



SCT

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

AEM

AGENCIA ESPACIAL
MEXICANA

INTRODUCCIÓN AL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES CON SOFTWARE LIBRE

MÓDULO 01

**Dirección de Formación de Capital Humano
Especializado en el Campo Espacial**

**Agencia Espacial Mexicana
www.gob.mx/aem**

PLAN DEL CURSO

Módulo 1 Conceptos básicos

Módulo 2 Información Geográfica (GDAL)

Módulo 2 Aplicaciones

MÓDULO 1

Percepción remota

Tipos de sensores

Base física de la percepción remota

Resolución

Ejemplos de imágenes

Aplicaciones de las imágenes satelitales

Características LANDSAT 8

¿QUÉ ES PERCEPCIÓN REMOTA?

La adquisición y medición de datos/información de algunas propiedades de un fenómeno, objeto o material por un dispositivo registrador que no está en contacto físico con el objeto en cuestión.

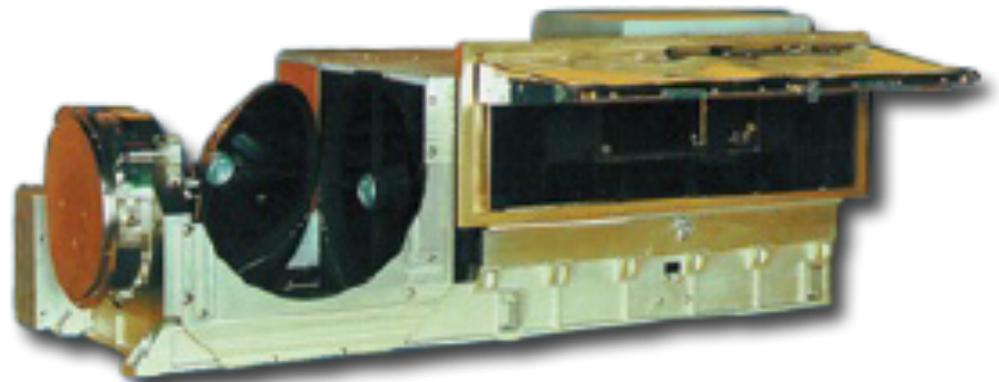
Las técnicas de percepción remota tienen que ver con obtener conocimiento pertinente a los ambientes a través de medir campos de **fuerza, radiación electromagnética** o **energía acústica** empleando cámaras, radiómetros, escaners, lasers, receptores de radiofrecuencia, sistemas de radar, sonar, dispositivos térmicos, sismógrafos, magnetómetros, gravímetros, cintilómetros y otros instrumentos.

Fuente: NASA tutorial on remote sensing

http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/nicktutor_l-1.html

¿QUÉ ES PERCEPCIÓN REMOTA?

Percepción remota es la obtención de información sobre un objeto o sistema sin entrar en contacto directo con él.



CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ESPACIALES DE OBSERVACIÓN

Observación de la tierra

Observación del espacio



Landsat 8



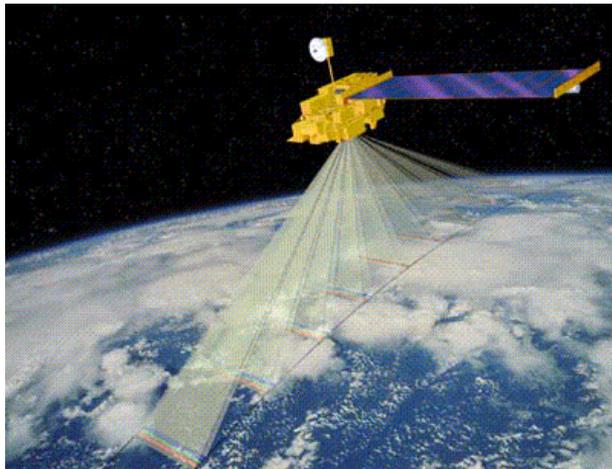
Telescopio
Hubble



Sonda Cassini

INSTRUMENTOS PARA LA PERCEPCIÓN REMOTA

- Terrestres
- Aéreos
- Espaciales

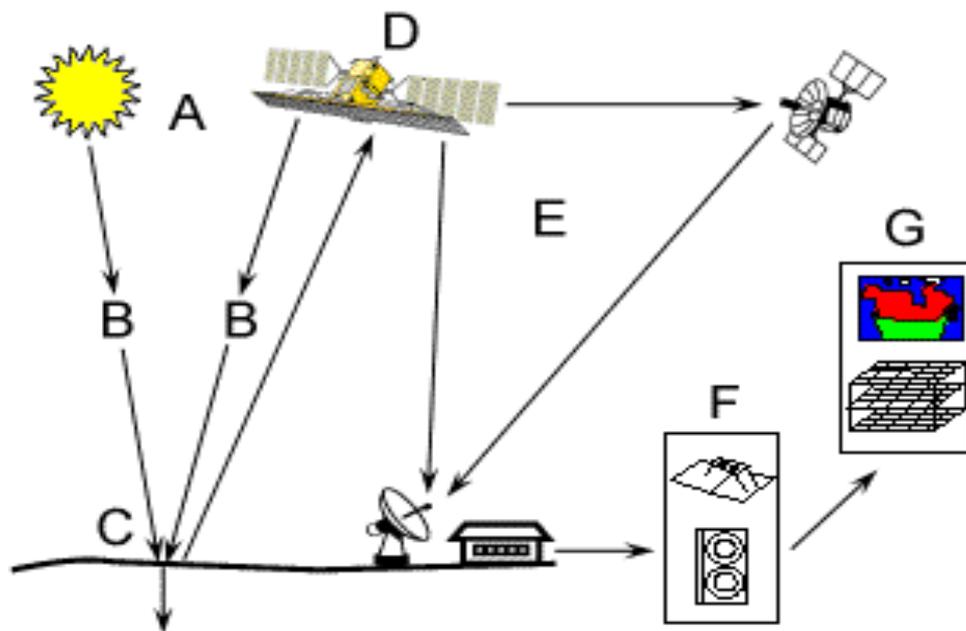


NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection
<http://www.dfrc.nasa.gov/gallery/photo/index.html>
NASA Photo: EC99-45225-2 Date: October 1999 Photo by: Jim Ross

Lockheed ER-2 #809 high altitude research aircraft in flight



COMPONENTES DEL PROCESO DE PERCEPCIÓN REMOTA

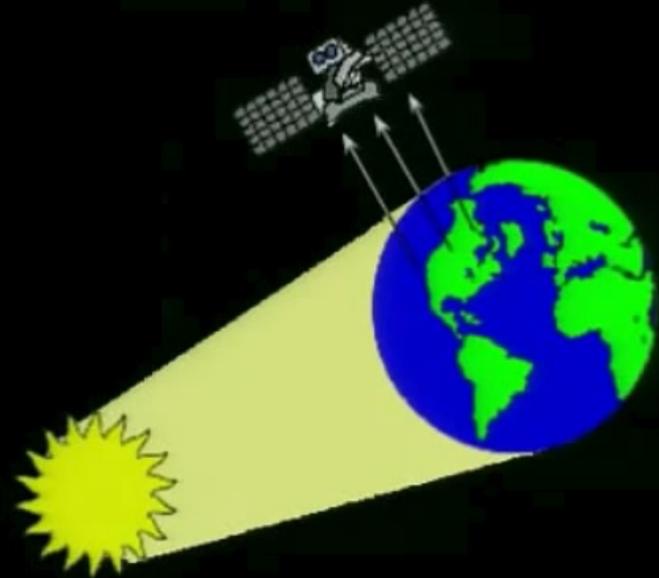
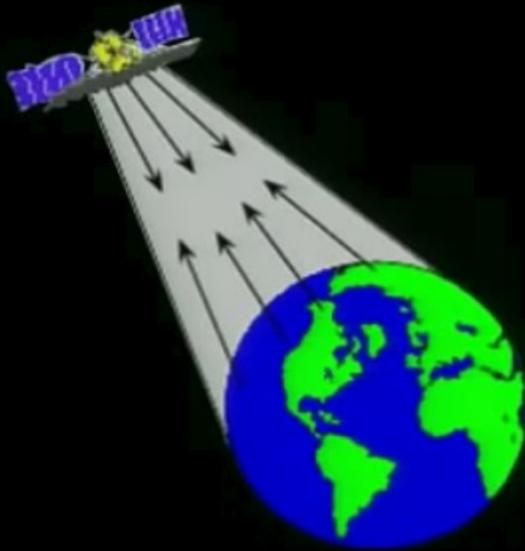


- A** Fuente de energía
- B** Interacción con la atmósfera
- C** Interacción con el objeto de estudio
- D** Registro de la energía por el sensor
- E** Transmisión, recepción y procesamiento
- F** Interpretación y análisis
- G** Aplicación

SENSORES ACTIVOS Y PASIVOS

Sensores pasivos:

Utilizan la energía radiante del sol o de la Tierra como fuente de iluminación



Sensores activos:

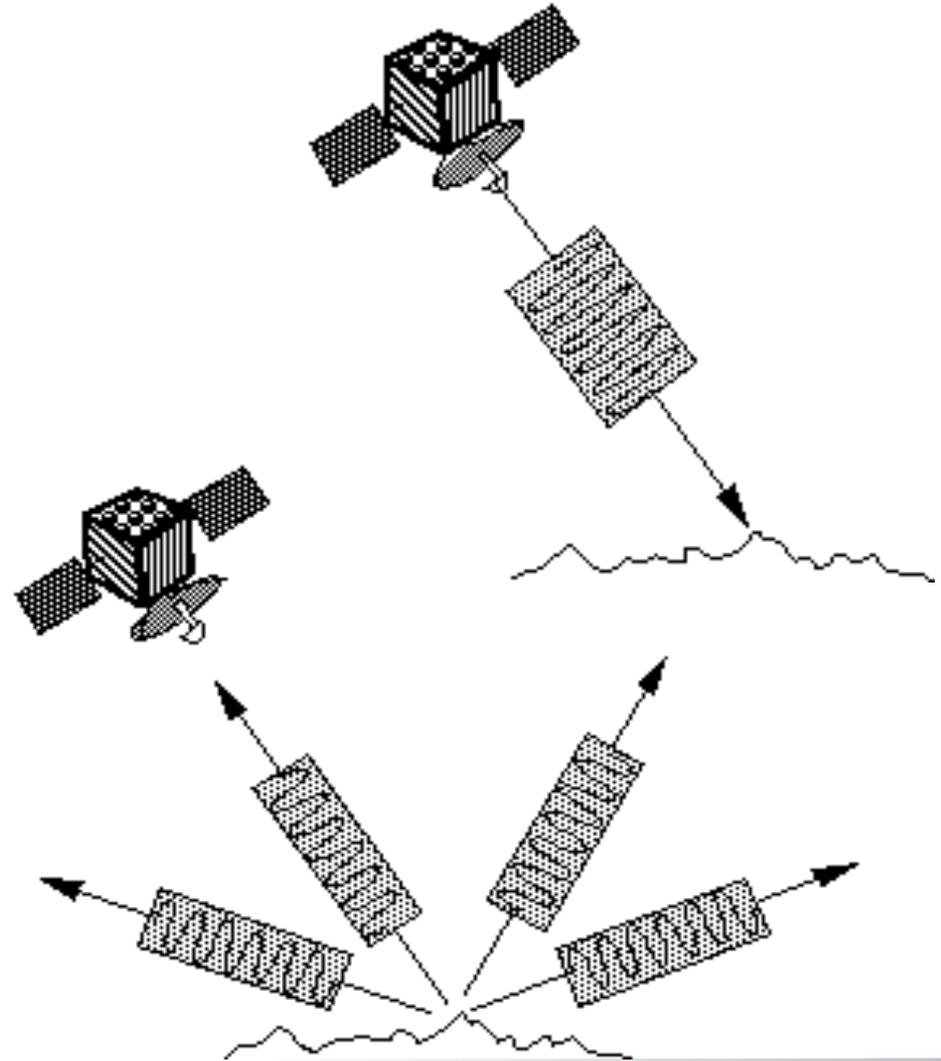
proporcionan su propia energía radiante para iluminar: RADAR, SAR, LIDAR

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SENSORES ACTIVOS

Ventajas	Desventajas
Independientes del clima: las radiaciones de microondas pueden penetrar las nubes, lluvia ligera y nieve.	La energía radiada es baja y puede ser influenciada o interferida por otras fuentes.
Independiente del sol: pueden ser operados día y noche.	
El radar penetra la vegetación y el suelo: puede obtener información de la capa la superficie desde milímetros hasta metros de profundidad.	Las señales de radar son de una sola frecuencia por lo que no contienen características espectrales.
Puede dar información del contenido de humedad de la capa de suelo.	Análisis complicado y costoso.

