SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

GEOLOGÍA Y MINERÍA peruana en casa

La Tierra: Una Perspectiva desde el Espacio

Flor Greethel Rodríguez Aycho
K. Gonzales, J. Casas , M. Cutipa, H. Zárate & C. Huamán
Laboratorio de Teledetección
Dirección de Laboratorios

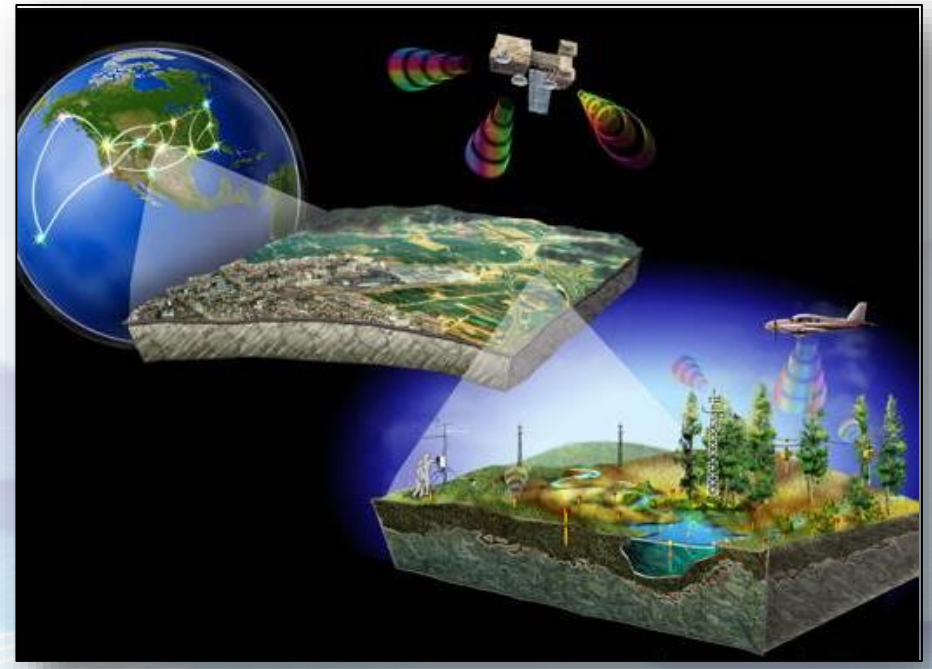
Contenido

- Introducción a la Teledetección.
- Tipos de satélites y sensores.
- Características de las imágenes satelitales.
- Aplicaciones en estudios de la Tierra.

INTRODUCCIÓN A LA TELEDETECCIÓN

Definición

La teledetección es la ciencia o la técnica de obtención de información acerca de los objetos en la superficie de la Tierra o atmósfera sin tener contacto directo con ellos.

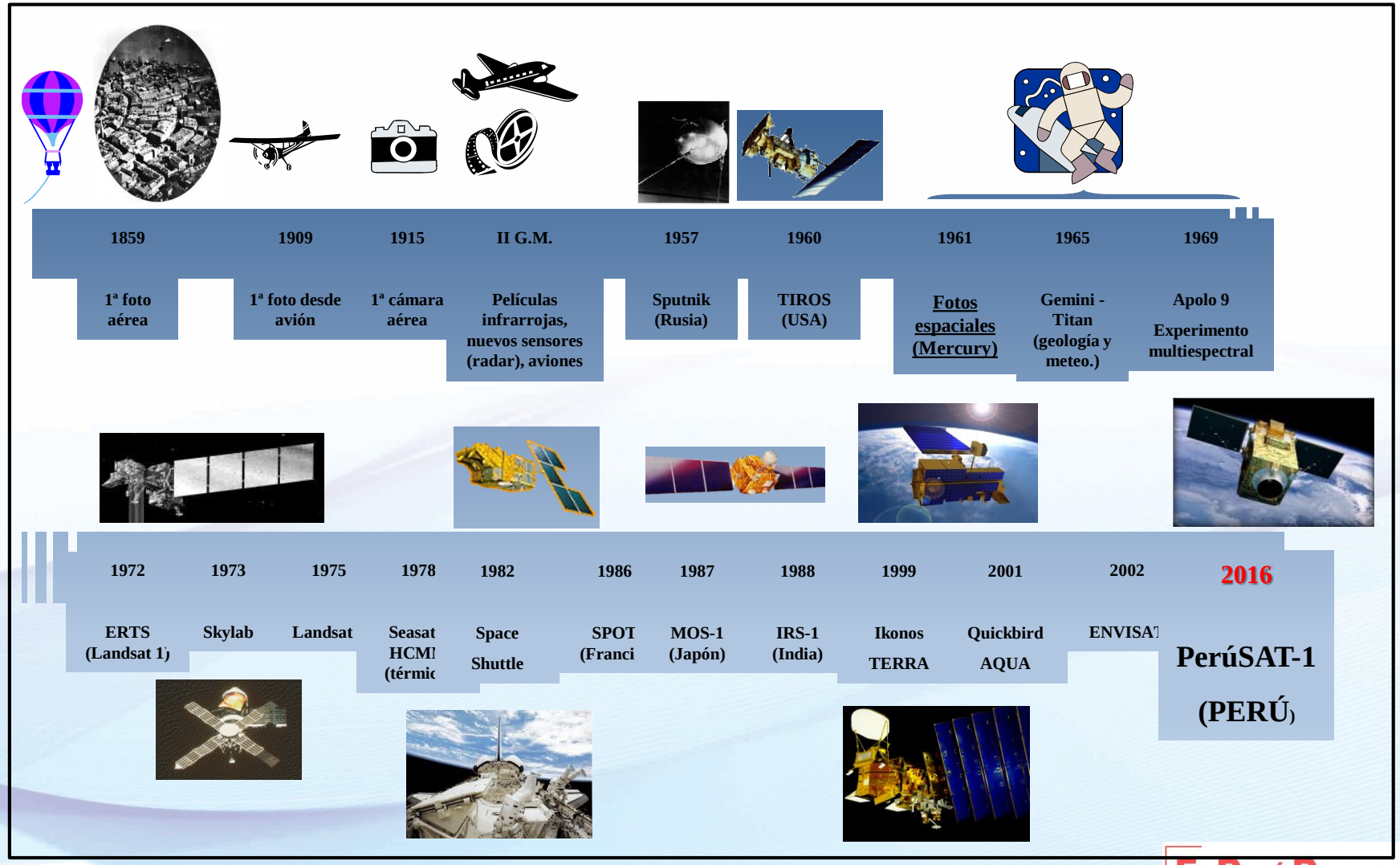


- Mediante la medición de energía electromagnética, reflejada o emitida.
- Método no destructivo, sin contacto físico.
- Inspección de la distribución espacial de los objetos.
- Determinación de las propiedades de los objetos.
- Seguimiento de la dinámica de las funciones.

INTRODUCCIÓN A LA TELEDETECCIÓN

Historia

- En el siglo XIX se inicia la observación terrestre mediante plataformas aérea.
- 1957 lanzamiento del satélite Sputnik, primer satélite artificial puesto en órbita alrededor de la Tierra por la Unión Soviética.



INTRODUCCIÓN A LA TELEDETECCIÓN

Elementos de la Teledetección

A. Fuente de energía.

B. Radiación.

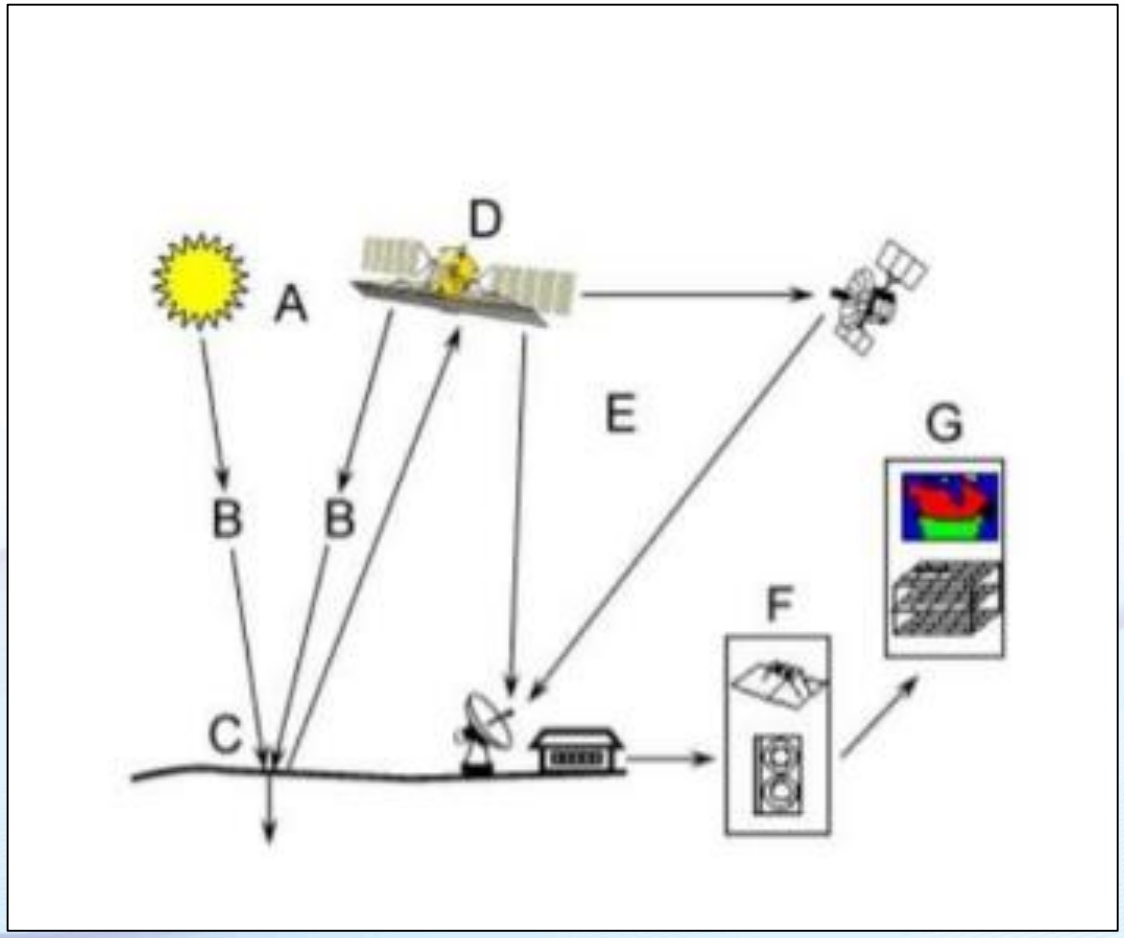
C. Objeto de estudio.

