

National Aeronautics and Space Administration



# Fundamentos de la Teledetección (Percepción Remota)

NASA ARSET



# Esquema

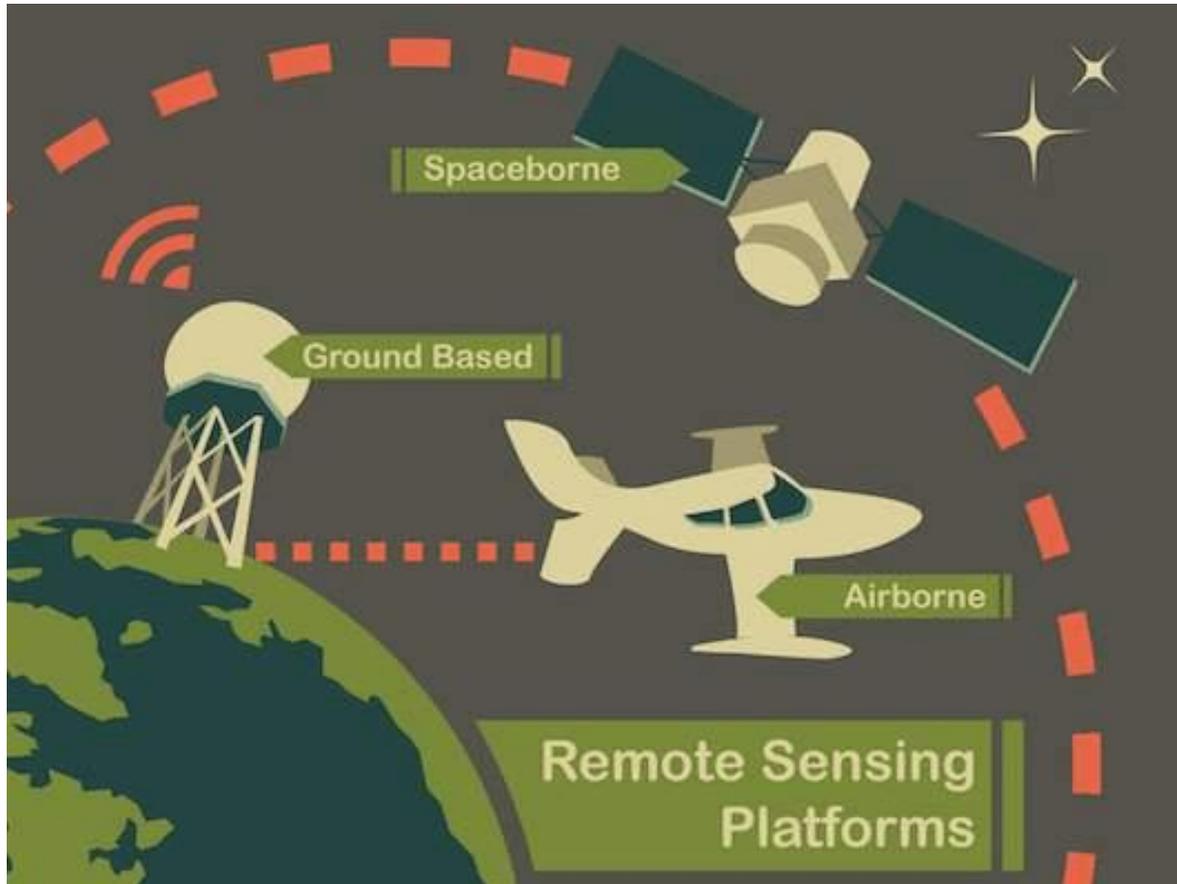
- Fundamentos de la Teledetección
- Satélites y Sensores
  - Tipos
  - Resolución
- Niveles de Procesamiento de Datos Satelitales
- Proyecciones y Sistemas de Coordenadas
- Ventajas y Desventajas de la Teledetección
- Tecnología de Teledetección





# Fundamentos de la Teledetección

# ¿Qué es la Teledetección?



La **teledetección** (también conocida como **detección** o **percepción remota**) es la obtención de información sobre un objeto desde una distancia.

La fotografía es una forma muy común de teledetección.

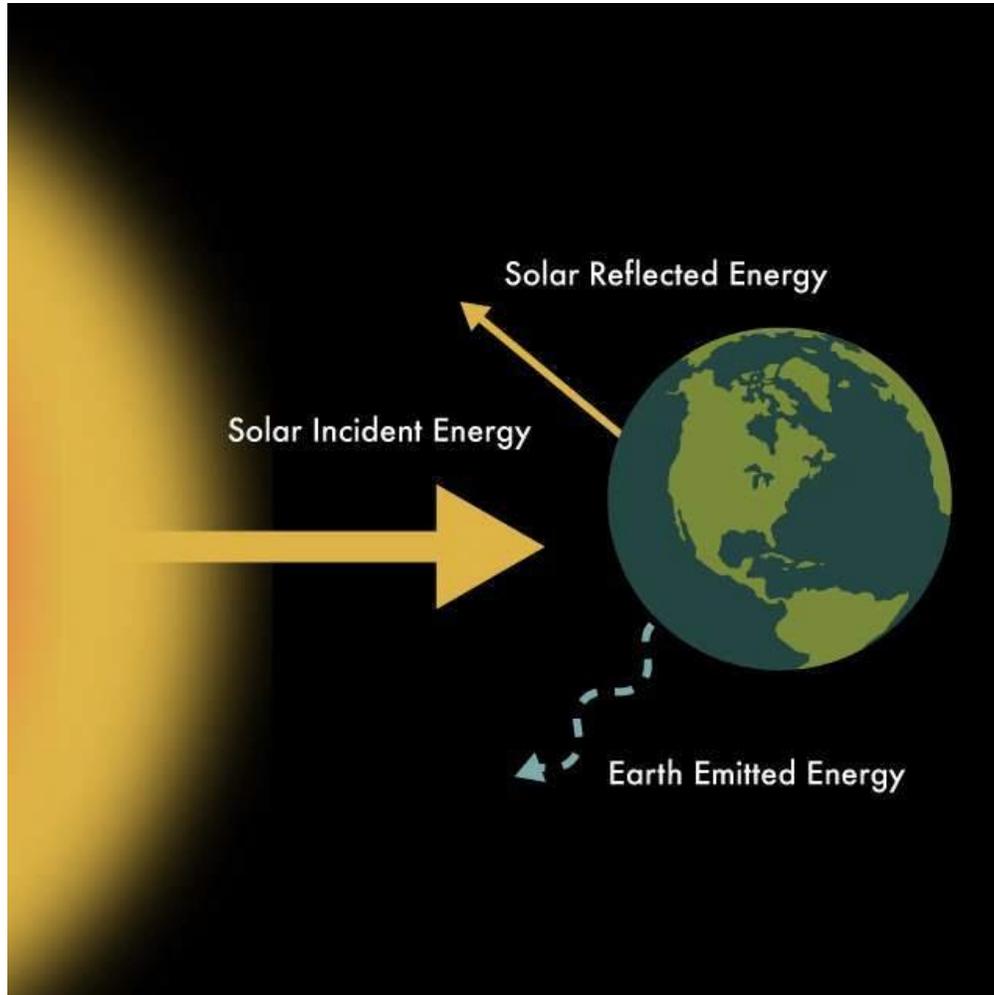
Hay diferentes formas de recolectar datos y se utilizan diferentes sensores dependiendo de la aplicación.

Algunos métodos recopilan datos a nivel del suelo, otros desde el aire o el espacio.

- ¿Qué información se necesita?
- ¿Cuánto detalle?
- ¿Cuán frecuentemente se necesitan los datos?



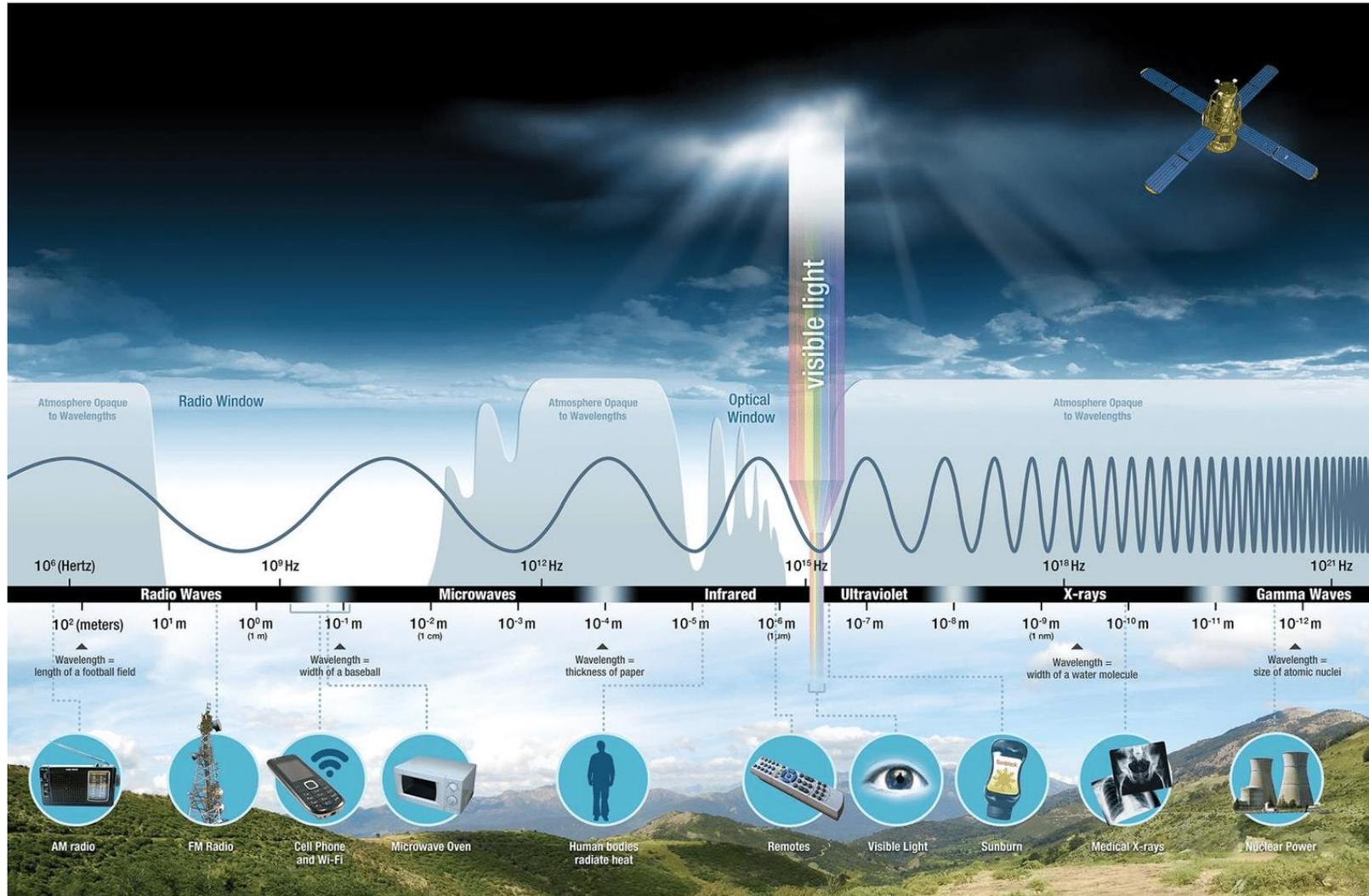
# ¿Qué es la Teledetección?