RADAR

- Un haz de pulsos de microondas se envía hacia la tierra.
- La energía interacciona con el terreno y se dispersa.
- La energía que regresa es medida por el sensor.
- El Radar determina la dirección y la **distancia** del objeto así como sus propiedades de dispersión.



SATÉLITES COMERCIALES DE PERCEPCIÓN REMOTA CON SAR

Commercial Radar Remote Sensing Satellites

Satellite Mission	Launch Date	Band	Resolution	Swath Width	Repeat Rate	Comment
TerraSAR-X / TanDEM-X	2007 / 2010	X Band	1-18 meters	5 - 150 km	11 days	A German mission carried out under a public-private-partnership with the German Aerospace Center and EADS Astrium. Both satellites used as radar interferometer for WorldDEM.
COSMO-SkyMed	2007 / 2008	X Band	1-100 meters	10 - 200 km	16 days	Italian constellation of four satellites
RADARSAT-1 / RADARSAT-2	1995 / 2007	C Band	3-100 meters	20 - 500 km	24 days	Canadian commercial mission
PAZ	2013	X Band	1-18 meters	5 - 150 km	11 days	Spanish dual-use mission, constellation with TerraSAR-X and TanDEM-X envisioned

BASE FÍSICA DE LA PERCEPCIÓN REMOTA

Medición de radiación EM.

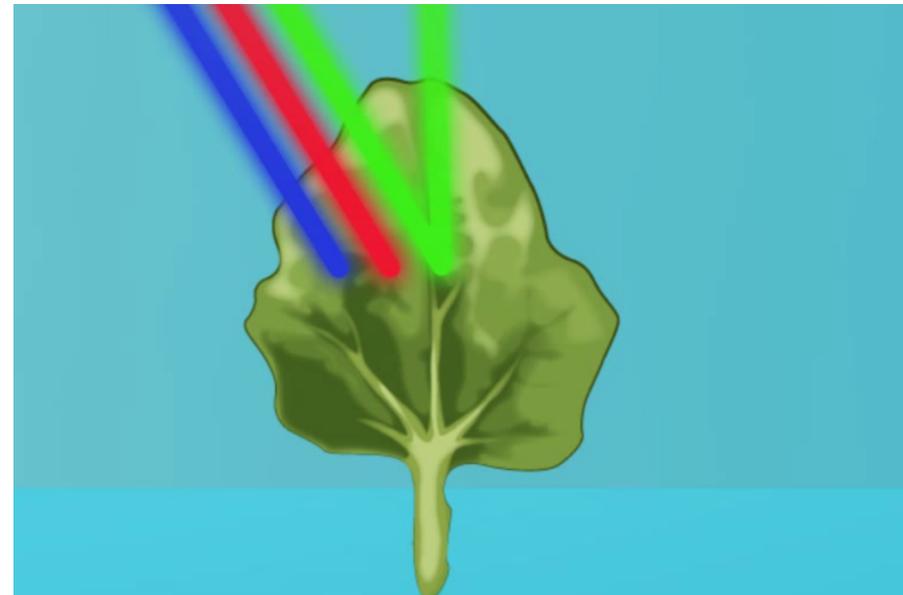
Dispersa, reflejada

Fuentes de energía.

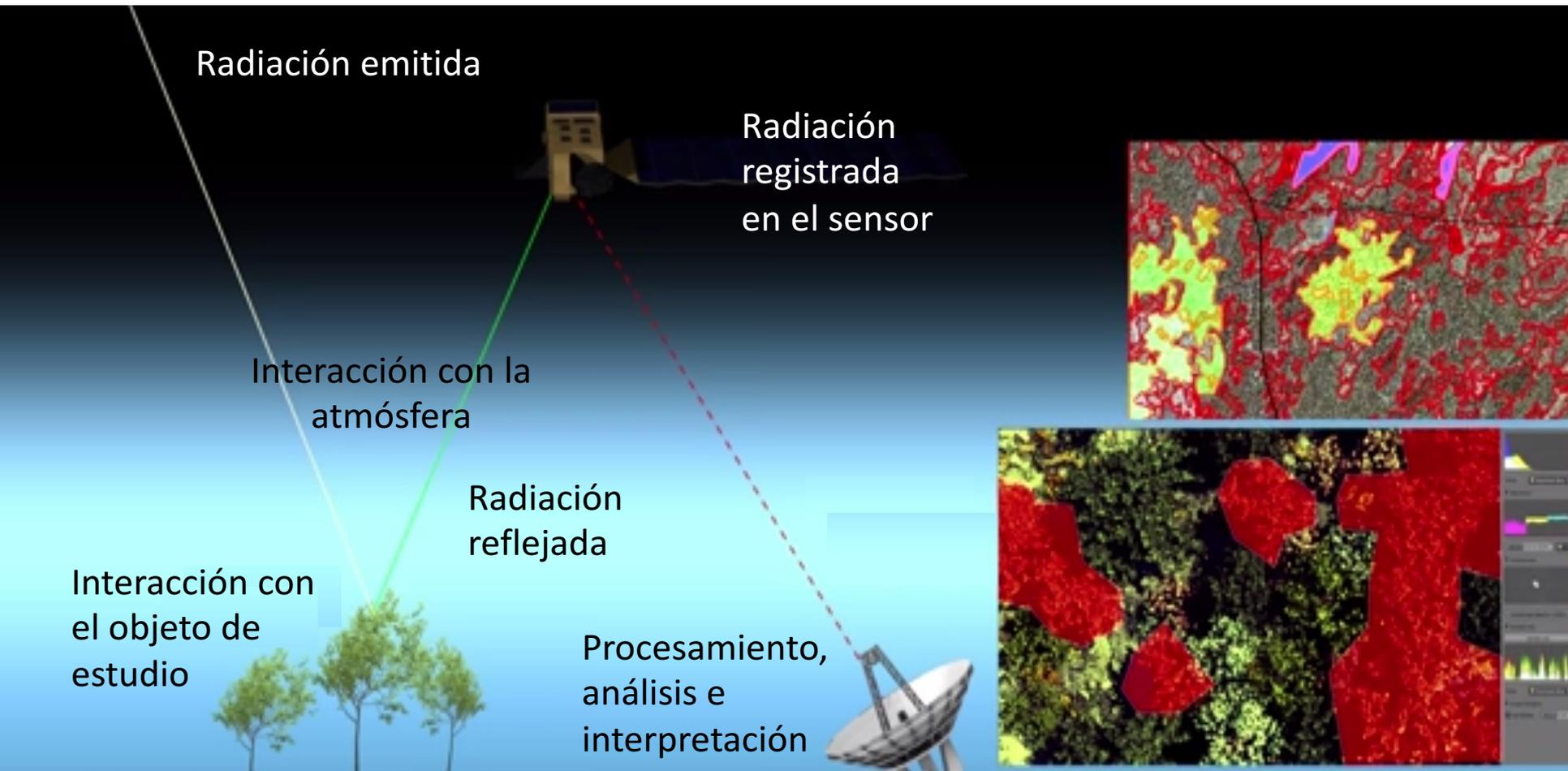
Sol, la Tierra, artificial.

Propiedades de los objetos bajo estudio.

Dependen de la longitud de onda



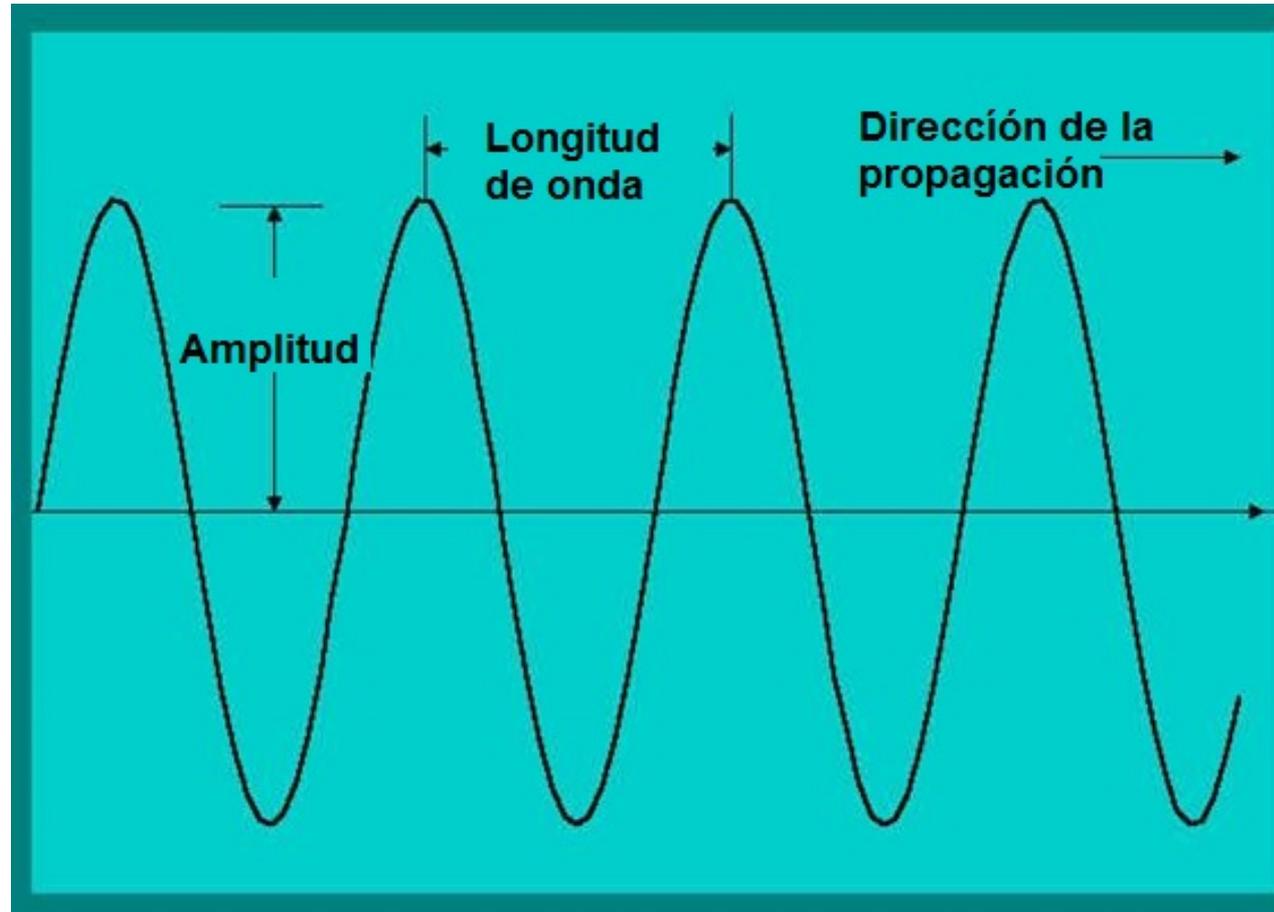
EL PROCESO DE PERCEPCIÓN REMOTA A TRAVÉS DE RADIACIÓN EM



ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Descritas por:

