

Tema 12: ¿Cómo se adquieren las imágenes?

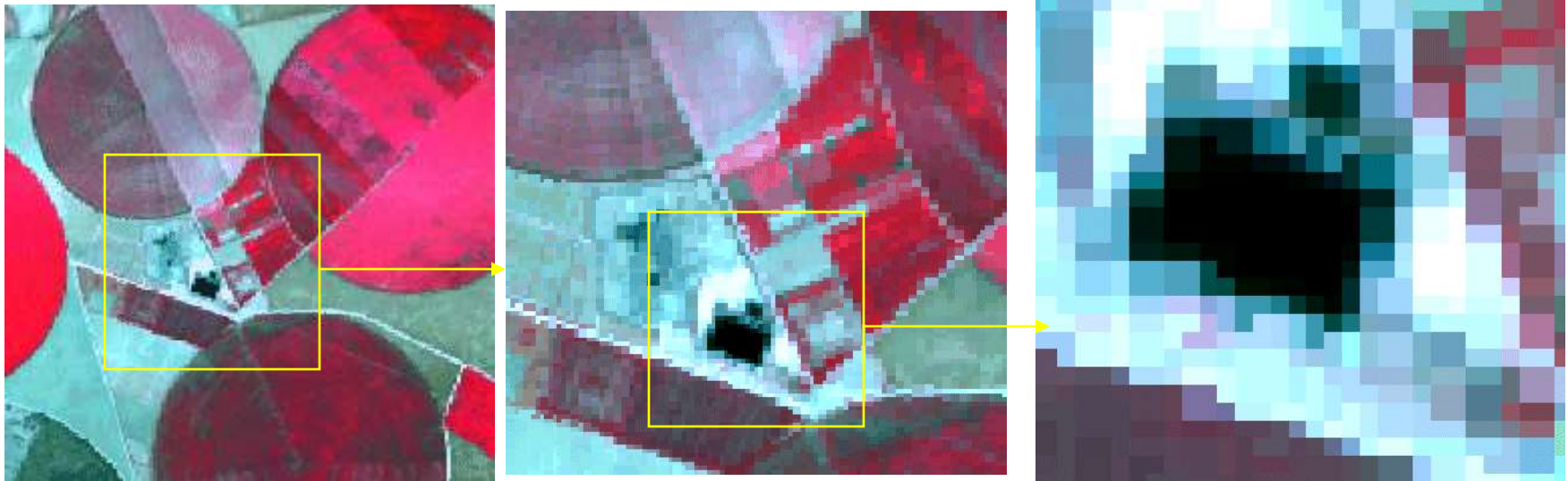
- ¿De qué forma se toman los datos?
- ¿Qué satélites son más interesantes?
- ¿Dónde pueden conseguirse los datos?

¿Qué es una imagen digital?



- ¿Es lo mismo una imagen digital que una fotografía?
- ¿Cómo se adquiere una imagen digital?
- ¿Qué significan los píxeles de la imagen?

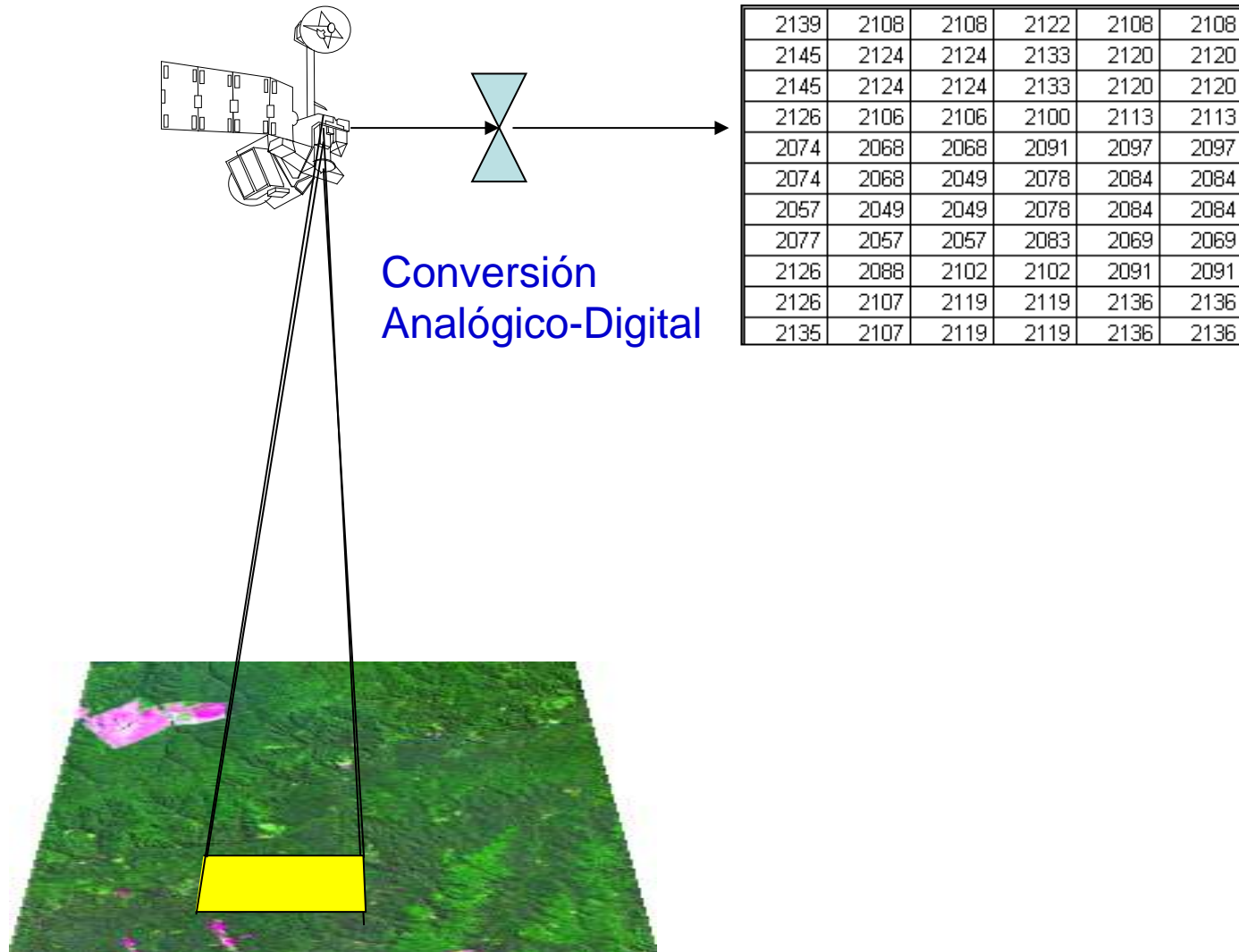
¿Qué es una imagen digital?



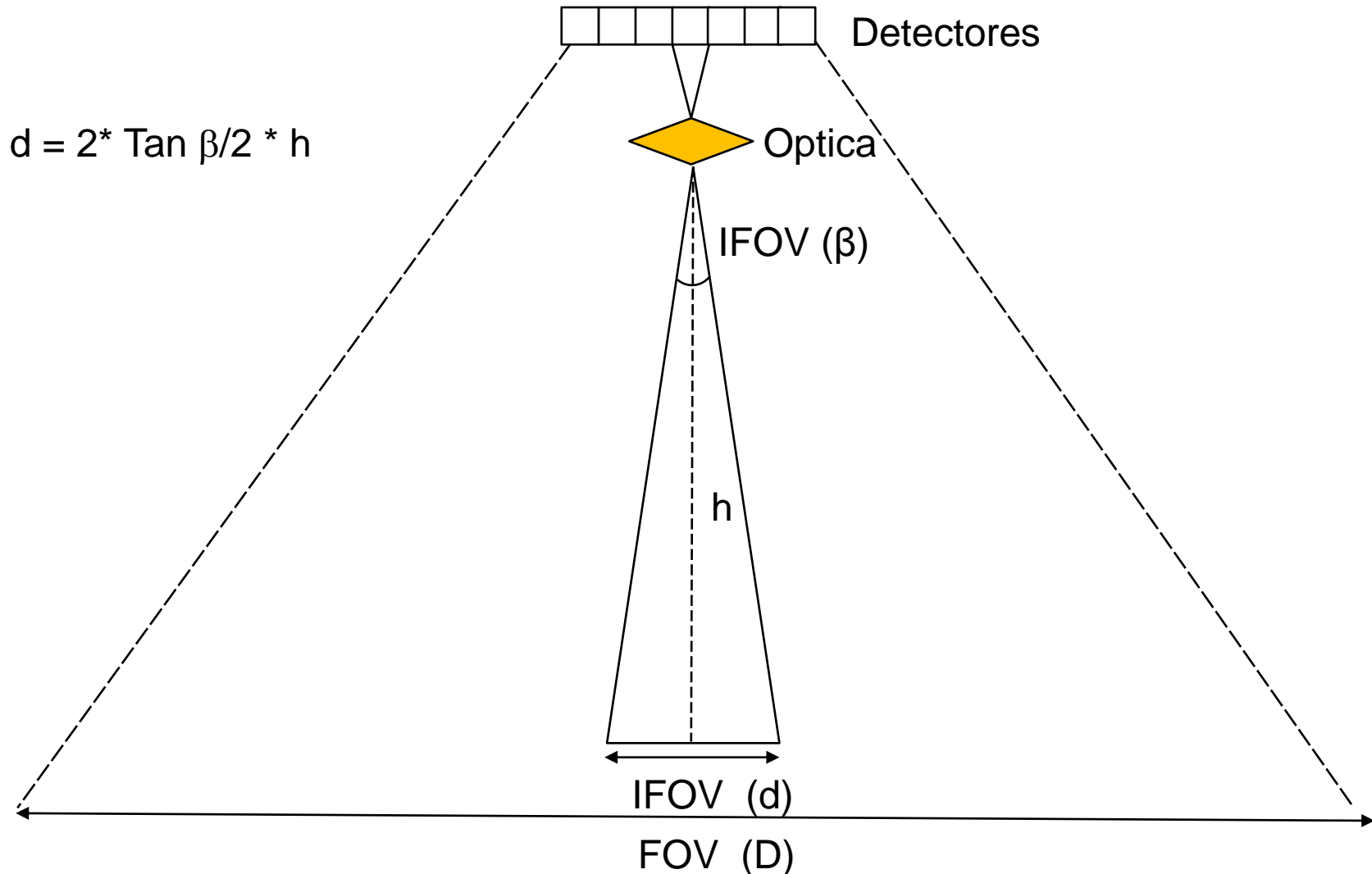
Row	193	194	195	196	197	198
244	2139	2108	2108	2122	2108	2108
245	2145	2124	2124	2133	2120	2120
246	2145	2124	2124	2133	2120	2120
247	2126	2106	2106	2100	2113	2113
248	2074	2068	2068	2091	2097	2097
249	2074	2068	2049	2078	2084	2084
250	2057	2049	2049	2078	2084	2084
251	2077	2057	2057	2083	2069	2069
252	2126	2088	2102	2102	2091	2091
253	2126	2107	2119	2119	2136	2136
254	2135	2107	2119	2119	2136	2136

Grey Levels
Digital Numbers
Pixel Values
Nivel Digital

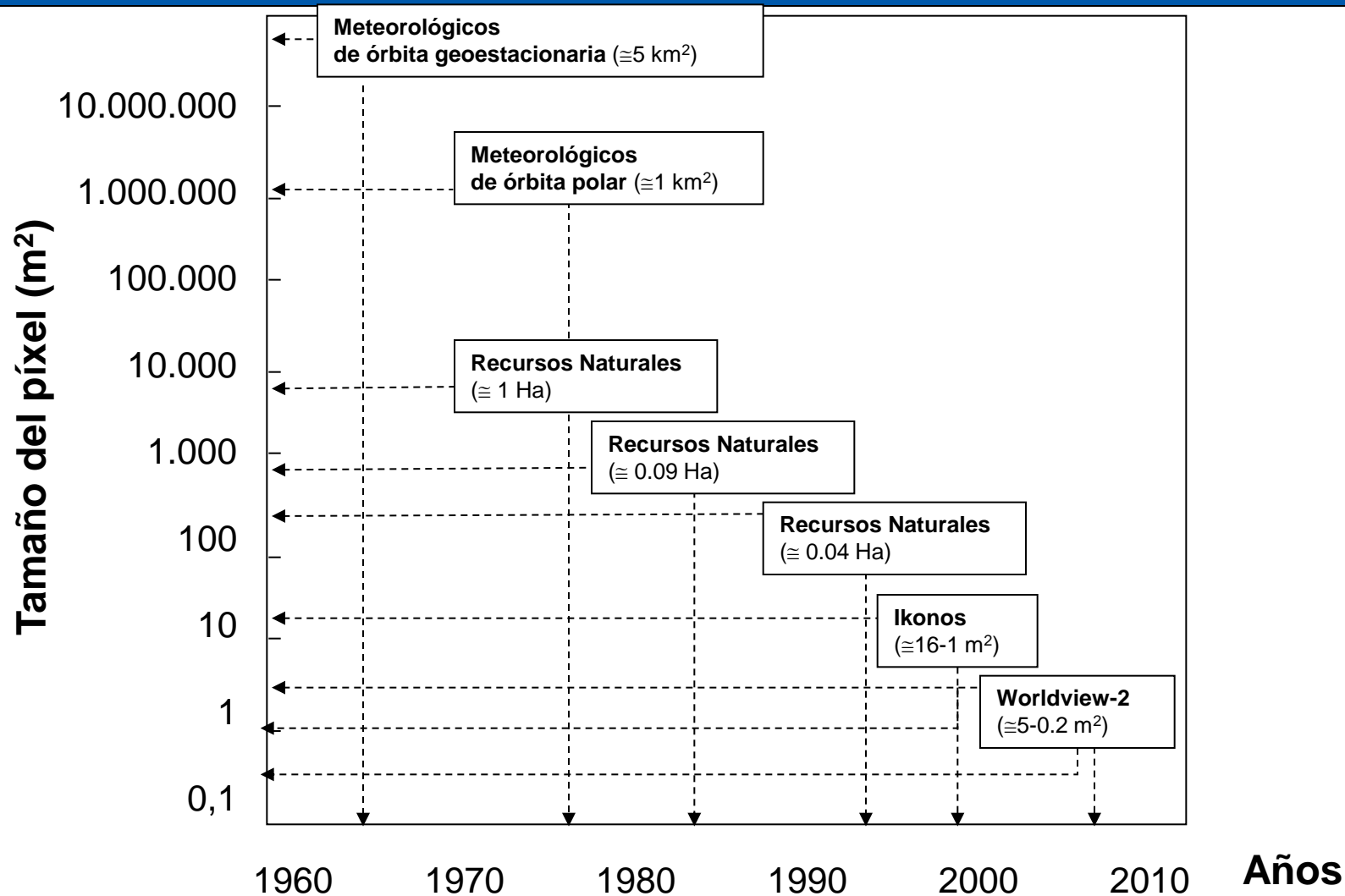
Significado de los píxeles



Resolución espacial: Field of View (FOV) – Instantaneous (IFOV)

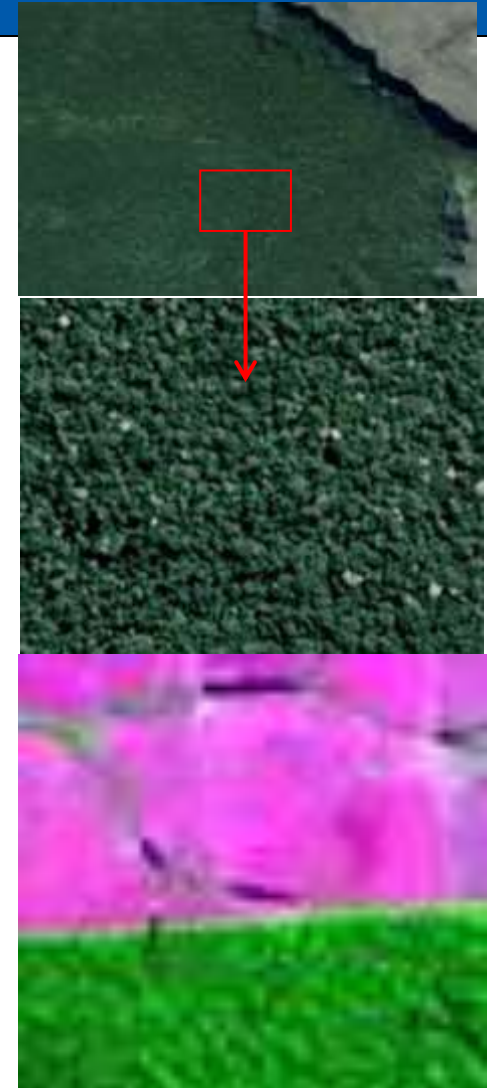


¿De qué tamaño son los píxeles de la imagen?



¿Qué importancia tiene eso?

- ¿Cómo influye sobre los objetos que se pueden reconocer?
 - ¿Qué resolución necesito para distinguir los árboles?
- ¿Cómo influye sobre el grado de mezcla que habrá en una imagen?
 - ¿Qué ocurre si tengo una parcela con mezcla de bosque y cultivo?





a. 0.5 x 0.5 m.



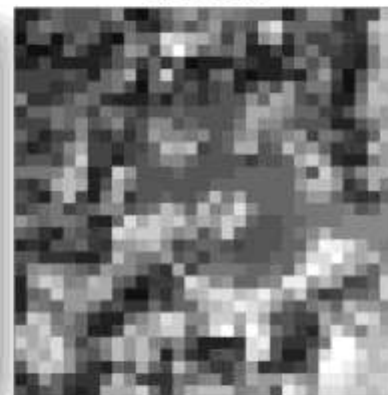
b. 1 x 1 m.



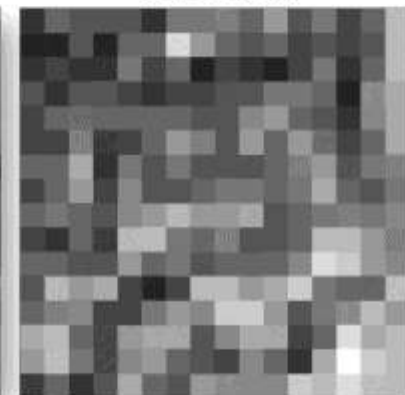
c. 2.5 x 2.5 m.



d. 5 x 5 m.



e. 10 x 10 m.



f. 20 x 20 m.