- La energía que la Tierra recibe del Sol se llama **radiación electromagnética**.
- La radiación es reflejada, absorbida y emitida por la superficie de la Tierra como se ve en este diagrama a la izquierda.
- Los satélites llevan instrumentos o sensores que miden la radiación electromagnética reflejada o emitida por fuentes tanto terrestres como atmosféricas.
- Con instrumentos calibrados, los científicos pueden medir la altura, temperatura, el contenido húmedo (y más) para casi todos los atributos de la atmósfera, hidrosfera, litosfera e biosfera de la Tierra.



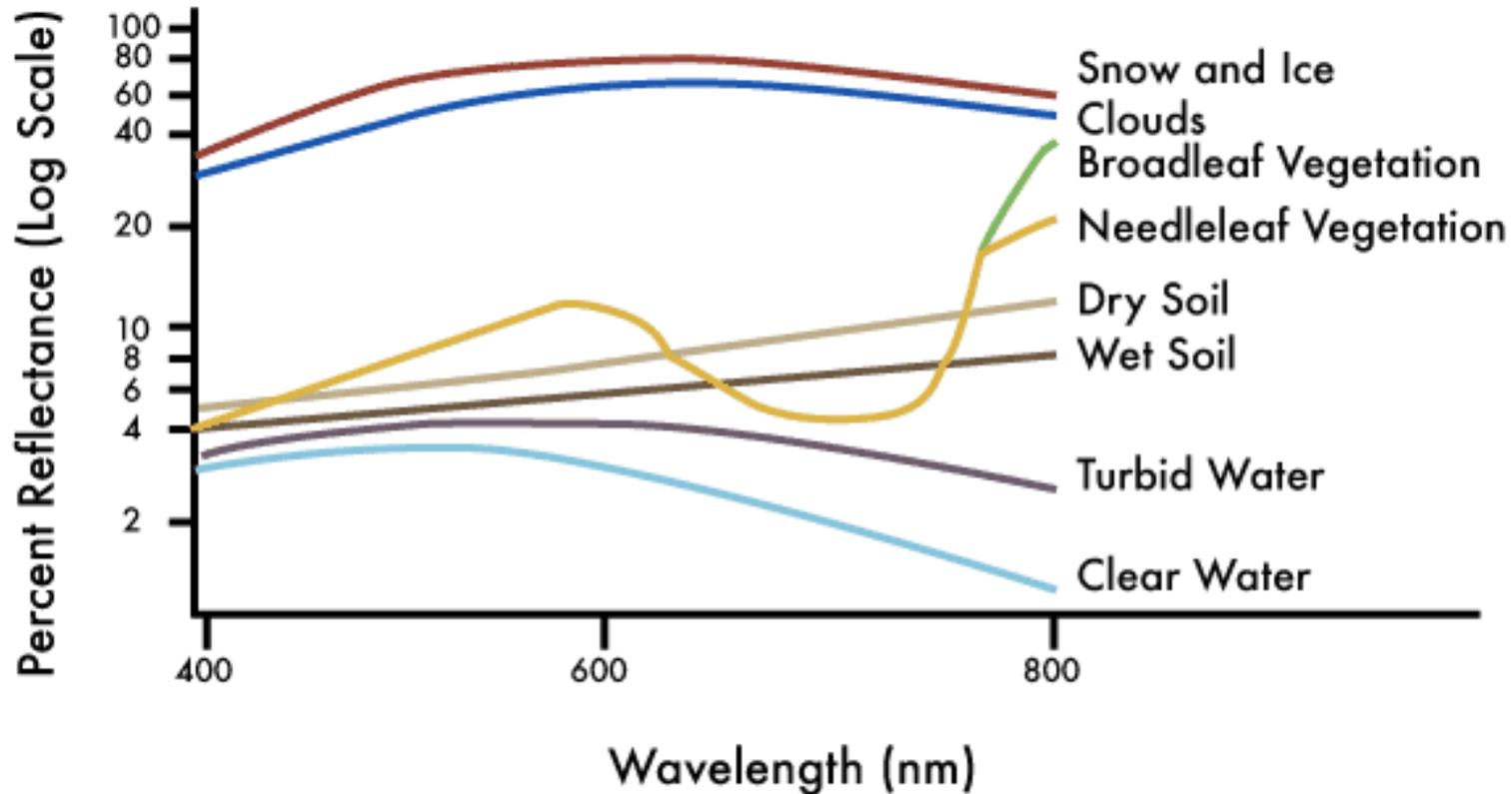
# ¿Qué es la Teledetección?



- El espectro electromagnético es simplemente la gama completa de **frecuencias de ondas** que caracteriza la radiación solar.
- Aunque estamos hablando de la luz, la mayor parte del espectro electromagnético no puede ser detectada por el ojo humano. Incluso los detectores a bordo de los satélites solo capturan una pequeña porción del espectro electromagnético completo.

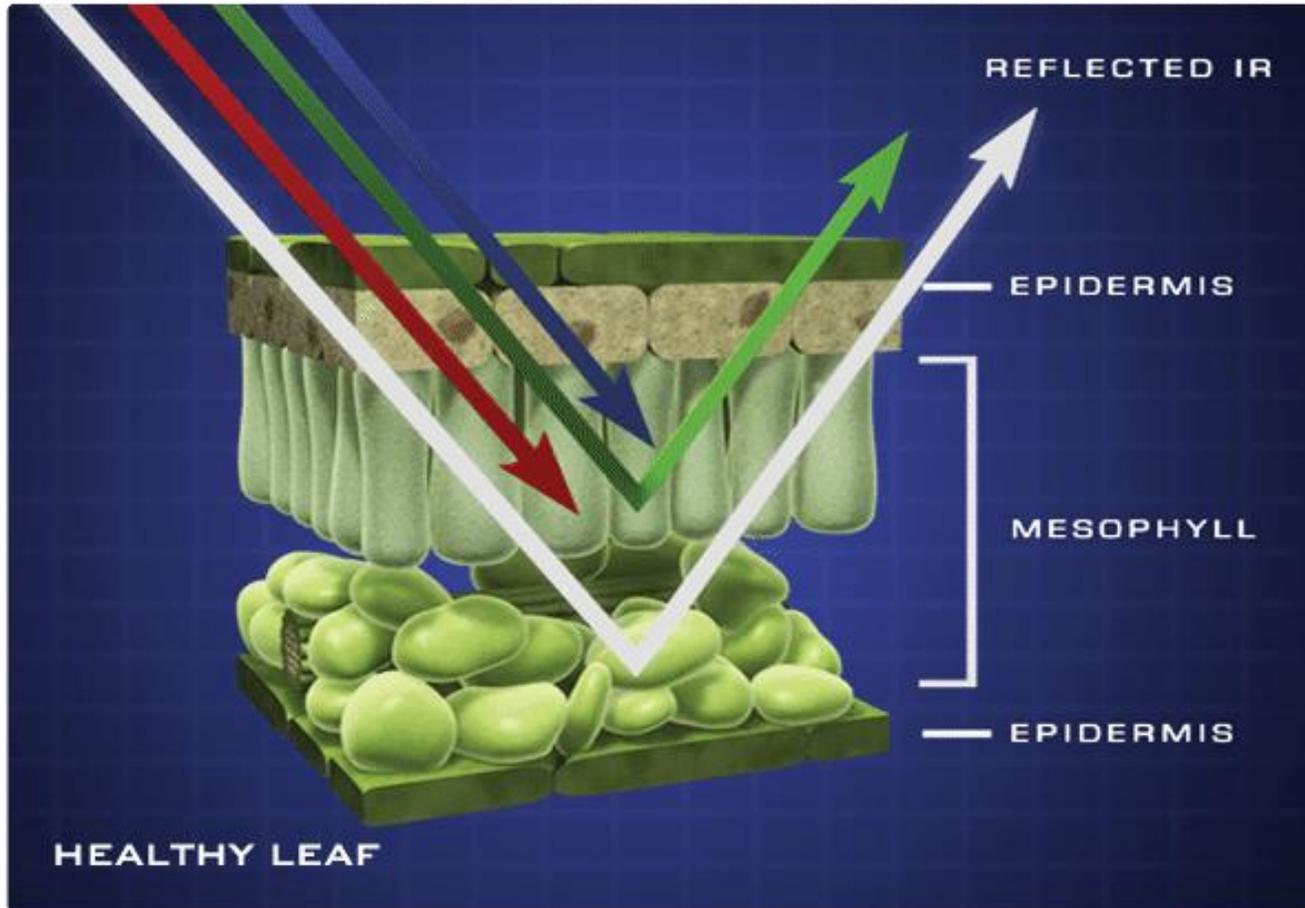


# ¿Qué es la Teledetección?



- Diferentes materiales reflejan y absorben ondas de radiación electromagnética de diferentes longitudes.
- Se pueden ver las diferentes longitudes de las ondas detectadas por un sensor y determinar el tipo de material del cual fueron reflejadas. Esto se conoce como una **firma espectral**.
- En el gráfico a la izquierda, compare la relación entre el porcentaje de reflectancia y las longitudes de onda reflectivas de los diferentes componentes de la superficie terrestre.

# ¿Qué es la Teledetección?



## Vegetación

- Ciertos pigmentos en las hojas de las plantas absorben fuertemente las longitudes de onda de la luz visible (roja).
- Las hojas en sí reflejan fuertemente las ondas de luz infrarroja cercana, esta siendo invisible para el ojo humano.
- A medida que un dosel de vegetación va cambiando, del crecimiento al principio de la primavera, a la madurez al final de la temporada y la senescencia, las propiedades de la reflectancia también cambian.
- Como no podemos ver la radiación infrarroja, la vegetación saludable la vemos como verde.