- Longitud de onda o frecuencia
- Amplitud



FRECUENCIA Y LONGITUD DE ONDA

λ = distancia entre dos crestas sucesivas

ν = número de ciclos completos que se propagan en un tiempo determinado (Hertz)

Están relacionadas por:

$$c = \nu \lambda$$

c = velocidad de la luz en el vacío = $3.0 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

ENERGÍA Y FRECUENCIA

La energía de un fotón, Q ,
es proporcional a su frecuencia, ν :

$$Q = h \nu$$

$$\nu = c/\lambda$$

$$Q = hc/\lambda$$

h = Constante de Planck = 6.63×10^{-34} Js

c = Velocidad de la luz = 3.0×10^8 ms⁻¹

Por lo tanto,

$$Q \sim 1/\lambda$$

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

¿Penetra la atmósfera terrestre?

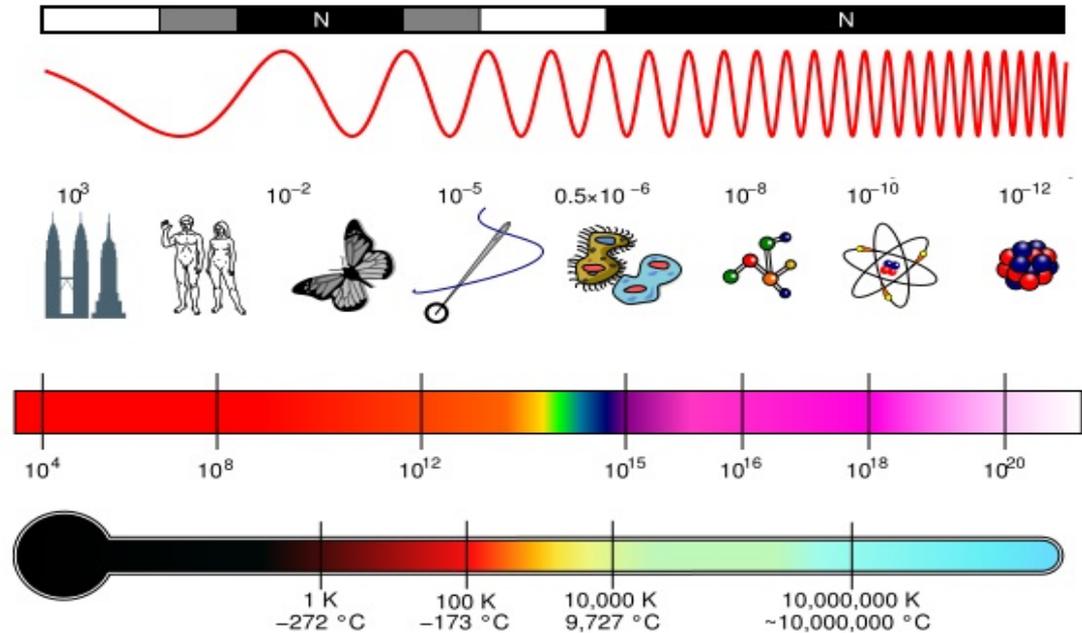
Tipo de radiación

Longitud de onda (m)

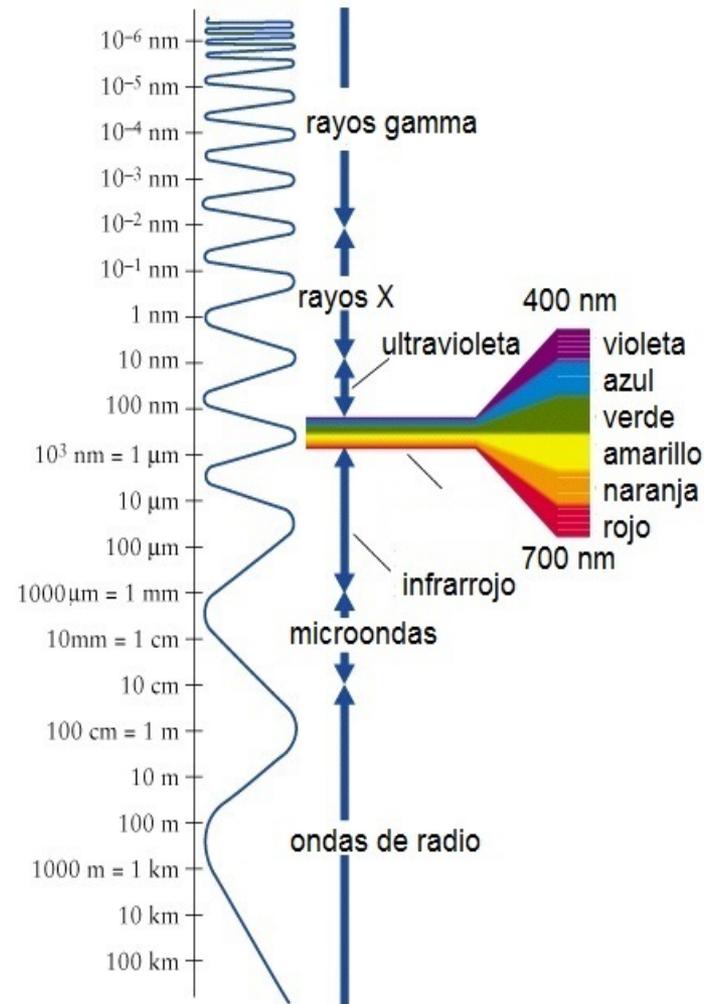
Escala aproximada de la longitud de onda

Frecuencia (Hz)

Temperatura de los objetos a la que la radiación es más intensa para la longitud de onda dada



EL ESPECTRO VISIBLE



EFFECTOS ATMOSFÉRICOS SOBRE LA RADIACIÓN EM

- La REM se atenúa al pasar por la atmósfera
- Atenuación = dispersión + absorción
 - La dispersión es la redirección de la radiación por la reflexión y la refracción
 - La atenuación depende de la longitud de onda

ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA

Absorción es el proceso en el que la energía radiante es absorbida por los componentes de la atmósfera y convertida a energía térmica

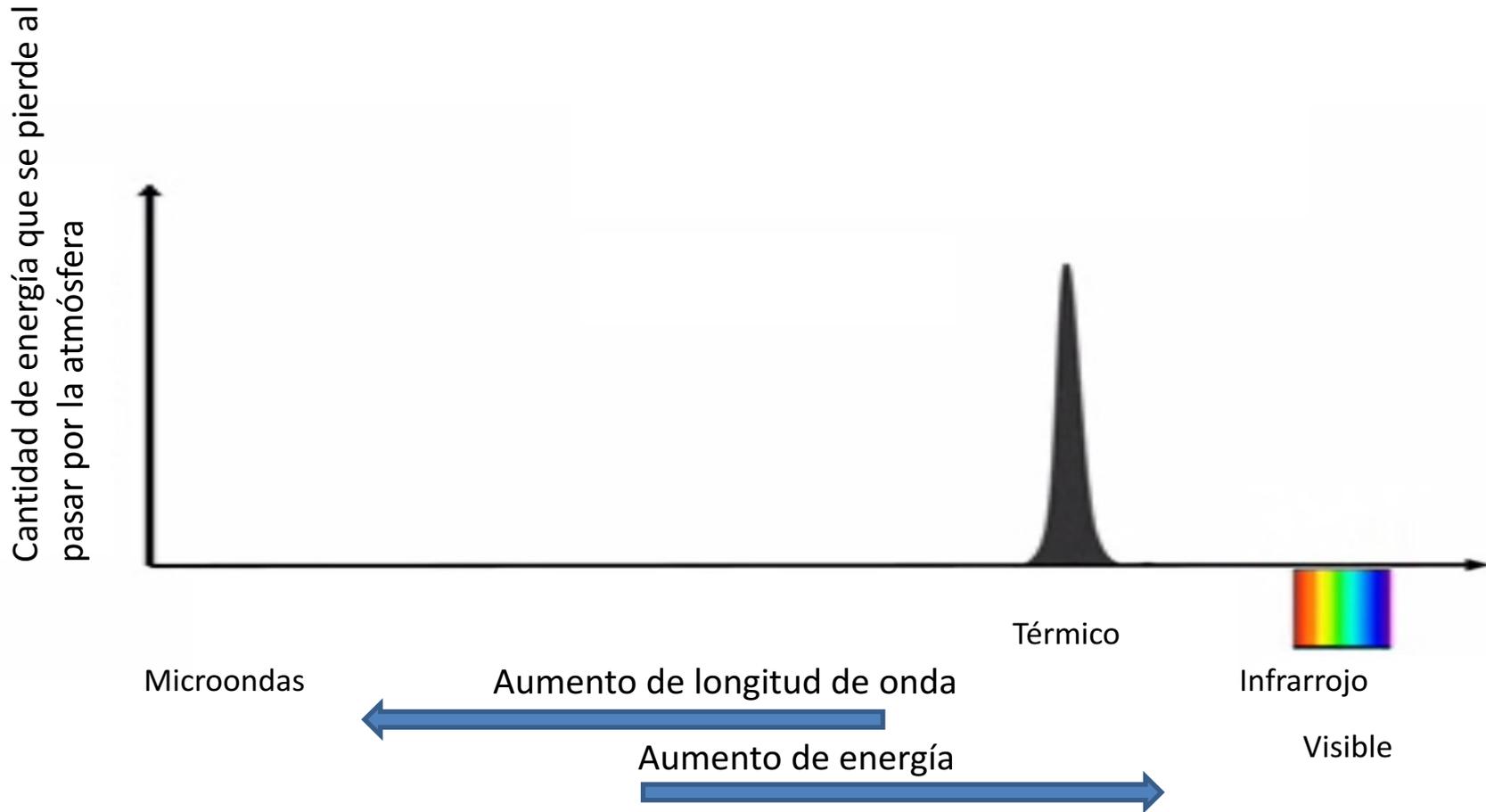
Los principales absorbentes de la atmósfera, son:

- H₂O vapor y gotas de agua
- CO₂ bióxido de carbono
- O₂ oxígeno
- O₃ ozono
- Polvo y hollín