D. Sensor (detección de energía).

E. Transmisión, recepción de información.

F. Interpretación y análisis.

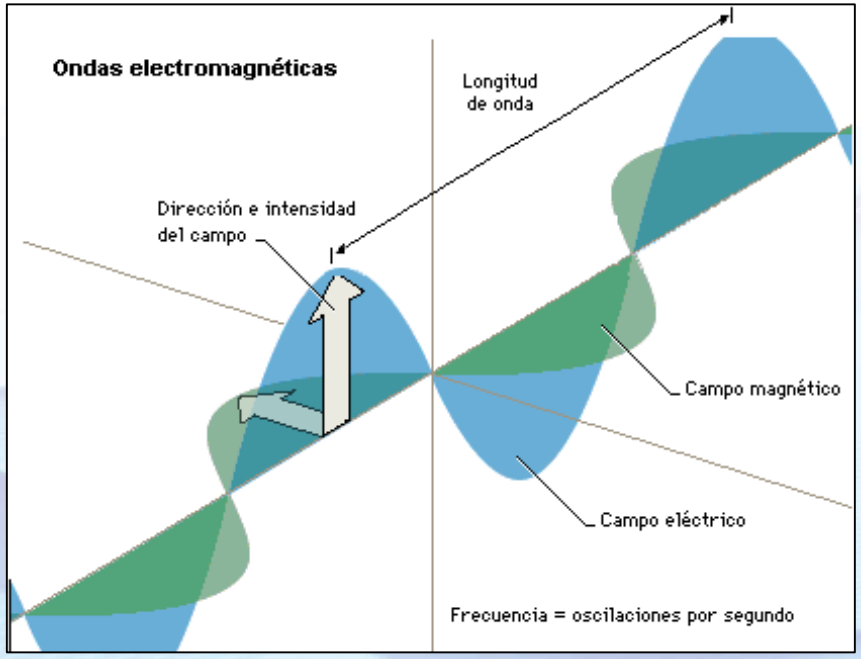
G. Aplicación.

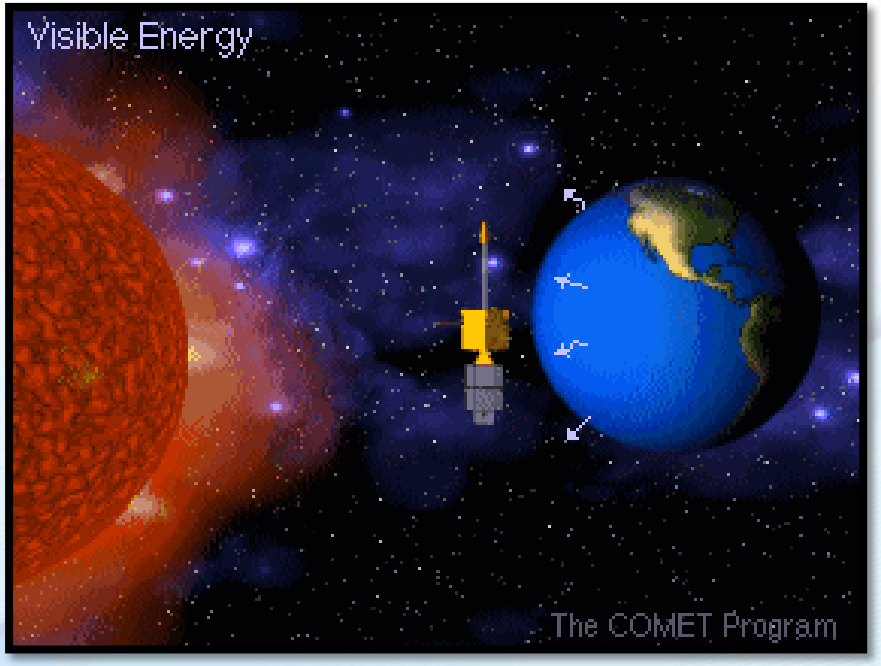


Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-Elements-of-a-Remote-Sensing-System_fig1_253129924

Radiación Electromagnética

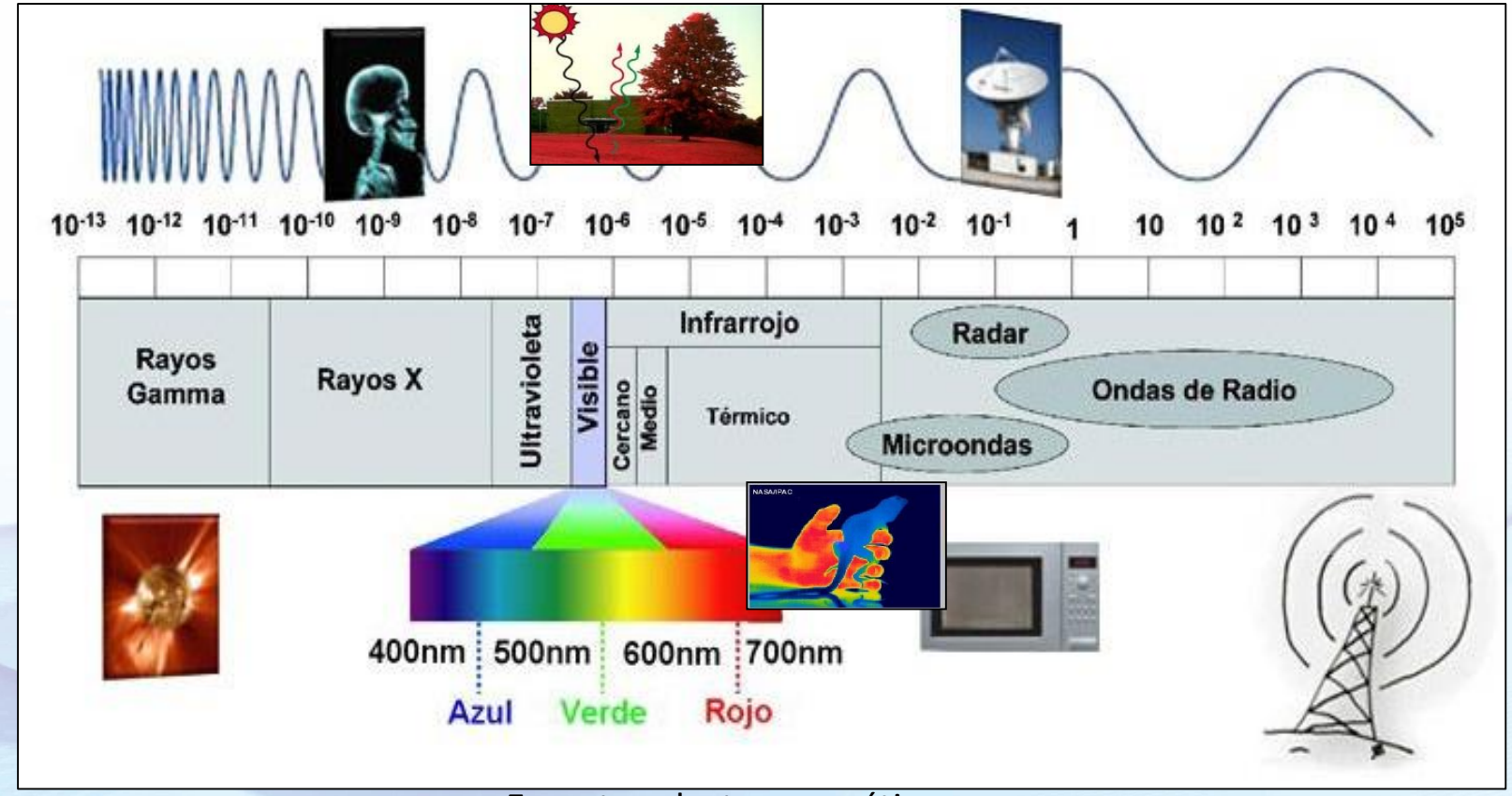
Es la combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, es decir un campo electromagnético variable, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro.





