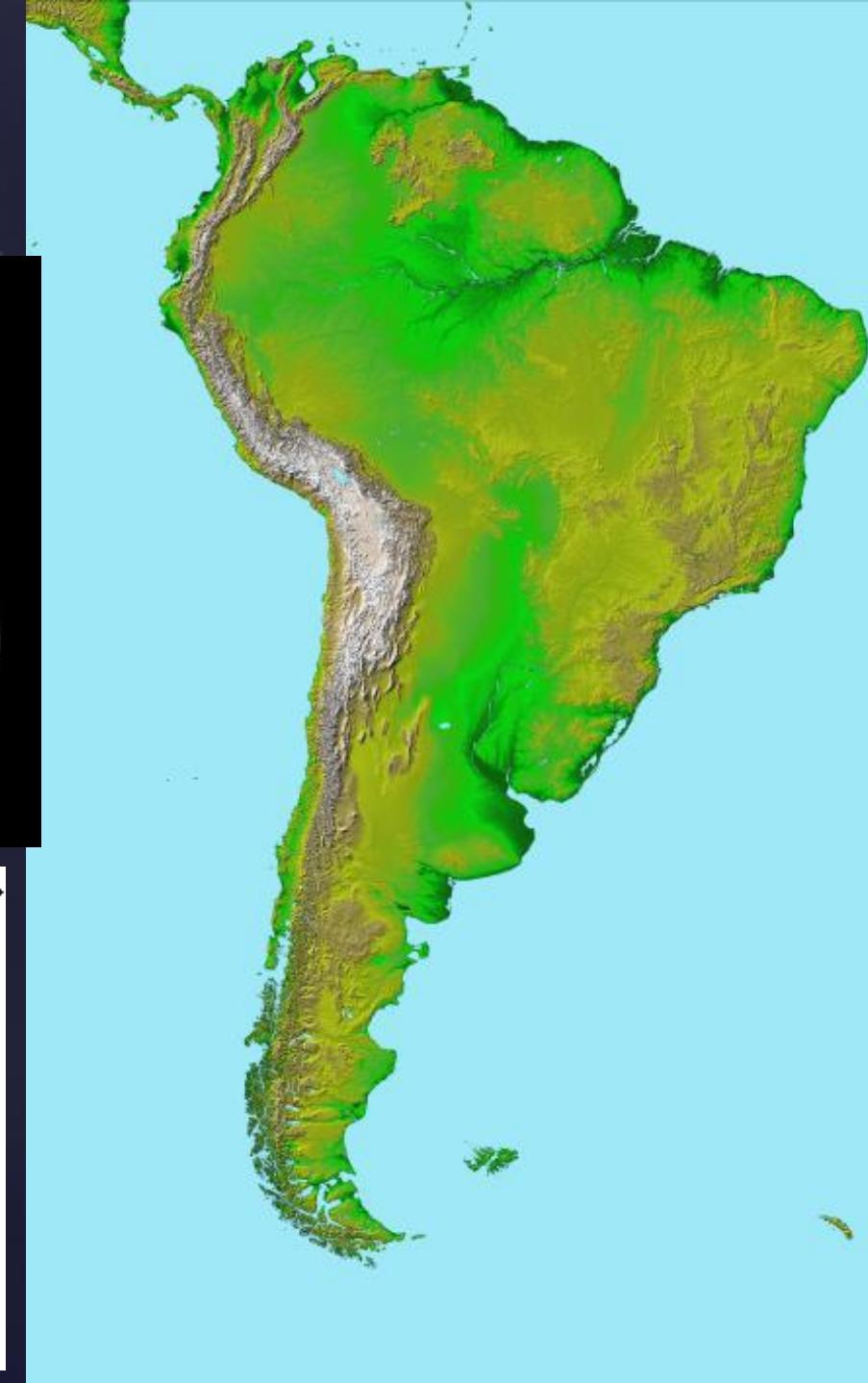
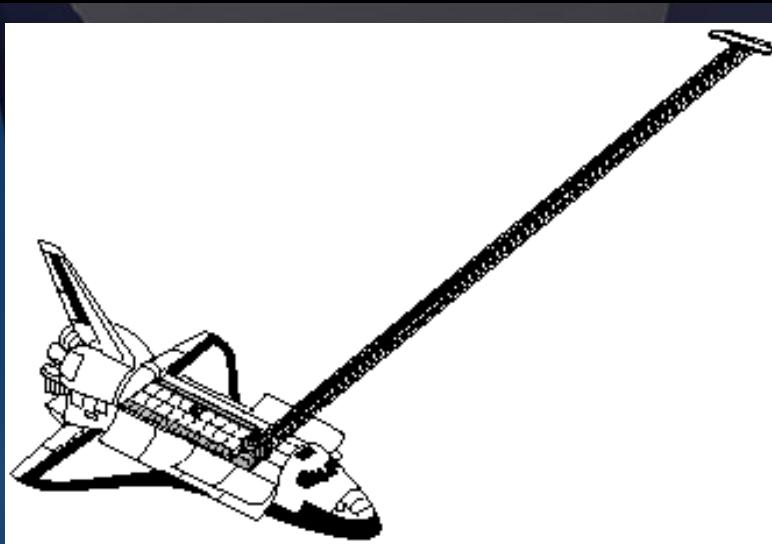
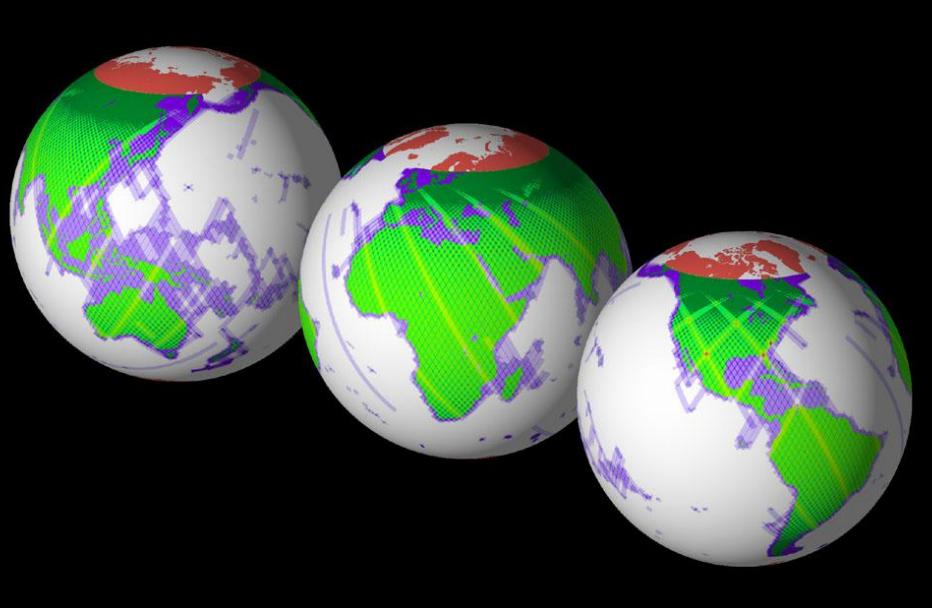
SRTM COVERAGE MAP