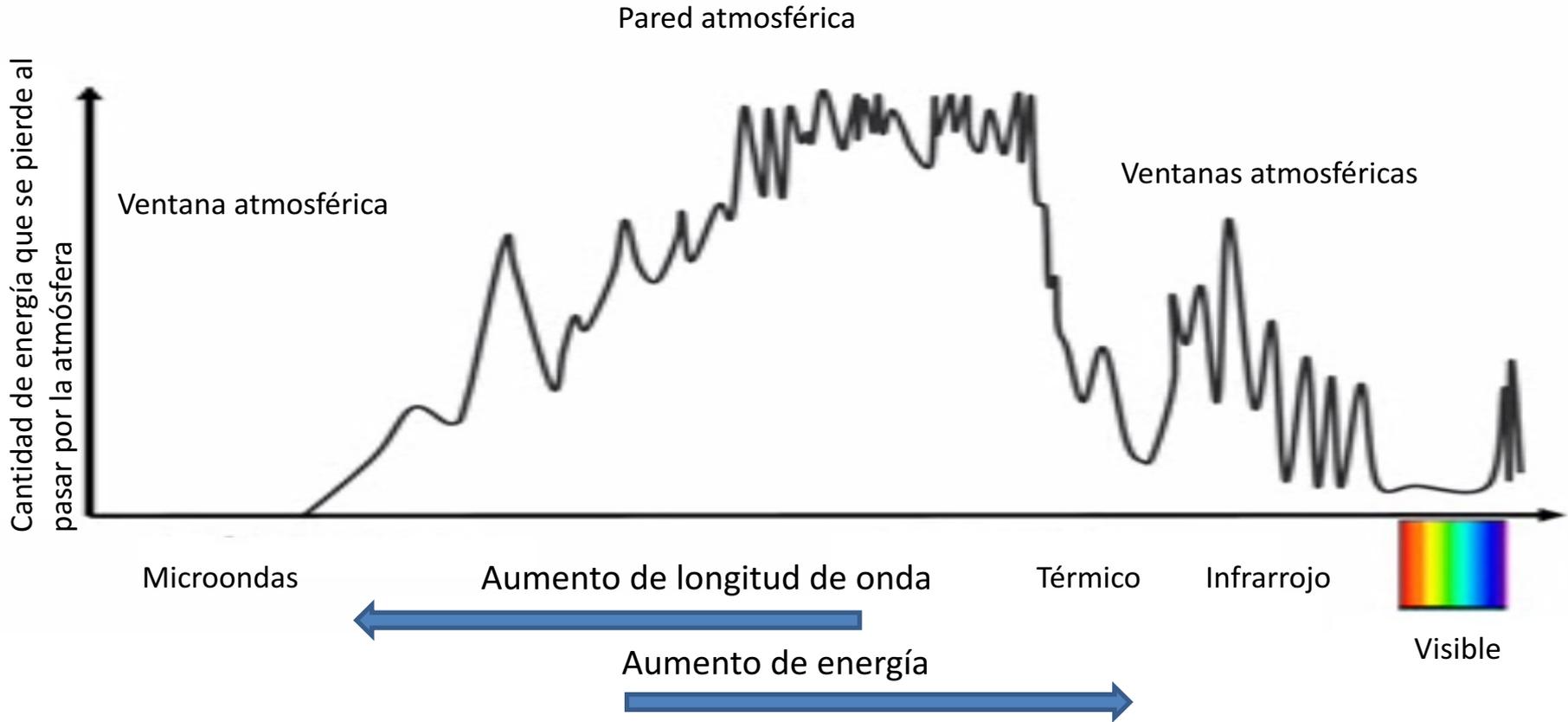
BANDAS DE ABSORCIÓN

Una banda de absorción es un porción del espectro EM en el que la energía radiante es absorbida por sustancias como agua (H_2O), bióxido de carbono (CO_2), oxígeno (O_2), ozono (O_3), óxido nitroso (N_2O), polvo, hollín, etc.

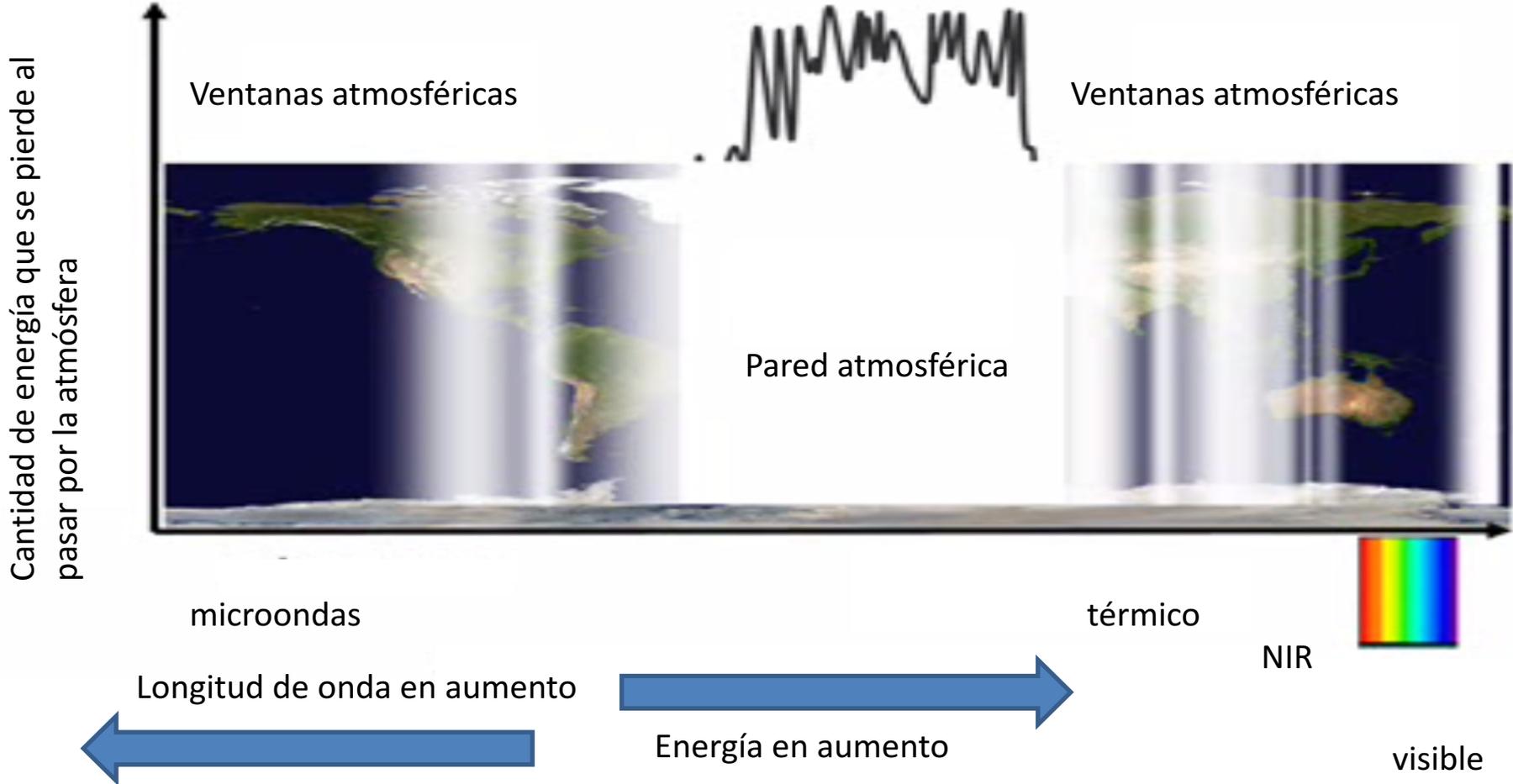
ABSORCIÓN DE CO₂



ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA



VENTANAS ATMOSFÉRICA



COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN EM CON LA MATERIA

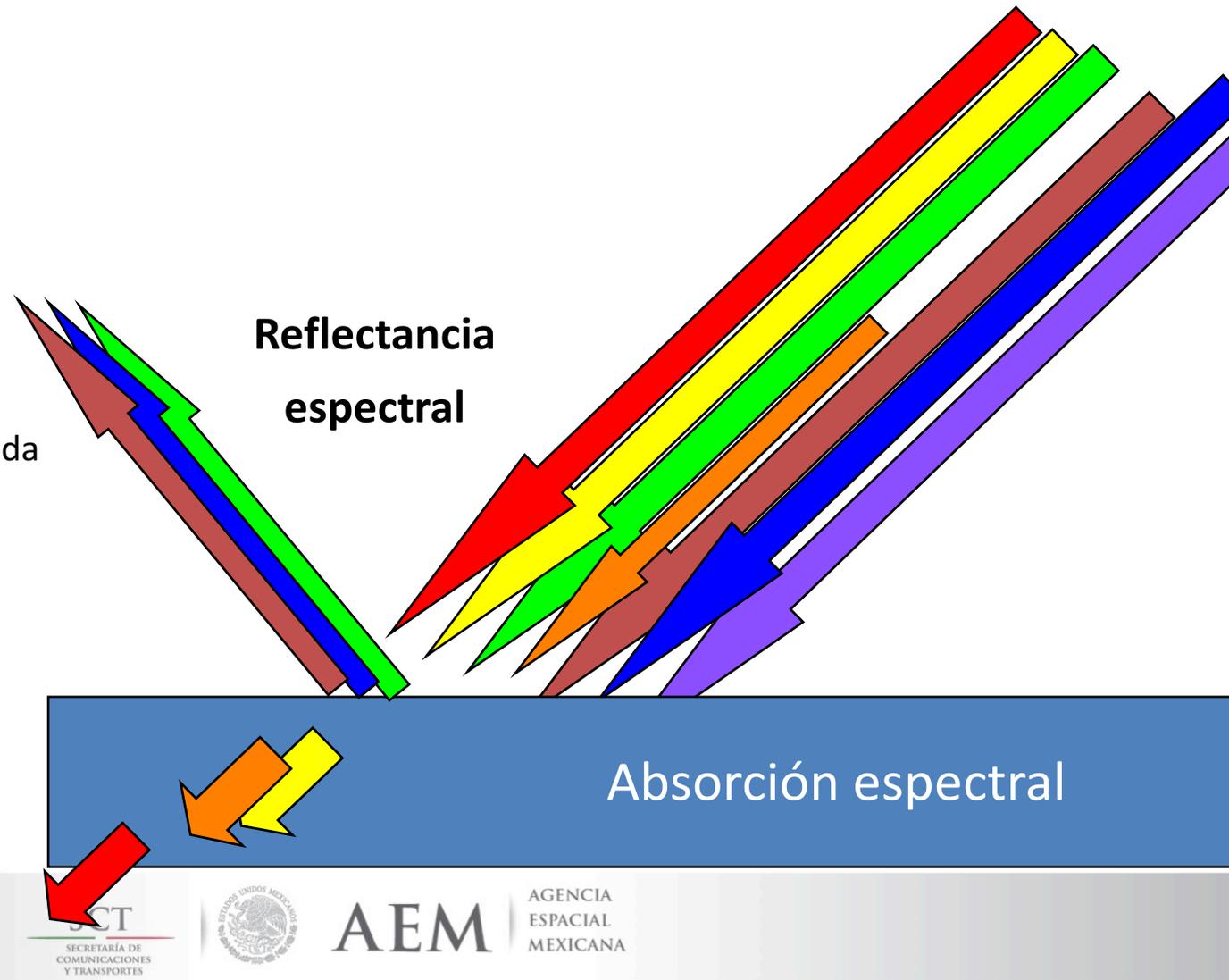
Emitida, dispersada,
absorbida

Propiedades intrínsecas
(emisión, dispersión,
absorción)