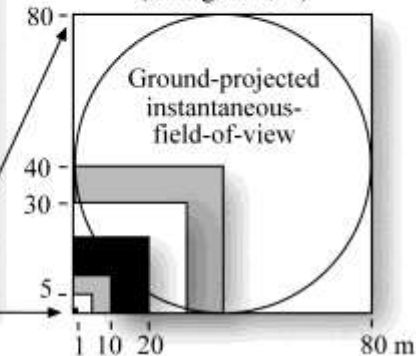


g. 40 x 40 m.



h. 80 x 80 m.

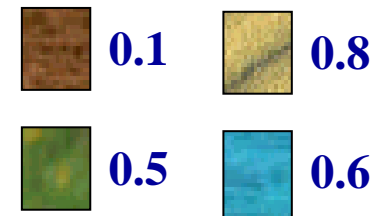
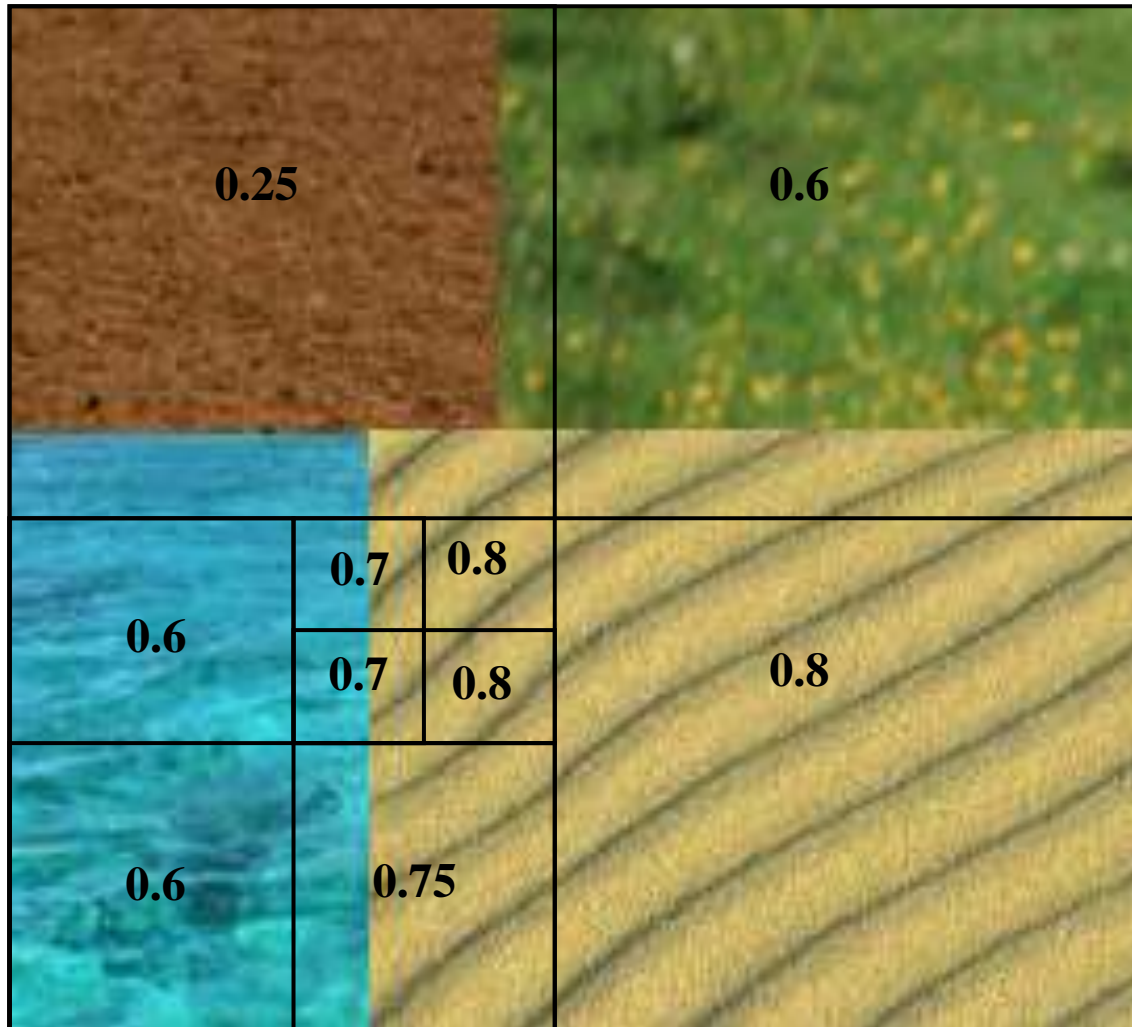
Nominal Spatial Resolution (enlarged view)



Efecto de la resolución espacial

Jensen, 2004

Resolución y mezcla de cubiertas

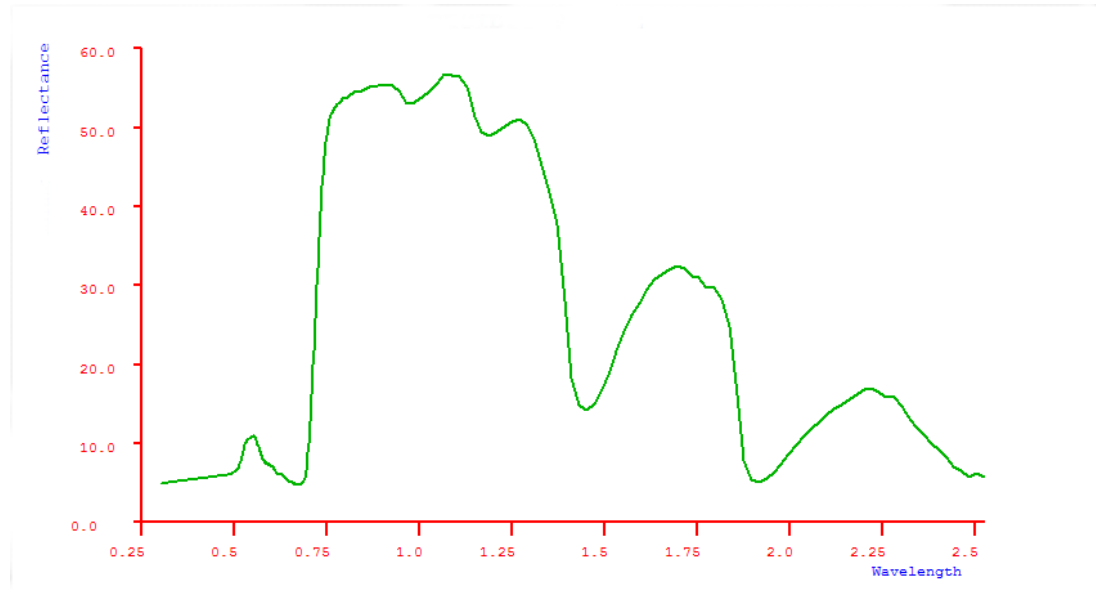


¿Qué otros tipos de resolución existen?

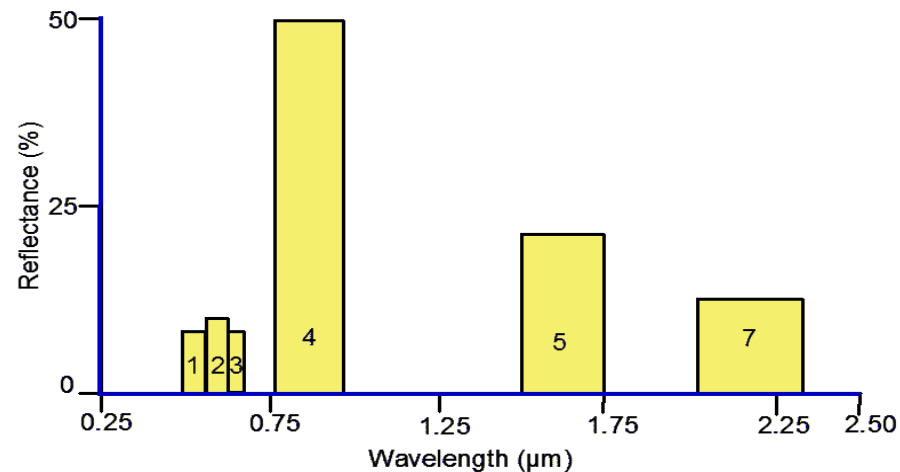
- Espectral:
 - Número y anchura de las bandas
- Radiométrica:
 - Nivel de contraste
- Temporal:
 - Frecuencia de adquisición.

Resolución espectral

Continuum spectrum

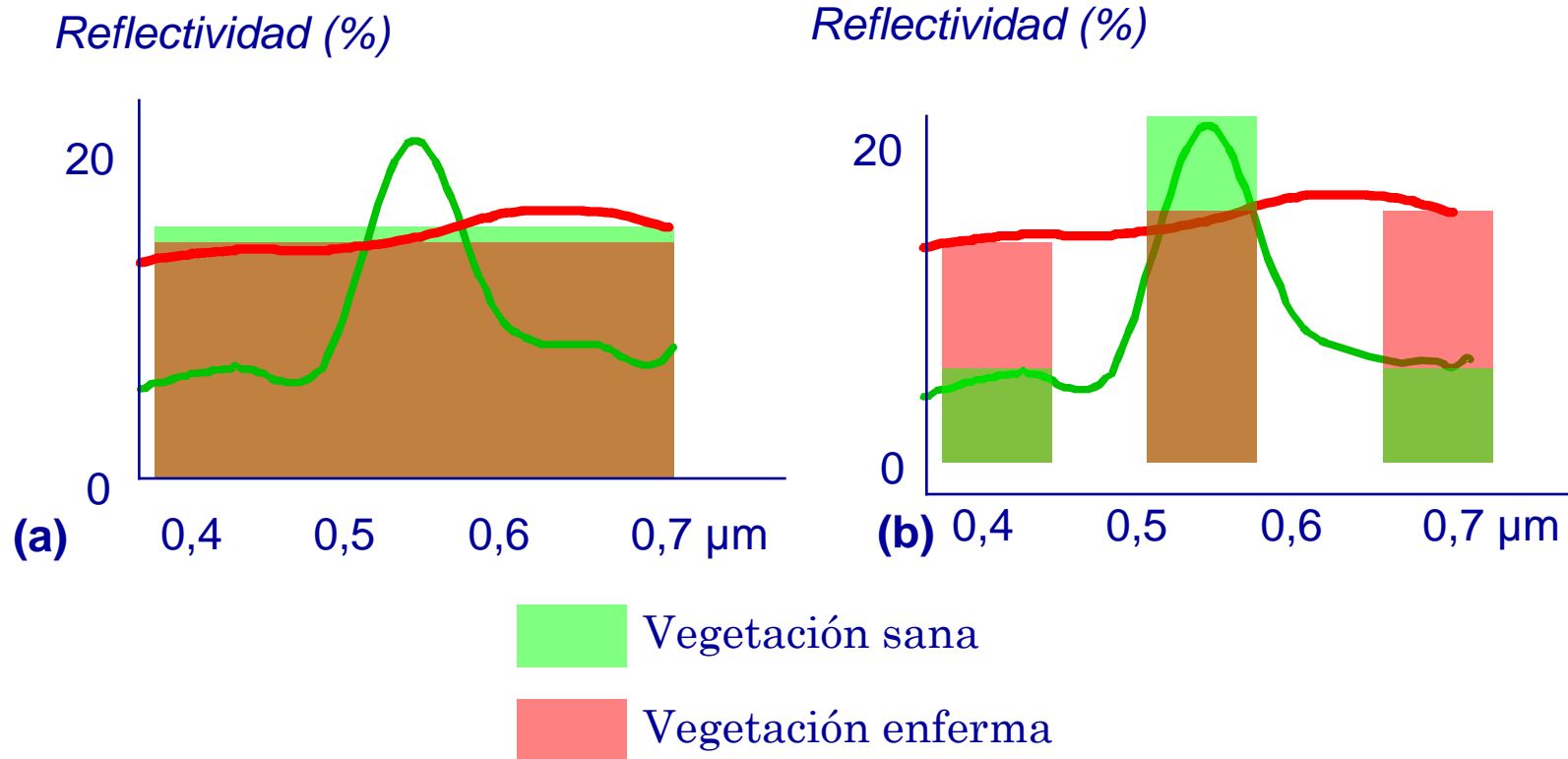


Multispectral spectrum

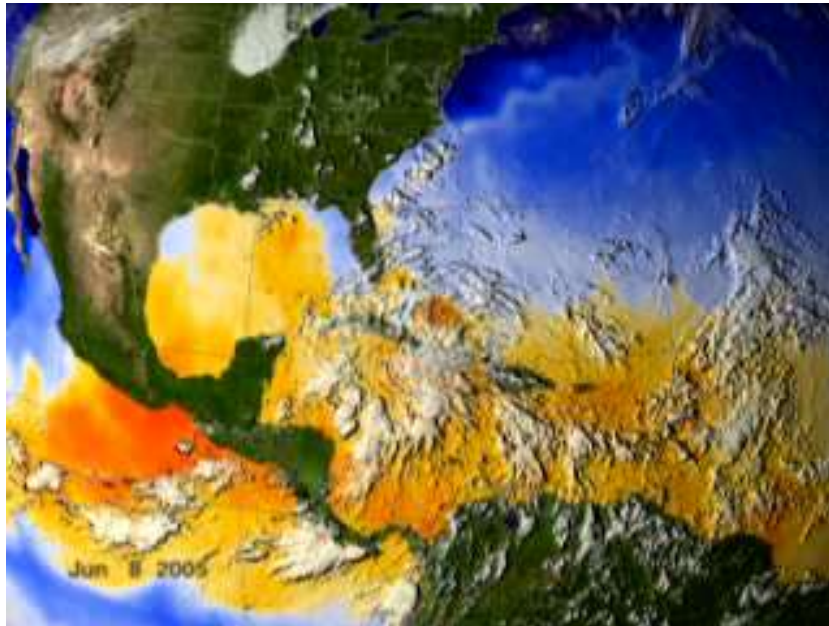


Mather and Koch 2010

Resolución espectral



Resolución temporal



Huracán Katrina-
Fred, 2005

Imágenes GOES

Resolución radiométrica

11 bits: 2048



8 bits: 256



**AREA 1: Areas
brillantes**



**AREA 2: Areas
oscuras**

(Cortesía Indra-Espacio)

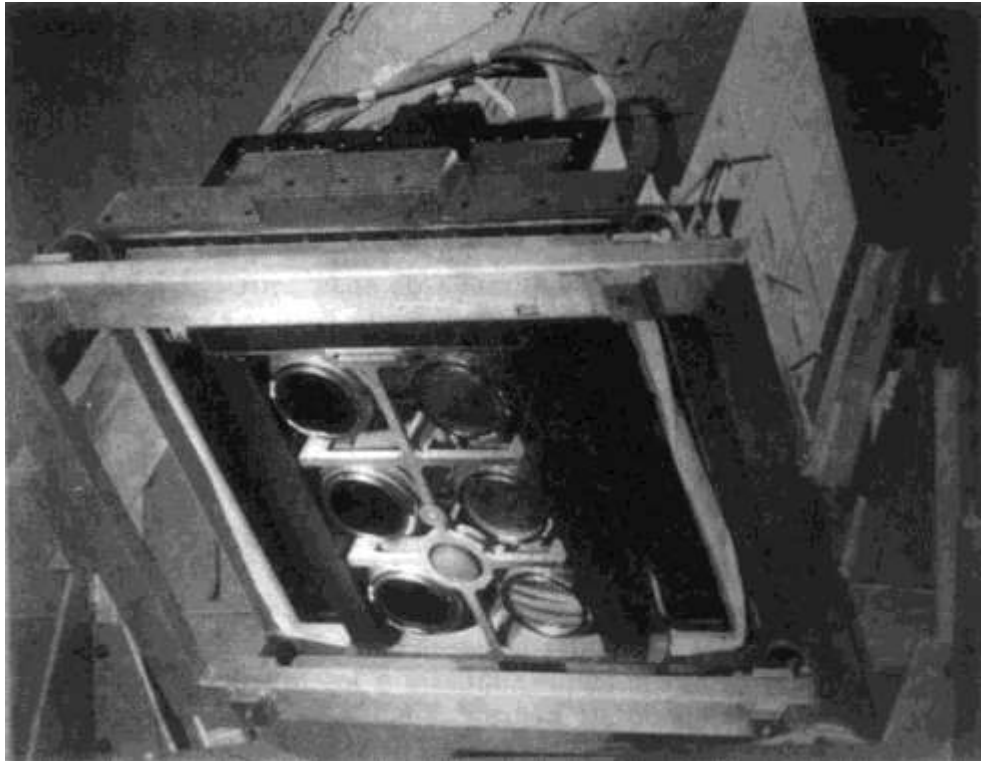


- Objetivos del trabajo:
 - Leyenda.
 - Mínima parcela.
- Restricciones:
 - Presupuesto.
 - Tiempo.

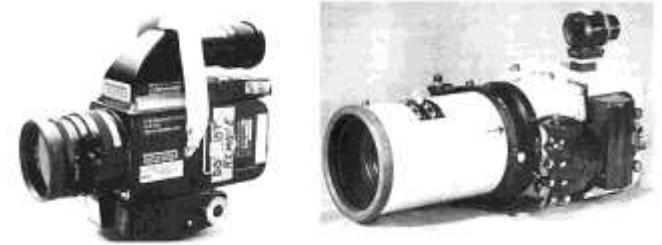
Tipos de sensores

- Cámaras fotográficas.
- Cámaras digitales:
 - Barrido.
 - Exploración continua.
- Lidar.
- Radar.