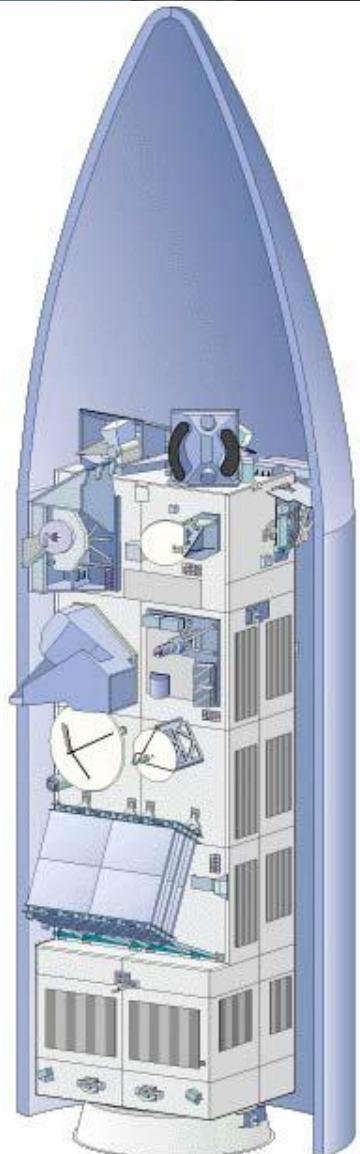




SRTM

IGAC
INSTITUTO GEÓGRAFICO
AGUSTÍN CODAZZI





Launch configuration

	Dimensions (m)
Launch Configuration	length 10.5 m, envelope diameter 4.57m
In-Orbit configuration	26m * 10m * 5m

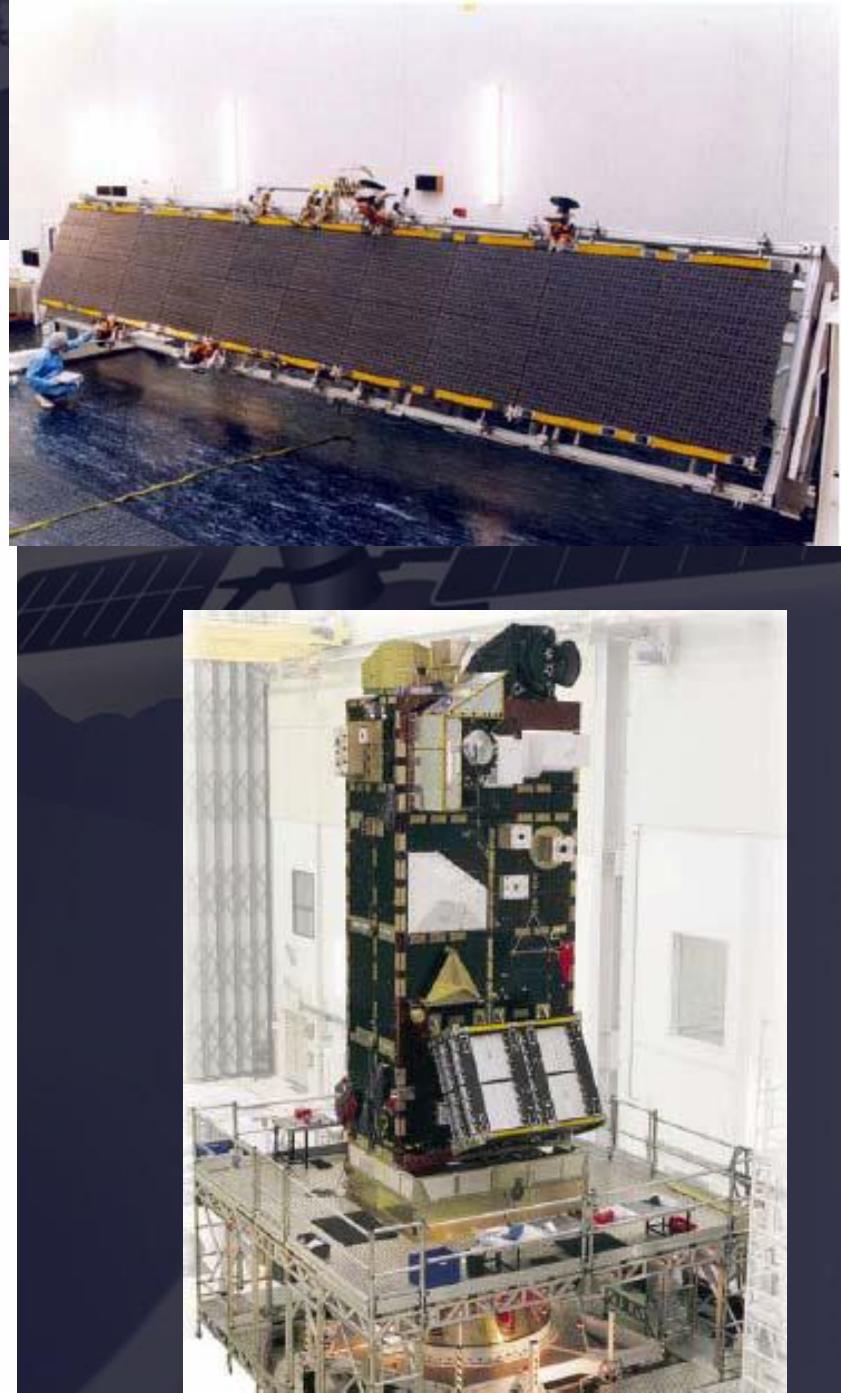
Dimensions

	Mass (kg)
Service Module	2673
Payload Equipment Bay	1021
Payload Carrier	2078
Fuel	319
Payload Instruments	2118
Total	8211