# ¿Qué es la Teledetección?



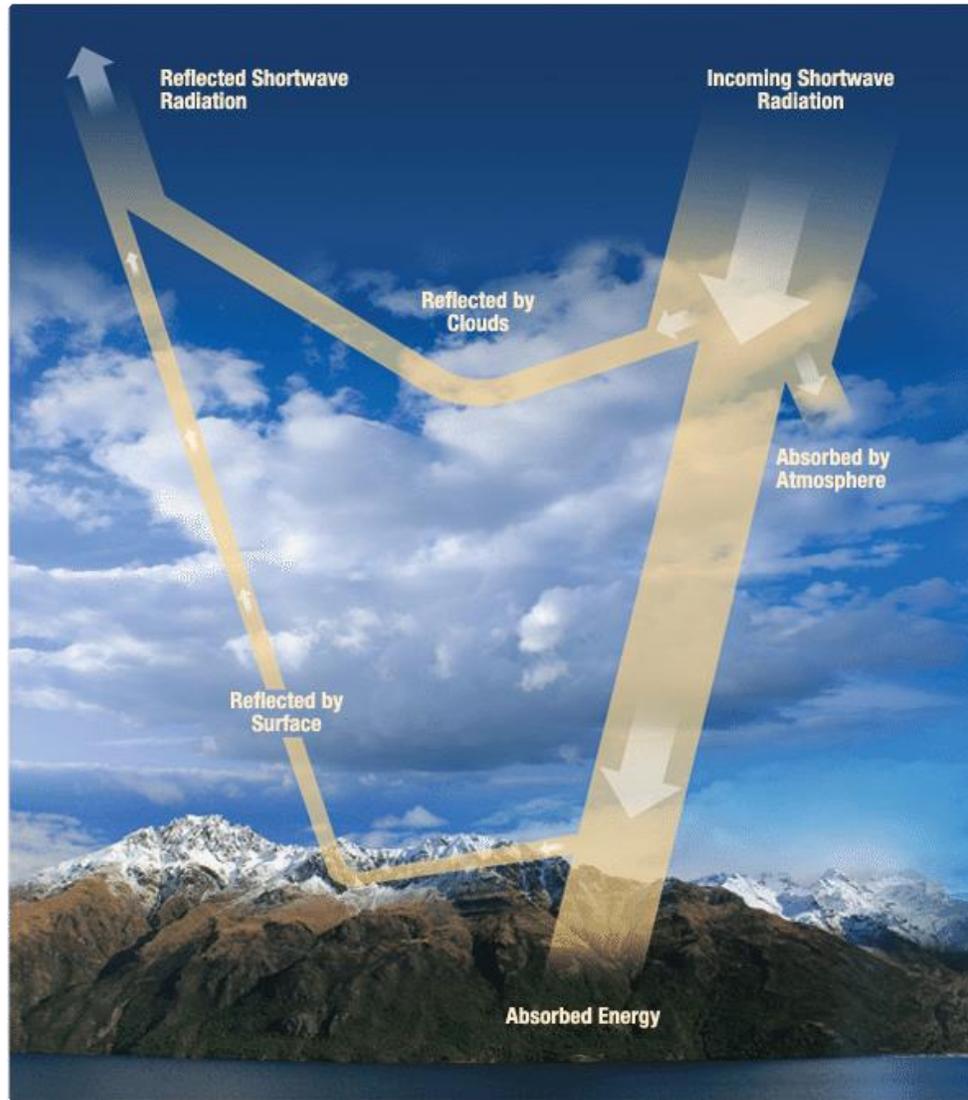
Fuente de la Imagen: [NASA Earth Observatory](#), usando datos de Landsat cortesía del USGS.

## Agua

- Las longitudes de onda más largas (verdes y rojas) y la radiación infrarroja cercana son más absorbidas por el agua que las longitudes de onda más cortas (azules) – por lo tanto, el agua normalmente se ve azul o verde-azul.
- Los satélites tienen la capacidad para mapear los componentes ópticamente activos de la parte superior de la columna de agua en aguas interiores y cerca de la costa.



# ¿Qué es la Teledetección?



## Atmósfera

- Desde el Sol hasta la Tierra y de vuelta al sensor, la energía electromagnética pasa a través de la atmósfera dos veces.
- Gran parte de la energía incidente es absorbida y dispersada por gases y aerosoles en la atmósfera antes de llegar a la superficie terrestre.
- La corrección atmosférica remueve los efectos de la dispersión y absorción por parte de la atmósfera para obtener la reflectancia de la superficie caracterizando las propiedades de la misma.





# Satélites y Sensores

# Satélites y Sensores

Los satélites llevan sensores o instrumentos. Los nombres de los sensores normalmente son acrónimos que pueden incluir el nombre del satélite.

## Landsat 9

Operational Land Imager 2  
(OLI-2)

Cuerpo del  
satélite

Thermal Infrared Sensor 2  
(TIRS-2)

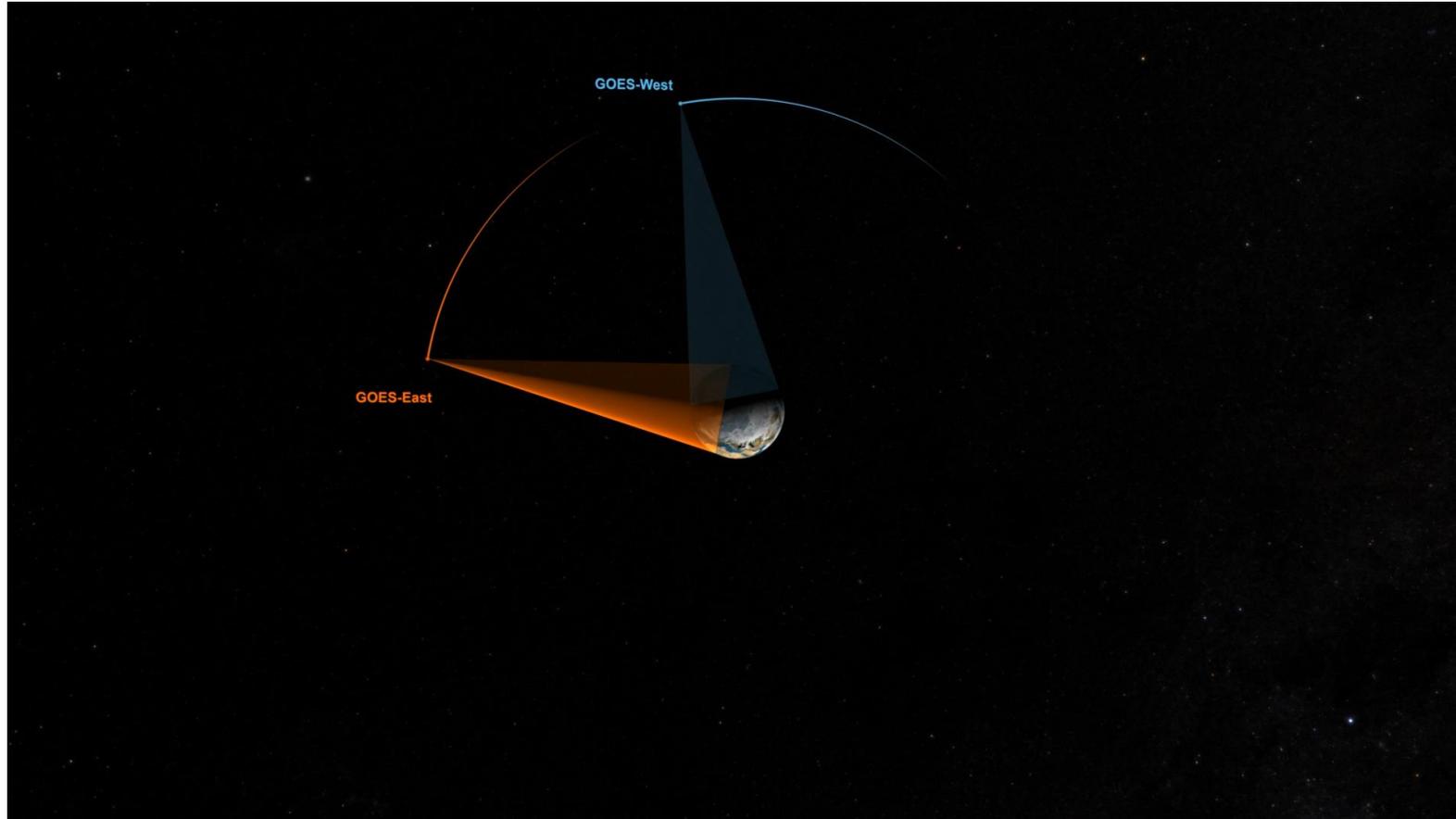


# Características de los Satélites

- **Órbitas:** Órbita Polar/No Polar vs. Geoestacionaria
- **Fuente de Energía:** Pasiva vs. Activa
- **Espectros Solar y Terrestre:** Visible, UV, IR, Microondas...
- **Técnica de Medición:** Escaneado; No-escaneado; Captador de Imágenes: Sondas
- **Tipo y Calidad de Resoluciones:** Espacial, Temporal, Espectral, Radiométrica
- **Aplicación:** Meteorología, Color Oceánico, Mapeo del Suelo, Calidad del Aire, Balance Radiativo



# Características de los Satélites



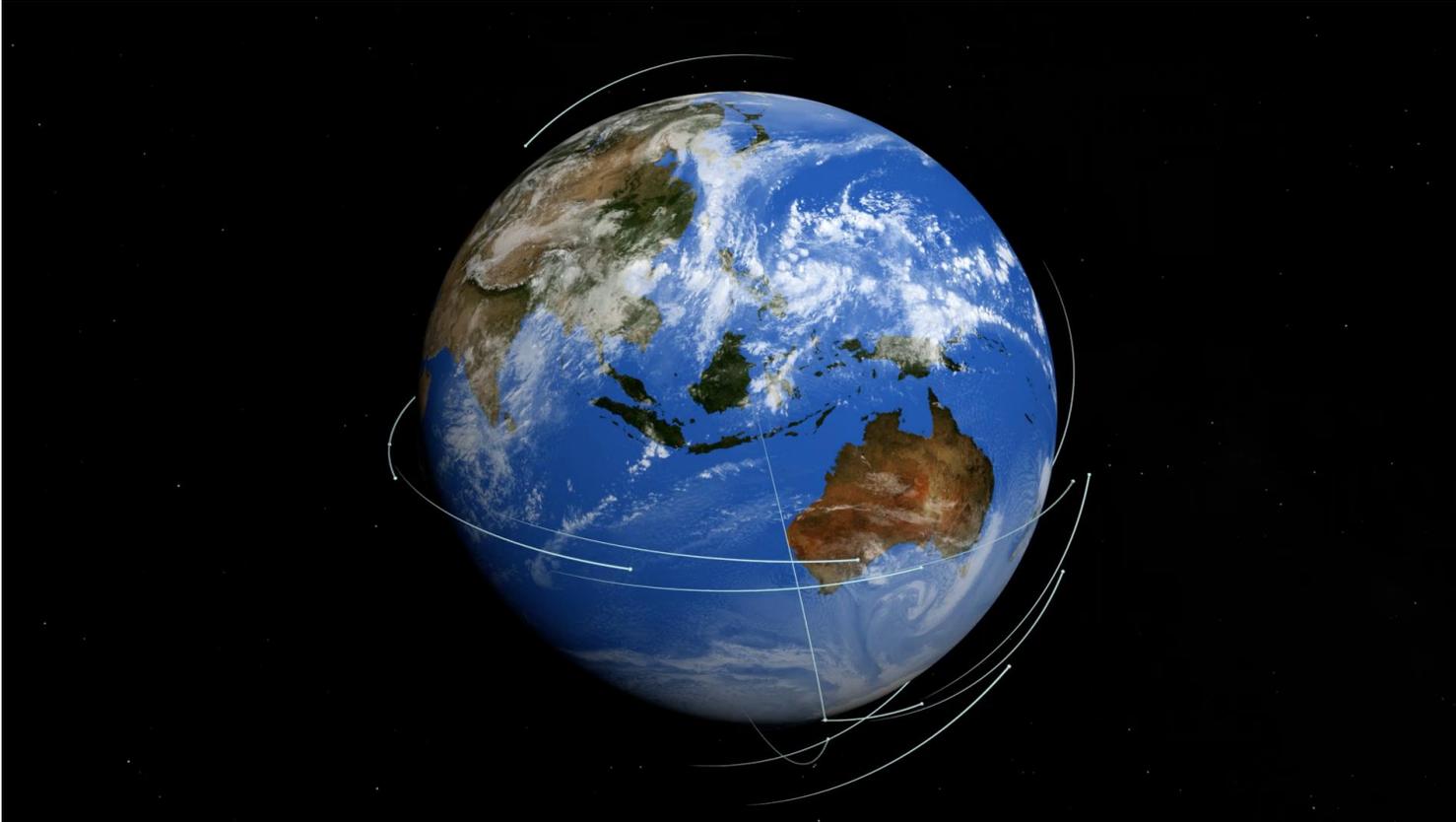
Fuente del Video: [NASA](#)