Cámaras espaciales



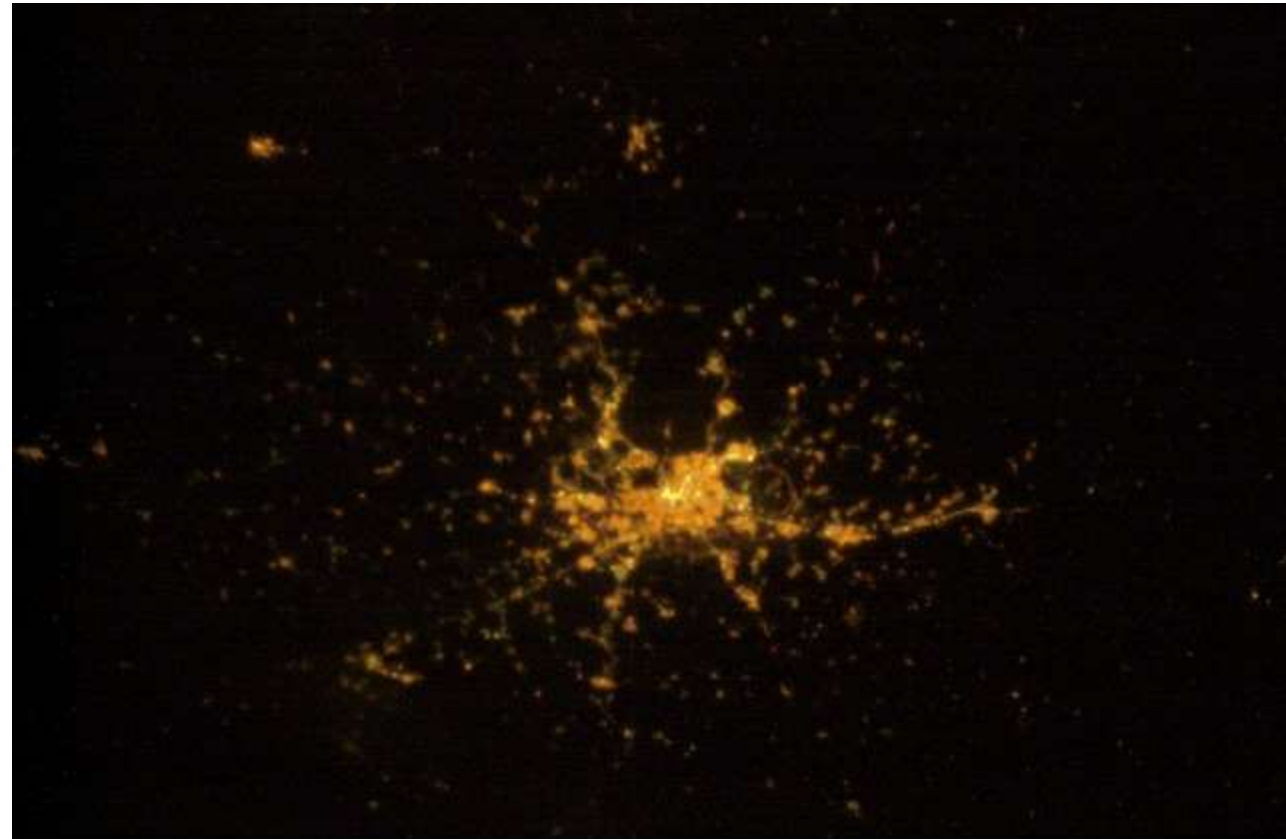
Cámara Multibanda MKF-6
(cortesía R.Núñez)



Cámaras a bordo el
Space Shuttle
(Short y Robinson, 1997)

Fotografía nocturna de Madrid desde la estación espacial

Center Point [Latitude](#): **40.5**
Center Point [Longitude](#): **-4.0** [Stereo](#):
[Camera Tilt](#): **High Oblique**
Camera Focal Length: **mm**
[Camera](#): **N1**
[Film](#): **2000E : 2000 x 1312 pixel CCD, RGBG imager color filter. Quality**
Film [Exposure](#):
[Percentage of Cloud Cover](#): **10 (0-10)**
Nadir
[Date](#): **20041122 (YYYYMMDD)**
GMT Time: **205224 (HHMMSS)**
Nadir Point Latitude: **30.9**,
Longitude: **12.6**
Nadir to Photo Center Direction:
Northwest
Sun Azimuth: **283**
Spacecraft Altitude: **191** nautical miles
Sun Elevation Angle: **-60 (Angle in degrees between the horizon and the sun, measured at the nadir point)**
Orbit Number: **2324**



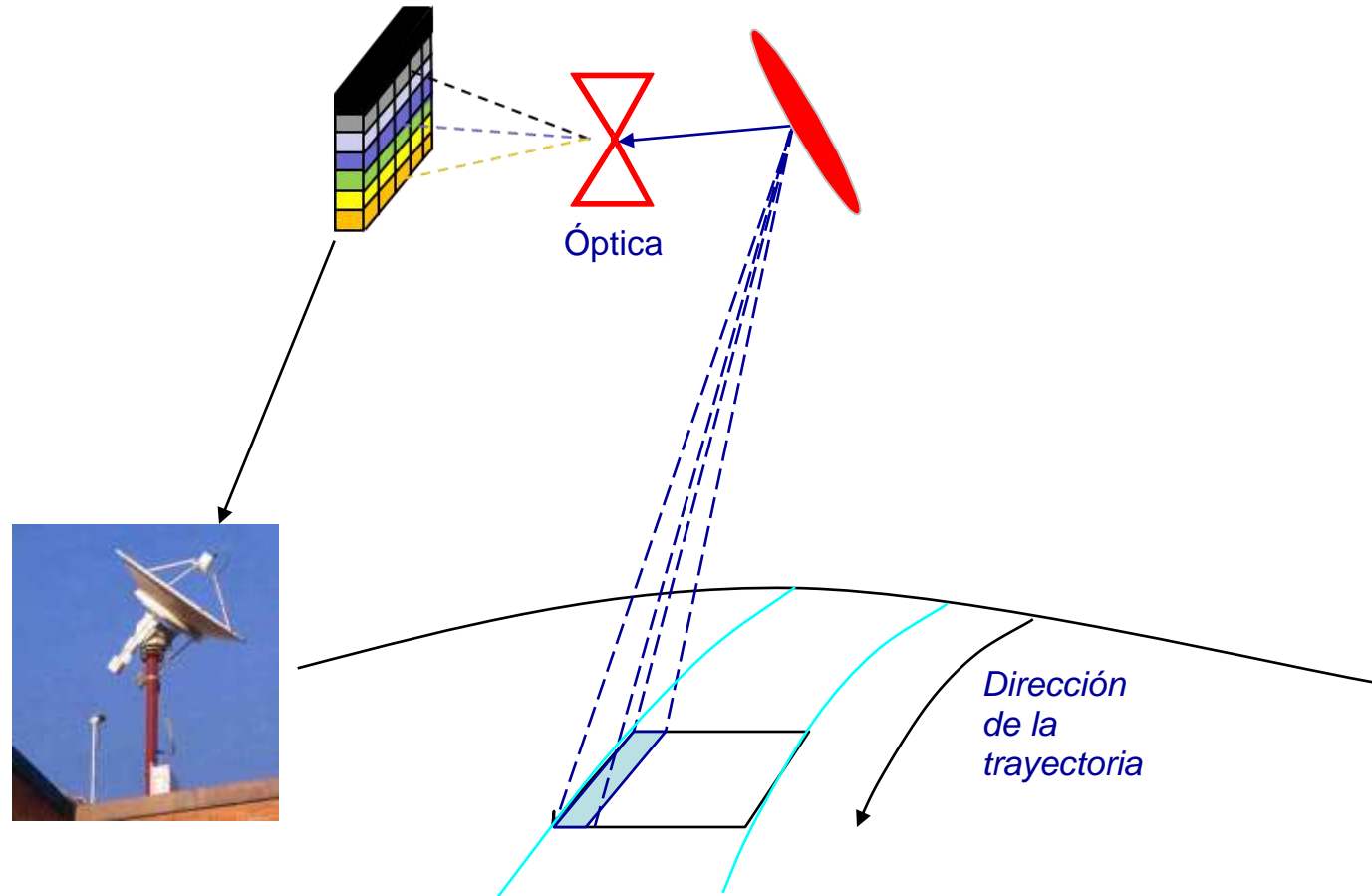
ISS010E08325

Fotografía adquirida desde el satélite espía Corona (1966)

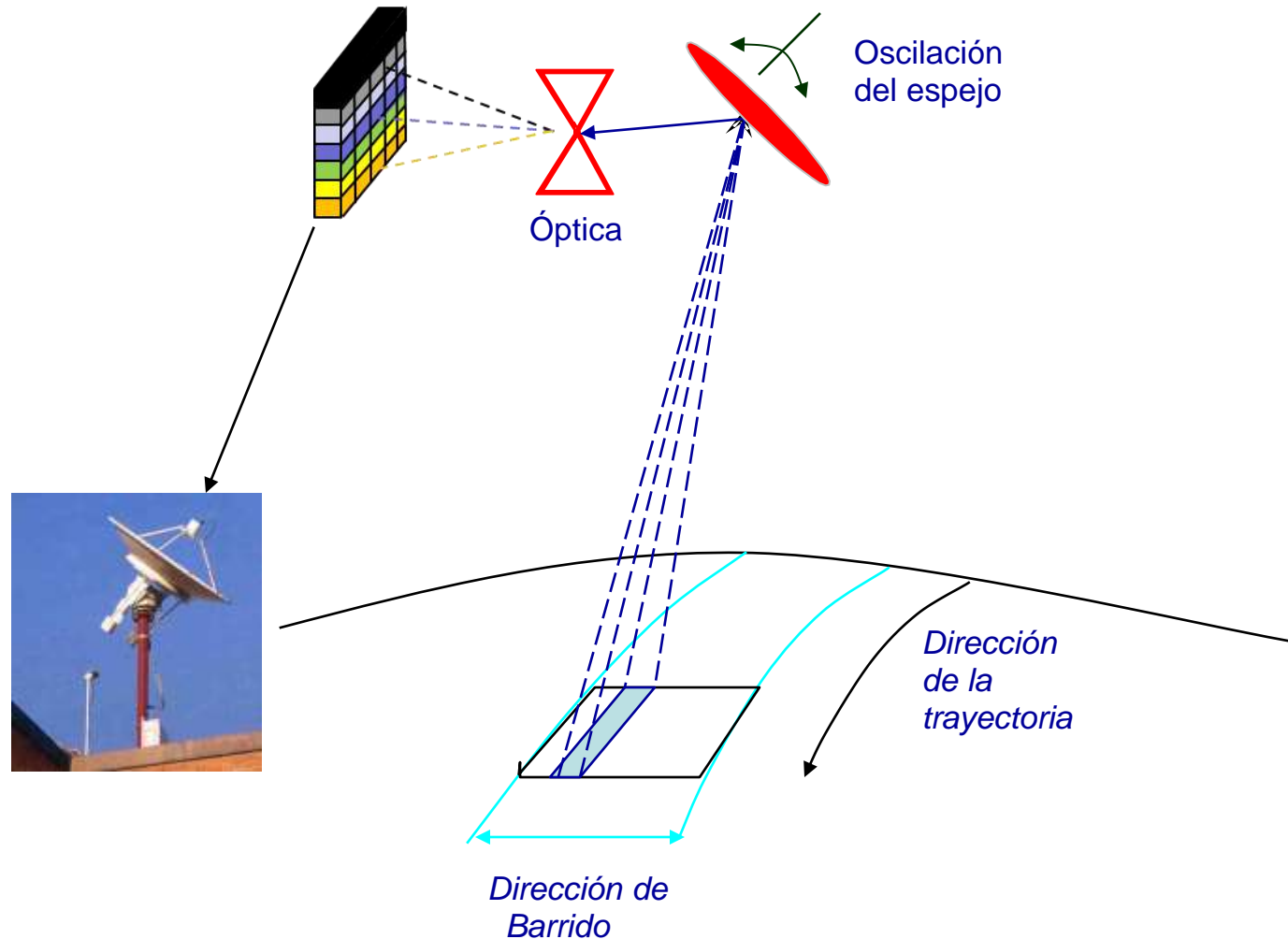


<http://www.geog.ucsb.edu/~kclarke/Corona/gallery3.htm>

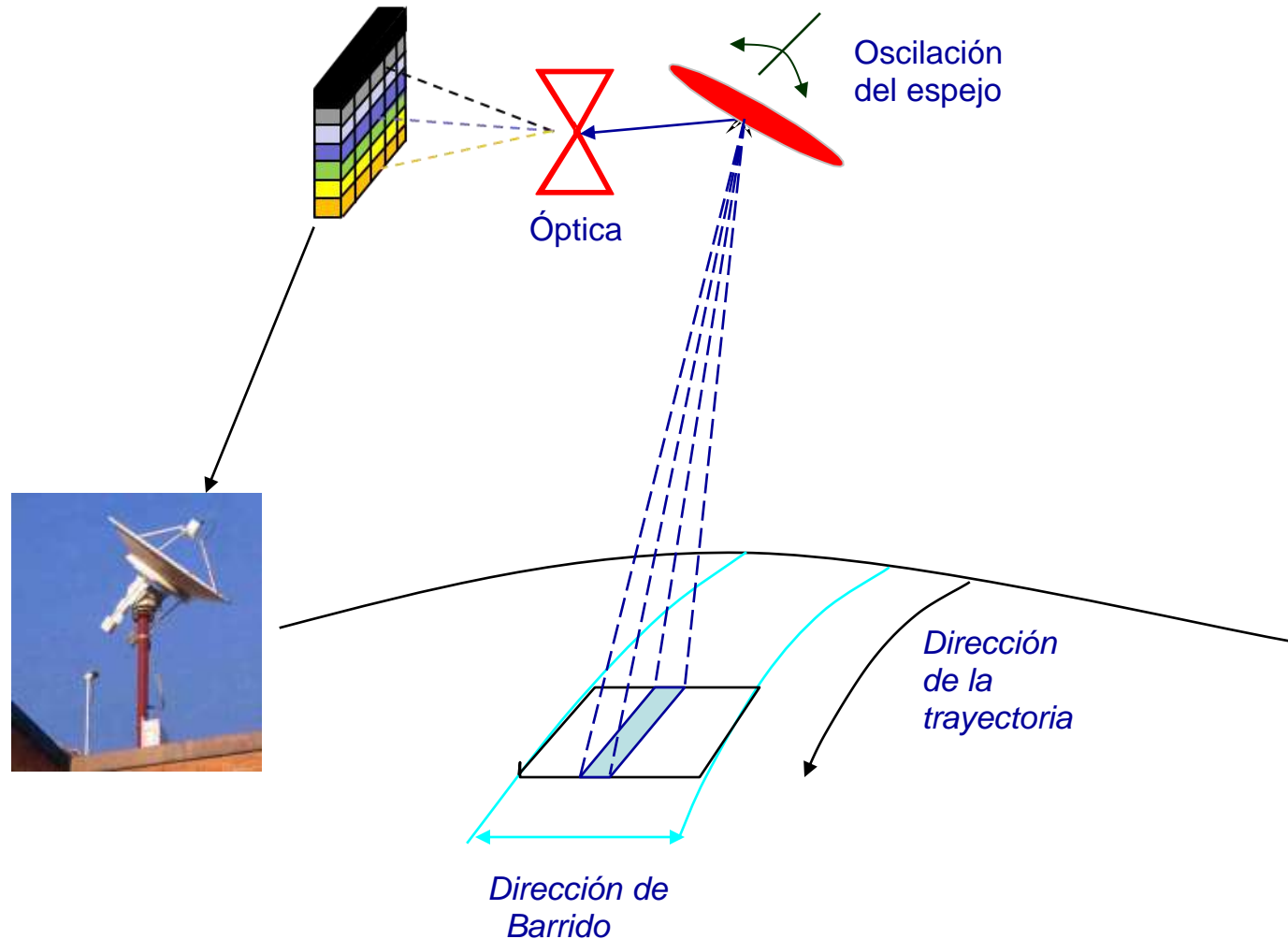
Explorador de Barrido



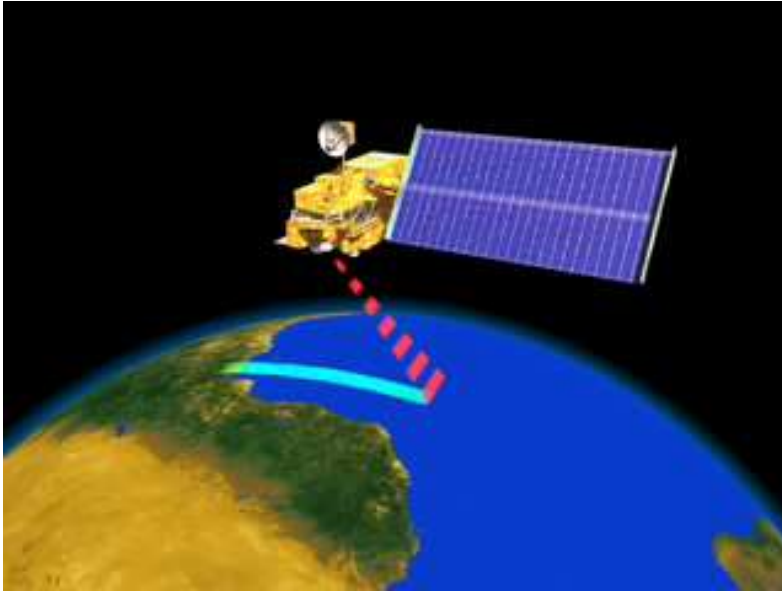
Explorador de Barrido



Explorador de Barrido

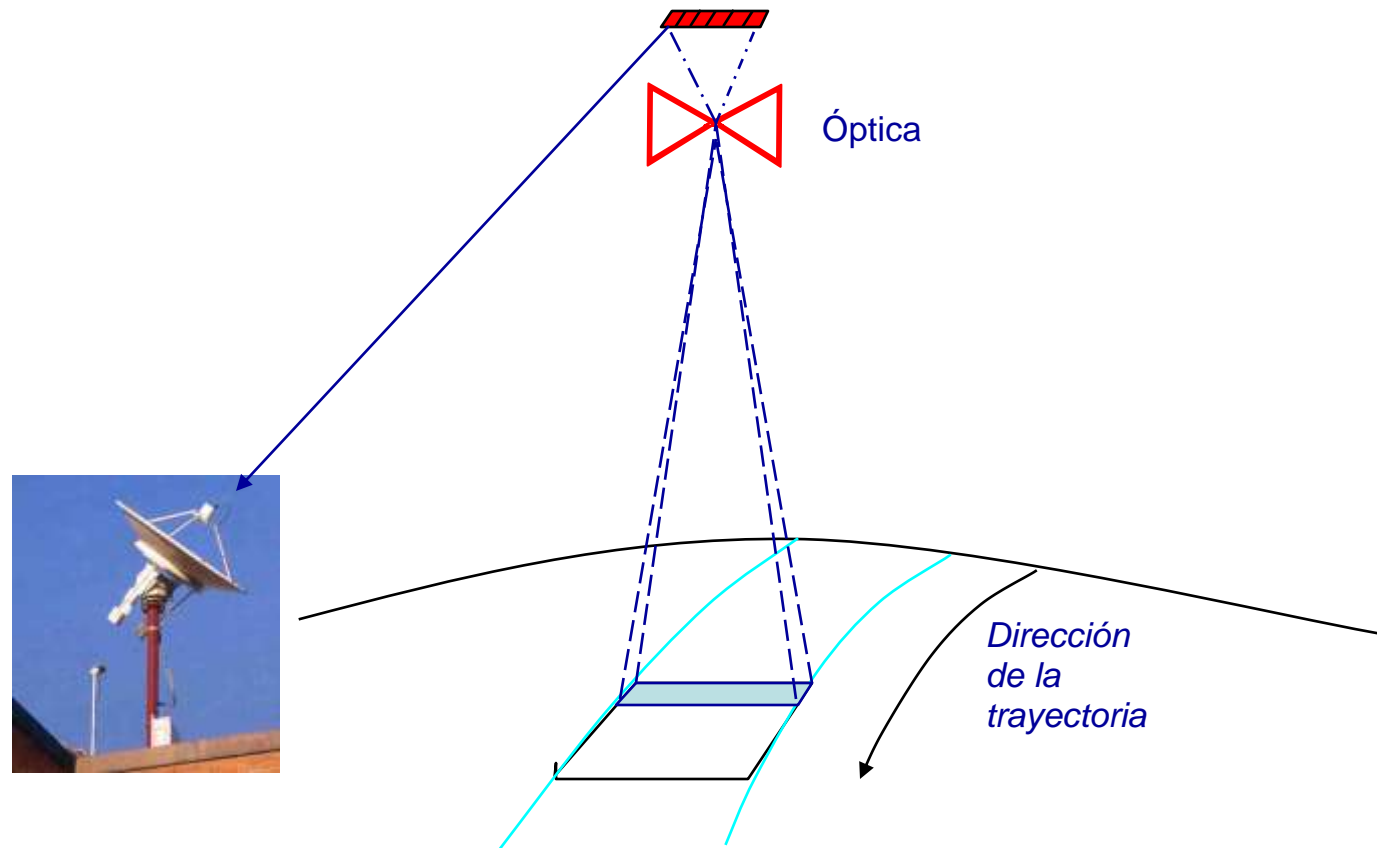


Funcionamiento (MODIS)