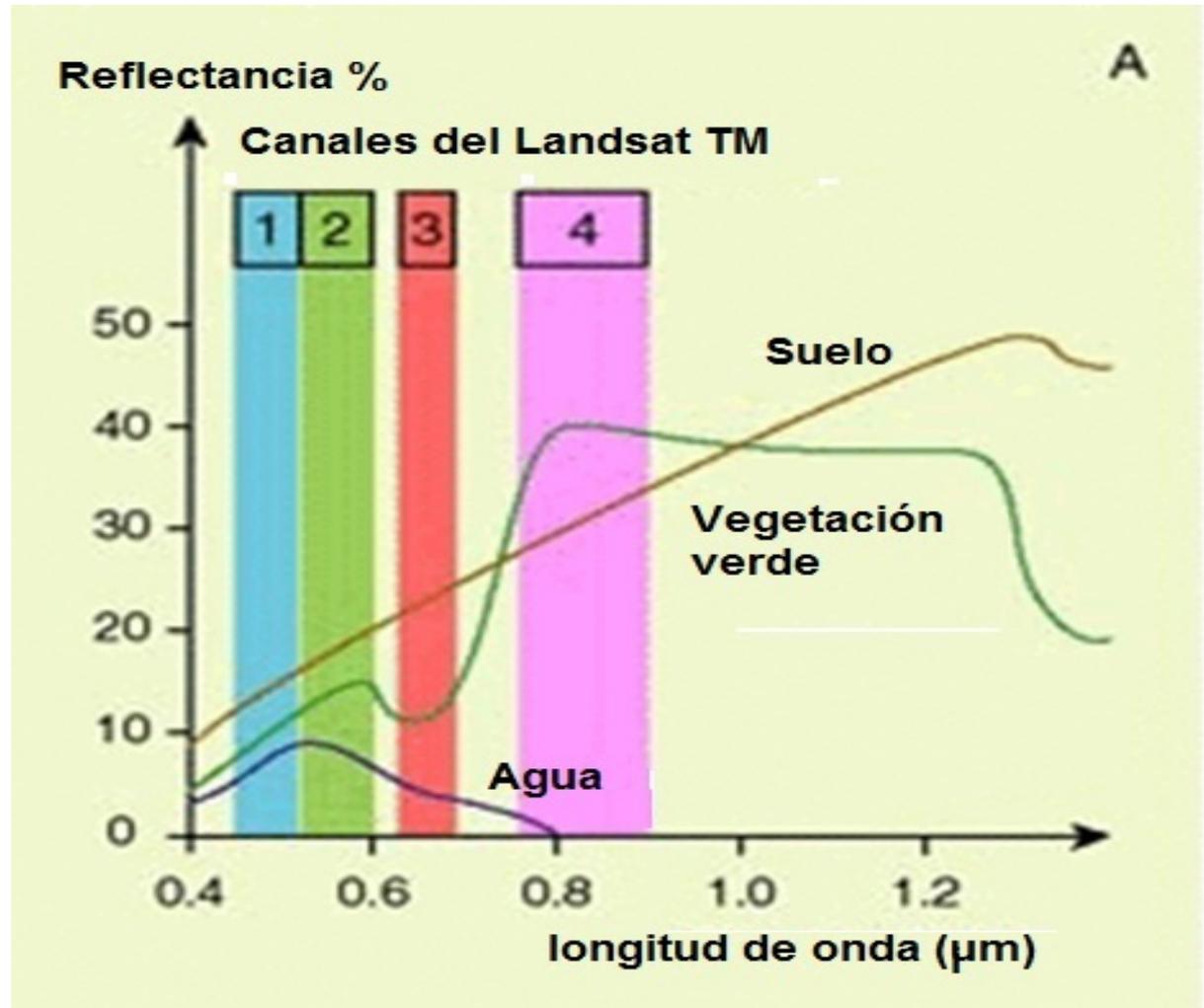
Varían con la longitud de onda

Varían con las propiedades
físicas/químicas

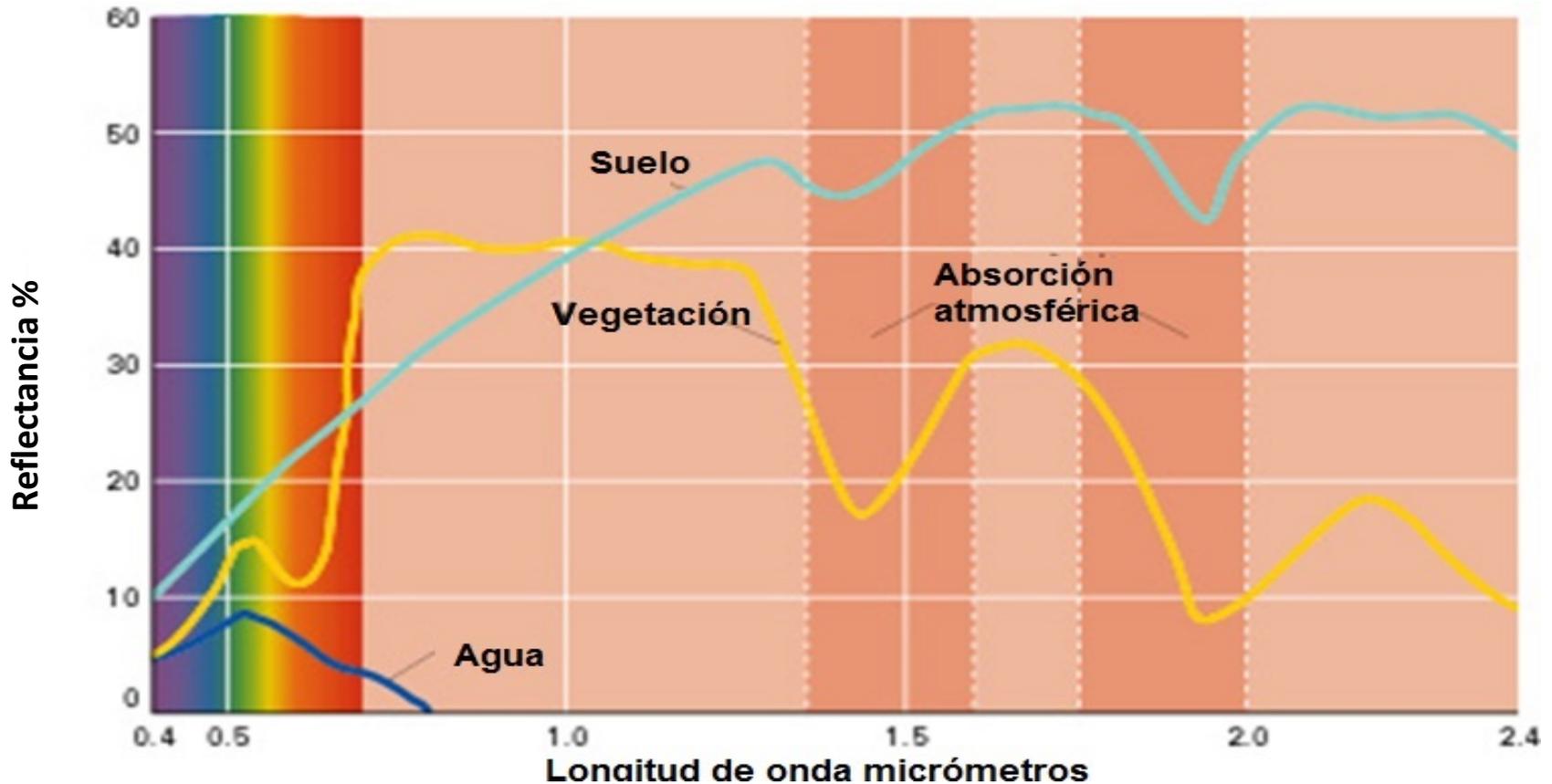
Puede variar
con el ángulo de visión



Los componentes de la superficie con diferentes firmas espectrales se pueden distinguir a través de captar distintas longitudes de onda.



FIRMA ESPECTRAL AMPLIADA



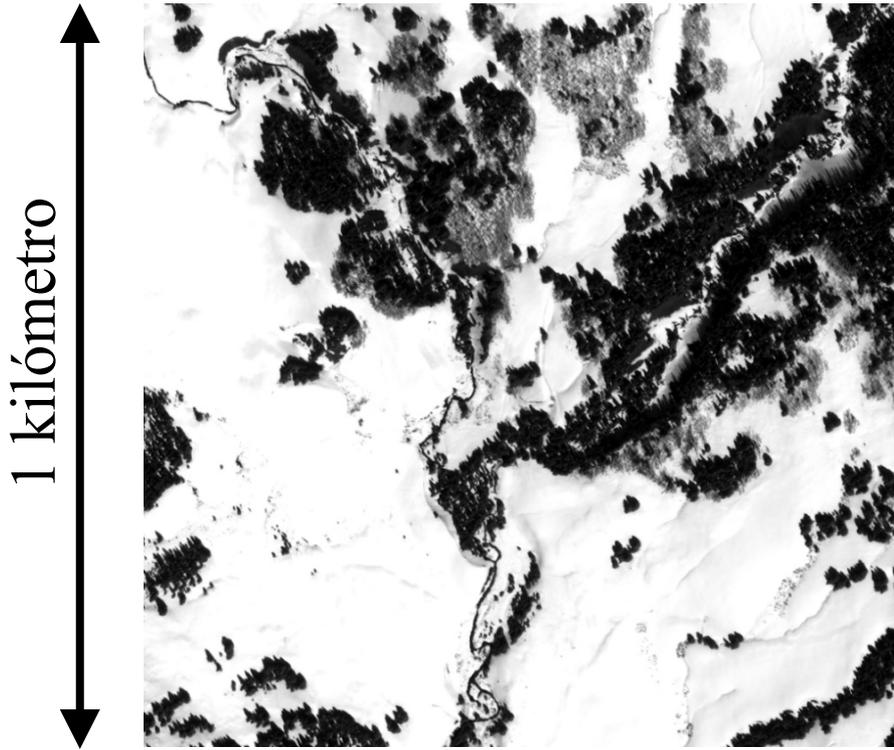
ND GIS Users Workshop Bismarck, ND October 24-26, 2005

RESOLUCIÓN

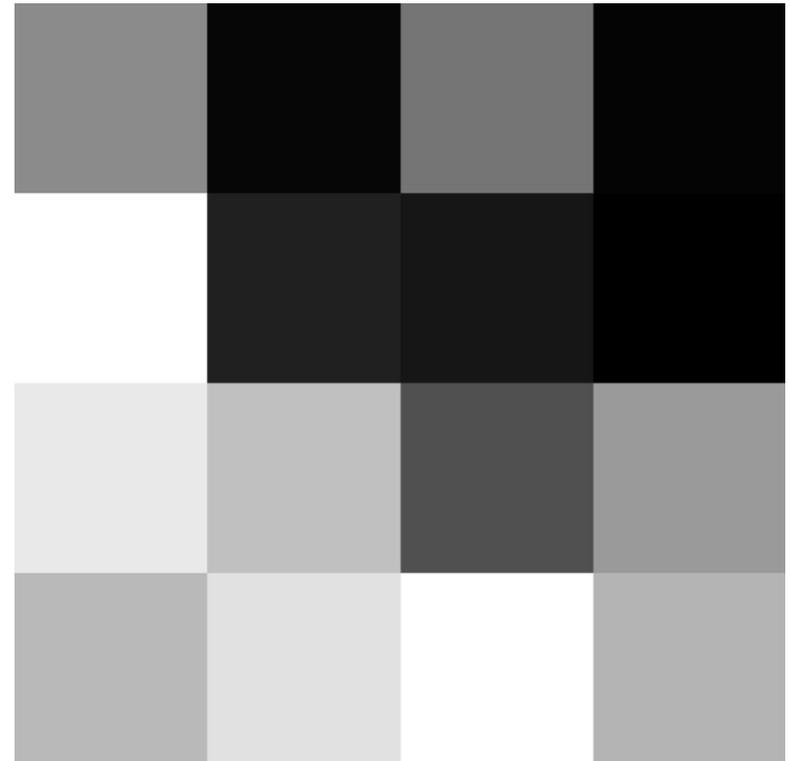
Todos los sistemas de percepción remota tienen 4 tipos de resolución.