Mass Budget

	Average Power (W)	
	Sunlight	Eclipse
Payload	1841	1886
Payload Module	860	527
Service Module	859	684
Total Load	3560	3097
System Capability	3847	3291

Power Budget





ENVISAT

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI



ASAR: Banda C (5,331 GHz)

Polarización:

VV, HH, VV+HH, HV+HH, VH+VV

Image mode res. = 30 m x 30 m

Wide swath mode res. = 150 m x 150 m

Global mode res. = 1 Km x 1 Km

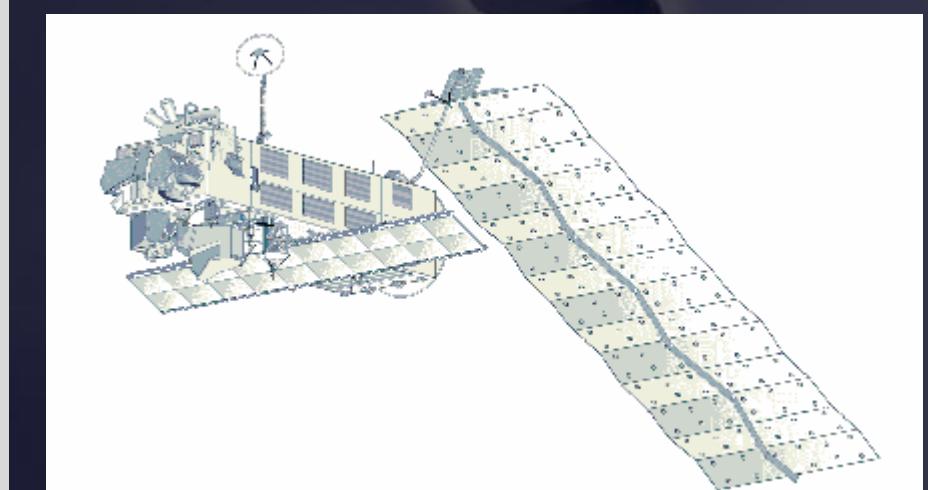
Swath = 100 – 400 Km

Órbita a 790 Km

Órbita de precisión: DORIS

Lanzamiento: 1-mar-2002

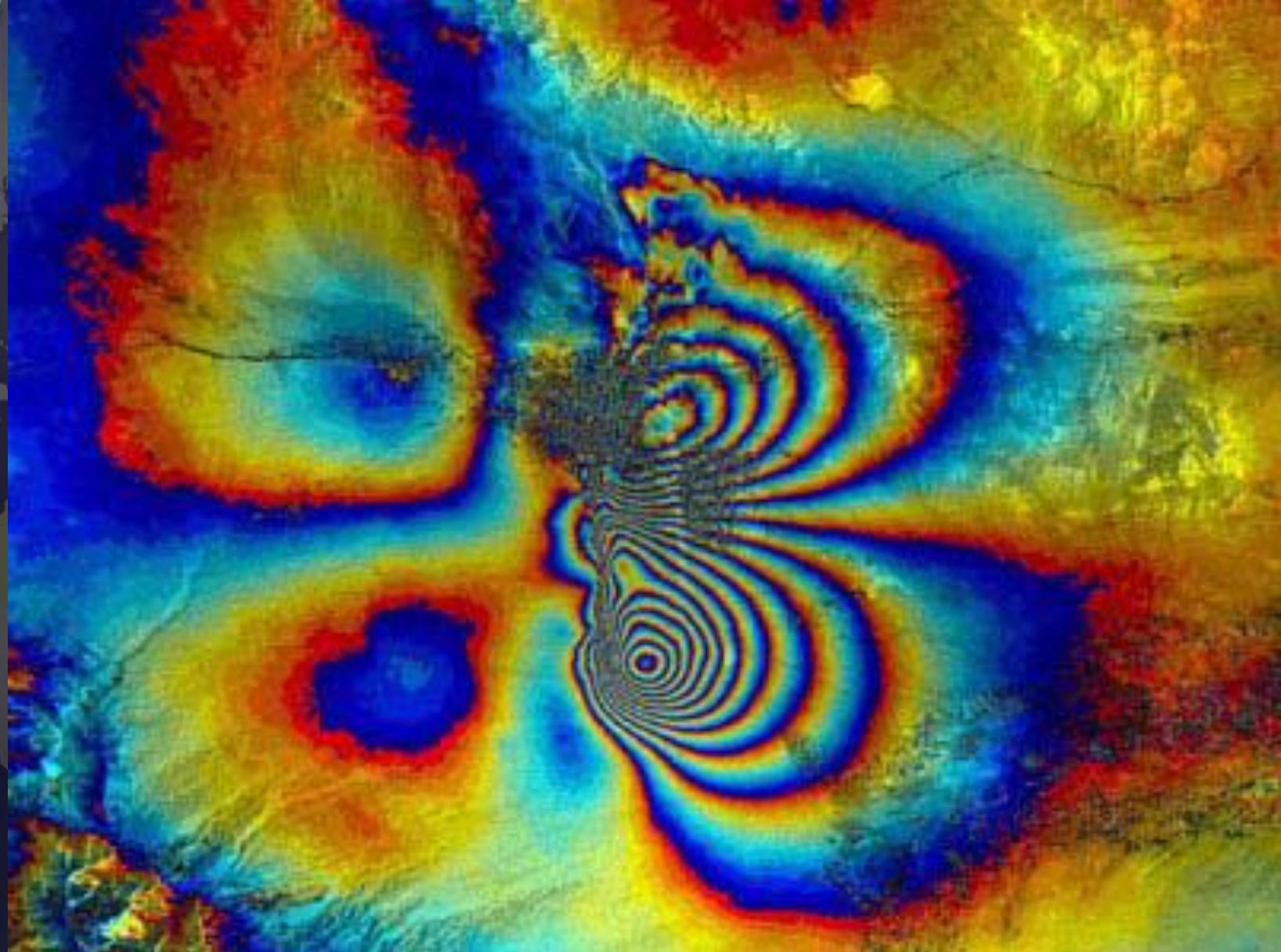
ESA





IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

ENVISAT



Interferograma del terremoto de Bam (Iran, 26-diciembre-2003), usando
ENVISAT-ASAR