Espectro Electromagnético

El espectro electromagnético es el conjunto de longitudes de onda de todas las radiaciones electromagnéticas.



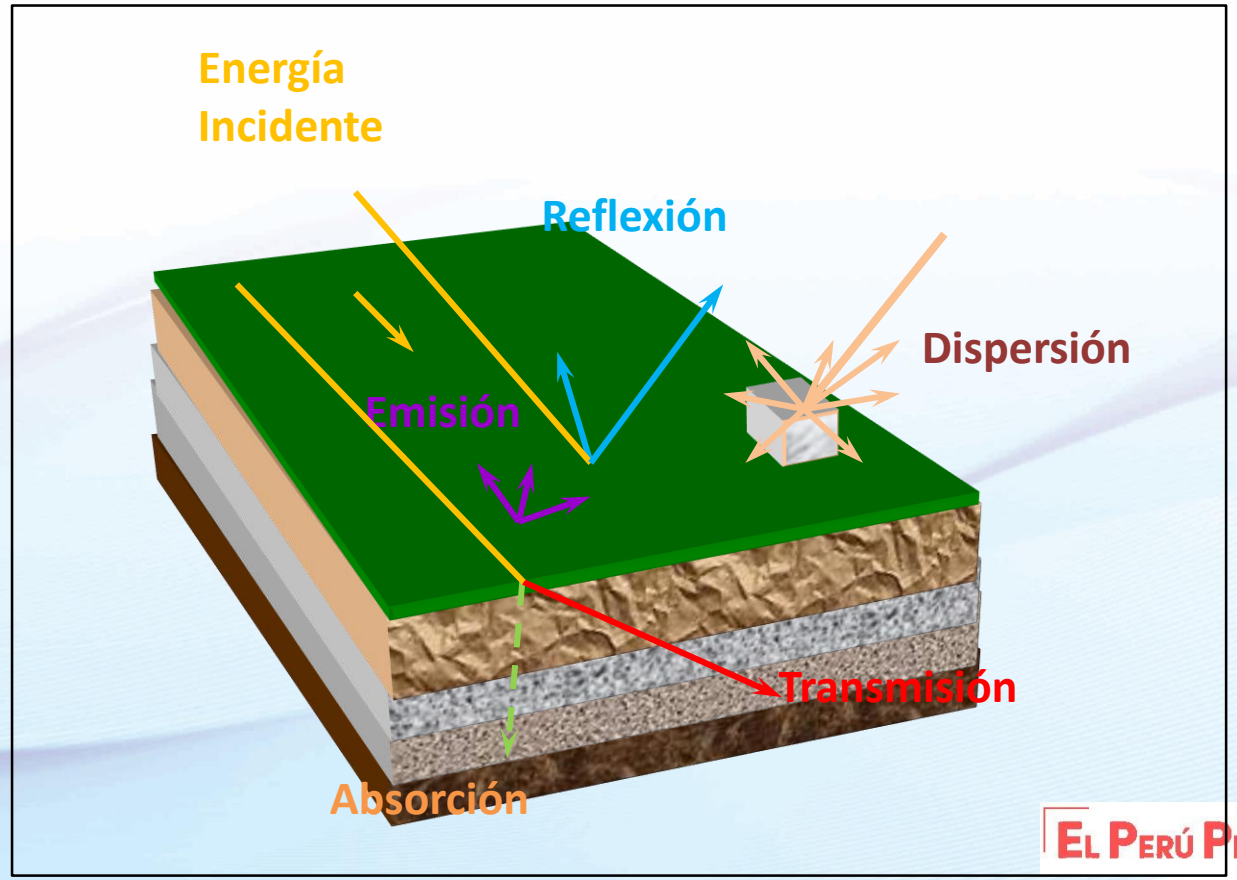
Espectro electromagnético

Fuente: https://wagnelys19.wixsite.com/travel-blog-es/single-post/2015/11/13/El-espectro-electromagn%C3%A9tico

Interacción Energía Electromagnética en la superficie

Todos los objetos (independientemente de la radiación que emitan) van a recibir radiación emitida por otros cuerpos, fundamentalmente del sol, que, en función del tipo de objeto que estemos considerando, puede seguir tres caminos:

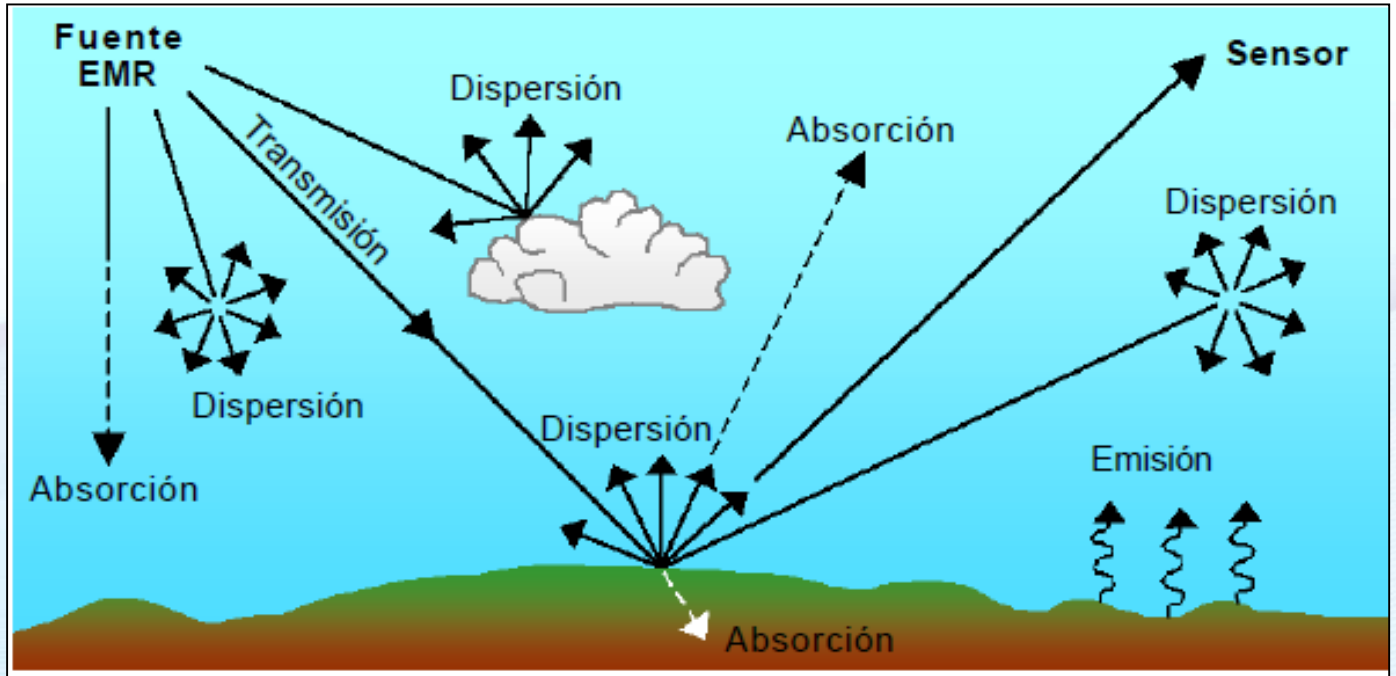
- **Reflejarse**, la radiación es reenviada de vuelta al espacio.
- **Absorberse**, la radiación pasa a incrementar la energía del objeto.
- **Transmitirse**, la radiación se transmite hacia abajo a otros objetos.



Interacción de la radiación electromagnética con la atmósfera

La atmósfera es un factor importante al considerar los flujos de radiación entre el sol y la superficie terrestre y entre esta y los satélites. Los gases y aerosoles que componen la atmósfera tienen un efecto triple sobre la radiación:

- **Absorción** de la energía en determinadas bandas del espectro.
- **Dispersión** de la radiación en determinadas bandas del espectro.
- **Emisión** que, por su temperatura, tendrá un máximo en el infrarrojo térmico.