- Espacial
- Espectral
- Temporal
- Radiométrica

RESOLUCIÓN ESPACIAL

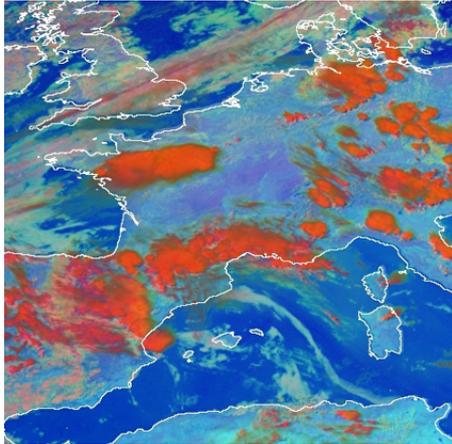


Resolución de 1 m



Resolución de 250 m

RESOLUCIÓN ESPACIAL



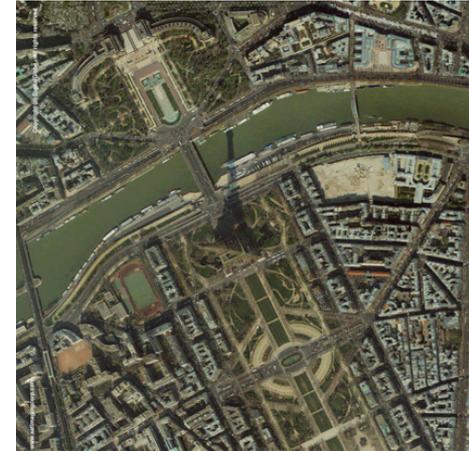
METOSAT (1km)



Landsat 7
ETM+ (30m)



LandSat ETM
+15 m (PAN)



QuickBird de
GeoEye (0.8 m)

Baja resolución: mayor de 30 m

Resolución media: de 2 a 30 m

Alta resolución: menor de 2m

Source: Jensen (2000)

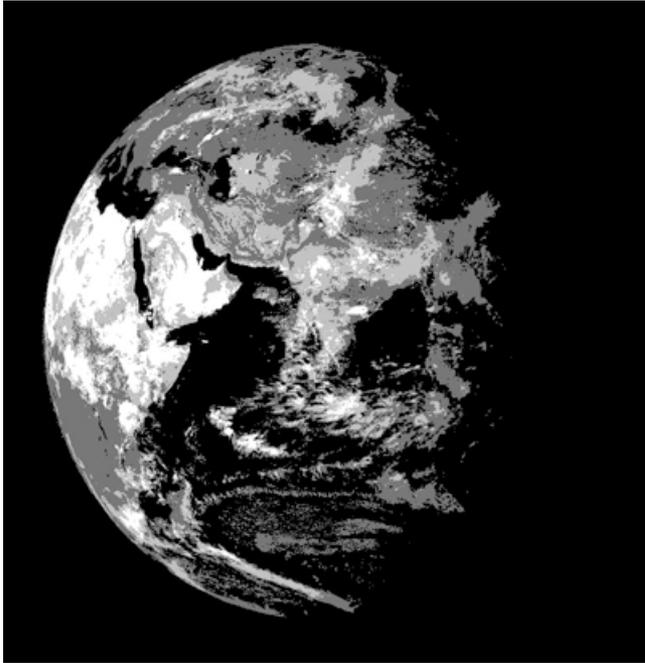
RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA



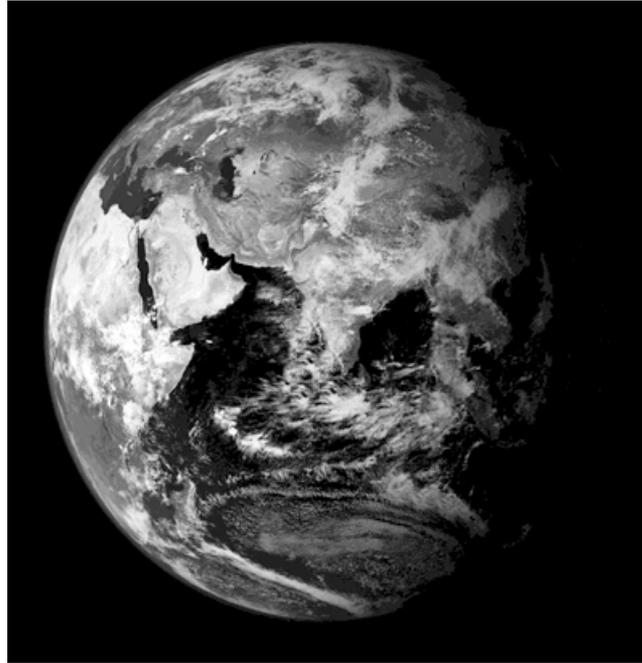
Especifica qué tan bien se pueden percibir las diferencias en brillantez en una imagen.

Una mayor resolución radiométrica permite discriminar diferencias menores en la radiación medida.

RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA



Resolución radiométrica:
4 niveles de gris



Resolución radiométrica:
16 niveles de gris

Se mide en bits.

8 bits representan 256
valores en una escala
de gris.

16 bits representan
65,536 valores.

La ventaja de una alta
resolución
radiométrica es muy
pequeña

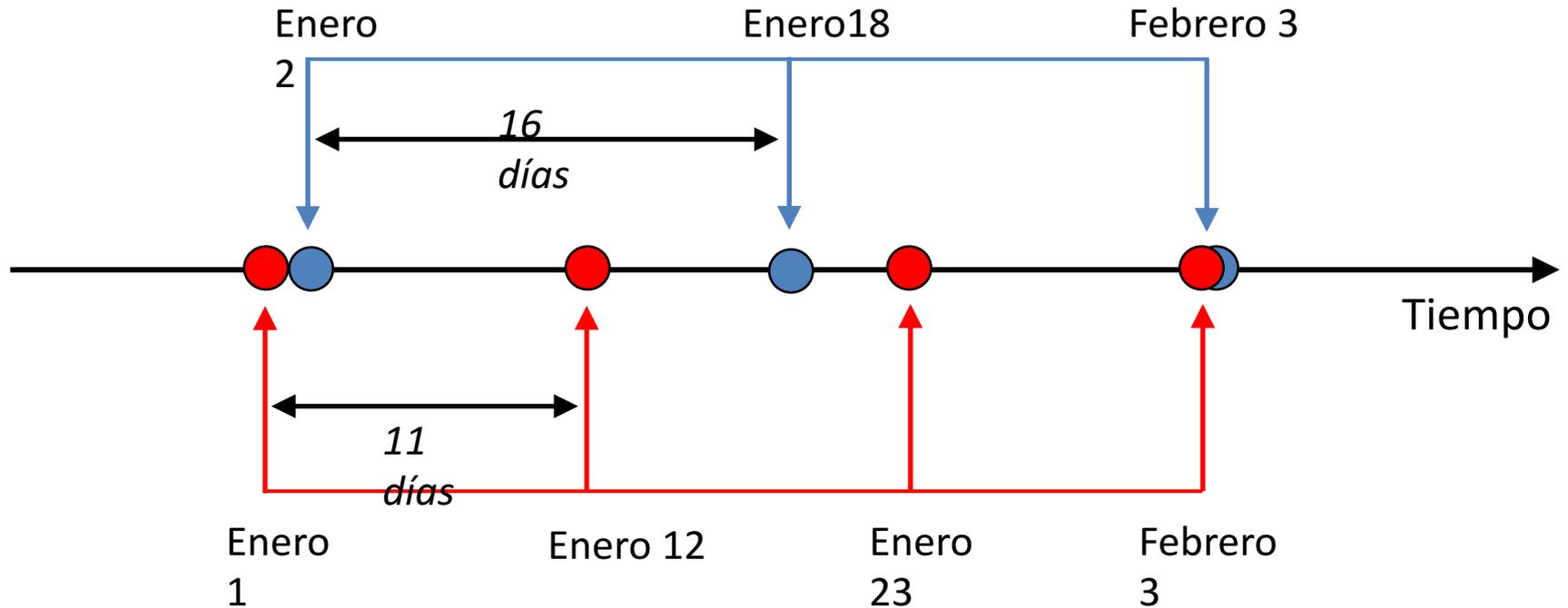
RESOLUCIÓN TEMPORAL

La frecuencia de la adquisición de datos sobre una área en particular

La resolución temporal depende de:

- Los parámetros orbitales del satélite
- La latitud de la región considerada
- El ancho de la traza del sensor (swath)
- La capacidad de apuntamiento del sensor

RESOLUCIÓN TEMPORAL



También se le llama frecuencia de revisita

RESOLUCIÓN TEMPORAL

De minutos a días

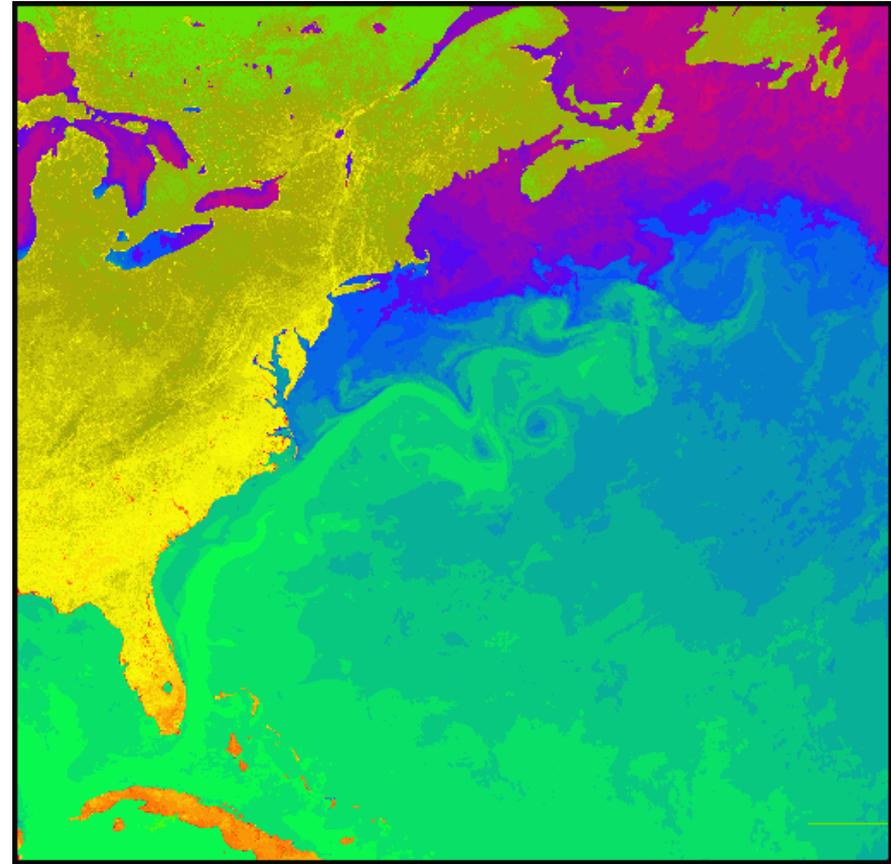
- NOAA (AVHRR), 12 horas, 1km
- MODIS Terra/Aqua, 1-2 días, 250m++
- Landsat TM, 16 días, 30 m
- SPOT, 26(...) días, 10-20 m