## Órbita Geoestacionaria

- Por lo general, los satélites geoestacionarios orbitan a ~36.000 km sobre la línea ecuatorial con el mismo período de rotación que la Tierra.
- Varias observaciones al día
- Cobertura espacial limitada—las observaciones son siempre de la misma área
- Ejemplos: Satélites meteorológicos o de comunicaciones



# Características de los Satélites



Fuente del Video: [NASA](#)

## Órbita Terrestre Baja (Low Earth Orbit o LEO)

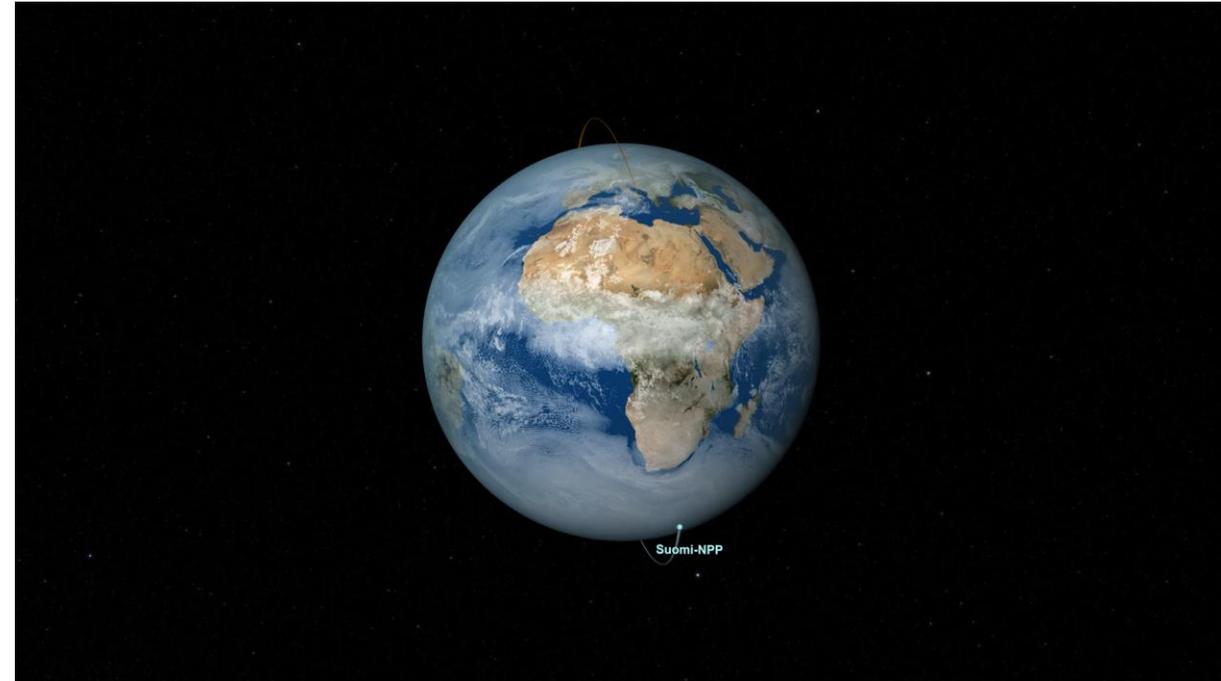
- Orbitan con respecto a la Tierra – su órbita puede ser polar o no polar
- Mediciones menos frecuentes
- Cobertura espacial global (o casi global)
- Ejemplos:
  - **Polar:** Landsat o Terra
  - **No polar:** ISS o GPM



# Características de los Satélites

## Órbita Polar y Órbita Heliosincrónica (Sun-Synchronous Orbit o SSO)

- Cobertura global
- Frecuencia de medición variada (de una vez al día hasta una vez al mes)
- El tamaño más grande del barrido significa una resolución temporal más alta
- Los satélites en órbita heliosincrónica pasando sobre las regiones polares están en sincronía con el Sol—esto significa que el satélite siempre visita el mismo lugar a la misma hora local (p.ej., pasa sobre la ciudad de París todos los días a las 12 del mediodía).



Fuente del Video: [NASA](#)

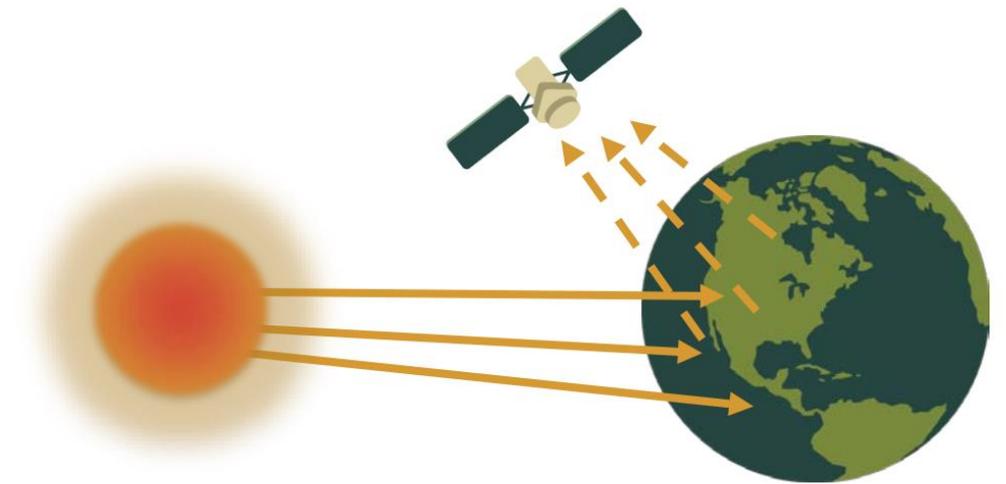


# Características de los Satélites

## Sensores Satelitales: Pasivos

- Los sensores remotos pasivos miden energía radiante **reflejada** o **emitida** por el sistema Tierra-atmósfera o cambios en la gravedad de la Tierra.
- La energía radiante se convierte en cantidades biogeofísicas como temperatura, precipitación y humedad del suelo.
- Ejemplos: Landsat OLI/TIRS, Terra MODIS, GPM GMI, GRACE etc.
- <https://earthdata.nasa.gov/learn/remote-sensors/passive-sensors>

## Passive Sensors



Fuente de la Imagen: ARSET

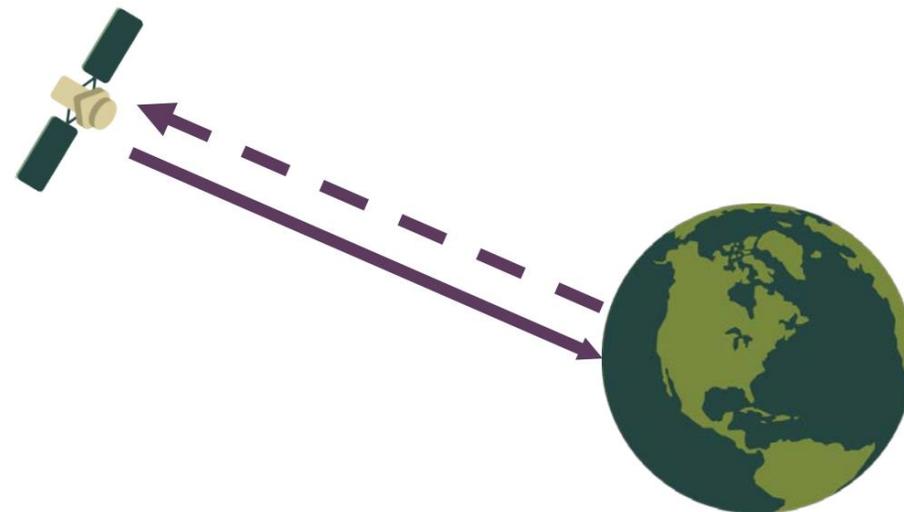


# Características de los Satélites

## Sensores Satelitales: Activos

- Los sensores activos proporcionan su propia fuente de energía para la iluminación
- La mayoría de los sensores activos opera en la región de las microondas en el espectro electromagnético, lo que permite penetrar la atmósfera bajo la mayoría de las condiciones y se pueden usar de día o de noche.
- Tienen una variedad de aplicaciones relacionadas con la meteorología y la observación de la superficie y atmósfera de la Tierra.
- Ejemplos: Altimetros de Laser, LiDAR, RADAR, Dispersómetros, Sondas
- Misiones: Sentinel-1 (C-SAR), ICESat-2 (ATLAS), GPM (DPR)
- <https://earthdata.nasa.gov/learn/remote-sensors/active-sensors>