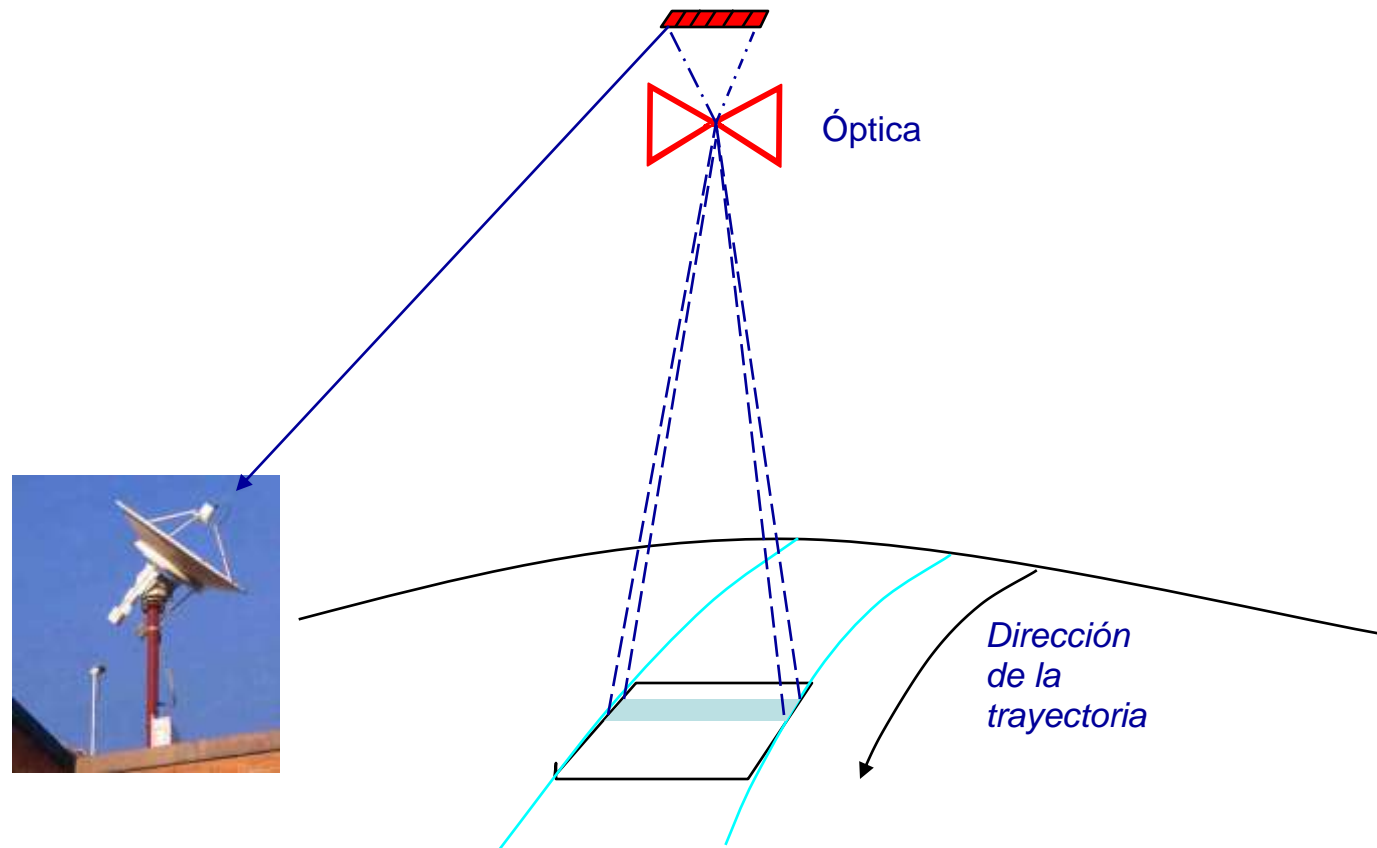


modis.nasa.gov

Explorador por empuje

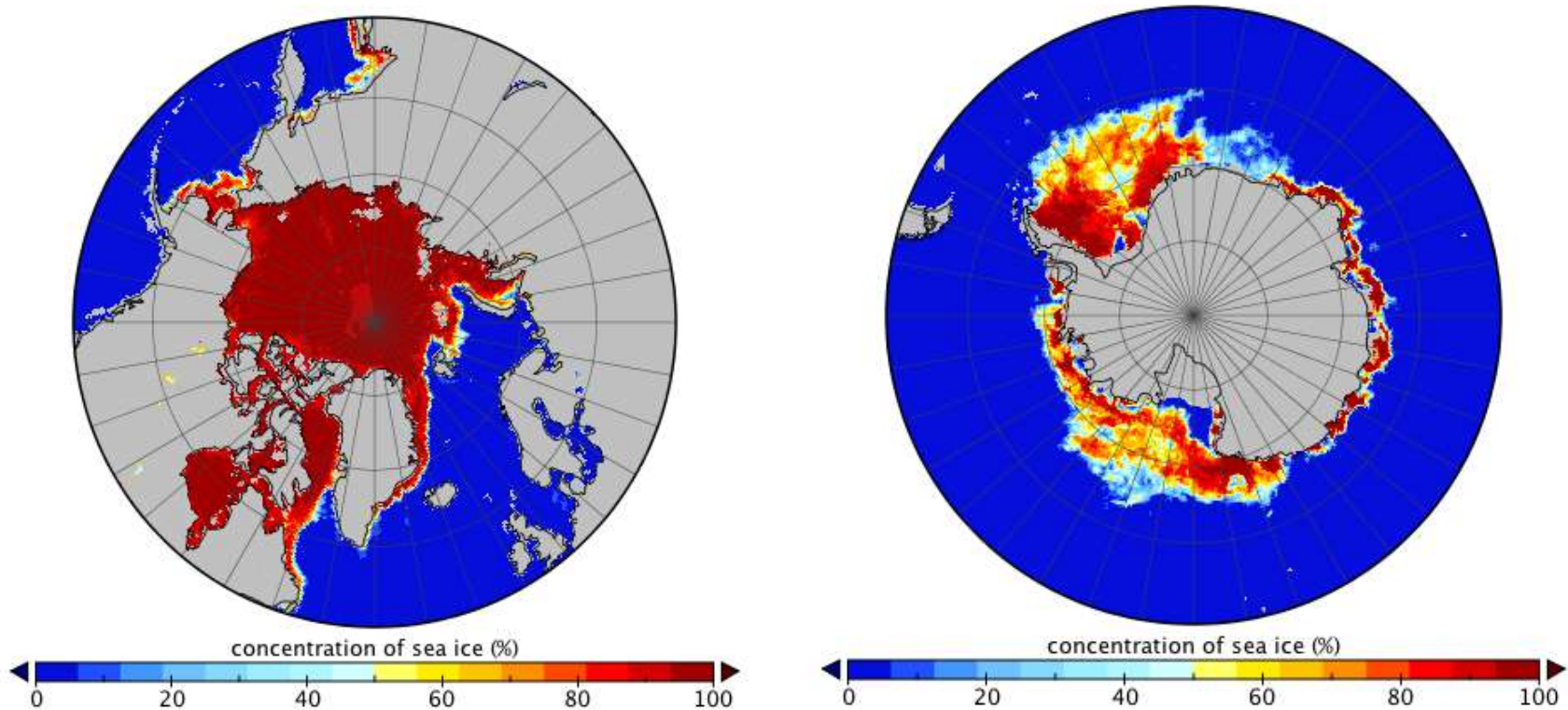


Explorador por empuje



Radiometro pasivo de micro-ondas

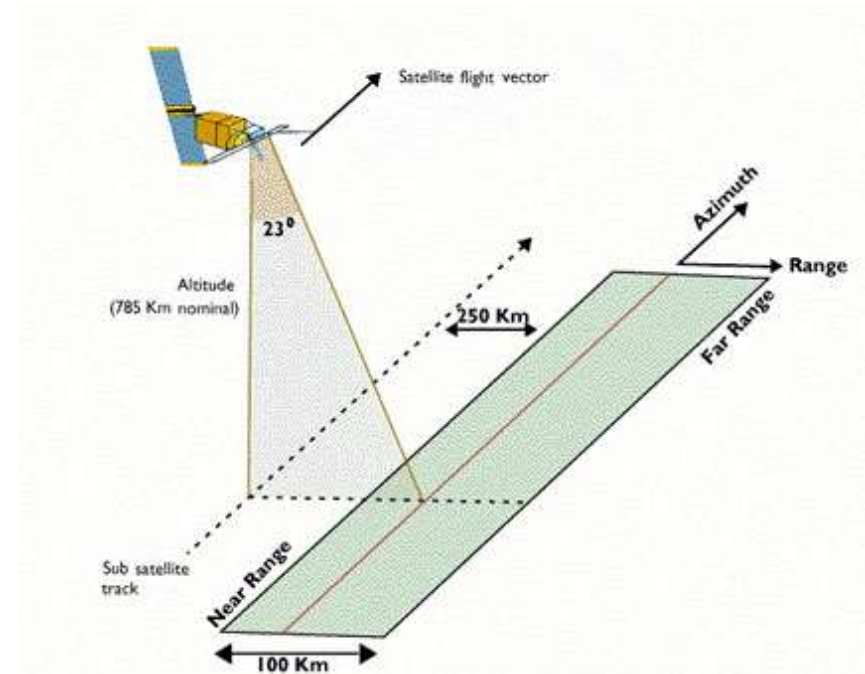
Ice concentration map derived from the AMSR-E data the Arctic (left) and Antarctica (right) from January, 3rd 2008



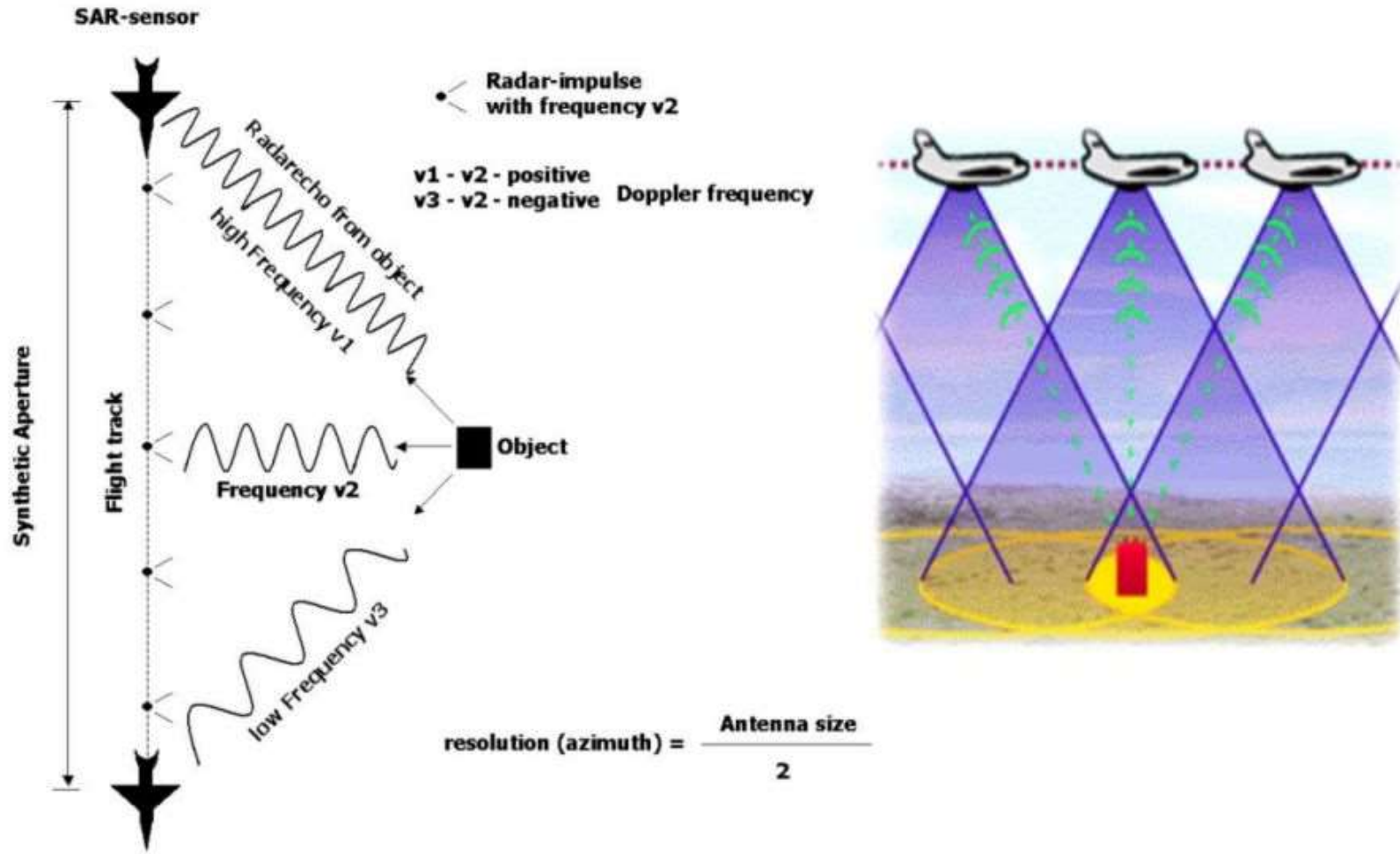
(Courtesy of Nansen Environmental and Remote Sensing Center).

Equipos radar

- Radar de imágenes.
- Altímetro.
- Dispersómetro.