La frecuencia de revisita depende de:

- Latitud
- Tipo de sensor FOV, apuntamiento
- Órbita: inclinación, altitud
- Cobertura de nubes (para instrumentos ópticos)

NOAA AVHRR (ADVANCED VERY HIGH RESOLUTION RADIOMETER) NASA

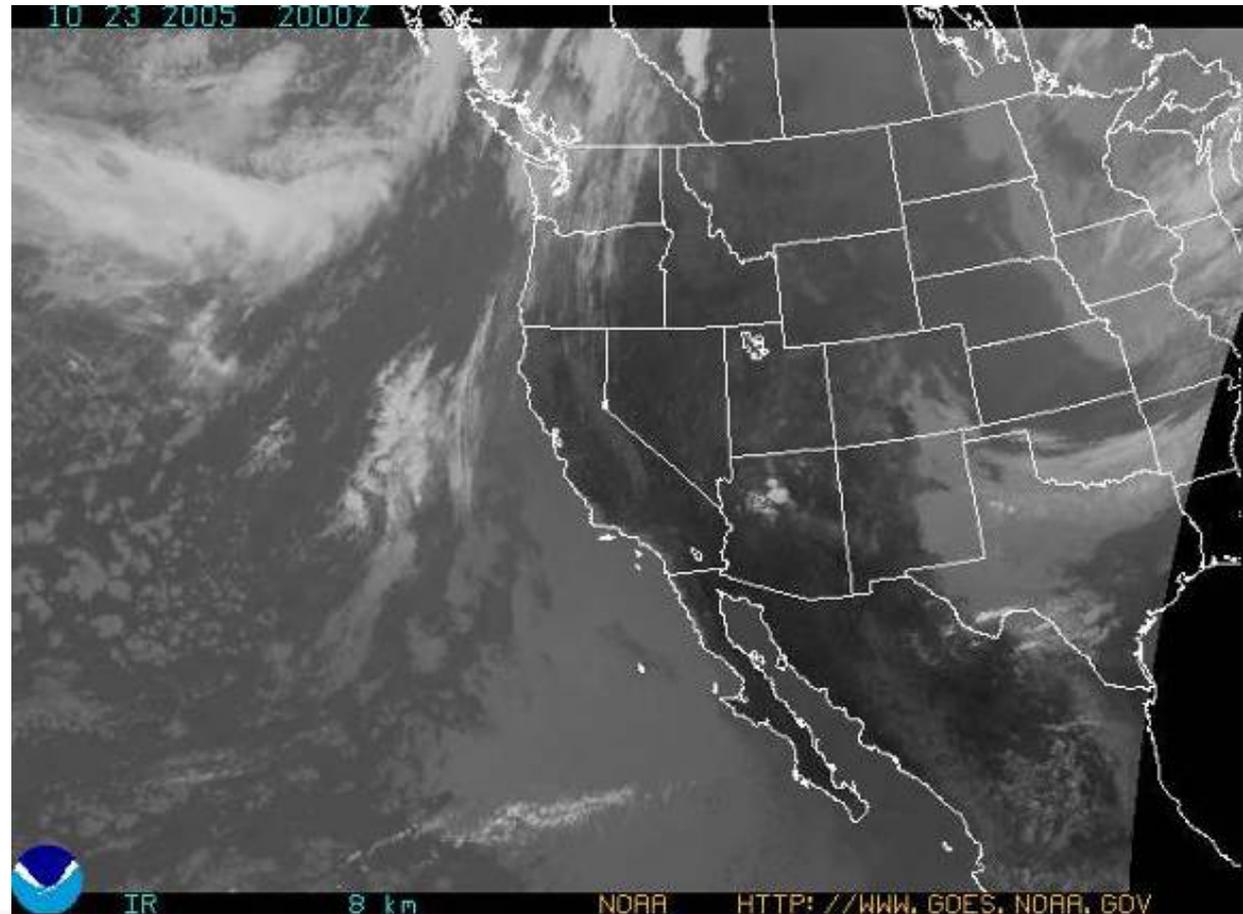
Operado por la NOAA
Resolución espacial:
1,100 m,
Órbita heliosíncrona de
833 Km
Empleado en
clasificación espacial



GOES IR 4 (GEOSTATIONARY OPERATIONAL ENVIRONMENTAL SATELLITES)

Operado por la
NOAA
Resolución:
700 m

Utilizado en
meteorología



MODIS (250 M)

Tormenta de polvo de
23 de octubre, 2005 en
Chad Obtenida con el
MODIS (Moderate
Resolution Imaging
Spectroradiometer)

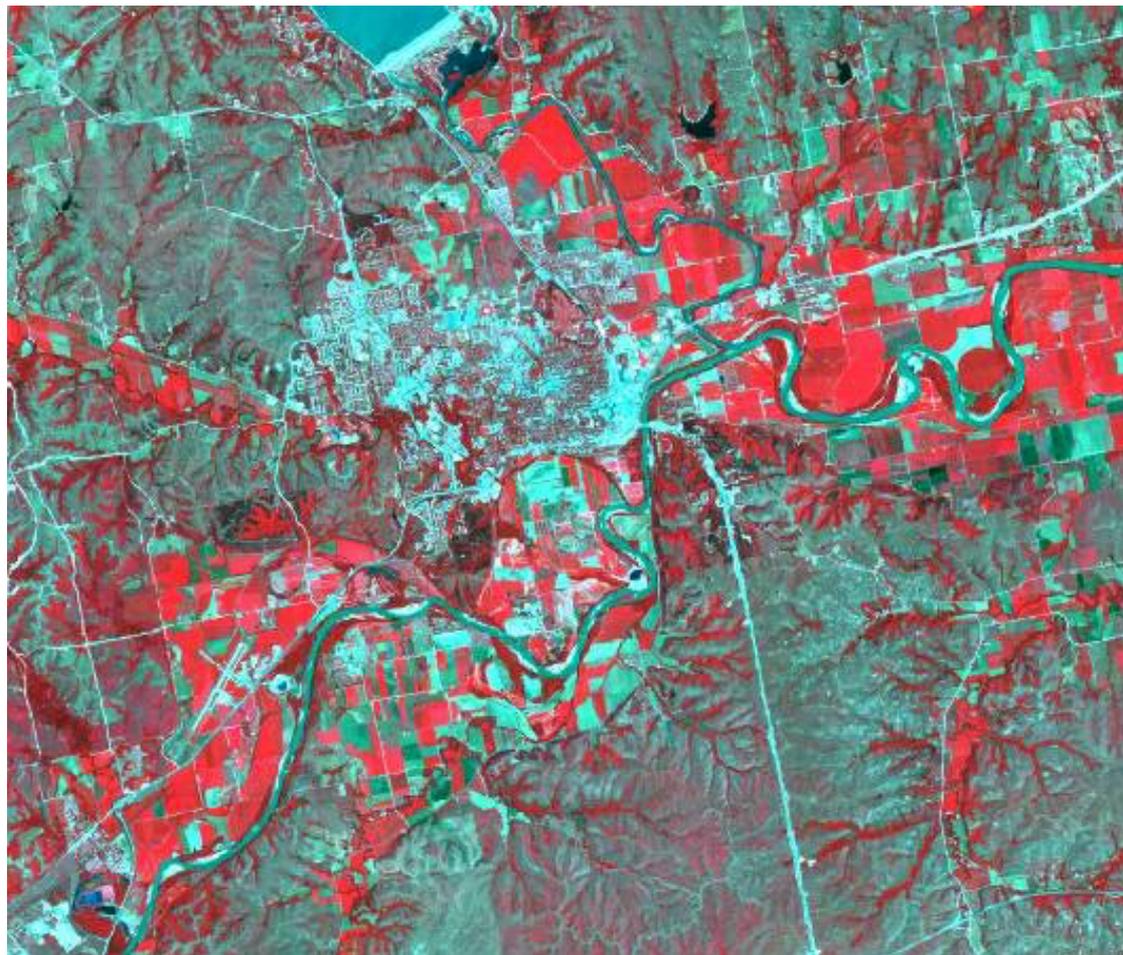
Órbita heliosíncrona de
705 km,
Resolución de 250 m,
500 m y 1,000 m



LANDSAT TM (COMPUESTO DE FALSO COLOR)

Manhattan,
Kansas,
E.U.,
2000

Resolución 30m
Órbita heliosíncrona
de 705 Km de altura



SPOT (2.5 M)

Washington, D.C., E.U.,
noviembre 2001

SPOT se lanzó por primera vez
en 1986 por el Centre National
d'Etudes Spatiales (CNES) en
colaboración con Bélgica y
Suecia.

Resolución 10m y 20m,

\$2,000 USCy por imagen
(pancromática)

\$4,000 multispectral

Órbita heliosíncrona a 832 Km



IKONOS (1 M PANCROMÁTICO)



IKONOS (4 M MULTIESPECTRAL)

Lanzado por Space
Imaging en 1999
Resolución: 1 m
pancromático y 4 m
Órbita heliosíncrona:
681 km,
cruza el Ecuador entre
las 10 y las 11,
Tiempo de revisita:
1.5-3 días