### Active Sensors

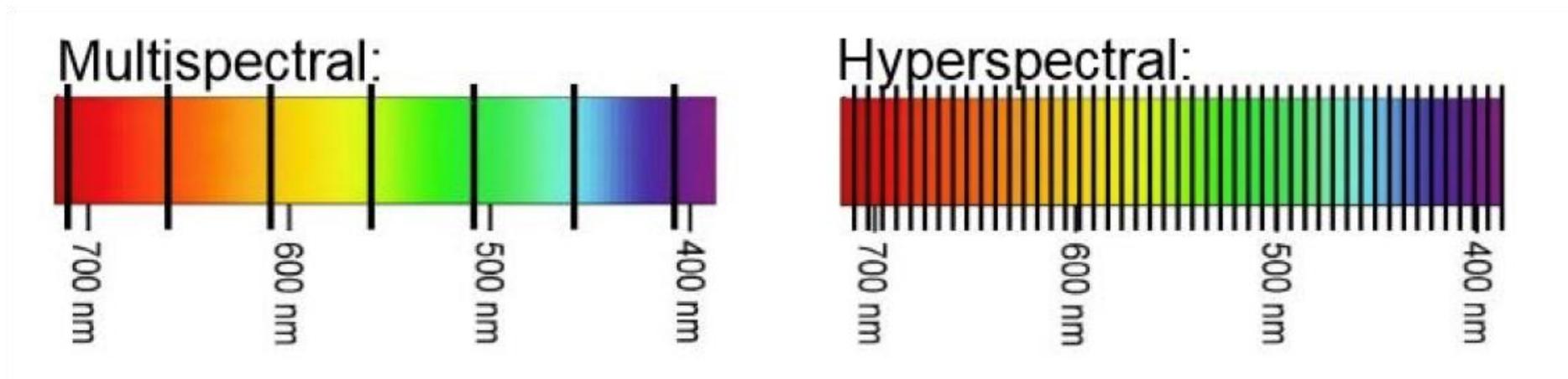


Fuente de la Imagen: ARSET



# Resolución Espectral

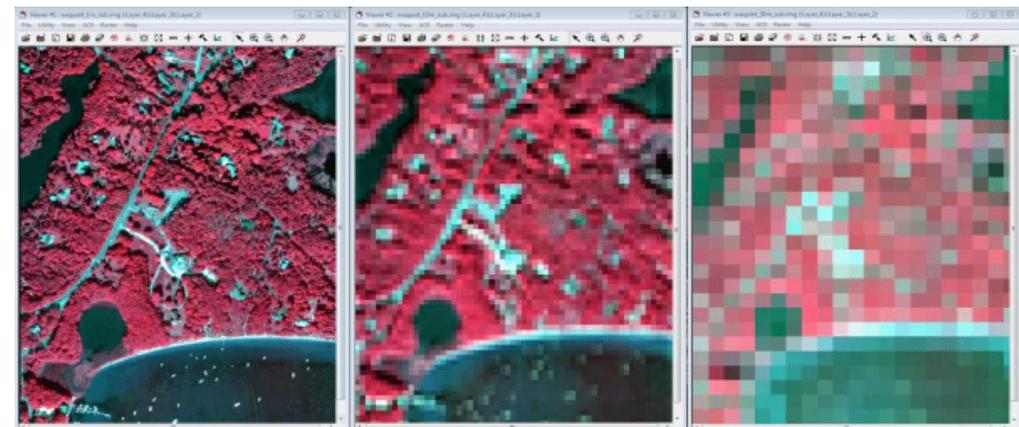
- La resolución depende de la configuración de la órbita del satélite y el diseño del sensor. Diferentes sensores tienen diferentes resoluciones.
- Significa el número y el ancho de las bandas espectrales del sensor. Cuanto más alta sea la resolución espectral, más angosta será la gama de longitudes de onda para un determinado canal o banda.
- Un mayor número de canales espectrales más finos permite la teledetección de diferentes partes de la superficie terrestre.
- Por lo general, las imágenes multispectrales se refieren a 3 hasta 10 bandas, mientras que las imágenes hiperespectrales consisten en centenares o millares de bandas (más angostas, es decir, una resolución espectral más alta). La pancromática es una sola banda ancha que recolecta una amplia gama de longitudes de onda.



# Resolución Espacial

- La resolución depende de la configuración de la órbita del satélite y el diseño del sensor. Diferentes sensores tienen diferentes resoluciones.
- Significa la superficie que forma un píxel en la imagen. Los objetos de tamaño sub-píxel a veces se pueden resolver.
- Normalmente se presenta como un valor único representando la longitud de un lado de un cuadrado.
- Cuanto más alta sea la resolución espacial, menos área cubre un solo píxel.
- La imagen en la parte inferior derecha muestra la misma imagen con diferentes resoluciones: (de izquierda a derecha) 1 m, 10 m y 30 m.

Sensor	Resolución Espacial
DigitalGlobe (y otros)	<1 m - 4 m
Landsat	30 m
MODIS	250 m - 1 km
GPM IMERG	~10 km

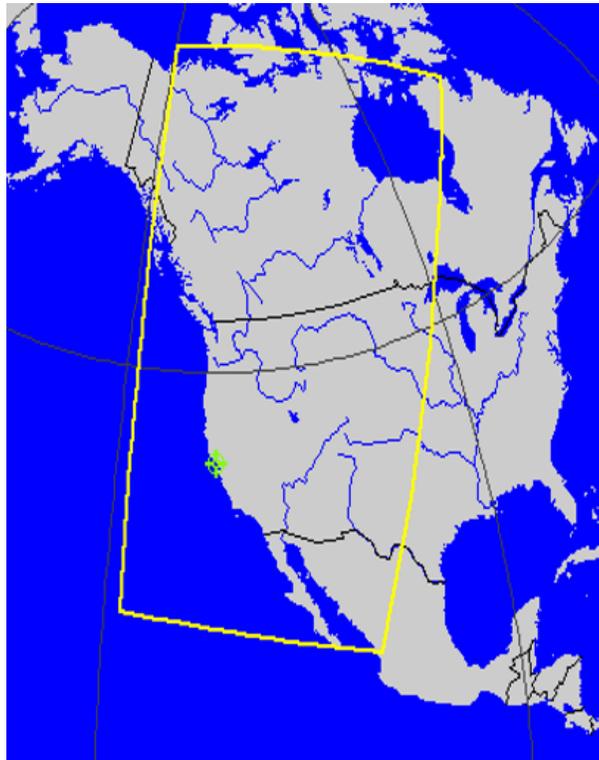


Fuente de la Imagen: [csc.noaa.gov](http://csc.noaa.gov)

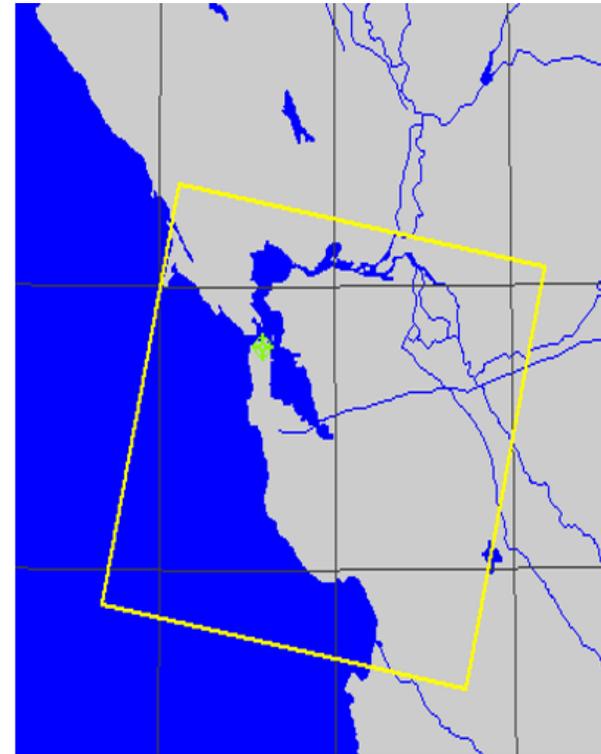


# Resolución Espacial vs. Extensión Espacial

- Por lo general, cuanto más alta es la resolución espacial, menor es el área cubierta por una sola imagen.



MODIS (250 m - 1 km)



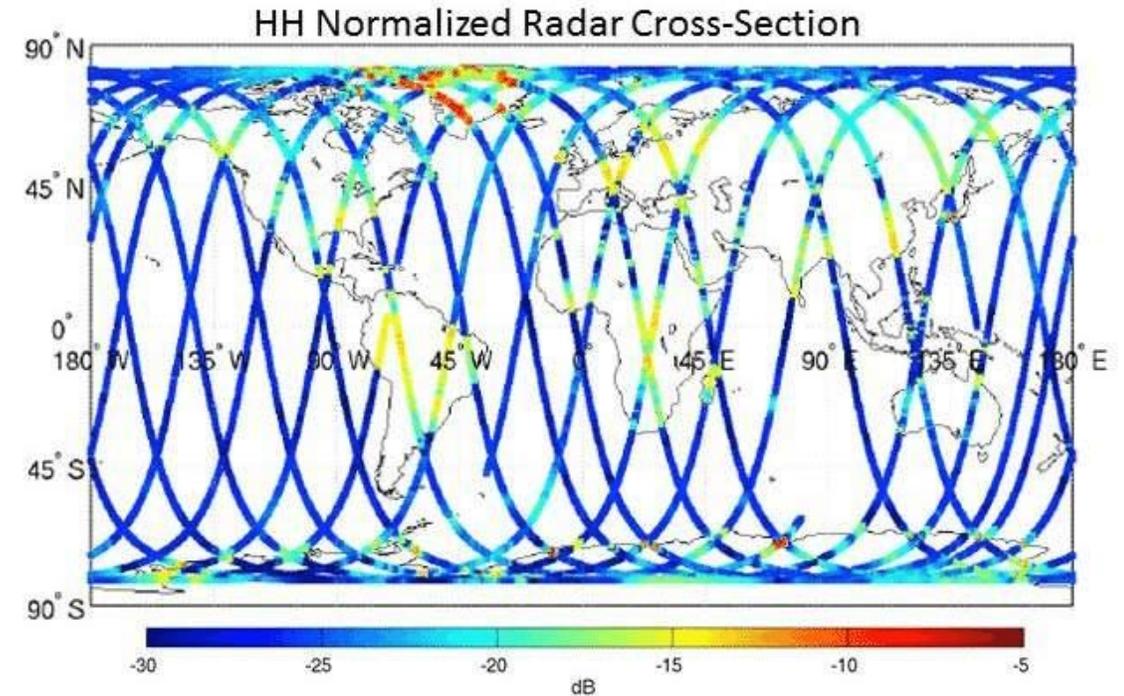
Landsat OLI (30 m)