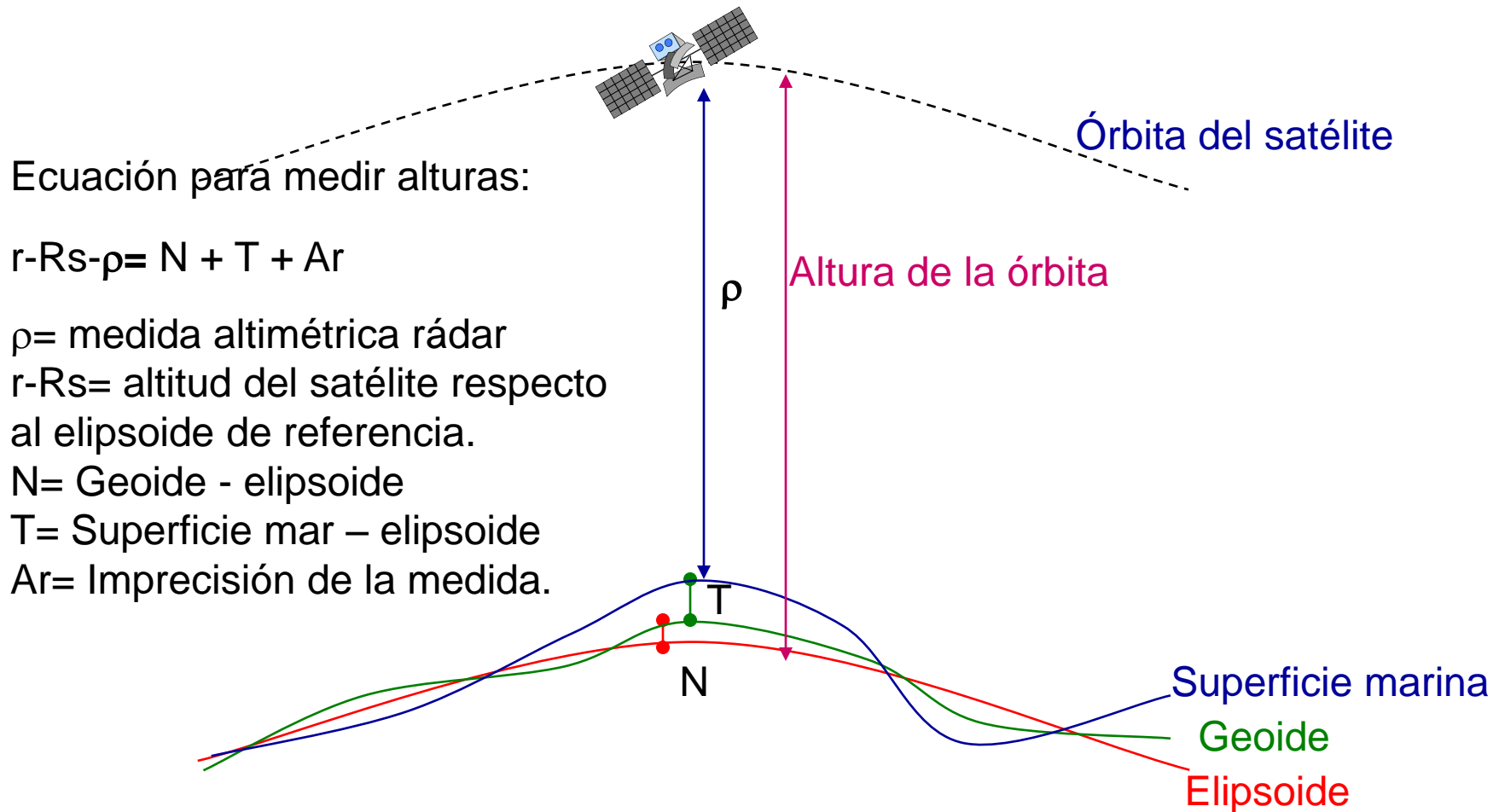


Radar de apertura sintética



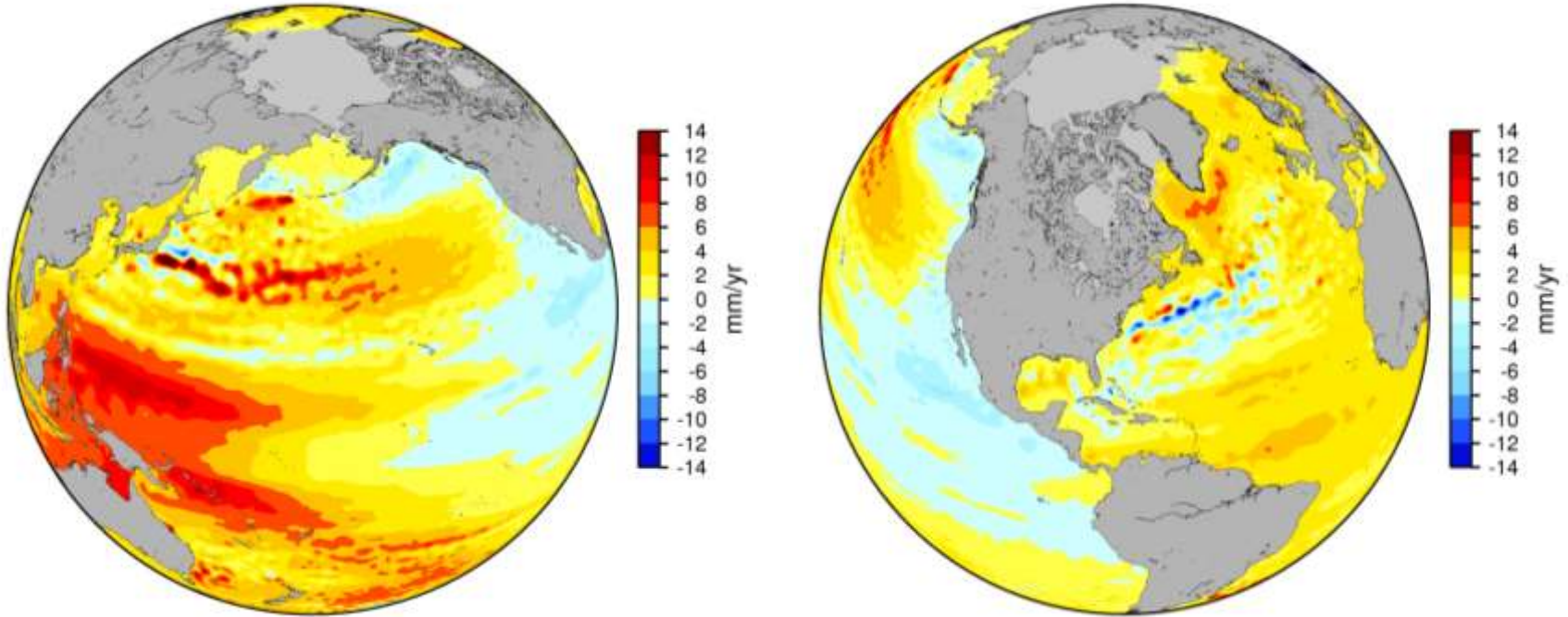
ESA RADAR training course

Principios del altímetro



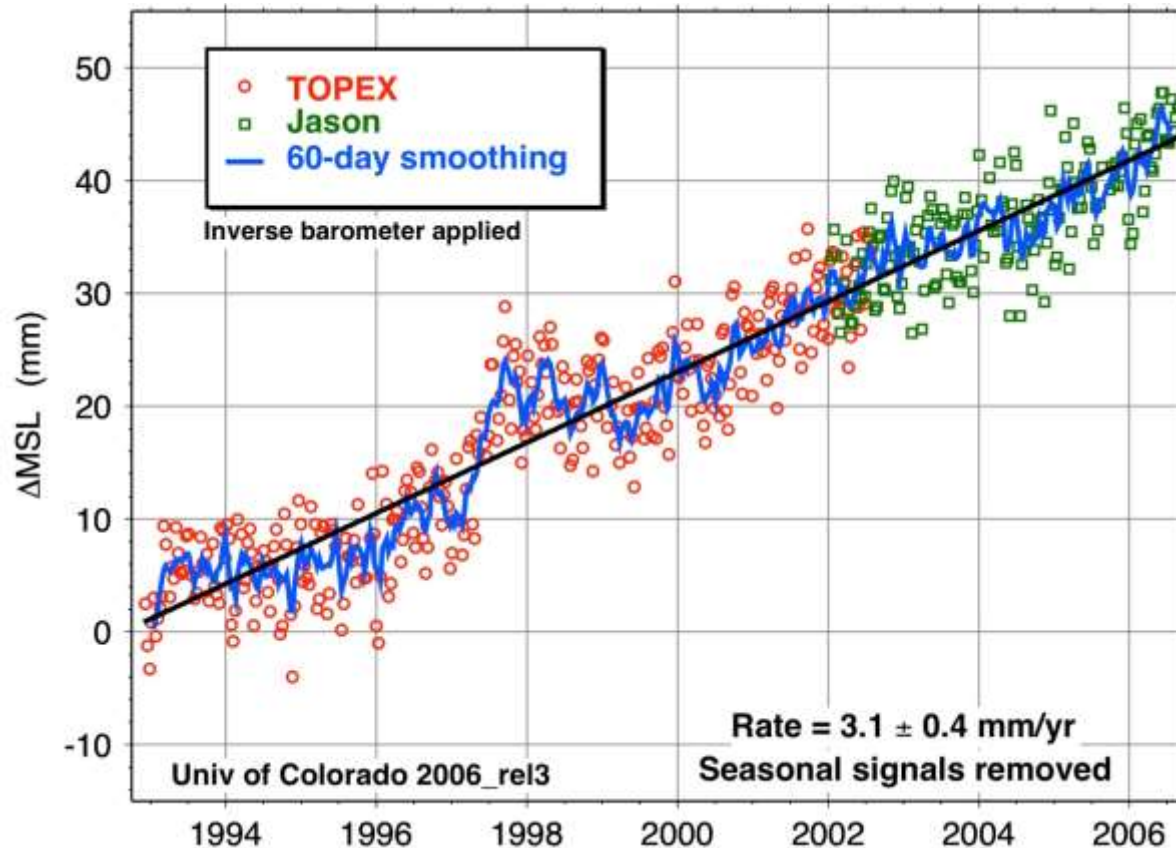
Adaptado de Bodin, 1998, p. 37

Sea level trend patterns from multi mission satellite altimetry (1993-2012)



(Courtesy of Anny Cazenave , Sea Level CCI project).

Tendencias en elevación del nivel del mar



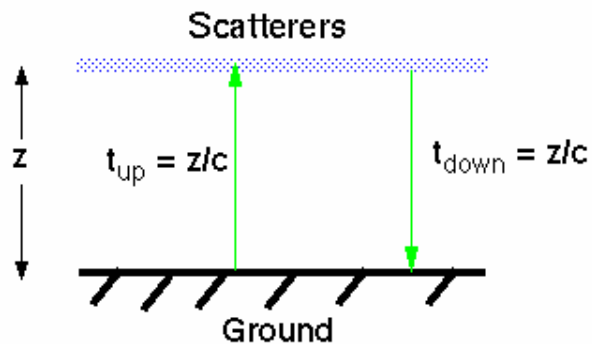
http://sealevel.colorado.edu/current/sl_ib_ns_global.jpg

Lídar



(tomado de video uned)

101

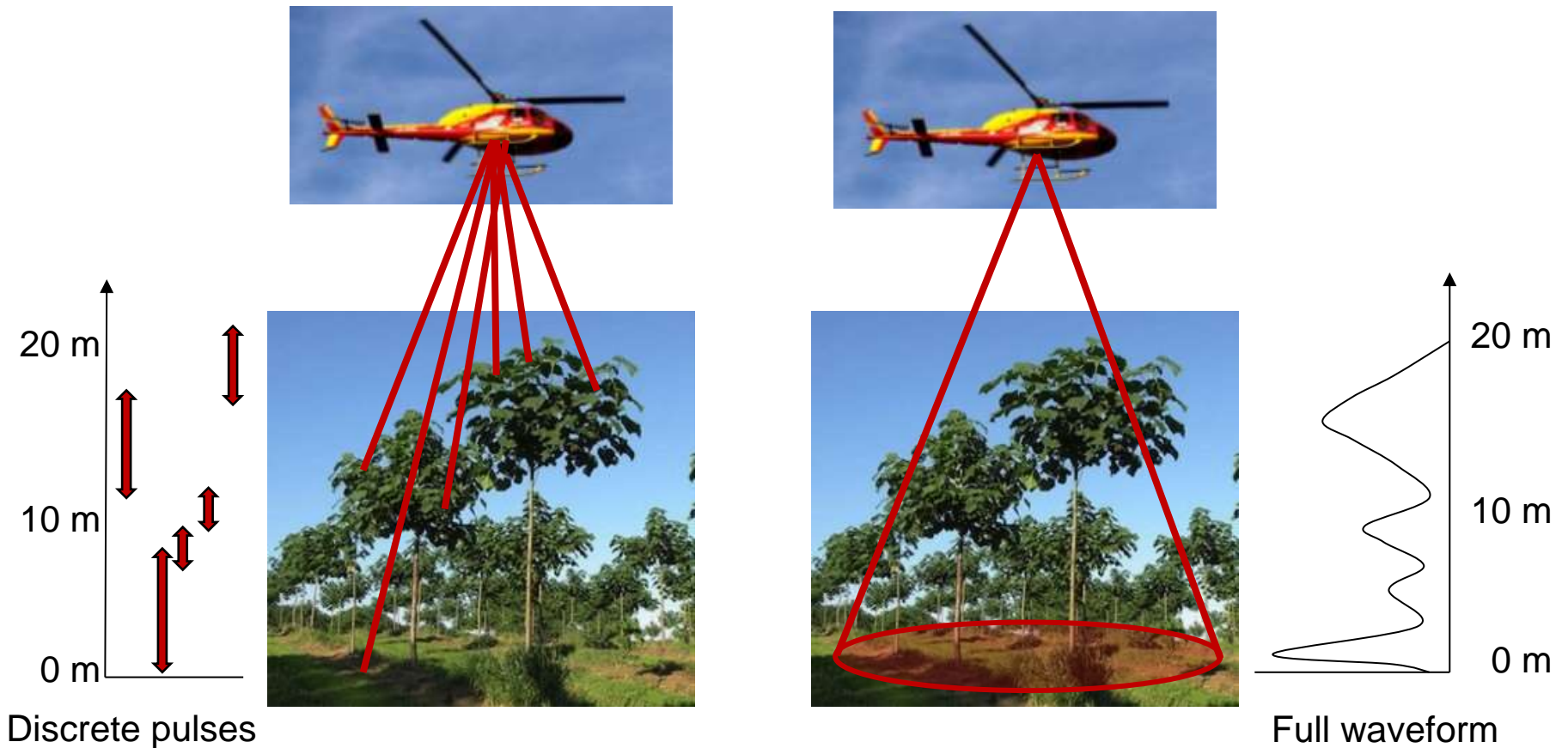


$$t_{\text{total}} = t_{\text{up}} + t_{\text{down}} = (2z)/c$$

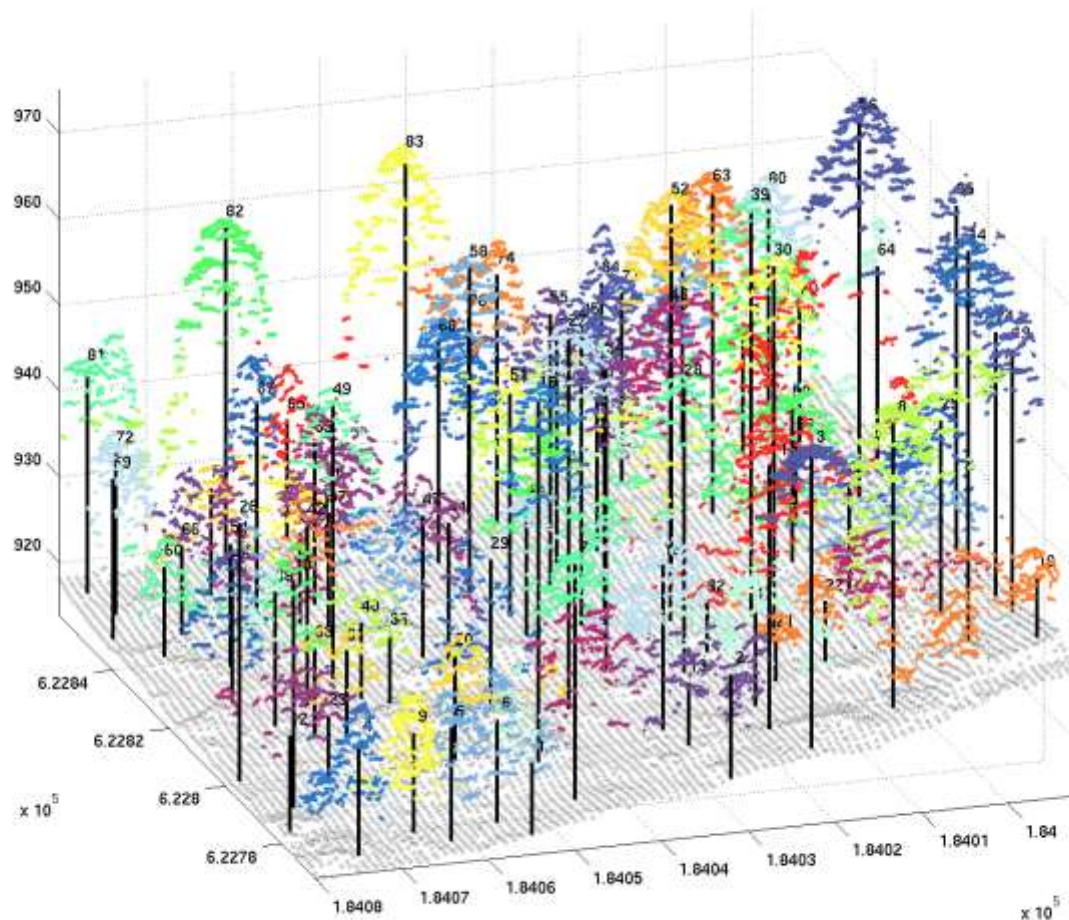
$$z = (c \cdot t_{\text{total}}) / 2$$

- Un láser es emitido y recogido por un instrumento móvil:
 - $D = V \times t$
- Un sistema GPS de precisión permite conocer la altitud de vuelo.
- $\text{Altura} = \text{Altitud} - D$