ENVISAT

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

BARCELONA

Instrument: (ASAR)

Date of Acquisitions:

19 February 2004

17 October 2003

19 June 2003

Instrument features:

Image Mode Precision (30 m resolution)

ASAR Mode: Image Swath 2

Orbit Direction: Descending

Orbit number: 10318, 03304, 06811

ASAR Polarization: V/V

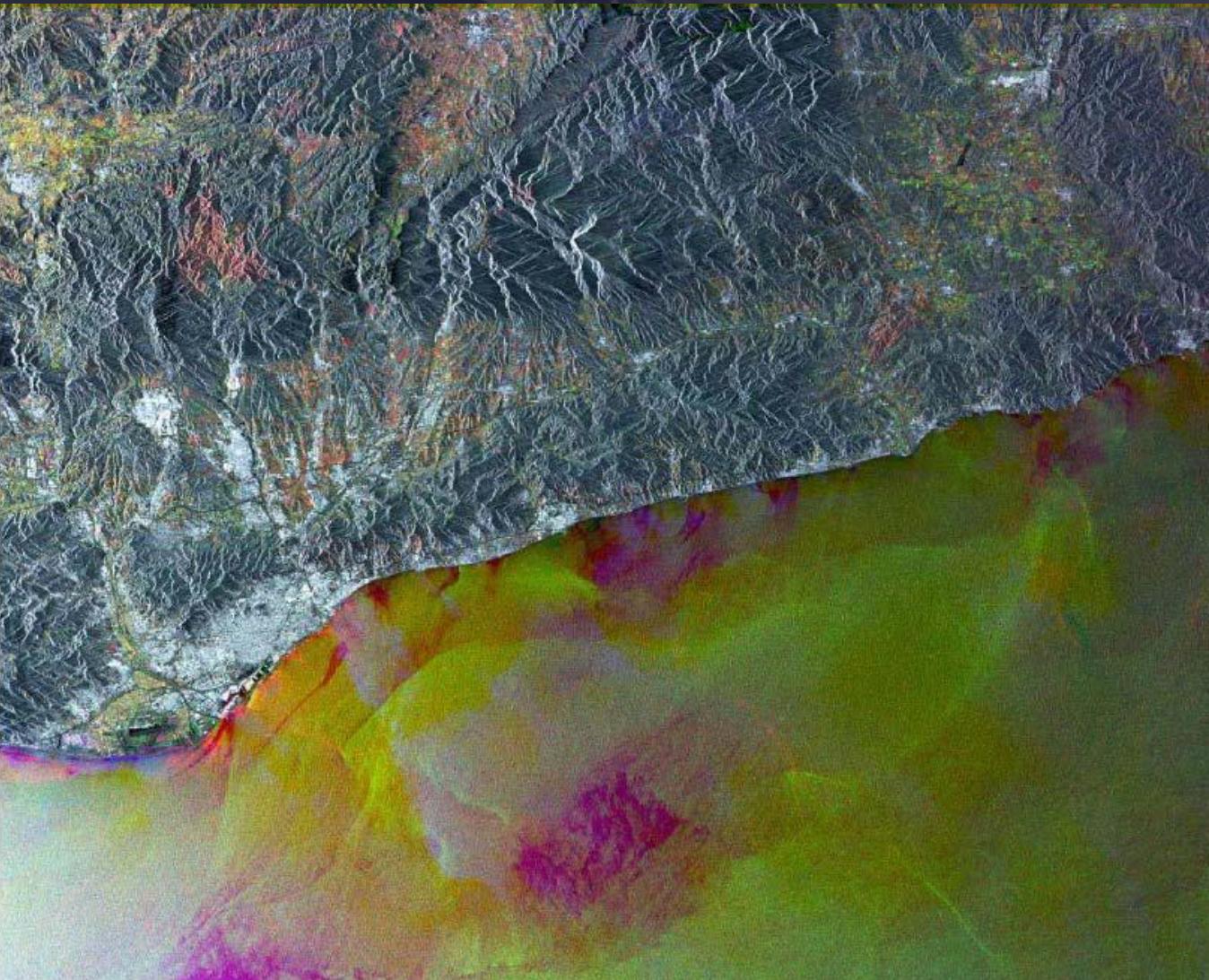
Coordinates:

NE Lat/Long: N 41.81 / E 2.64

NW Lat/Long: N 41.81 / E 1.70

SW Lat/Long: N 41.03 / E 1.70

SE Lat/Long: N 41.03 / E 2.64





ALOS - PALSAR

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

ALOS: Advanced Land Observing Satellite

PALSAR (Phased Array type L-band SAR). Banda L (1.27 GHz)