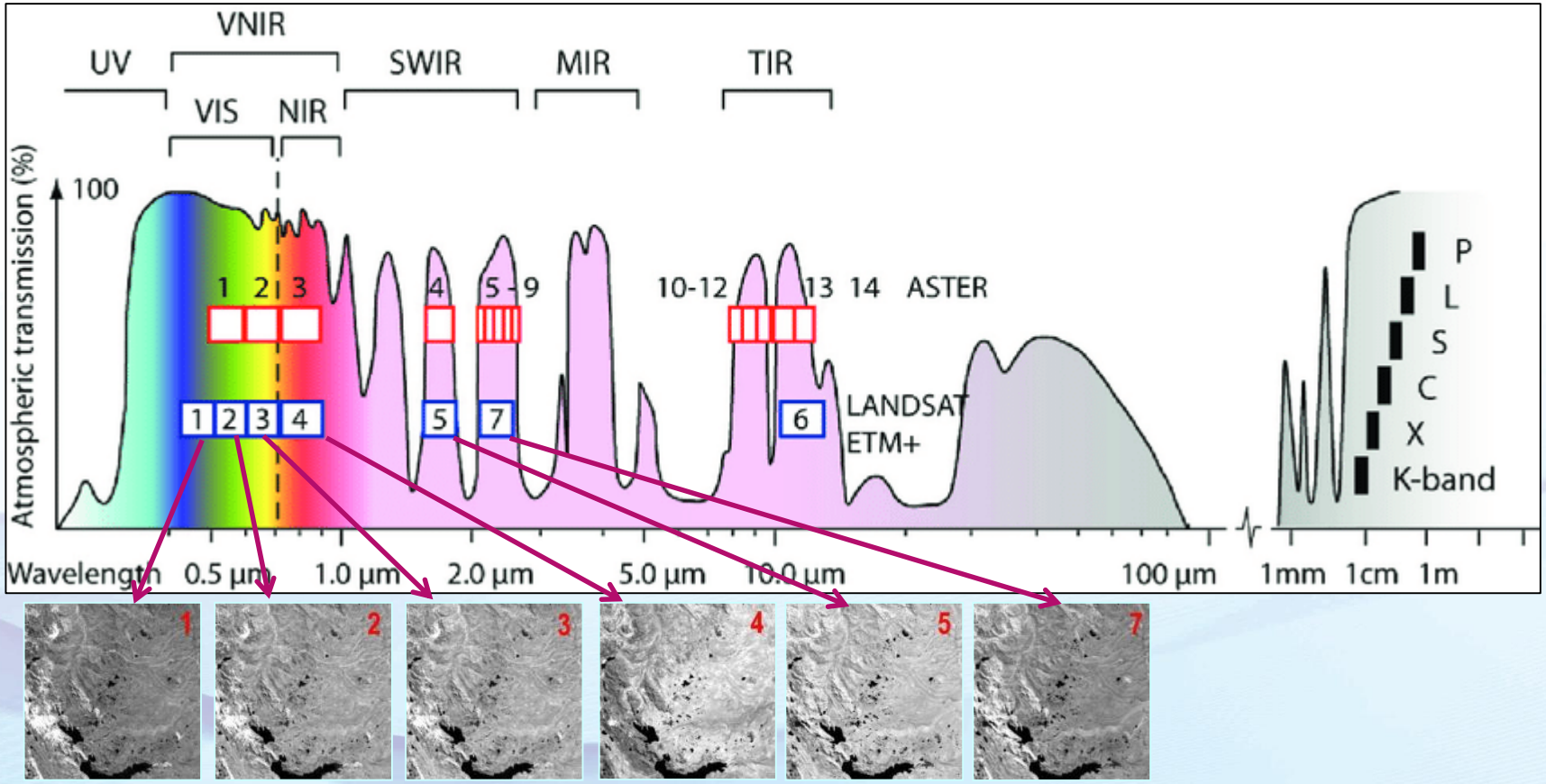


Interacciones EMR típicas en la atmósfera y en la superficie terrestre.

INTRODUCCIÓN A LA TELEDETECCIÓN

El sensor es un detector multicanal con unas pocas bandas espectrales. Cada banda es sensible a la radiación en un rango determinado de longitudes de onda.

Bandas de sensores ASTER Y LANDSAT ETM



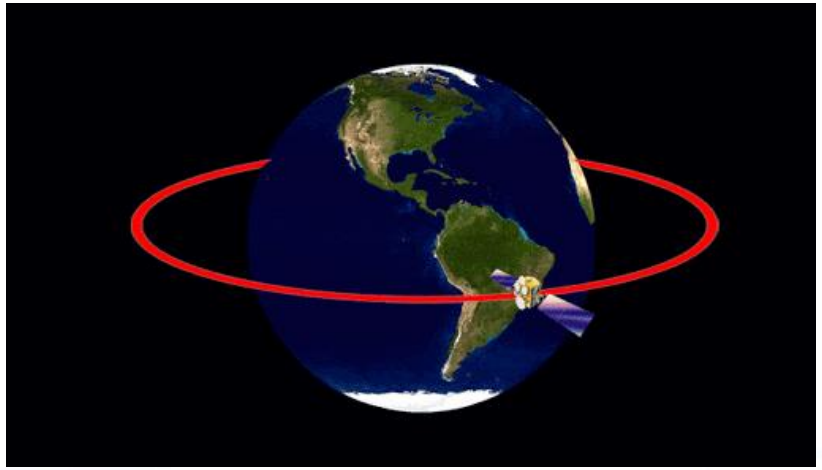
Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Atmospheric-transmission-sections-of-the-optical-and-microwave-spectrum-and-spectral_fig1_278750916

TIPOS DE SATÉLITES

Según tipo de orbita:

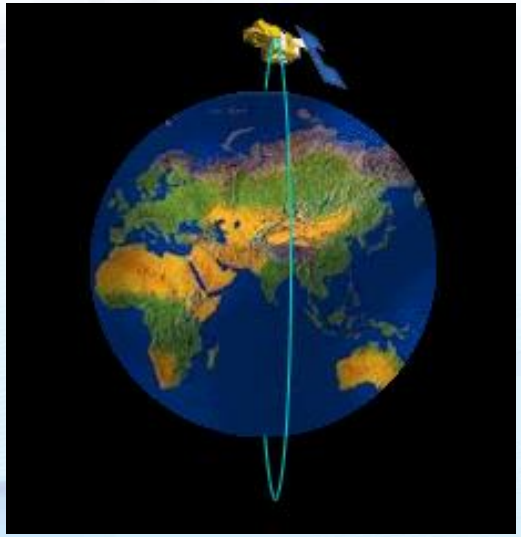
❖ Geoestacionarios:

- En una órbita sobre el Ecuador.
- Altura de la Tierra 36000 Km.
- Satélites meteorológicos: Meteosat (Europa, África y el Atlántico oriental), GOES (USA), NIMBUS, MTSAT-1R (Japonés), GOMS (Rusia) entre otros.



❖ Helio sincrónicos u órbita polar:

- En órbitas generalmente circulares y polares.
- Entre 300 y 1500 Km de altura.
- Satélites de recurso naturales: LANDSAT, ASTER, SPOT, entre otros.



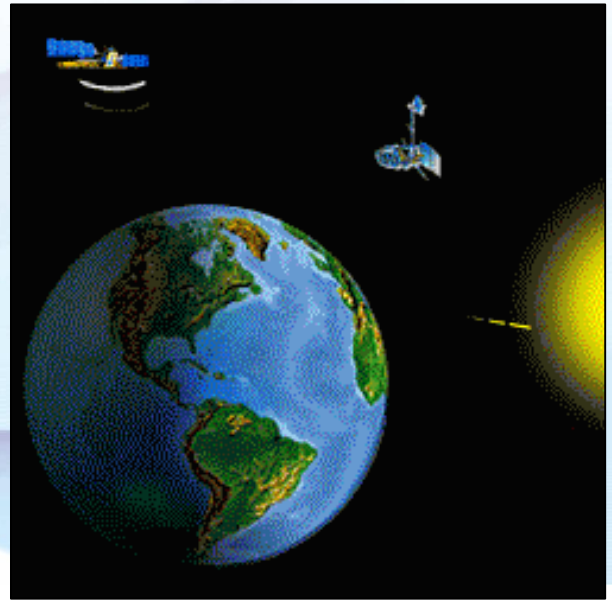
TIPOS DE SENSORES

Según tipo de energía detectada:

- Pasivos: requieren de una fuente externa, por ejemplo el sol.

IMAGEN ÓPTICA
SENTINEL-2 RGB: 12,8,3

- Activos: cuentan con una fuente interna de energía que dispara una señal hacia la superficie terrestre. Son sensores activos microondas, radar y láser.



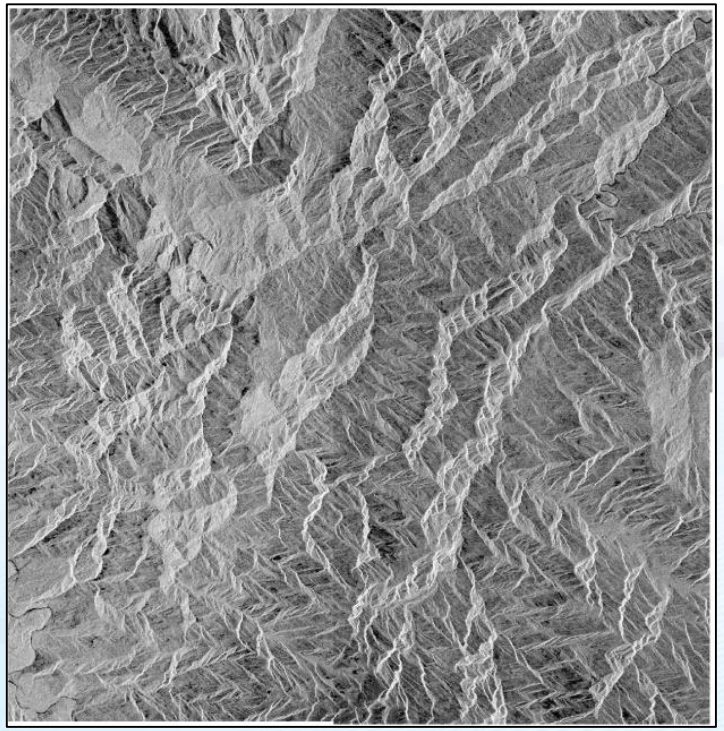
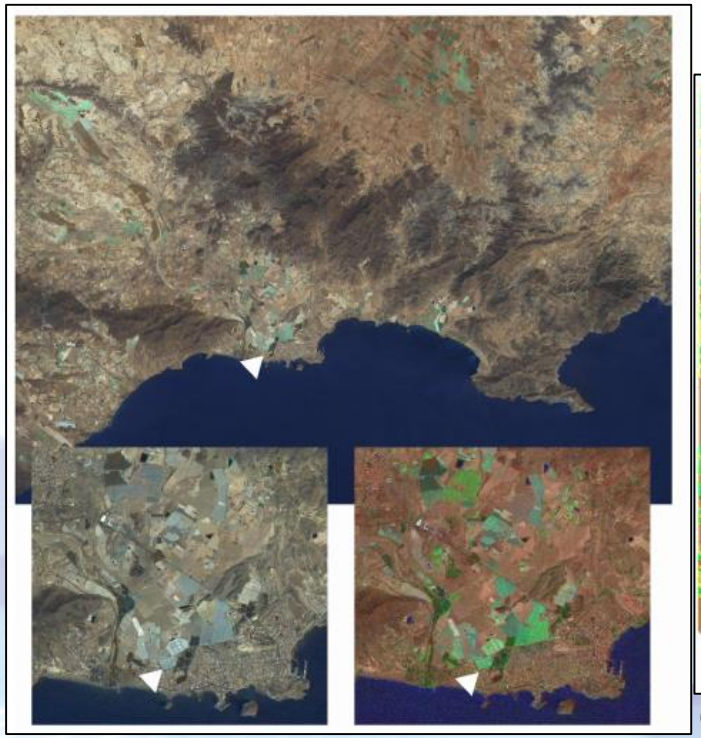