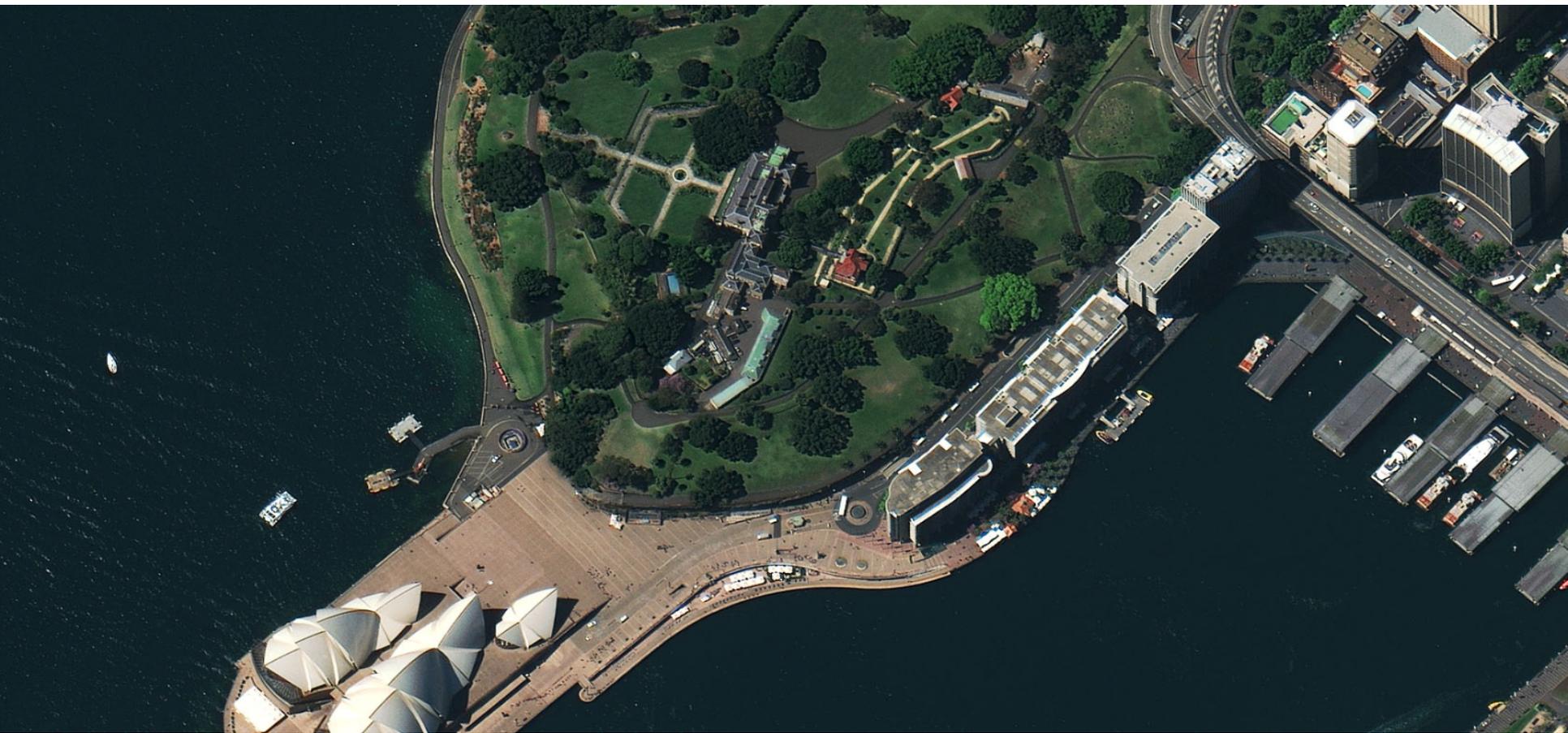


QUICKBIRD (0.6 M)

Canyon Lands, Utah
(resolución 0.6 m
20 de abril de 2003)
Lanzado en 2001,
operado por DigitalGlobe,

Órbita heliosíncrona de 450
km de altura
Periodo de revisita: 1-3.5 días
Resolución 0.6 m
pancromática
2.44 m multispectral





© Digital Globe 12/1/10 resolución 0.5m

SCT
SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES



AEM

AGENCIA
ESPACIAL
MEXICANA

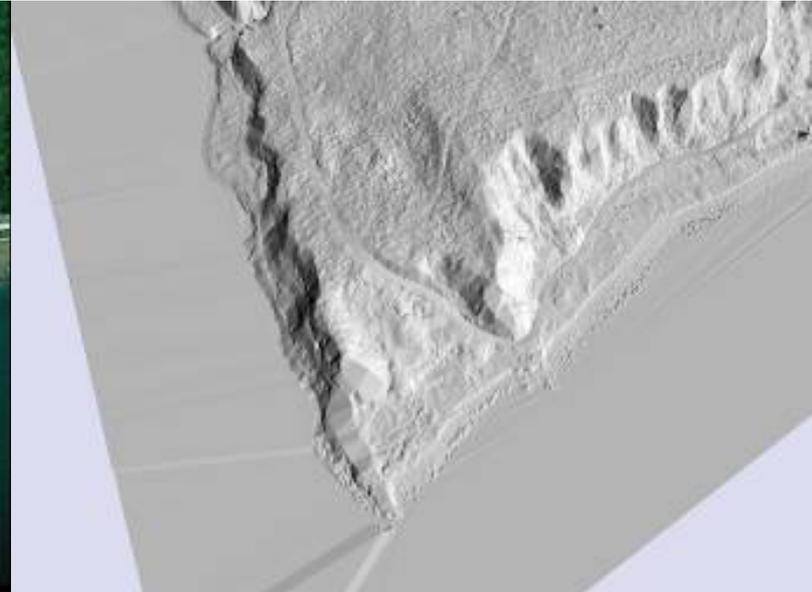
RADAR

Imagen de SAR del Valle de Pasadena, Cal. E.U, obtenida por TOPSAR de la NASA



LIDAR

Isla
Bainbridge
Island,
Wash,
EU.
Desarrollada por
Pudget
Sound
LIDAR
Consortium,
2005



APLICACIONES DE LA PERCEPCIÓN REMOTA



Desastres por fenómenos naturales e inducidos



Recursos hidráulicos



Recursos minerales



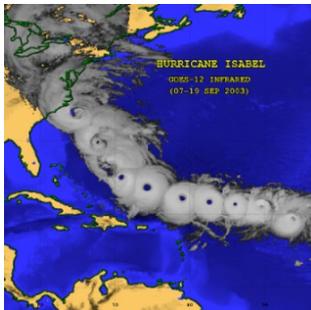
Salud y bienestar



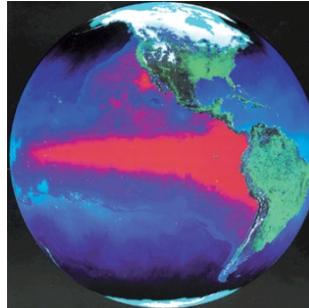
Fuentes de energía



Agricultura sustentable y desertificación



Clima: información y alertas



Clima: variabilidad y cambio



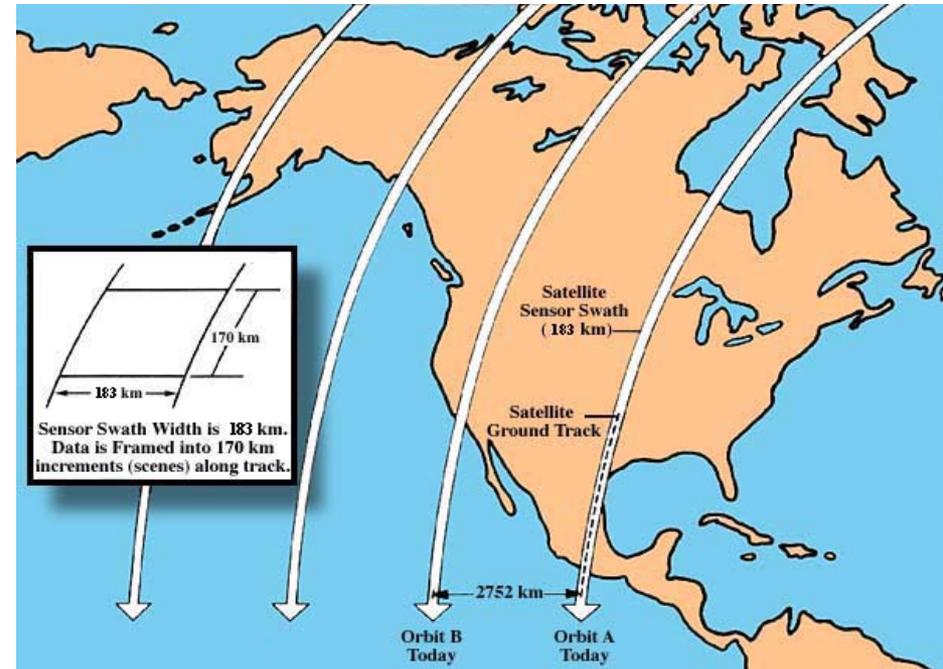
Estudio del océano

ALGUNAS FUENTES GRATUITAS DE DATOS

- GLOVIS (Herramienta de visualización del USGS)
 - GLOVIS <http://glovis.usgs.gov/>
 - EARTH EXPLORER <http://earthexplorer.usgs.gov/>
 - Todos los datos de Landsat están disponibles
 - ASTER, MODIS (Resolución baja a moderada, cobertura global)
- Centros de distribución de datos de la NASA
 - <http://nasadaacs.eos.nasa.gov/about.html> (general)
 - <https://lpdaac.usgs.gov/> (tierra)
 - <http://podaac.jpl.nasa.gov/> (océanos)
 - <http://www.nsidc.org/daac/> (nieve y hielo)
- UK/NERC
 - NERC National Centre for Earth Observation (NCEO)
 - <http://www.nceo.ac.uk>
 - Earth Observation Data Centre
 - <http://www.neodc.rl.ac.uk/> (Enfocado en UK/Europa con datos de ESA, puede requerir registro)
 - Copernicus (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)

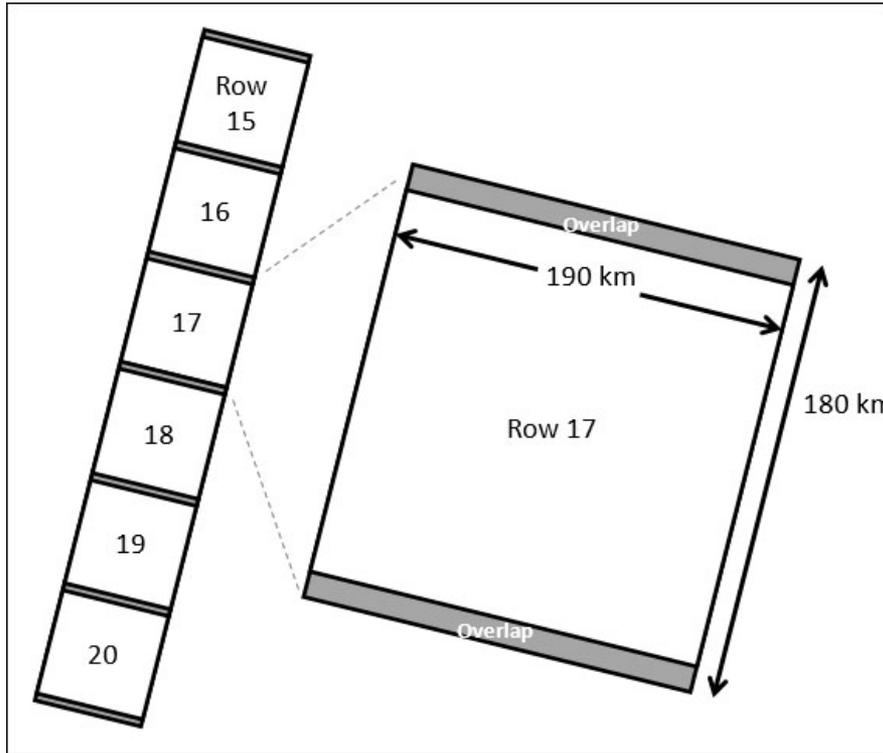
LANDSAT 8

- Lanzado el 11 de Febrero 2013.
- Proyección UTM Datum WGS84
- Formato GeoTIFF
- Altitud: 705 km
- Ciclo de repetición de 16 días
- Una órbita dura 99 minutos (14.5 por día)
- Cruza el ecuador a la misma hora (~10 a.m.)
- 183 km ancho de barrido; cada escena mide 170 km de ancho
- 233 órbitas por cada 16 días



<http://pubs.usgs.gov/fs/2015/3081/fs20153081.pdf>

LANDSAT 8



Landsat-7 ETM+ Bands (μm)			Landsat-8 OLI and TIRS Bands (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

<https://landsat.usgs.gov/landsat-8-l8-data-users-handbook-section-1>



SCT

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

AEM

AGENCIA ESPACIAL
MEXICANA