# Resolución Temporal

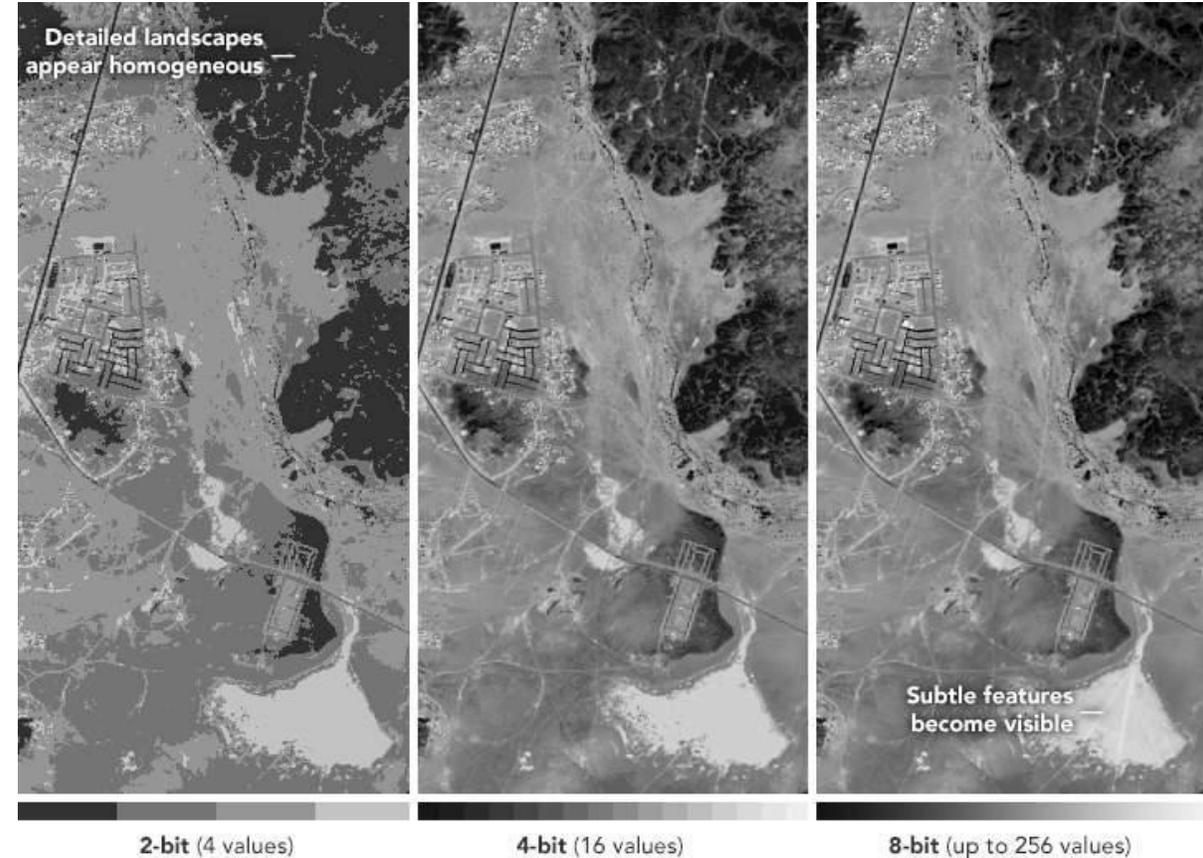
- El tiempo que tarda un satélite para completar un ciclo de órbita—también llamado “tiempo de revisita”
- Depende de las capacidades del satélite/sensor, solapa del barrido y latitud
- Algunos satélites tienen una mayor resolución temporal porque:
  - Pueden maniobrar sus sensores
  - Tienen una mayor solapa a latitudes mayores

Sensor	Tiempo de Revisita
Landsat	16 días
MODIS	2-días
Commercial (OrbView)	1-2 días



# Resolución Radiométrica

- Describe la capacidad de un sensor para discriminar diferencias en energía (o radiancia).
- Una mejor resolución radiométrica significa que el sensor es más sensible a pequeñas diferencias en energía. Cuanto mayor sea este número, más alta será la resolución radiométrica y más nítida la imagen.
  - Sensor 12 bits, 4.096 niveles: Landsat OLI
  - Sensor 10-bits, 1.024 niveles: AVHRR
  - Sensor 8-bits, 256 niveles: Landsat TM
  - Sensor 6-bits, 64 niveles: Landsat MSS



Estas imágenes muestran la misma escena con diferentes niveles. De izquierda a derecha: 2 bits, 4 bits y 8-bits.  
Fuente de la Imagen: [NASA Earth Observatory](#)





## Niveles de Procesamiento de Datos Satelitales

# Niveles de Procesamiento de Datos Satelitales

- Los datos satelitales están disponibles en diferentes etapas (o niveles) de procesamiento, de datos brutos recolectados del satélite hasta productos refinados que visualizan la información.
- La NASA toma los datos de los satélites y los procesa para hacerlos más utilizables para una gran variedad de aplicaciones. Existe una especie de terminología que la NASA utiliza para referirse a los niveles de procesamiento que realiza:
  - **Nivel 0 y Nivel 1-** Datos brutos de los instrumentos que puede que estén referenciados en el tiempo. Son los más difíciles de usar.
  - **Nivel 2-** Datos de Nivel 1 que han sido convertidos en alguna cantidad geofísica mediante un algoritmo computacional (proceso conocido como extracción). Los datos están georreferenciados y calibrados.
  - **Nivel 3-** Datos de Nivel 2 que han sido mapeados sobre una cuadrícula espacio-temporal uniforme y que han pasado por un proceso de control de calidad.
  - **Nivel 4-** Datos de Nivel 3 que han sido combinados con modelos o datos de otros instrumentos.
  - Los datos de los Niveles 3 y 4 son los más fáciles de usar.

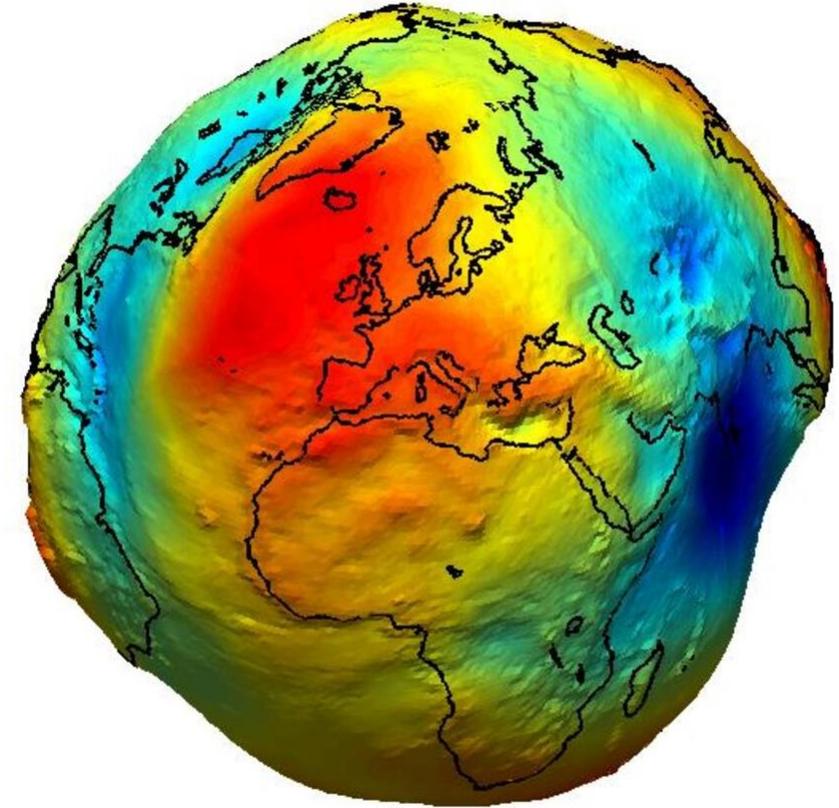




# Proyecciones y Sistemas de Coordenadas

# La Forma de la Tierra

- Aunque normalmente pensamos en la Tierra como una esfera, no es perfectamente esférica.
- Su forma real es lo que llamamos un “geoide”.
- **Geoide:** La forma hipotética de la Tierra, coincidiendo con el nivel medio del mar y su extensión imaginada debajo (o encima) de las áreas continentales.

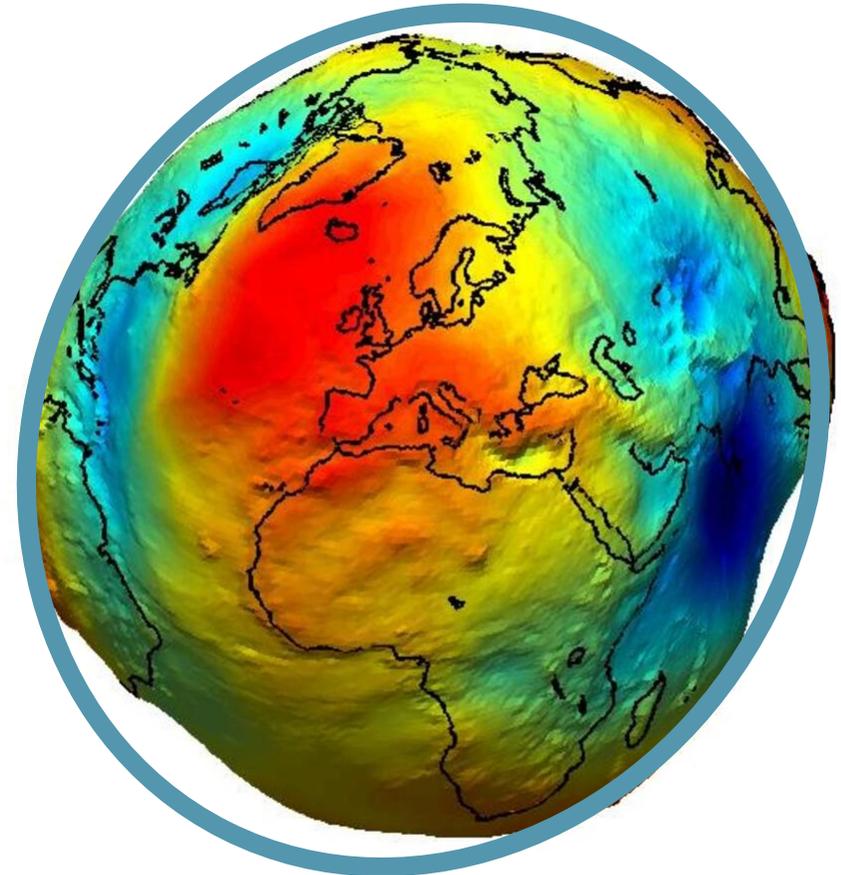


Fuente de la Imagen: Agencia Espacial Europea (ESA)



# La Forma de la Tierra

- Para poder visualizar datos espaciales de manera espacialmente consistente, usamos un **esferoide** elíptico para aproximar la superficie de la Tierra.
- Ningún esferoide es un equivalente perfecto, así que se utilizan diferentes aproximaciones.
- Cada aproximación coincidirá mejor con alguna parte de la superficie de la Tierra que con otras.
- Cada uno de estos esferoides se calcula usando un **datum** específico como punto de referencia.