Tipos de lidar: tamaño de la huella



Descripción de cubiertas forestales



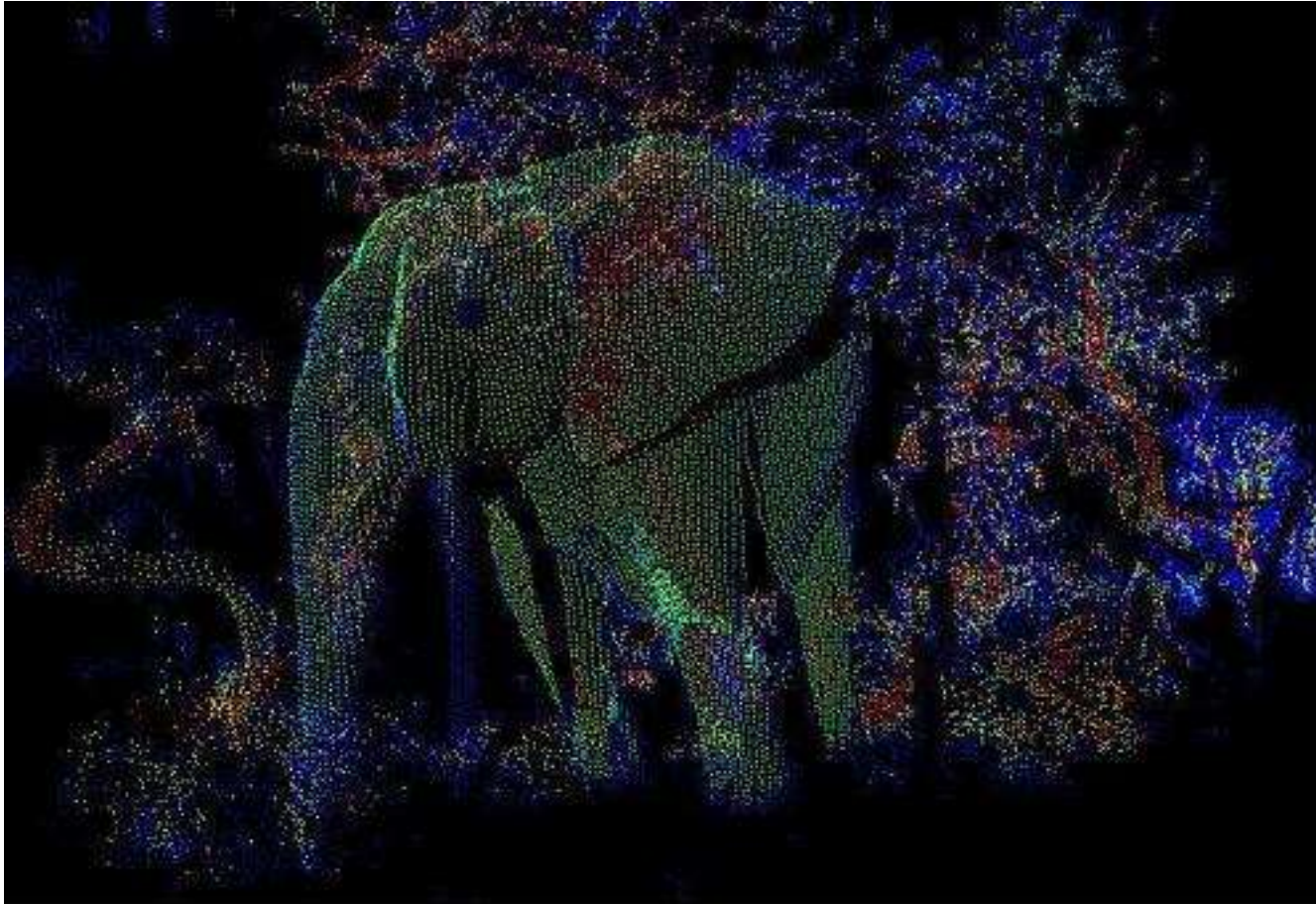
Topografía urbana



Manheim

www.toposys.com/

Fauna



pic.twitter.com/fRSBMYXx6b

Plataformas de teledetección



Radiómetros de campo

- Blanco estándar

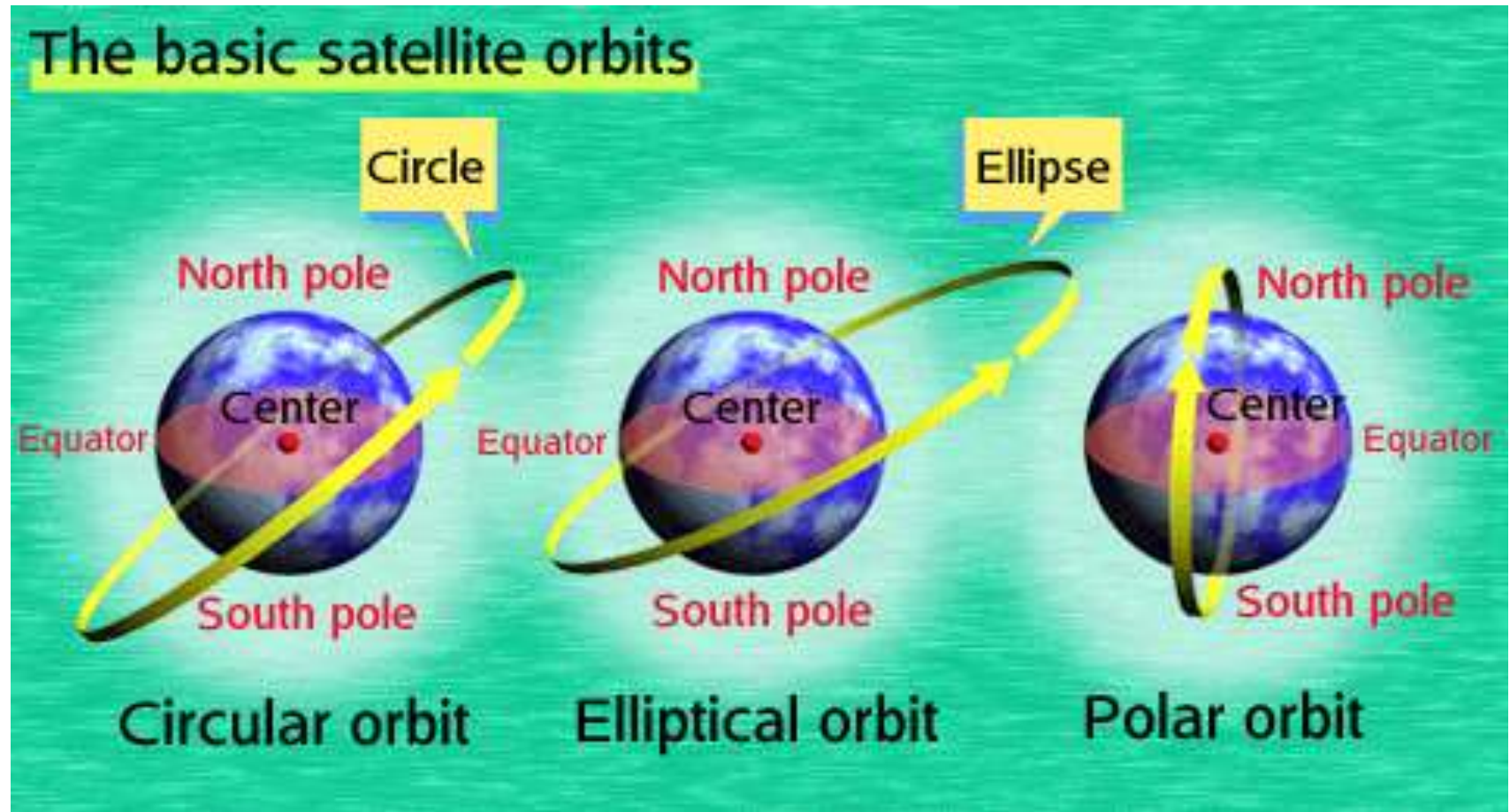


- Energía solar incidente

Sensores que observan
hacia abajo y hacia
arriba simultáneamente



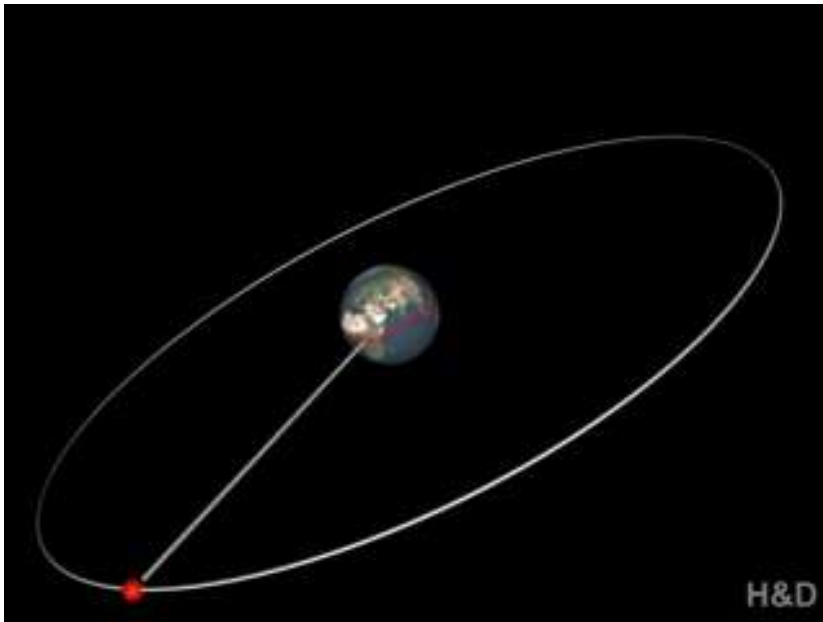
Órbitas de satélite más comunes



(NASDA, 1999)

Emilio Chuvieco / Javier Salas – Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente

Orbitas más comunes



Geoestacionaria



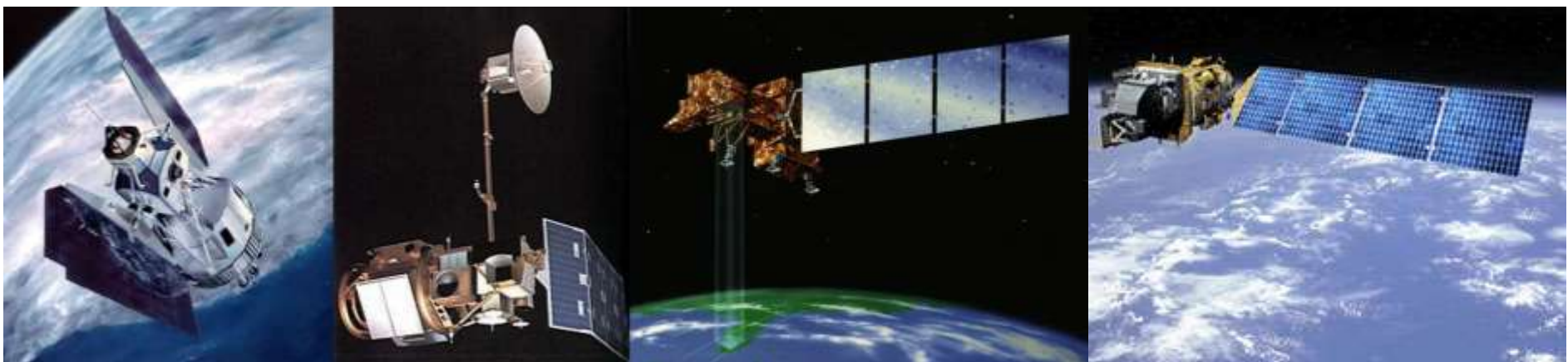
Polar

Satélites de teledetección más comunes

- Satélites de recursos naturales:
 - Landsat
 - SPOT
 - IRS
 - Sentinel 1-2
- Meteorológicos:
 - Meteosat - GOES
 - NOAA
 - DMSP
 - METOP
 - NPOESS
- Observación global:
 - Terra – Aqua
 - Sentinel-3
- Satélites de alta resolución:
 - Ikonos - Geoeye
 - Quickbird
 - Orbview
- Equipos radar:
 - ERS-Envisat-Sentinel-1
 - Terrasar-X.

Programa Landsat

- Lanzamientos: 1972, 1975, 1978, 1982, 1984 (falló en 1993), 1999 and 2013.
- Órbita heliosíncrona:
 - 917 km (1-3); 705 km (4-5-7-8).
- Ciclo: 18 días (1-3); 16 días (4-5-7-8).



Landsat sensors

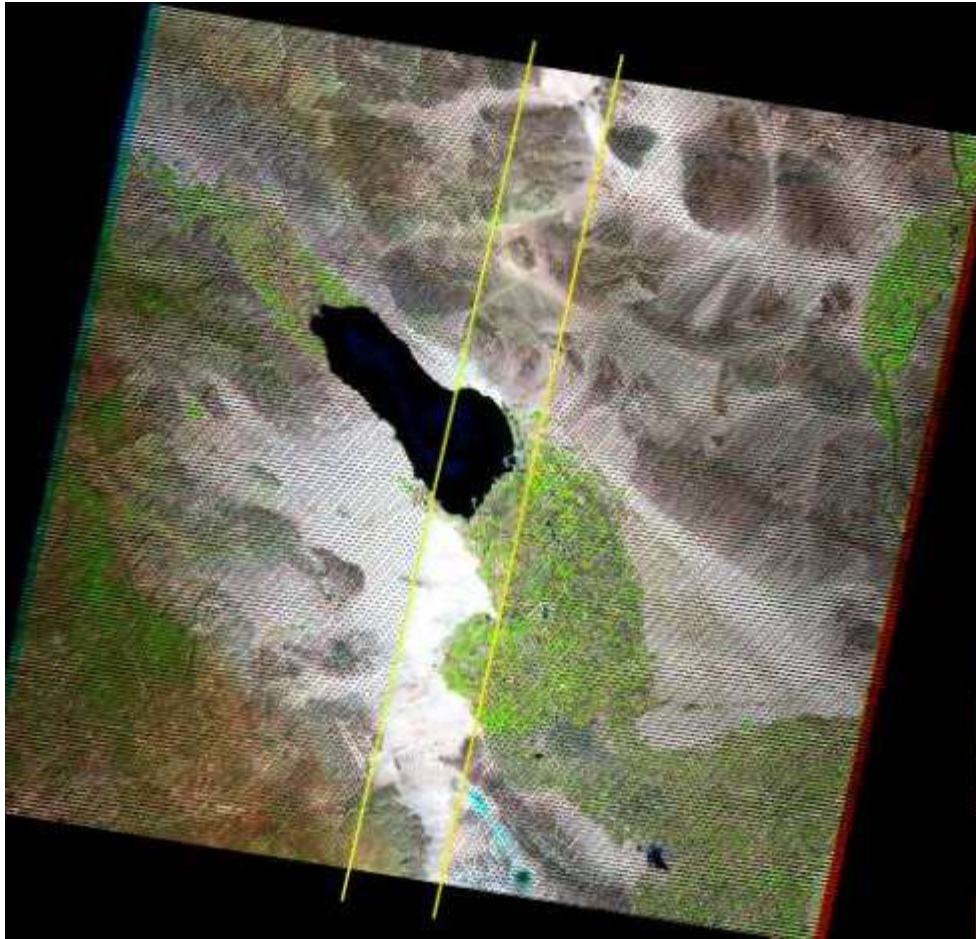
MSS ¹		RBV		TM ²		ETM+ ³		OLI / TIR ⁶	
4	0.5- 0.6mm	1 ⁴	0.475-0.575mm	1	0.45-0.52mm	1	0.45-0.52mm	1	0.43-0.45mm
5	0.6- 0.7mm	2 ⁴	0.580-0.680mm	2	0.52-0.60mm	2	0.52-0.60mm	2	0.45-0.51mm
6	0.7- 0.8mm	3 ⁴	0.690-0.830mm	3	0.63-0.69mm	3	0.63-0.69mm	3	0.53-0.59mm
7	0.8- 1.1mm	1 ⁵	0.505-0.750mm	4	0.76-0.90mm	4	0.76-0.90mm	4	0.64-0.67mm
8 ⁵	10.4-12.6 mm			5	1.55-1.75mm	5	1.55-1.75mm	5	0.85-0.88mm
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>¹ Only Landsat 1 to 3 ² Only Landsat 4 and 5 ³ Only Landsat 7 ⁴ Only Landsat 1 and 2 ⁵ Only Landsat 3 ⁶ Only Landsat 8</p> </div>				6	10.40-12.50 mm	6	10.40- 12.50mm	6	1.57-1.65 μm
				7	2.08-2.35mm	7	2.08-2.35mm	7	2.11-2.19mm
						8	0.52-0.90mm	8	0.50-0.68mm
						9	1.36-1.38μm		
						10	10.60-11.19μm		
		11	11.50-12.51μm						

Spatial resolution

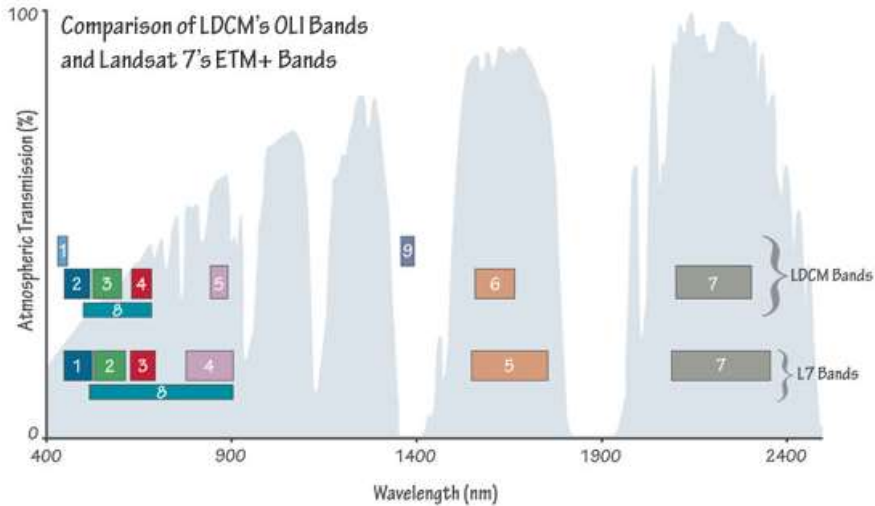
4-7	79m	1-3	80m	1-5 y 7	30m	1-5 y 7	30m	1-7 y 9	30m
						6			
8	240m	1	40m	6	120m	8	15m	10-11	100m

- Landsat-7:
 - Problemas de posicionamiento.
 - Fallo en el sistema de corrección del barrido (SLC off), afecta a las líneas centrales.
- Landsat-8 (lanzado en febrero de 2013):
 - Sensor OLI.
 - Sensor TIRS.