Polarización: HH, VV, HH+HV,
VV+VH, HH+VV+HV+VH

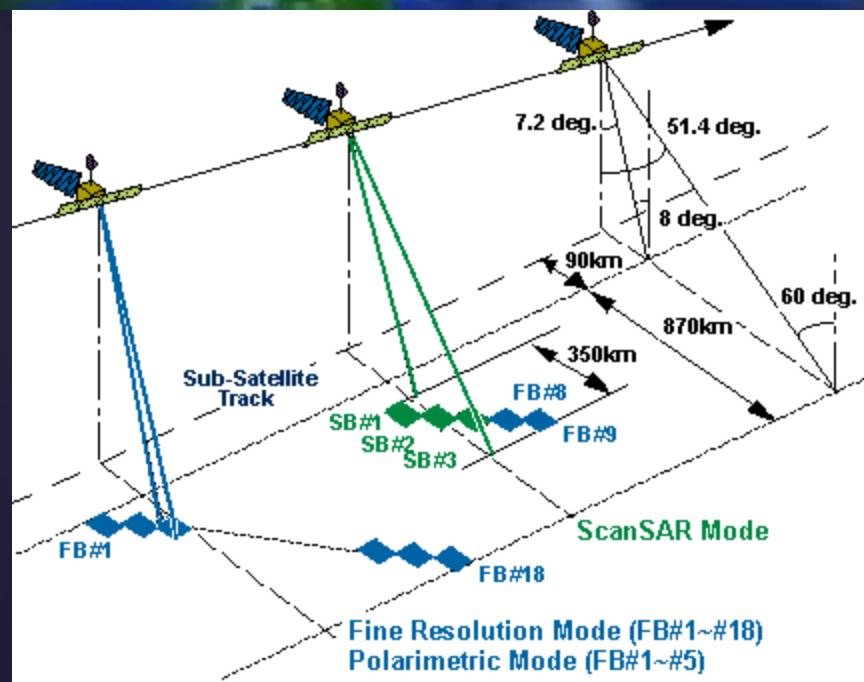
Órbita a 798 Km

Órbita de precisión: SI

Hasta 10 metros de resolución

Lanzamiento: 24-ene-2006

JAXA

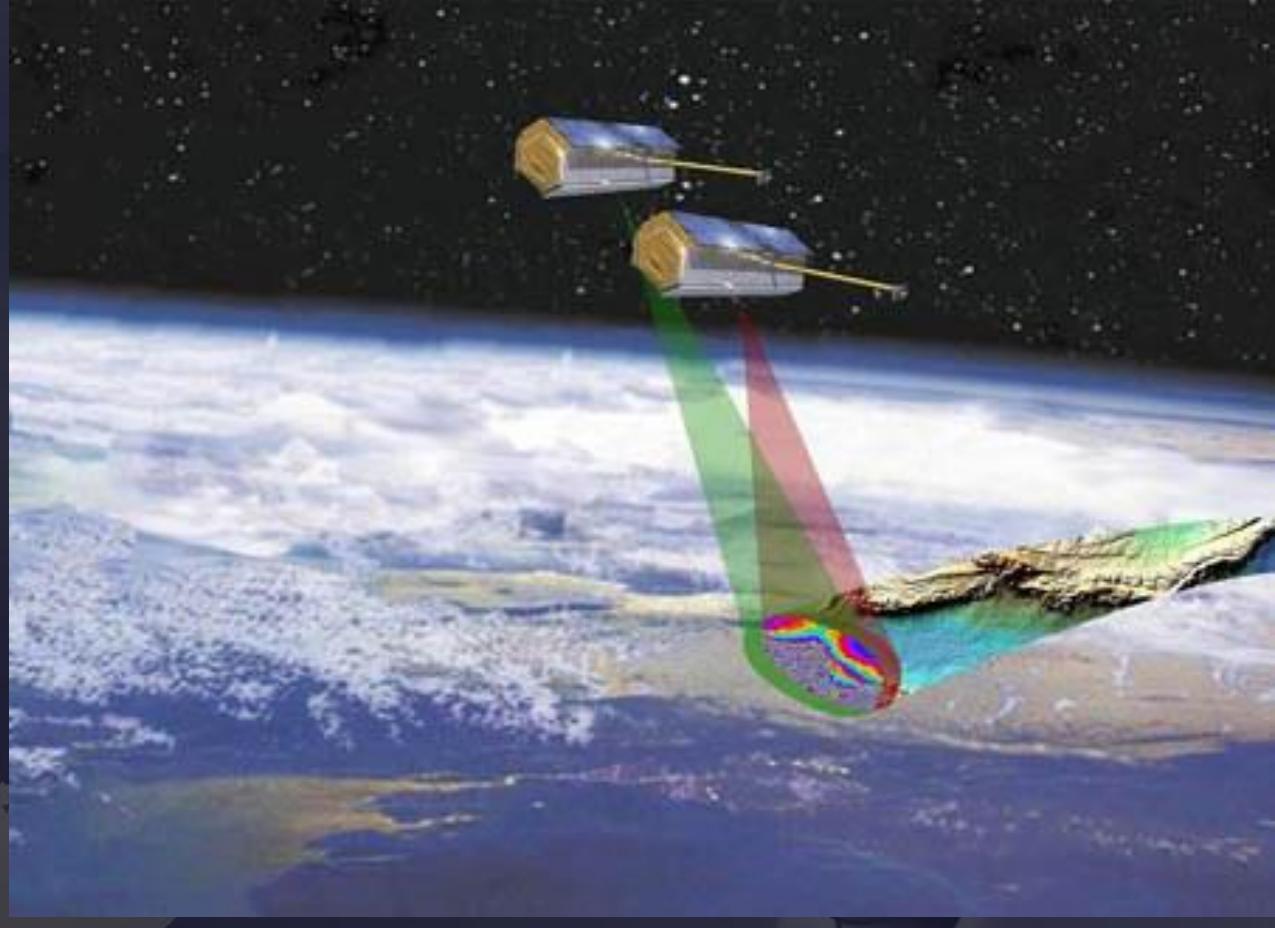




ALOS - PALSAR

Observation mode (Descriptor)	Fine beam single (FBS High resolution)	Fine beam dual (FBD High resolution)	Direct downlink (DSN)	ScanSAR wide beam (WB1, WB2)	Polarimetric (PLR)
Frequency	L band (1.27GHz)				
Polarisation <i>*Default mode</i>	HH* or VV	HH+HV* or VV+VH	HH* or VV	HH* or VV	HH+HV +VH +VV*
Direct downlink	No	No	Yes	Yes	No
Incidence angle	9.9 - 50.8°	9.9 - 50.8°	9.9 - 50.8°	24.6 - 27.1°	9.7 - 50.8°
Spatial resolution	Range	10 metres	20 metres	20 metres	100 metres
	Azimuth	6.25 metres (2 looks) 12.5 metres (4 looks)	6.25 metres (2 looks) 12.5 metres (4 looks)	12.5 metres (4 looks)	100 metres
Swath width		70 kilometres	70 kilometres	70 kilometres	250 kilometres(3 scans) 300 kilometres (4 scans) 350 kilometres (5 scans)
					30 kilometres

TerraSAR-X



Banda X (9,65 GHz).
Polarización HH, VV, HH+VV, HH+HV,
HV+VV
Órbita a 514 Km
Órbita de precisión: SI
Hasta 1 metro de resolución
Lanzamiento: 16-jun-2007
DLR & EADS Astrium GmbH