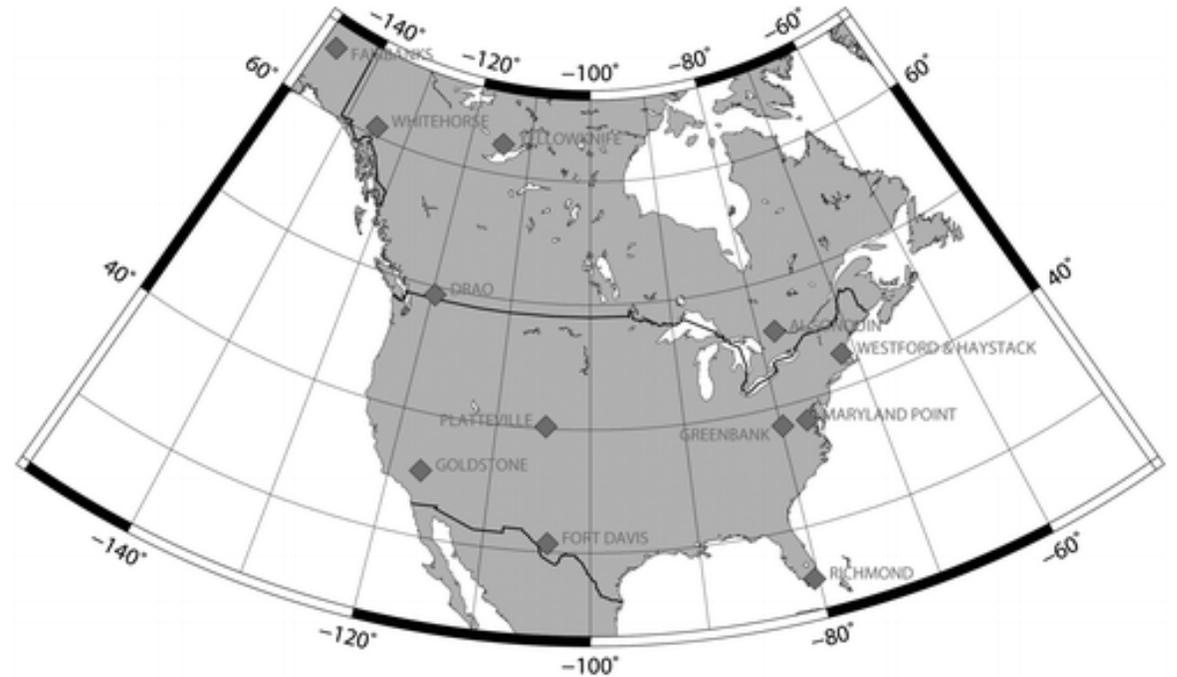


Fuente de la Imagen: European Space Agency (ESA)



# Datums

- Un **datum** es un punto conocido sobre la superficie de la Tierra o dentro de su geometría que podemos utilizar como referencia para las demás ubicaciones.
- Debido a la forma irregular del planeta, el uso de datums es necesario para representar los datos espaciales de la manera más precisa posible.
- Ejemplo: **NAD 83** (North American Datum 1983)

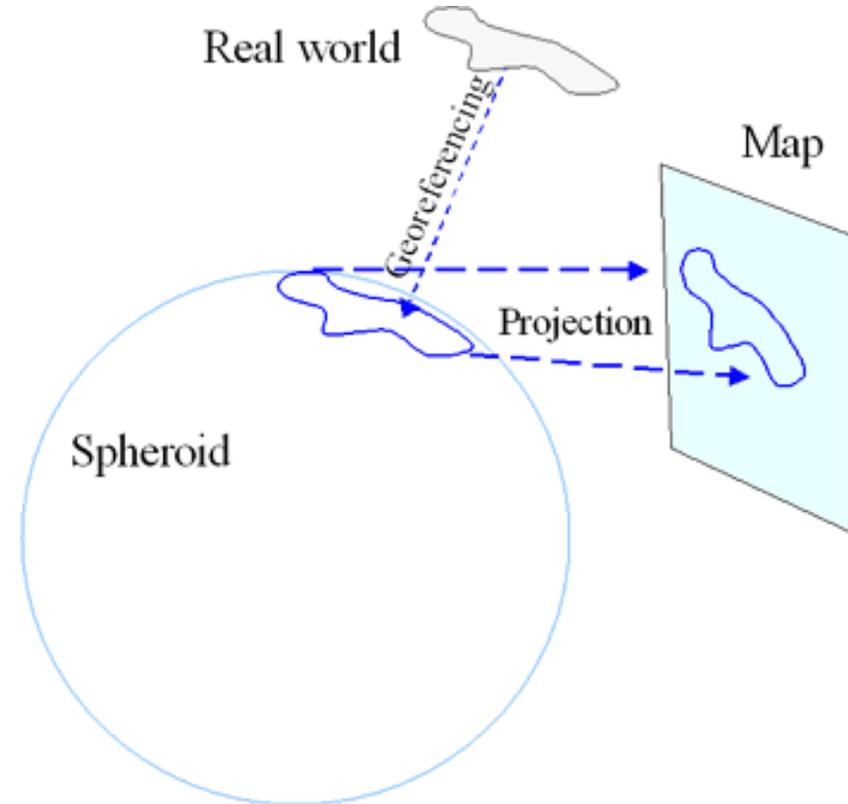


Fuente de la Imagen: [ascelibrary.org](http://ascelibrary.org)



# Sistemas de Coordenadas de Referencia

- Todos los datos espaciales, incluso las imágenes satelitales, deben ser indexados, o **georreferenciados**, a un punto fijo en la superficie de la Tierra.
- El apareamiento de un punto o un píxel de datos con una ubicación específica en el suelo requiere un **sistema de coordenadas de referencia (coordinate reference system o CRS)**.
- Hay dos tipos de sistemas de coordenadas que se utilizan comúnmente, los de coordenadas **geográficas** y los de coordenadas **proyectadas**.

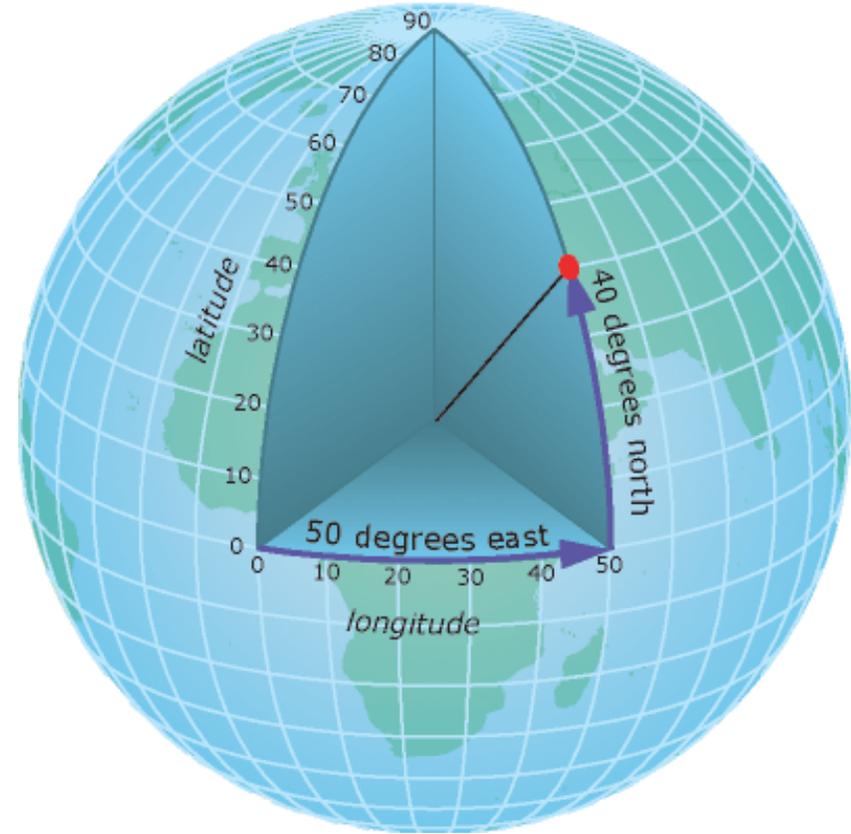


Fuente de la Imagen: GIS Stack Exchange



# Tipos de Sistemas de Coordenadas de Referencia

- **Sistemas de Coordenadas Geográficas**
  - **Pros:**
    - Mejores para la Tierra entera
    - Buenos para datos con una grande extensión espacial
  - **Contras:**
    - Menos precisión para regiones específicas
    - Malos para datos con una pequeña extensión espacial
- Ejemplo de un sistema de Coordenadas Geográficas comúnmente utilizado:  
**WGS84**



Fuente de la Imagen: ArcGIS.com



# Tipos de Sistemas de Coordenadas de Referencia

- **Sistemas de Coordenadas Proyectadas**

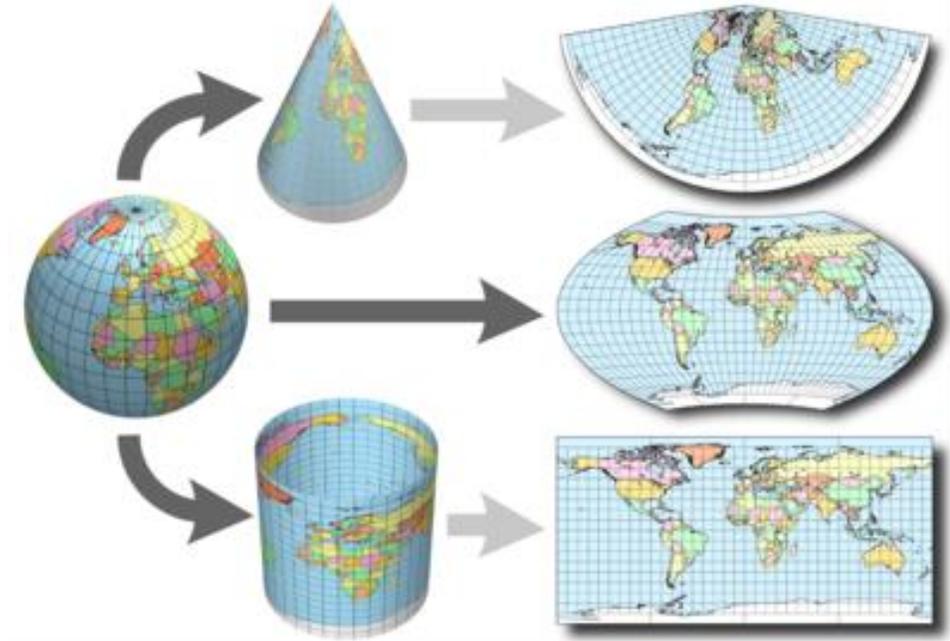
- **Pros:**

- Mejores para ubicaciones específicas
    - Buenos para datos con una extensión espacial reducida

- **Contras:**

- La precisión es sesgada para una ubicación particular
    - No son útiles para datos con una gran extensión espacial

- Ejemplo de un sistema de coordenadas proyectadas:  
**UTM (Universal Transverse Mercator)**



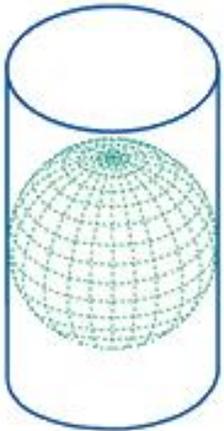
Fuente de la Imagen: Earth Data Science



# Tipos de Proyecciones para Sistemas de Coordenadas Proyectadas

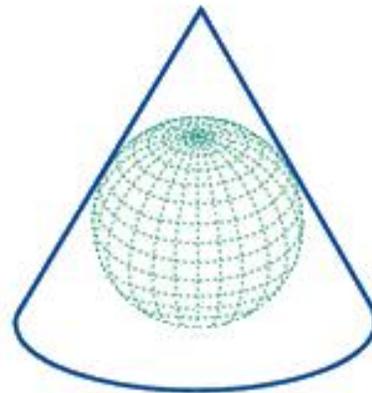
- **Cilíndrica**

- Mejor para regiones ecuatoriales
- Ocurre distorsión cerca de los polos
- Excelente para extensiones espaciales medianas
- Ejemplo: **UTM**



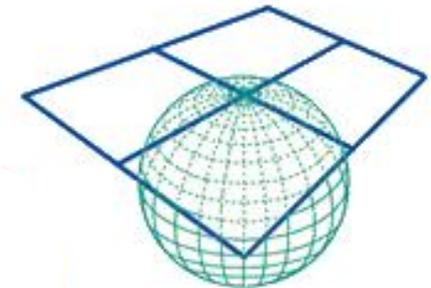
- **Cónica**

- Mejor para regiones polares
- La distorsión ocurre más lejos del polo
- Ejemplo: **Albers Equal Area Conic**