Problemas en el ETM+



Diferencias ETM+ / OLI



ETM+ and OLI/TIRS Spectral Bands			
L7 ETM+ Bands		LDCM OLI/TIRS Band Requirements	
		30 m, Coastal/Aerosol, 0.433–0.453 μm (*A)	Band 1
Band 1	30 m, Blue, 0.450–0.515 μm	30 m, Blue, 0.450–0.515 μm	Band 2
Band 2	30 m, Green, 0.525–0.605 μm	30 m, Green, 0.525–0.600 μm	Band 3
Band 3	30 m, Red, 0.630–0.690 μm	30 m, Red, 0.630–0.680 μm (*B)	Band 4
Band 4	30 m, Near-IR, 0.775–0.900 μm	30 m, Near-IR, 0.845–0.885 μm (*B)	Band 5
Band 5	30 m, SWIR-1, 1.550–1.750 μm	30 m, SWIR-1, 1.580–1.660 μm (*B)	Band 6
Band 7	30 m, SWIR-2, 2.090–2.350 μm	30 m, SWIR-2, 2.100–2.300 μm (*B)	Band 7
Band 8	15 m, Pan, 0.520–0.900 μm	15 m, Pan 0.500–0.680 μm (*B)	Band 8
		30 m, Cirrus, 1.360–1.390 μm (*C)	Band 9
Band 6	60 m, LWIR, 10.00–12.50 μm	100 m, LWIR-1, 10.30–11.30 μm (*D)	Band 10
		100 m, LWIR-2, 11.50–12.50 μm (*D)	Band 11

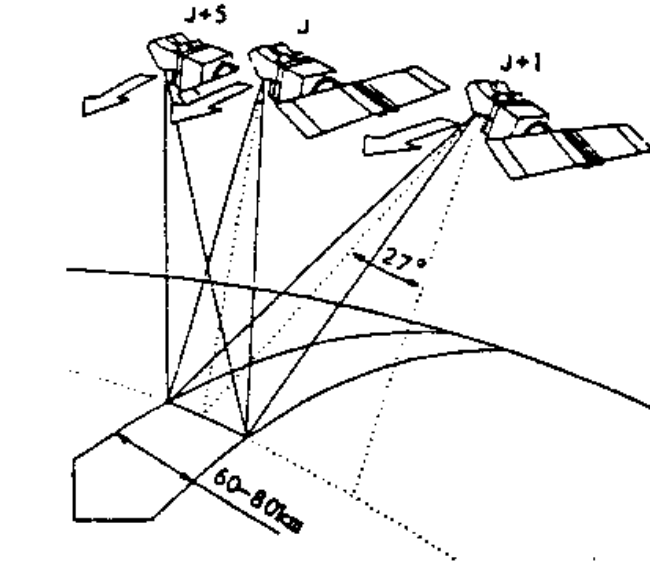
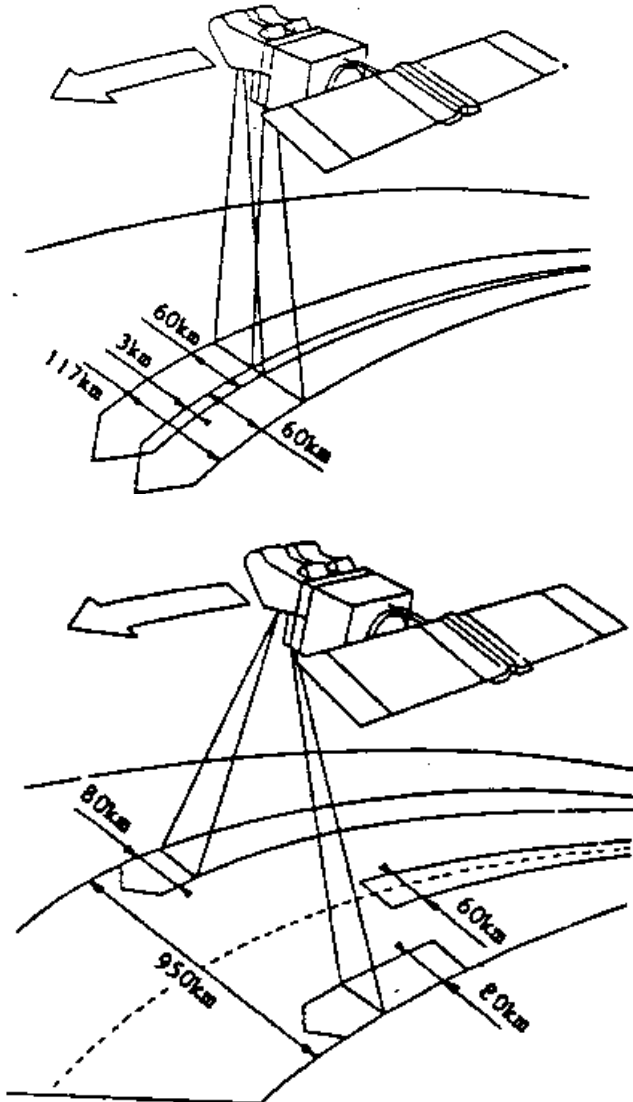
*Explanation of Differences

- A. Coastal Band added at request of ocean color investigators requiring higher resolution of coastal waters relative to MODIS and SeaWiFS.
- B. Bandwidth refinements made to avoid atmospheric absorption features (enabled by the higher signal-to-noise ratio inherent in push-broom architecture).
- C. Cirrus Band added to detect cirrus contamination in other channels.
- D. TIRS will acquire the data for these two thermal bands.

- Desde enero 2009 todas las imágenes del archivo histórico Landsat del USGS pueden accederse gratuitamente.
- Todas corregidas geométricamente UTM, en formato Geotiff, con convolución cúbica.
- Referencia: glovis.usgs.gov
- Generación de mosaicos globales para detección de cambios: 1975, 1990, 2000, 2005.

- Iniciativa franco-belga-sueca.
- Lanzamientos: 1986, 1990, 1993, 1998, 2002, 2012, 2014.
- Novedades técnicas:
 - Permite cambiar el ángulo de observación.
 - Incorpora sensor de exploración CCD.
- Sensores:
 - HRV (mejorado en 1998 con SWIR).
 - Vegetation (SPOT-4 y 5).

Observaciones no verticales



Observación estereoscópica

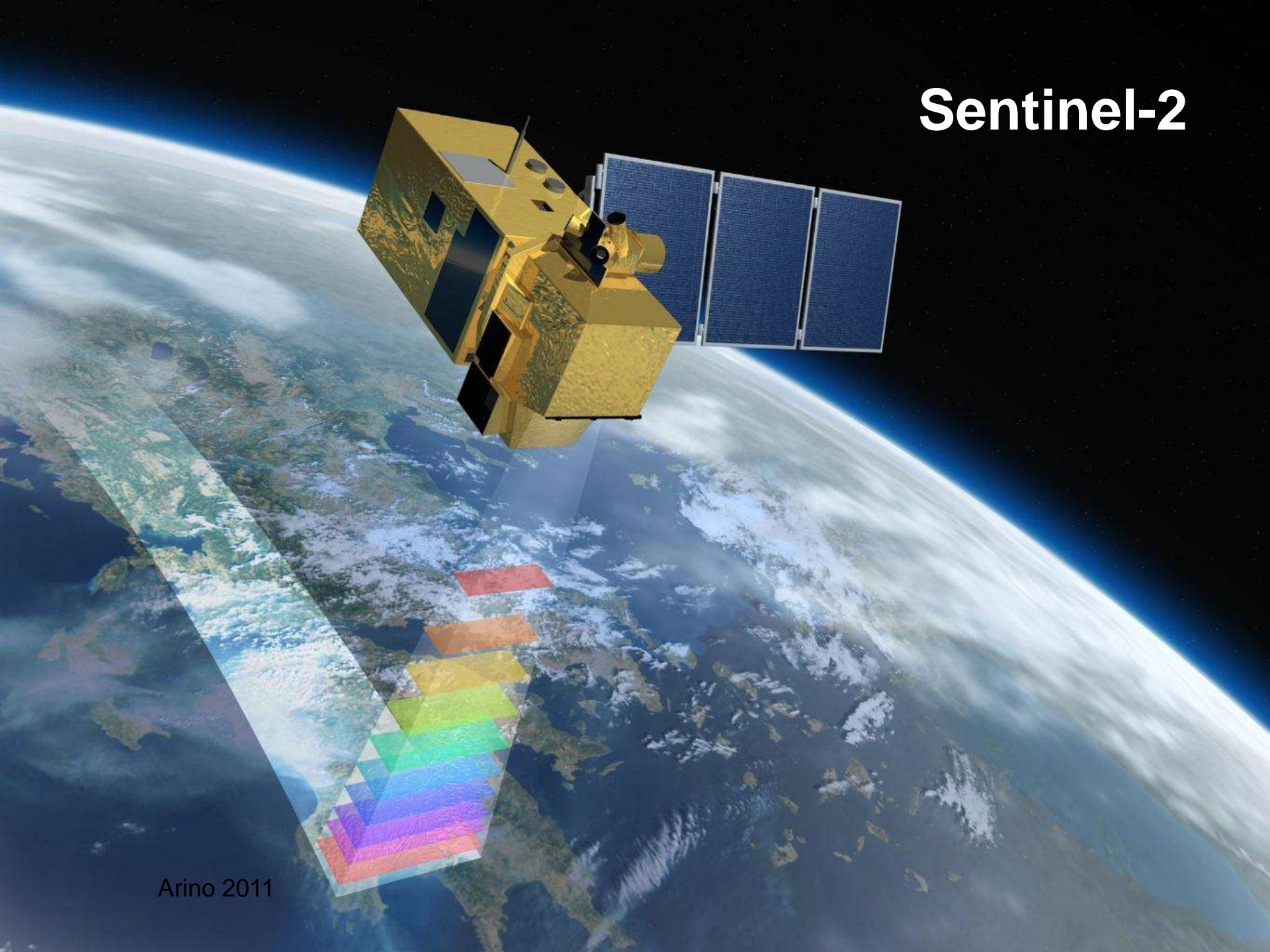
Mejora en la
resolución temporal

SPOT program

HRV ¹ (μm)		HRVIR ² (μm)		HRG ³ (μm)		HR ⁴		Vegetation ^{2,3} (μm)	
1	0.50–0.59	1	0.50–0.59	1	0.50–0.59	1	0.455–0.525	1	0.43–0.47
2	0.61–0.68	2	0.61–0.68	2	0.61–0.68	2	0.530–0.590	2	0.61–0.68
3	0.79–0.89	3	0.79–0.89	3	0.78–0.89	3	0.625–0.695	3	0.78–0.89
P	0.51–0.73	4	1.58–1.75	4	1.58–1.75	4	0.760–0.890	4	1.58–1.75
		P	0.51–0.73	P	0.48–0.71	P	0.45–0.74		
Spatial Resolution									
1–3	20 m	1–3	20 m	1–3	10 m	1–4	6 m	1–4	1000 m
				4	20 m				
P	10 m	P	10 m	P	2.5–5 m	P	1.5m		

¹ Only in SPOT-1 to 3; ² Only in SPOT-4; ³ Only in SPOT-5; ⁴ Only in SPOT-6 and 7

Sentinel-2



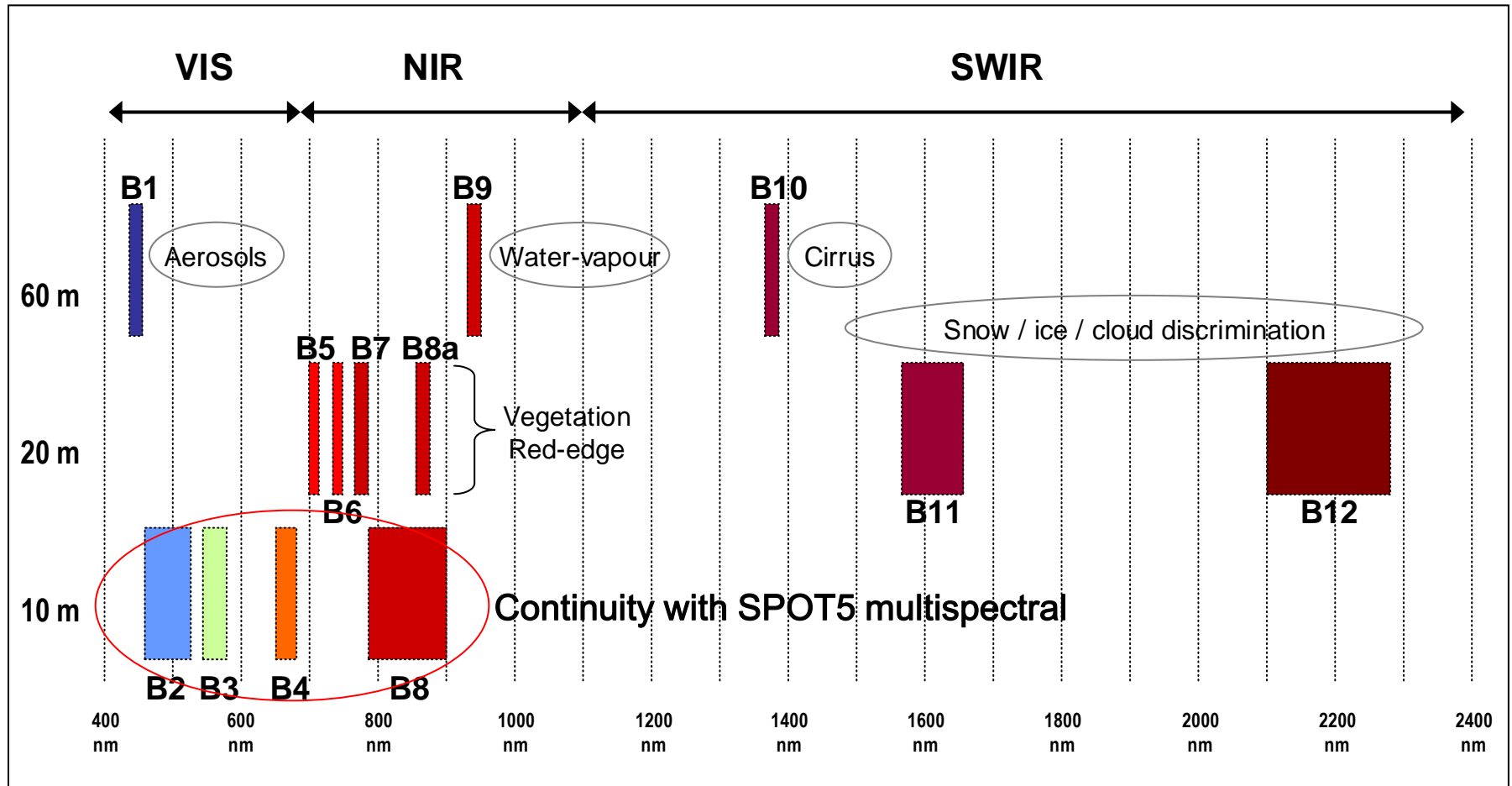
Sentinel-2: Superspectral Imaging Mission

- Launch date: June 2015 / March 2017
- 13 spectral bands (VIS, NIR & SWIR)
- Spatial resolution: 10, 20 and 60 m
- 290 km swath width
- 5 days repeat cycle (cloud free) with 2 satellites
- Sun synchronous orbit at 786 km mean altitude
- 7 years design life time, consumables for 12 years
- Applications:
 - generic land cover maps
 - rapid mapping for emergency response

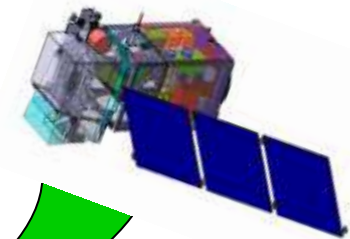
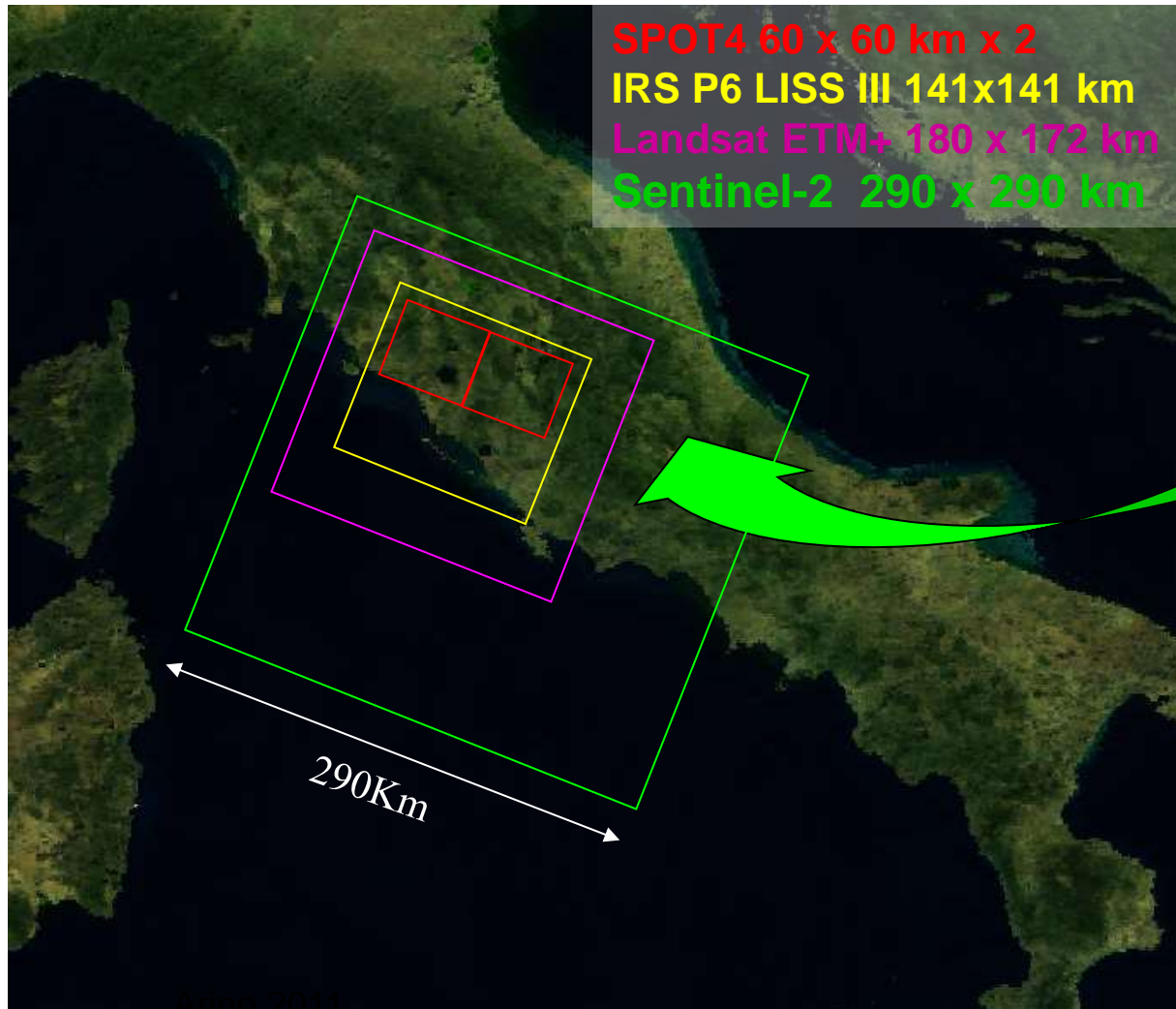


Arino 2011

Sentinel-2: 13 Spectral Bands



Sentinel-2 Swath



High revisit time assured
by twin satellite
observations performed
over a very large swath

Ikonos - Geoeye



Universidad
de Alcalá

- Ikonos lanzado en Septiembre del 99, primer satélite privado de teledetección.
- Geoeye1 (lanzado en 2008):
 - 41 cm en pancromático; 1.65m en multiespectral, adquisición simultánea.
 - 3 días de frecuencia en observación no vertical.
- Orbview-3 (2003):
 - 1 m en P y 4 m en XS.
- Geoeye 2 (construido pero no lanzado):
 - 34 cm en pancromático
 - 1.36 m en multispectral

<http://www.geoeye.com>

Tipos de producto



1-Metro Pancromático

**4-Metros
Multiespectral**



www.spaceimaging.com

1-Metro 'Pan-Sharpened'

Quickbird – Worldview

Digital Globe, ahora unidos con Geoeeye)



- Quickbird:
 - Lanzamiento en Octubre de 2001. Segundo consorcio privado (61 cm P y 2.5 m XS (4 bandas).
- Worldview-1 (2017):
 - 50 cm
- Worldview-2 (2009):
 - 50 cm P y 2 m en XS (8 bandas)
- Worldview-3 (2014):
 - 31 cm P; 1.24 m en XS (8 bandas VIS-NIR); 4 m para 8 bandas en SWIR, y 30 m para 12 bandas adicionales.