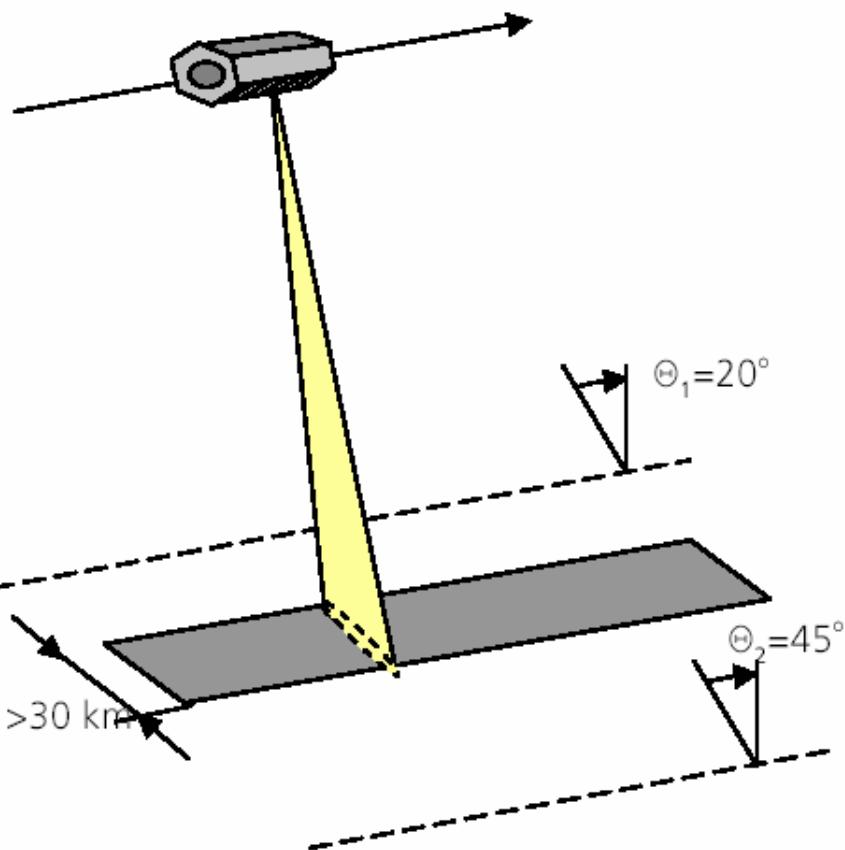


Fig. 2-2: Imaging geometry in stripmap mode

Parameter	Value
Swath width (ground range)	30 km single pol. 15 – 30 km dual pol.
Acquisition length	< 1650 km
Full performance incidence angle range	20° - 45°
Data access incidence angle range	15° - 60°
Number of elevation beams	ca. 27
Azimuth resolution	3 m
Ground range resolution	1.7 m - 3.5 m (@ 45°.. 20° incidence angle)
Polarizations	HH or VV (single) HH/VV, HH/HV, VV/HV (dual)

Table 2-2: Characteristic parameters of stripmap mode



TerraSAR-X

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

Primera Imagen
TerraSAR-X
19-jun-2007

Tsimlyanskoye reservoir (West of Volgograd)





IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI



TanDEM-X

Operativo desde junio 21 de 2010



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

RADARSAT-2

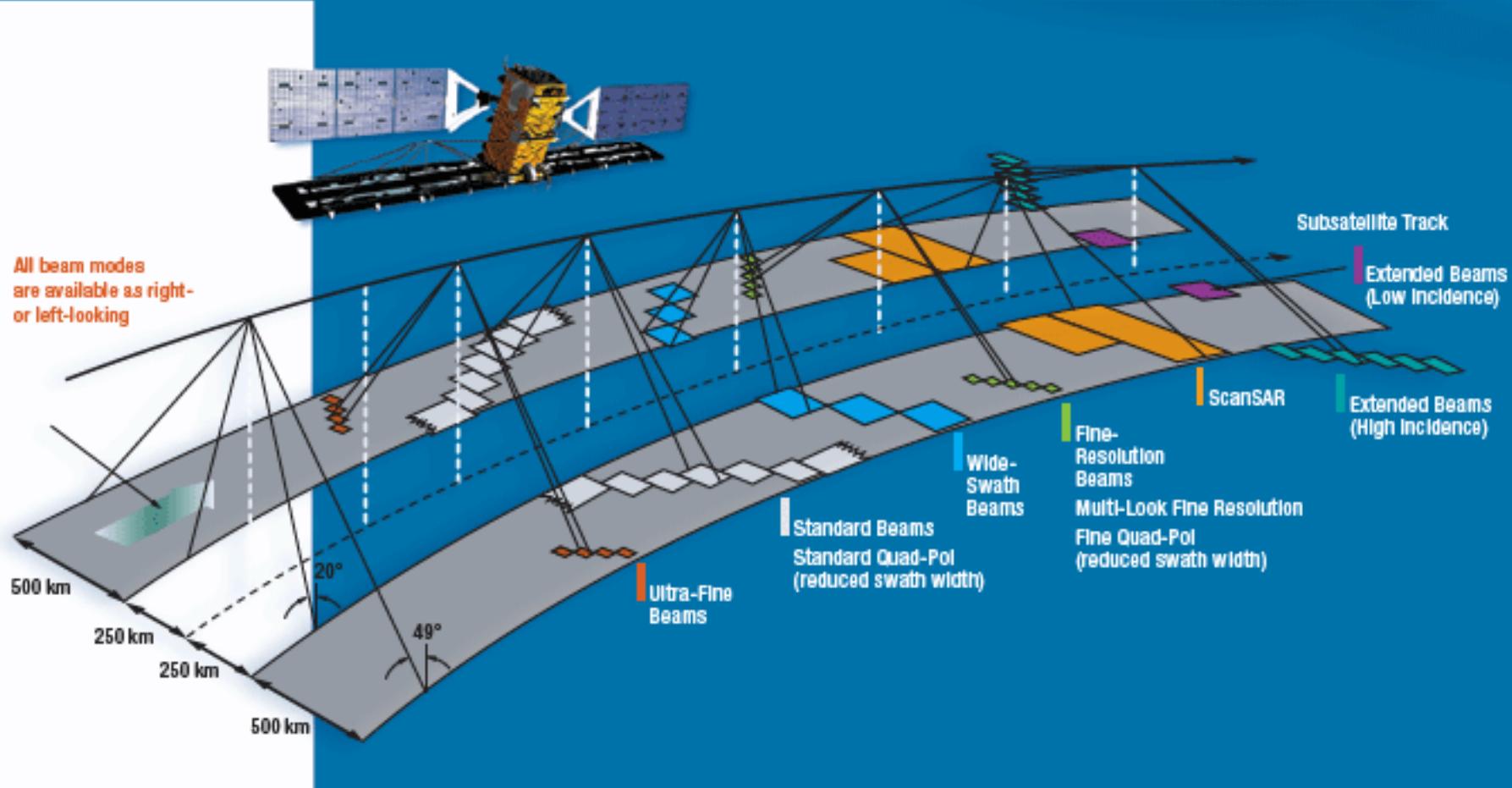


Banda C (5,405 GHz)
Polarización: HH, VV, HV, VH,
HH+HV, VV+VH, HH+VV+HV+VH
Órbita a 798 Km.
Órbita de precisión: SI
Hasta 3 metros de resolución
Lanzamiento: 14-dic-2007
CSA