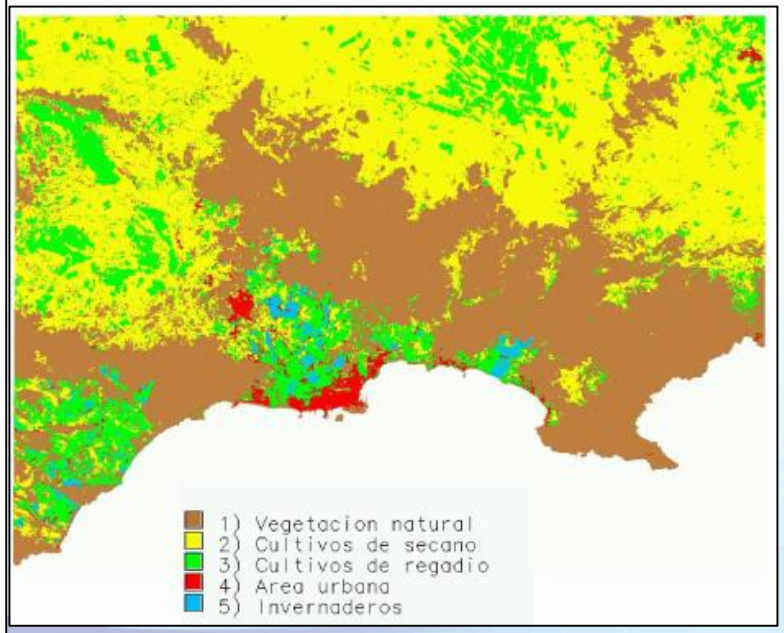
IMAGEN RADAR
SENTINEL-1 VH

TIPOS DE SENSORES

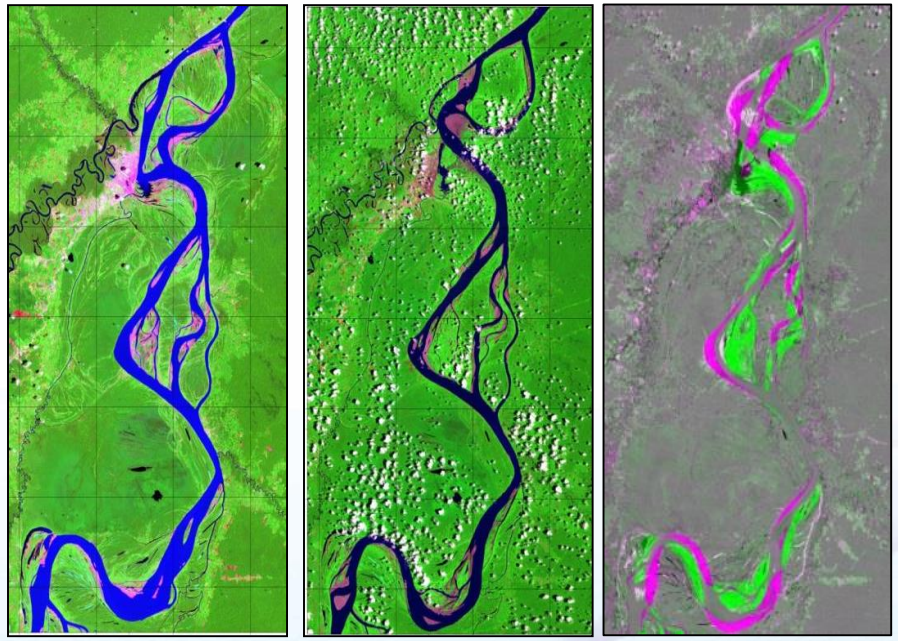
Ventajas de las imágenes ópticas:

- Medición de energía electromagnética, reflejada o emitida.
- Inspección de la distribución espacial de los objetos.
- Determinación de las propiedades de los objetos.
- Seguimiento de la dinámica de los fenómenos/eventos.





Clasificación por tipo de vegetación



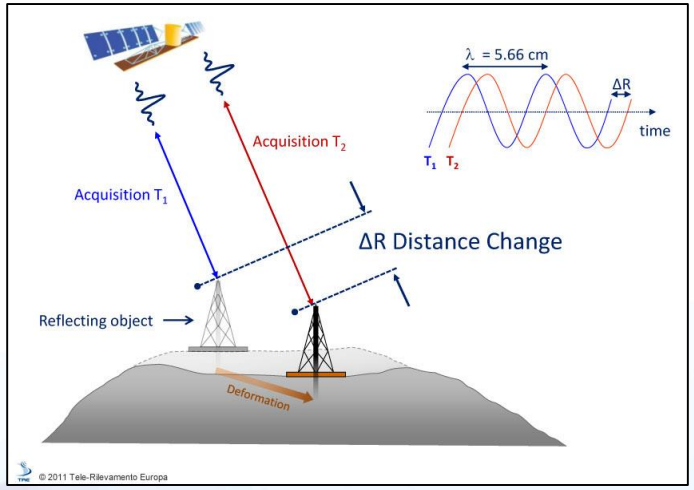
Estudios multitemporales - Detección de cambios 1985-2011.

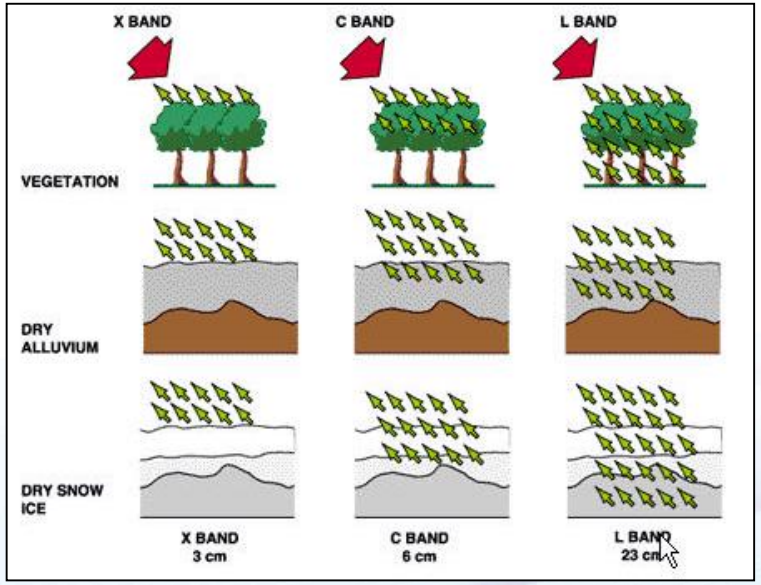
Aplicaciones:
Recursos naturales: forestales, minería, cambio climático, entre otros.

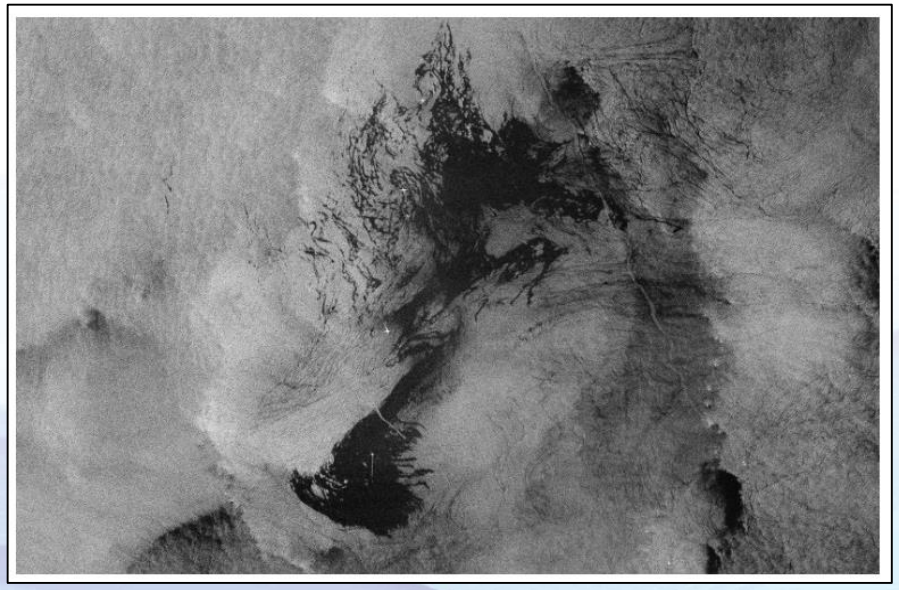
TIPOS DE SENSORES

Ventajas de las imágenes radar:

- Sensor activo.
- Capacidad de atravesar nubes y lluvia.
- Capacidad de registrar en la oscuridad.
- Capacidad de penetración.