- **Planar**

- También conocida como “Azimutal”
- Proyecta datos sobre un plano
- Excelente para extensiones espaciales reducidas
- Ejemplo: **State Plane Coordinate System**

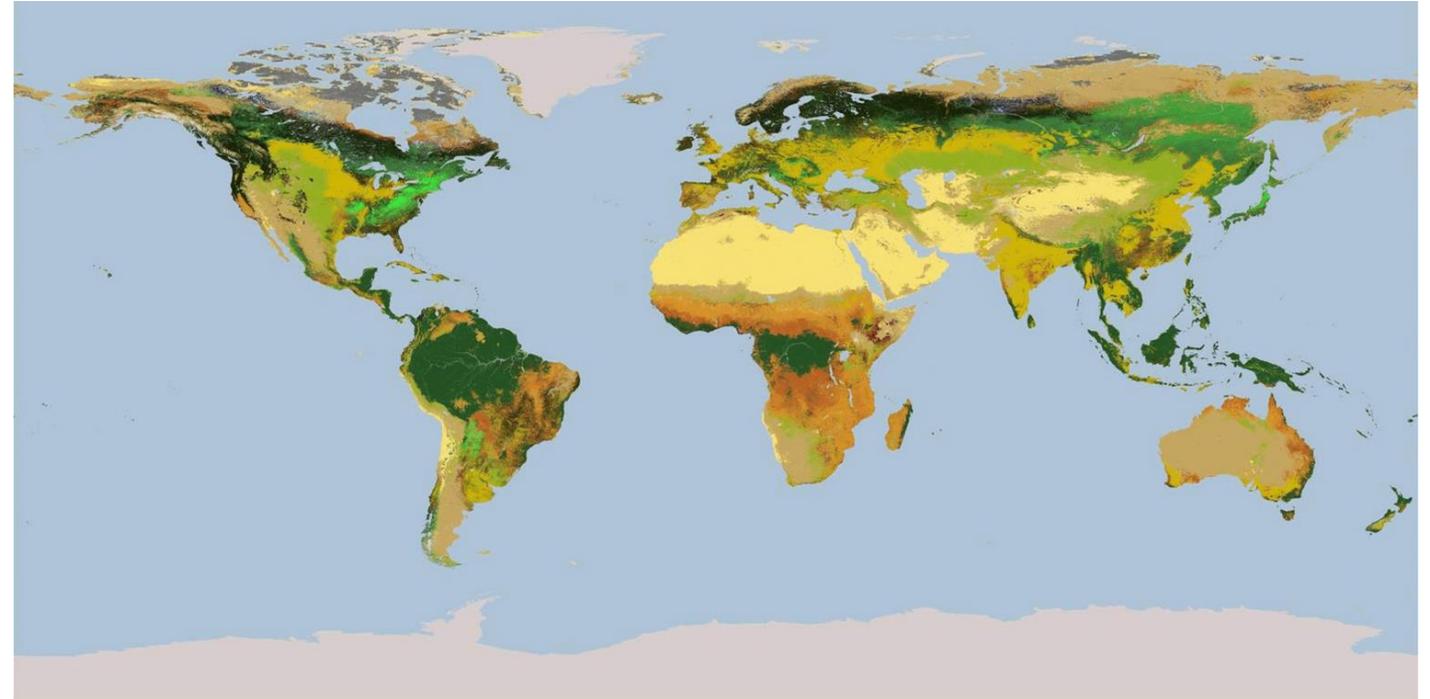




## Ventajas y Desventajas de la Teledetección

# Ventajas de la Teledetección

- Proporciona información donde no hay mediciones en el suelo.
- Proporciona observaciones consistentes a nivel mundial.
- Proporciona un monitoreo continuo de nuestro planeta.
- Los modelos de sistemas terrestres integran observaciones en el suelo y de teledetección y proporcionan información frecuente de parámetros de datos cuadrículados de recursos hídricos de manera uniforme.
- Los datos están libremente disponibles y hay herramientas en línea para el análisis de datos.

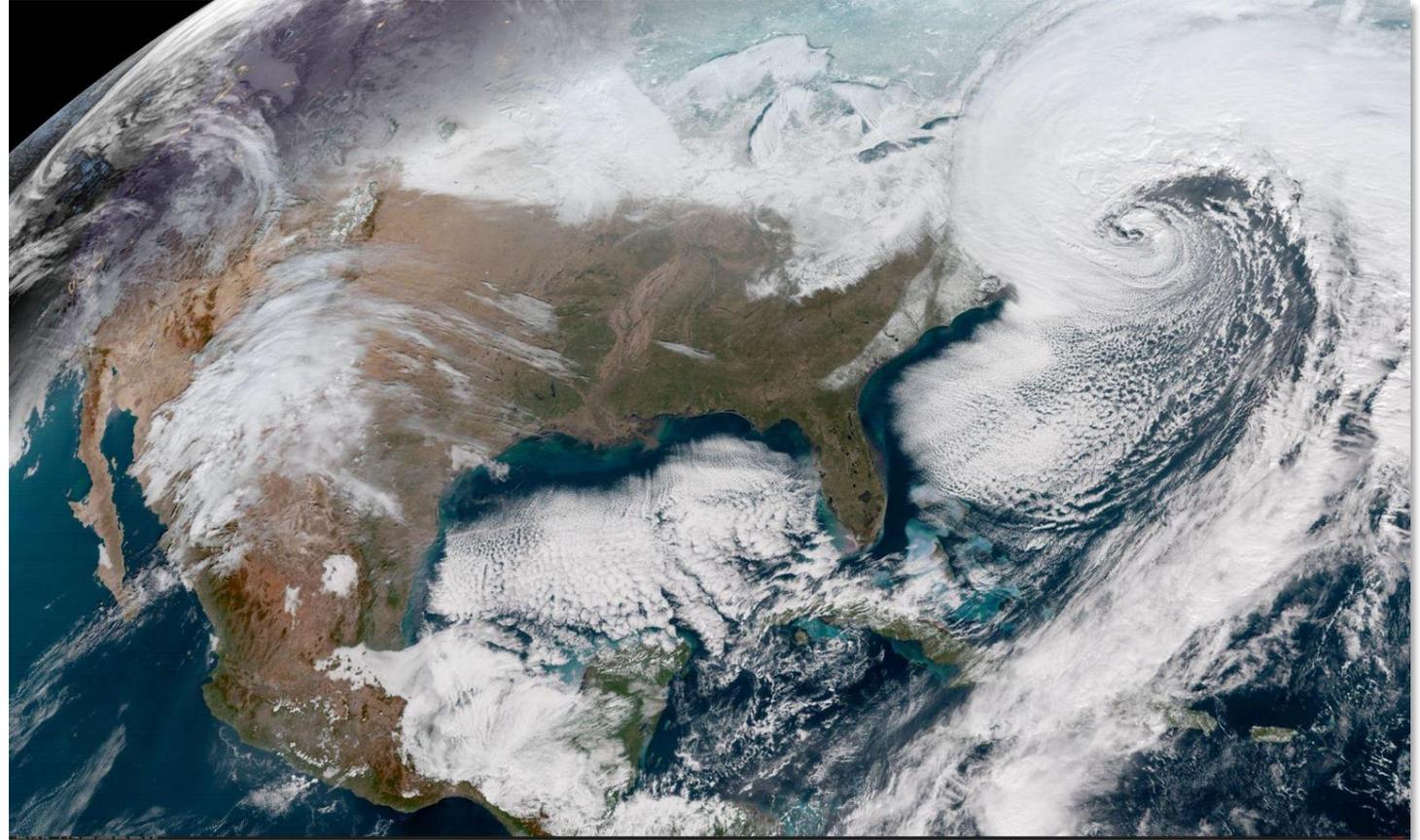


Fuente de la Imagen: NASA  
GSFC



# Desventajas de la Teledetección

- Es muy difícil obtener una resolución espectral, espacial temporal y radiométrica alta al mismo tiempo.
- Las grandes cantidades de datos en una variedad de formatos pueden requerir más tiempo y procesamiento.
- La aplicación de datos satelitales podría requerir procesamiento, visualización y herramientas adicionales.
- Aunque los datos por lo general se validan con mediciones selectas en la superficie, se recomienda evaluar a nivel regional y local.



Fuente de la Imagen: NOAA



# Terminología de la Teledetección

**Amplitud:** La “altura” de una onda o su desplazamiento máximo desde el equilibrio.

**Sistema de coordenadas de referencia:** un sistema local, regional o global basado en coordenadas que se utiliza para ubicar entidades geográficas.

**Datum:** Un punto conocido que se puede utilizar como punto de referencia para todas las demás ubicaciones.

**Radiación Electromagnética:** La energía que la Tierra recibe del Sol.

**Frecuencia:** El número de ciclos de una onda que pasa por un punto fijo por unidad de tiempo.

**Geodesia:** La ciencia de medir con precisión y comprender tres propiedades fundamentales de la Tierra: su forma geométrica, su orientación en el espacio y su campo de gravedad.

**Geodésico:** Relativo a la geodesia.

**Geoide:** La forma hipotética de la Tierra, que coincide con el nivel medio del mar y su extensión imaginaria bajo (o sobre) áreas terrestres.

**Georreferencia:** El vincular datos espaciales con su ubicación correcta.

**Geoestacionario:** Que permanece fijo sobre una ubicación específica en la superficie de la Tierra.

**En cuadrícula/cuadrículados:** datos espaciales que se muestran en una cuadrícula uniforme, a menudo vinculados a ubicaciones específicas.

**Nadir:** El punto en la superficie de la Tierra directamente debajo del satélite de observación.

**Polar:** Un tipo de órbita que cruza los polos.

**Polarización:** La orientación de una onda electromagnética.

**Proyección:** el medio por el cual uno muestra el sistema de coordenadas y sus datos en una superficie plana.

**Resolución radiométrica:** describe la capacidad de un sensor para discriminar las diferencias de energía (o radiación).

**Extensión espacial:** la superficie total cubierta por un conjunto de datos determinado.

**Resolución espacial:** la superficie del suelo que forma un píxel en la imagen.

**Resolución espectral:** El número y ancho de bandas espectrales del sensor. Cuanto mayor sea la resolución espectral, más estrecho será el rango de longitudes de onda para un determinado canal o banda.

**Heliosincrónico:** El satélite siempre visita el mismo lugar a la misma hora local.

**Resolución temporal:** el tiempo que tarda un satélite en completar un ciclo de órbita, también llamado "tiempo de revisita".



# Datos de Contacto

Correo: [nasa.arset@gmail.com](mailto:nasa.arset@gmail.com)

Applied Remote Sensing Training (ARSET) Program (Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada):

<https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset>

Twitter: [@NASAARSET](https://twitter.com/NASAARSET)

YouTube:

<https://www.youtube.com/user/NASAGovVideo/playlists>





¡Gracias!