RADARSAT-2

IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI



RADARSAT-2

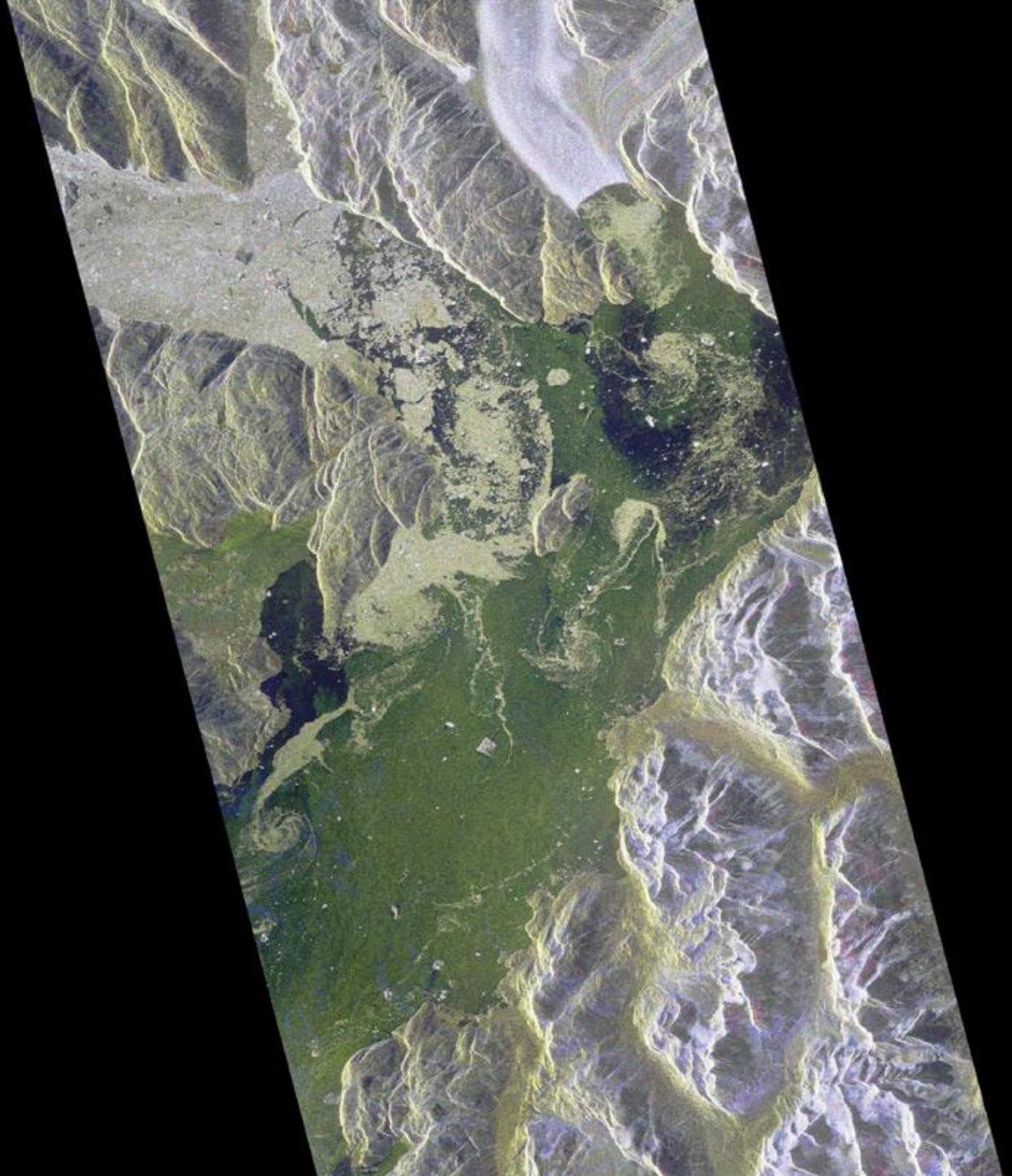
IG
INSTITUT
AGUSTI

BEAM MODE	PRODUCT	Pixel Spacing Rng x Az m	Resolution Rng x Az m	Scene Size Rng x Az km x km	Incidence Angle °	No. Looks Rng x Az	Polarizations Options				
Ultra-Fine	SLC	1.3 x 2.1	1.7 x 3	20 x 20	30 – 49	1 x 1	Single Pol				
	SGX	1 x 1	3.4 - 2.3 x 3								
	SGF	1.56 x 1.56									
	SSG, SPG	1.56 x 1.56									
Multi-Look Fine	SGX	3.13 x 3.13	9.1 - 7.4 x 7.9	50 x 50	30 – 50	2 x 2	HH or VV or HV or VH				
	SGF	6.25 x 6.25									
	SSG, SPG	6.25 x 6.25									
Fine	SLC	4.7 x 5.1	5.4 x 7.9	50 x 50	30 – 50	1 x 1	Single Pol				
	SGX	3.13 x 3.13	9.1 - 7.4 x 7.9								
	SGF	6.25 x 6.25									
	SSG, SPG	6.25 x 6.25									
Standard	SLC	8 or 11.8 x 5.1	9.8 or 14.6 x 7.9	100 x 100	20 – 49	1 x 1	HH or VV or HV or VH				
	SGX	8 x 8	29.2 - 19.2 x 25.6			1 x 4					
	SGF	12.5 x 12.5									
	SSG, SPG	12.5 x 12.5									
Wide	SLC	11.8 x 5.1	14.6 x 7.9	150 x 150	20 – 45	1 x 1	Dual Pol (HH + HV) or (VV + VH)				
	SGX	10 x 10	42.8 - 20.6 x 25.6			1 x 4					
	SGF	12.5 x 12.5									
	SSG, SPG	12.5 x 12.5									
ScanSAR Narrow	SCN	25 x 25	50 x 60	300 x 300	20 – 46	2 x 2					
ScanSAR Wide	SCW	50 x 50	130 x 100	500 x 500	20 – 49	4 x 2					
Extended High	SLC	11.8 x 5.1	14.6 x 7.9	75 x 75	49 – 60	1 x 1	Single Pol HH				
	SGX	8 x 8	19.4 - 16.9 x 25.6			1 x 4					
	SGF	12.5 x 12.5									
	SSG, SPG	12.5 x 12.5									
Fine Quad-Pol	SLC	4.7 x 5.1	5.4 x 7.9	25 x 25	20 – 41	1 x 1	Quad Pol				
	SGX	3.13 x 3.13	16 - 8.4 x 7.9								
	SSG, SPG	3.13 x 3.13									
Standard Quad-Pol	SLC	8 or 11.8 x 5.1	9.8 or 14.6 x 7.9	25 x 25	20 – 41	1 x 1	(HH + VV + HV + VH)				
	SGX	8 x 3.13	28.6 - 22.3 x 7.9								
	SSG, SPG	8 x 3.13									