Derrames de petróleo, costas francesas con Sentinel-1, ESA (Marzo, 2019).

Aplicaciones:

Detección de deformación del suelo (INSAR).

Derrames de petróleo.

Commercial Radar Remote Sensing Satellites

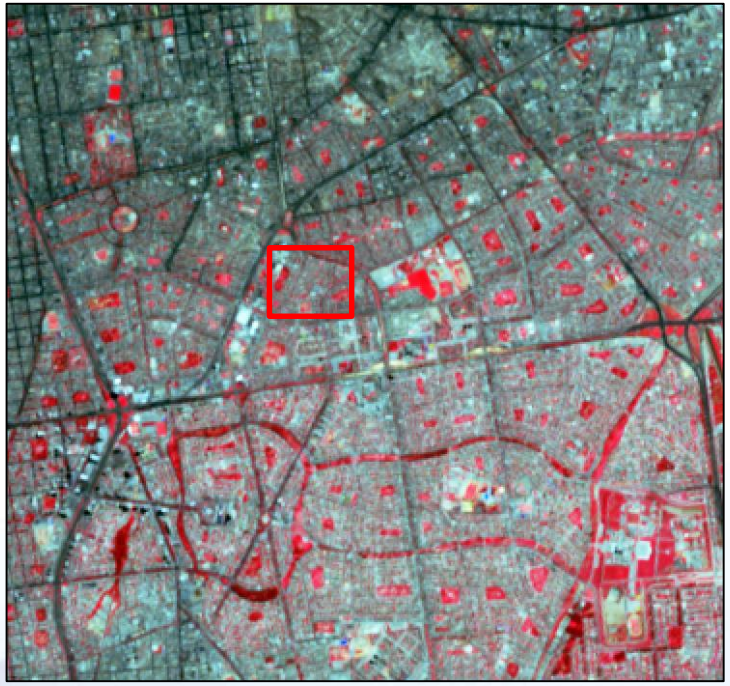
Satellite Mission	Launch Date	Band	Resolution	Swath Width	Repeat Rate	Comment
TerraSAR-X / TanDEM-X	2007 / 2010	X Band	1-18 meters	5 - 150 km	11 days	A German mission carried out under a public-private-partnership with the German Aerospace Center and EADS Astrium. Both satellites used as radar interferometer 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

CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES SATELITALES

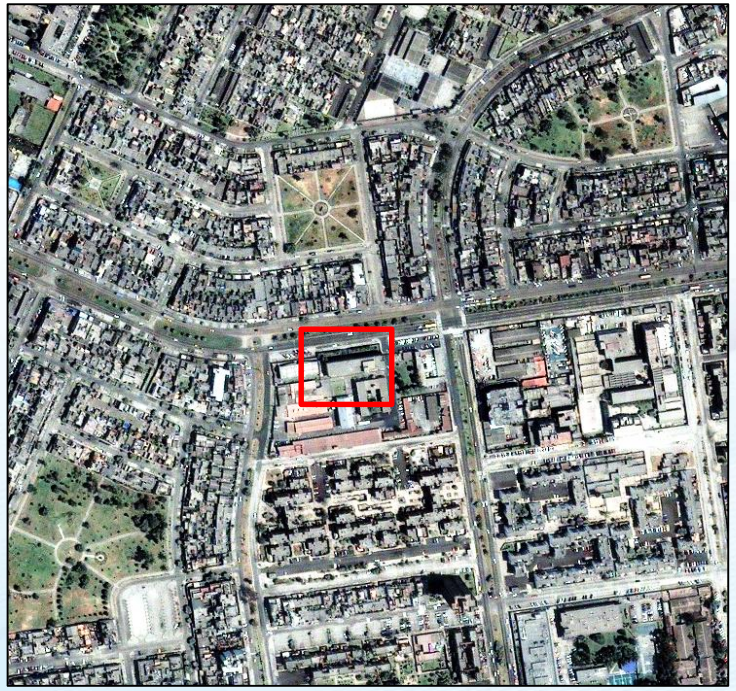
Tipos de Resolución: ESPACIAL

El **píxel** es la unidad más pequeña de una imagen digital y está presente en un inmensurable número para formar una imagen completa.

Sensor	Res.espacial
Meteosat	2500 m
NOAA AVHRR	1100 m
Landsat TM	30 m
SPOT HRV	20 m
SPOT Vegetation	1150 m
MODIS	250 - 100 m
IKONOS	4 m



Resolución espacial 15 m (ASTER-VNIR)
INGEMMET (Polígono rojo)



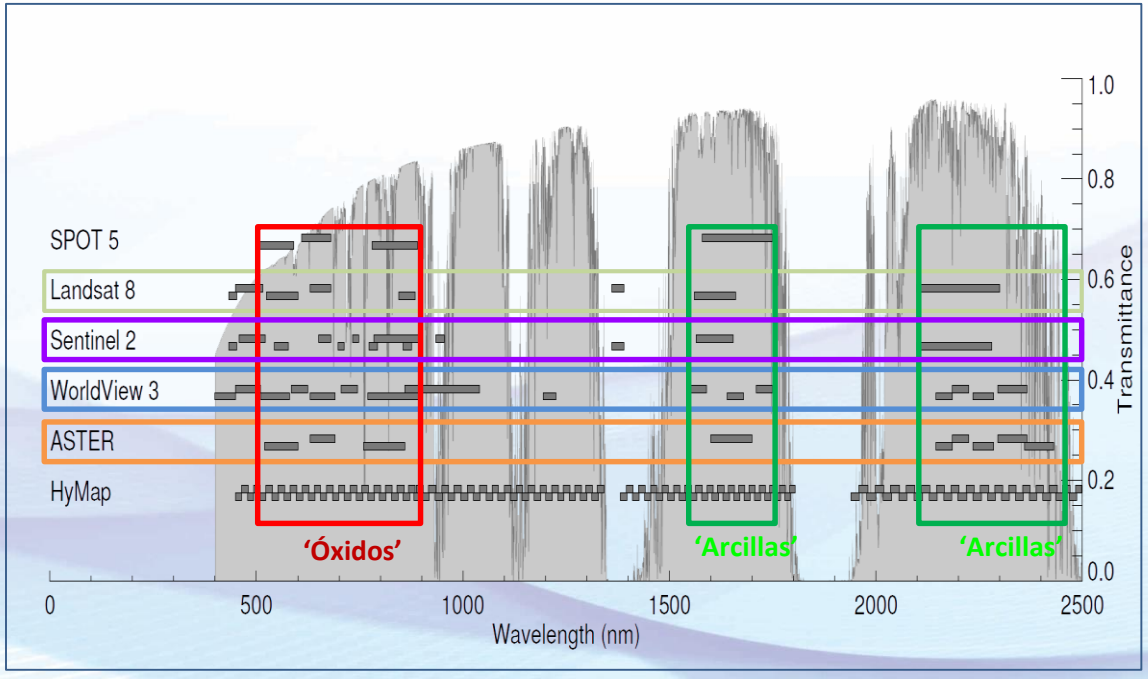
Resolución espacial 1 m (IKONOS)
INGEMMET (Polígono rojo)

Regla general: la resolución espacial debe ser menor a la mitad de tamaño del objeto de interés mas pequeño.

CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES SATELITALES

Tipos de Resolución: ESPECTRAL

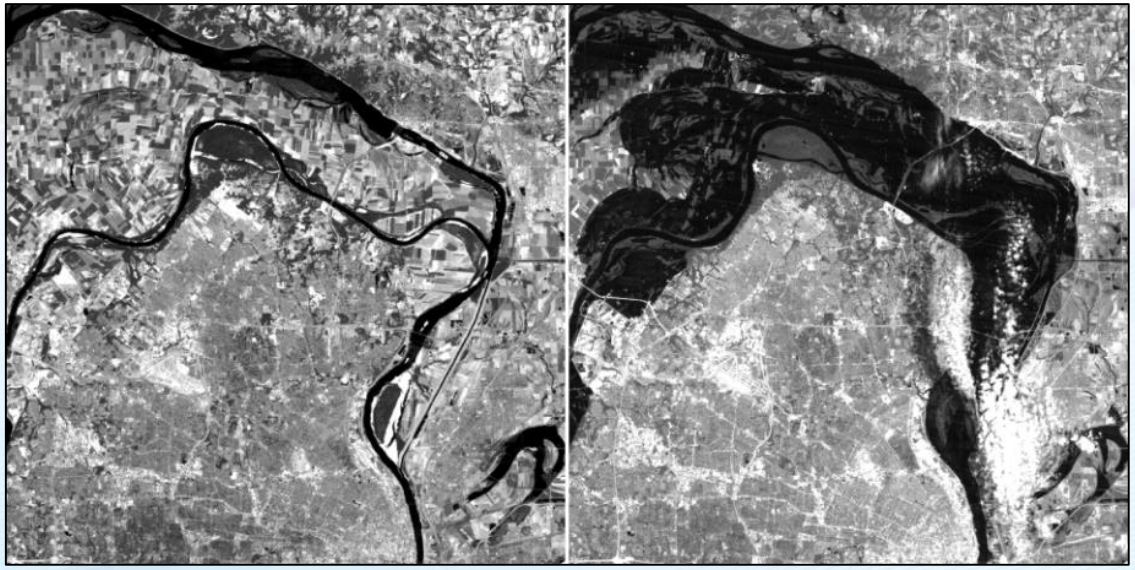
Se refiere al número y ancho de bandas, mientras más estrecho es el rango de longitud de onda para una banda, obtendremos más detalles de información.