Worldview-2 natural colour image over the Vatican city



(Courtesy of European Space Agency / Digital Globe) *Geografía, Geografía y Medio Ambiente*

- Skysat-1 and 2 in 2009.
- P: 0.9 resolution and 2 m in the B,G,R and NIR bands for 8 km swaths
- The company was purchased by Google in 2014, and plans to build a full constellation of high-spatial resolution sensors for very frequent revisiting access.

SkySat-1 image over the Shenzhen port, China



(Courtesy Skybox Imaging, Inc. | Provided by European Space Imaging).
Emilio Chuvieco / Javier Salas – Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente

Rapid Eye constellation

- Own by the German company BlackBridge,
- 5 bands: 6.5 m at nadir (B, G, R, R-NIR, NIR) with a dynamic range of 12-bit
- 5 satellites: up to 1 day revisiting time.



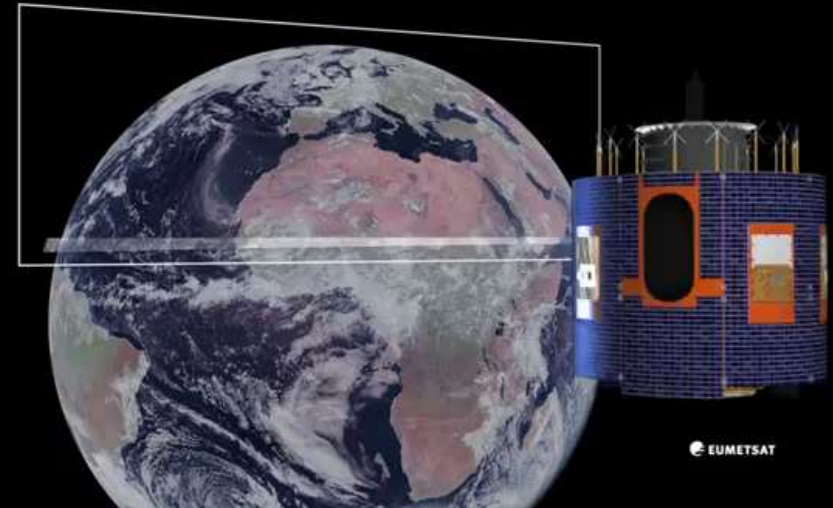
RapidEye natural color image of Madrid, Spain (2011)



- Geoestacionarios:
 - GOES, Meteosat.
- Orbita Polar:
 - Nimbus (desactivado)
 - NOAA – Metop – Feng Yun.
 - DMSP
 - NPOES.

- Orbitan a 36.000 km. Cubren todo el disco visible: Meteosat, Goes, GMS, Insat.
- Alta resolución temporal: 30 minutos.
- Baja resolución espacial: 2.5 a 5 km.
- Visible, IRT, Vapor de agua.
- MSG: Segunda Generación / MTG Third generation.

Imagen completas del Meteosat y GOES



SEVIRI (15 min)



Band	Width (μm)		Resolution	Main observational application
VIS0.6	0.56	0.71	3 km	Surface, clouds, wind fields
VIS0.8	0.74	0.88	3 km	Surface, clouds, wind fields
NIR1.6	1.50	1.78	3 km	Surface, cloud phase
IR3.9	3.48	4.36	3 km	Surface, clouds, wind fields
WV6.2	5.35	7.15	3 km	Water vapor, high level clouds, atmospheric instability
WV7.3	6.85	7.85	3 km	Water vapor, atmospheric instability
IR8.7	8.30	9.1	3 km	Surface, clouds, atmospheric instability
IR9.7	9.38	9.94	3 km	Ozone
IR10.8	9.80	11.80	3 km	Surface, clouds, wind fields, atmospheric instability
IR12.0	11.00	13.00	3 km	Surface, clouds, atmospheric instability
IR13.4	12.40	14.40	3 km	Cirrus cloud height, atmospheric instability
HRV	(0.4 – 1.1 μm)		1 km	Surface, clouds

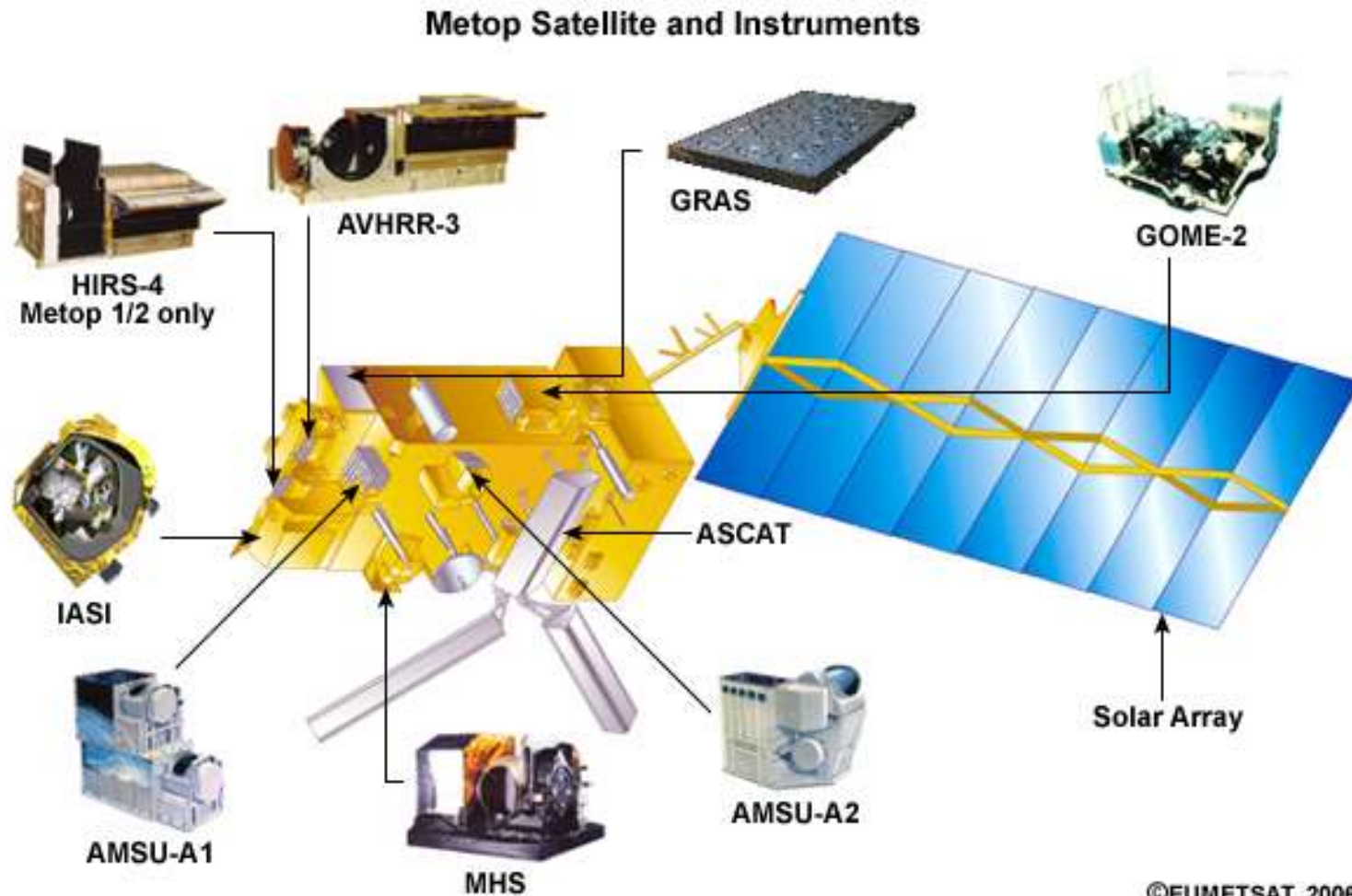
Meteorológicos polares

- NOAA.
- DMSP
- METOP
- Terra-Aqua.
- NPP

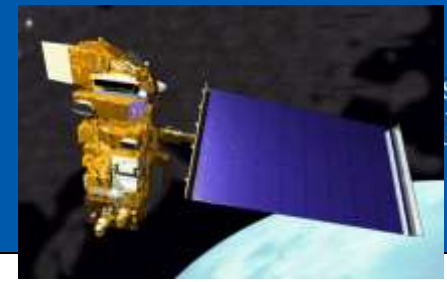
- Se compone de tres satélites polares. El primero (Metop-A) fue lanzado por ESA/ EUMETSAT en oct,2006. En Mayo 2007 entró en fase operativa.
- Incluye varios sensores nuevos, pero también otros ya instalados en los NOAA:
 - HIRS/4, AMSU-A, and Microwave Humidity Sounder (MHS) instruments.
 - AVHRR/3.

Instrumentos de METOP

http://www.eumetsat.int/eps_webcast/eps_en/print.htm#s5p1



Terra y Aqua

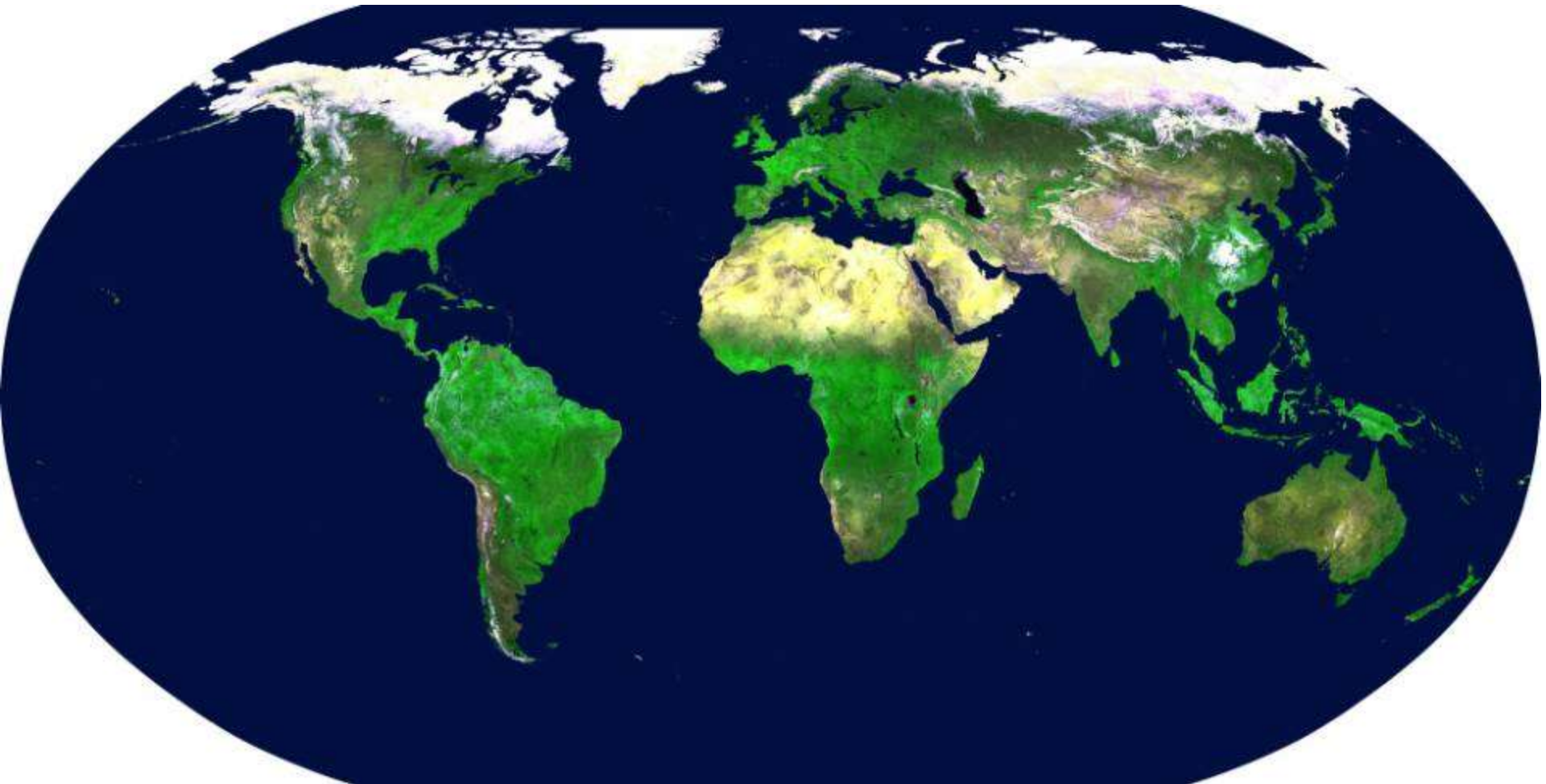


sidad
lá

- Lanzados en Octubre de 1999 y en Aqua 2002.
- Órbita polar, heliosíncrona, a 705 km de altura. Cruce ecuatorial a las 10:30 a.m. (Terra) y 14.30 (Aqua).
- Sensores:
 - Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)
 - Multi-Angle Imaging Spectroradiometer (MISR)
 - Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS).
 - Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER).
 - Measurements of Pollution In The Troposphere (MOPITT).

- 36 canales, resolución variable:
 - 250m (R,IRC)
 - 500m (A,V,IRC2,SWIR1,SWIR2)
 - 1000m (VIS,IRM, IRT)
- Libre distribución.
- Datos calibrados.

Indice global de vegetación con Modis



<http://modis.gsfc.nasa.gov>

Emilio Chuvieco / Javier Salas – Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente

RADAR satellites

- Seasat (L Band).
- SIR-C (L, C and X band).
- SRTM (interferometry, C band)
- ERS-1 – 2 - Envisat (C band, 23°).
- Radarsat (C band. 20 to 50°).
- JERS-ALOS-ALOS 2 (L band, 35°).
- Sentinel-1 (C band) up to 5 m
- Terrasar (X band) up to 1 m
- Cosmo-skymed (X band) up to 1 m

Sentinel-1



Arino 2011

Sentinel-1: C-band SAR mission

- Orbital period: 98.6 minutes)
- Daily coverage of high priority areas, e.g. Europe, Canada, shipping routes.
- Global coverage in 6 days with S1A + S1B.

IWS Sentinel 1a and 1b, European region, 5 days, 1 day step

Operation modes:

Modes	Resolution	Swath Width	Polarisation
Stripmap (SM)	5 x 5 m ²	> 80 km	HH+HV or VV+VH
Interf. Wideswath (IW)	5 x 20 m ²	> 250 km	HH+HV or VV+VH
Extra Wideswath (EW)	20 x 40 m ²	> 400 km	HH+HV or VV+VH
Wave (W)	5 x 5 m ²	20 x 20 km ² at 100 km spacing	HH or VV

Imagen multitemporal Sentinel-1A de Tianjin (China)



(From http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2015/06/Tianjin_China)

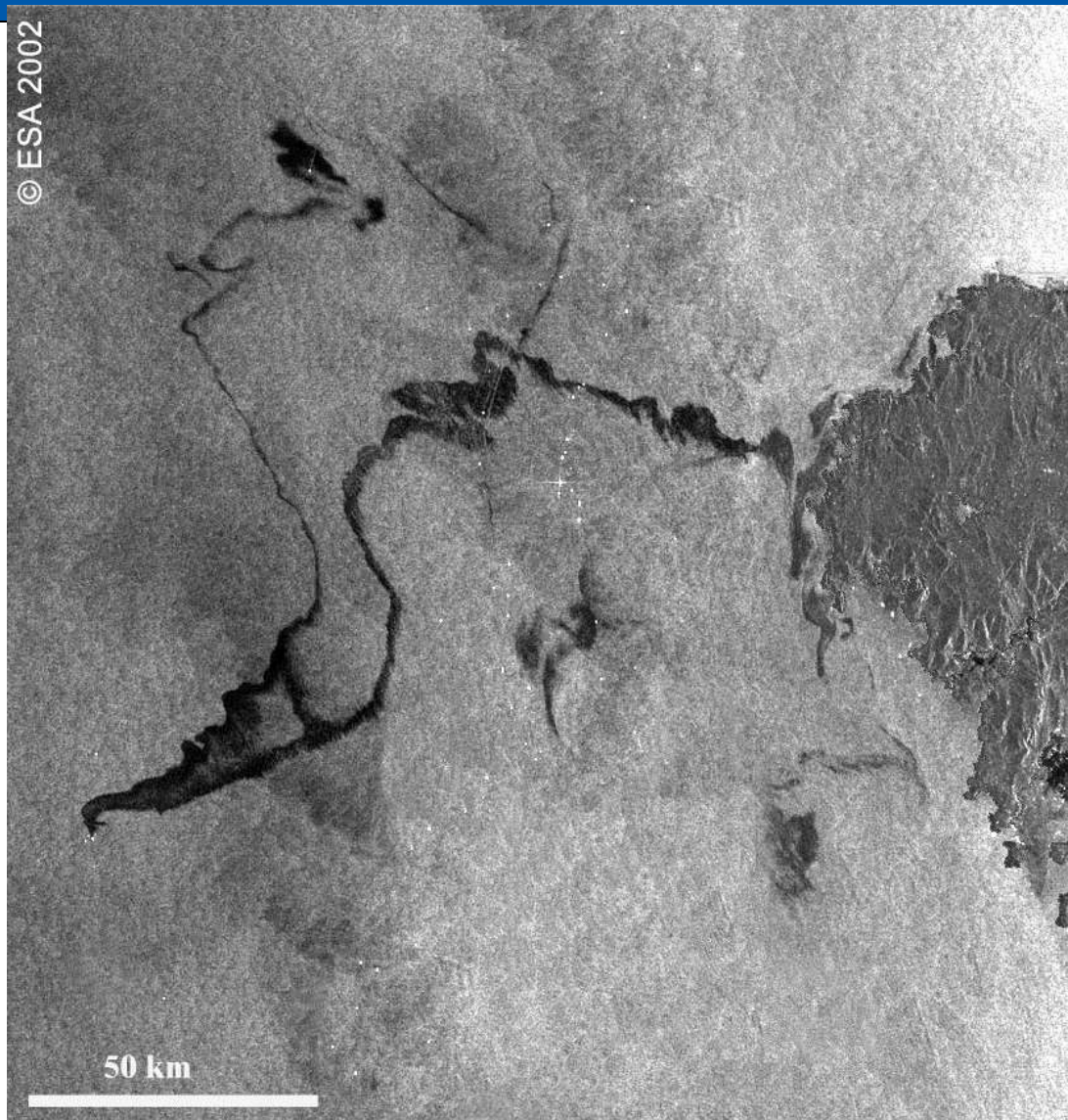


Imagen Envisat ASAR de las manchas del Prestige