IGAC
INSTITUTO GEOGRÁFICO
AGUSTÍN CODAZZI

RADARSAT-2





COntellation of Small satellites for the Mediterranean basin Observation

ASI

Banda X (9,6 GHz)

4 satélites

1 sat. en órbita (2007)

Órbita a 620 Km.

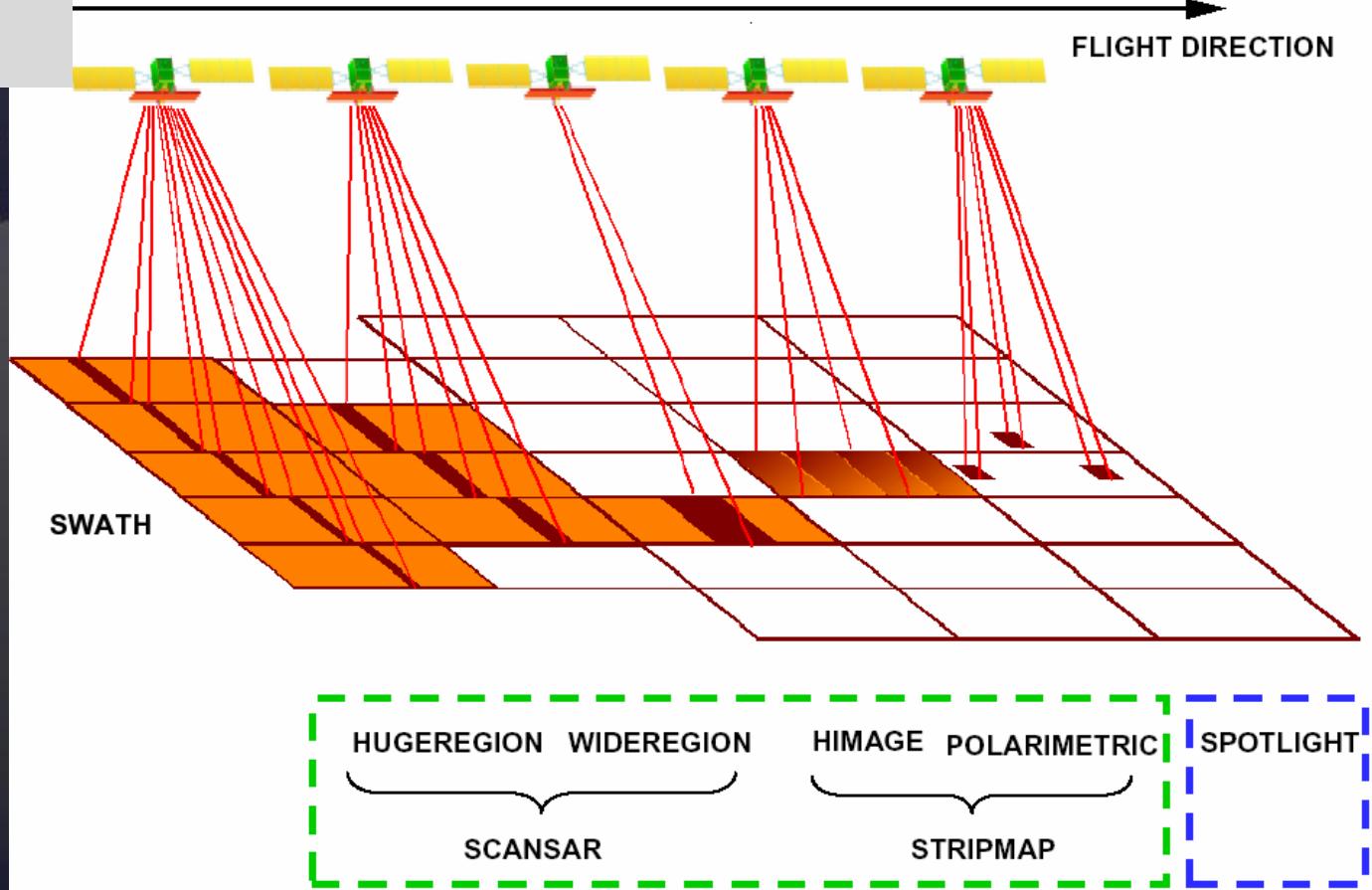


Figure 1 – The 3 acquisition modes of COSMO-SkyMed sensor

Sentinel-1



Banda C

Continuidad con ENVISAT

Lanzamiento previsto 2013

VV+VH, o bien HH+HV:

Stripmap Mode:

Swath: 80 Km Res.: 5 m x 5 m

Interferometric Wideswath mode:

Swath: 250 Km Res.: 5 m x 20 m

Extra wide Swath mode:

Swath: 400 Km Res.: 25 m x 100 m

- VV, o bien HH:

Wave mode :

Res: 5 m x 20 m

CONCLUSIONES

Aumento gradual de misiones satelitales SAR

Existen sistemas SAR satelitales operativos:

- * en bandas C, X y L
- * con polarización completa
- * que han alcanzado la resolución de 1 m.

Aumento de las capacidades interferométricas

Aumento de sistemas aerotransportados y terrestres

Aumento de las oportunidades de captura de geo-eventos



Criterios para seleccionar un sensor

Objetivo

Escala

Conocer Sensores y plataformas

Características de los datos

- Resolución temporal
- Resolución espacial
- Resolución espectral
- Costos
- Posibilidad de multi-operabilidad y multi-compatibilidad



Criterios para seleccionar un sensor