Disposición de bandas diferentes sensores

Tipos de Resolución: TEMPORAL

Es la frecuencia de paso del satélite por un mismo punto de la superficie terrestre; es decir el tiempo que tarda en pasar por la misma zona de la Tierra.



Imágenes Sentinel-2 (septiembre 2017 y marzo 2018)

CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES SATELITALES

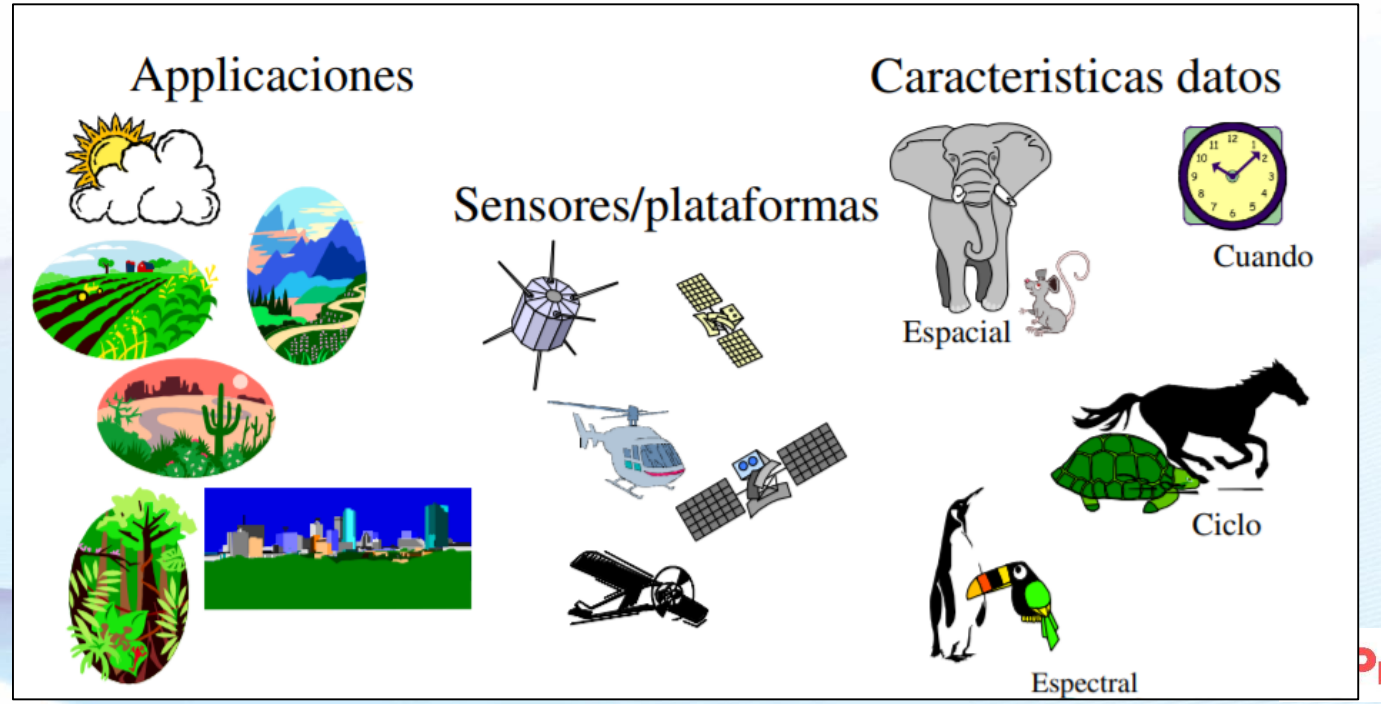
Criterios y tipo de data a elegir:

Sensores en el espacio:
- Pan: SPOT, IKONOS, entre otros.
- Multiespectrales: Landsat, SPOT, IKONOS, ASTER.
- Radar: Radarsat, Sentinel-1, TERRASAR X, etc.

Imágenes satelitales:
- Menor resolución espacial.
- Cubren grandes áreas.
- Información multiespectral.
- Archivos de datos de gran volumen.

Disponibilidad:
- En archivos.
- Será adquirida.

Costos están relacionados con:
- Resolución
- Disponibilidad.
- Costos por km^2



APLICACIONES

- Estimación del consumo de agua en la agricultura.
- Seguimiento de prácticas agrícolas.
- Detección y seguimiento de inundaciones.
- Detección de grandes catástrofes naturales.
- Detección de zonas quemadas.
- Estudio de la erosión de playas y arenales.
- Inventario regional para usar en estudios de impacto ambiental.
- **Medidas de movimientos de icebergs en zonas polares o de movimientos sísmicos.**
- Cartografía térmica de la superficie del mar.
- Control de la calidad física del agua superficial: turbidez y contenido de algas.
- Evaluación de las condiciones de estrés en la vegetación debidas a sequía o deforestación.
- Geología.
- Cartografía de zonas inundadas.
- Realización de inventarios forestales, etc.

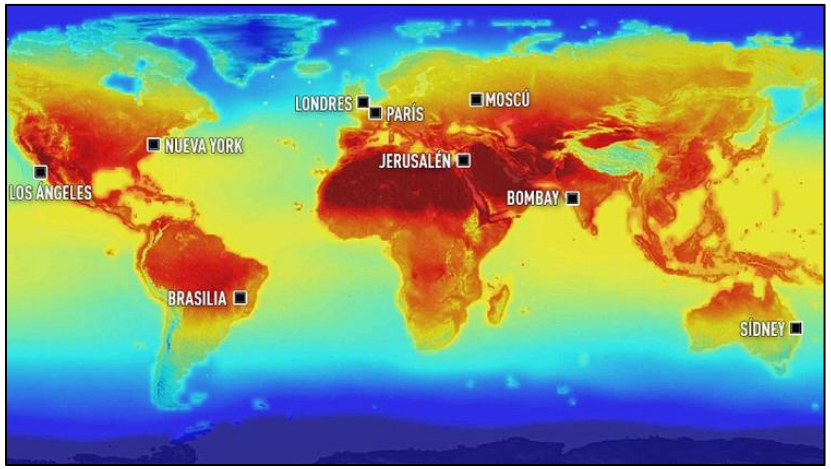
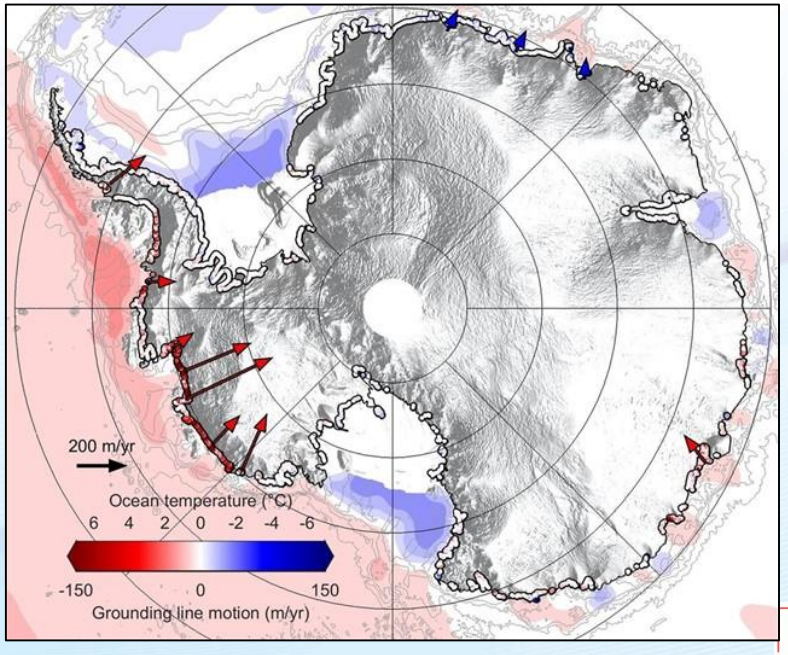


Imagen térmica, global (NASA), T° 45°C para 2100

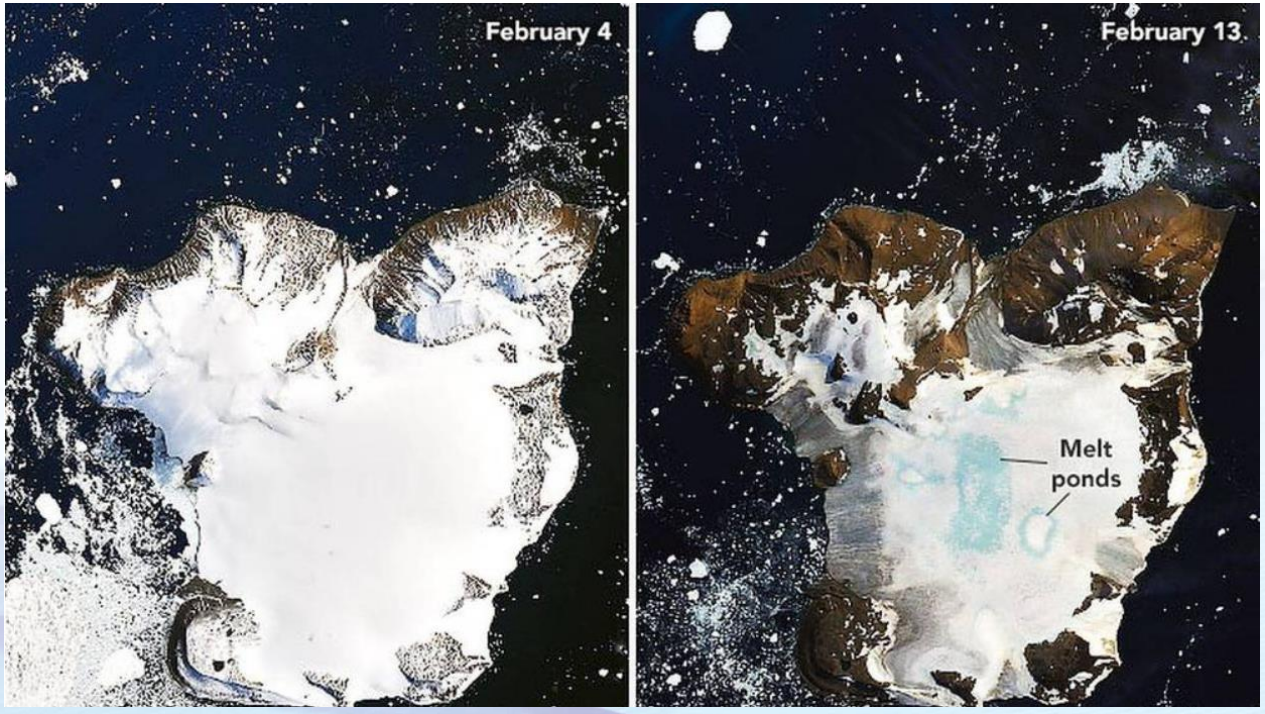


Antártida perdió 1.2 millones de toneladas de hielo (A. Shepherd, 2018).

APLICACIONES

Estudios regionales: ANTÁRTIDA

Los satélites de observación terrestre han permitido a los científicos entender mejor las regiones polares, analizar y cuantificar la pérdida de las plataformas de hielo y glaciares, afectando en el nivel del mar.



Imágenes LANDSAT 8 (2020). Máximo nuevo record T° 18.3°C

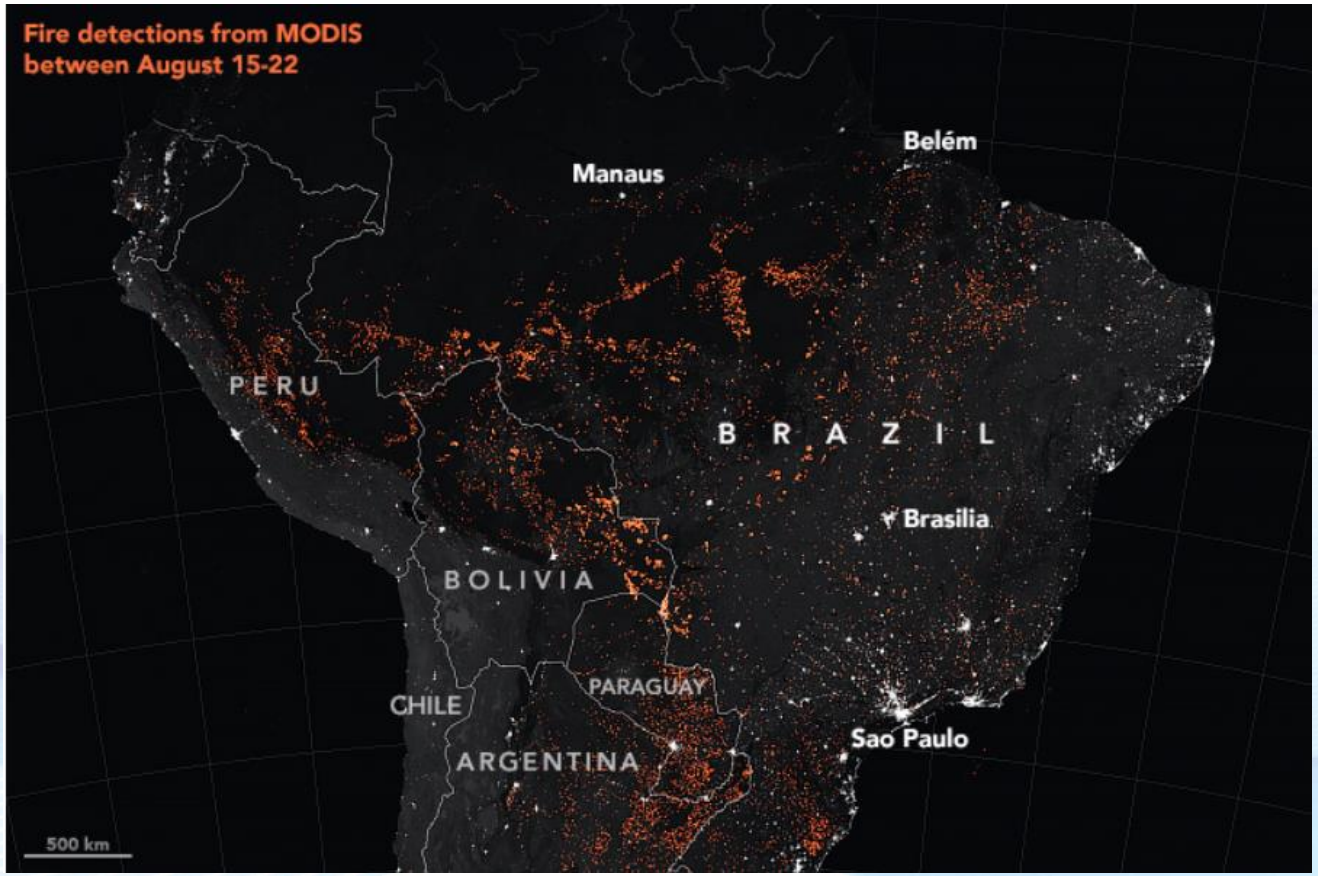
Entre 1992 y 2017, la Antártida perdió 3 billones de toneladas de hielo, causando un incremento en el nivel de los océanos de 8 milímetros.

Fuente: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2020-02-24/foto-revela-deshielo-antartida-derretimiento-nasa_2467567/

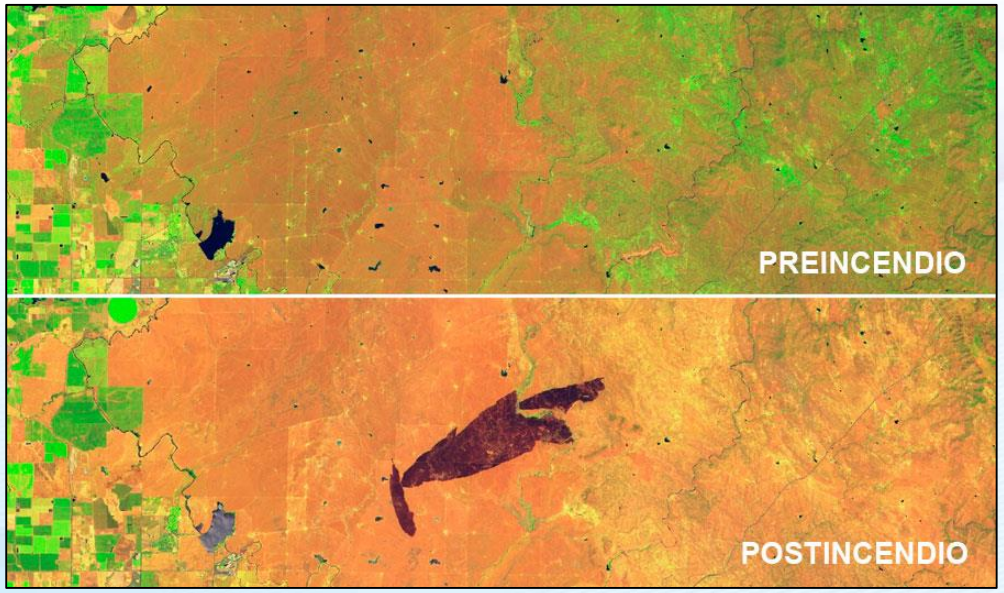
APLICACIONES

Incendios forestales

La NASA ofrece la plataforma Active Fire Data, estableciendo periodos temporales de interés y obtenidos a partir de datos MODIS, VIIRS, entre otros.



Desde 2003, Aqua y Terra (MODIS), han realizado observaciones diarias de anomalías térmicas en todo el mundo.



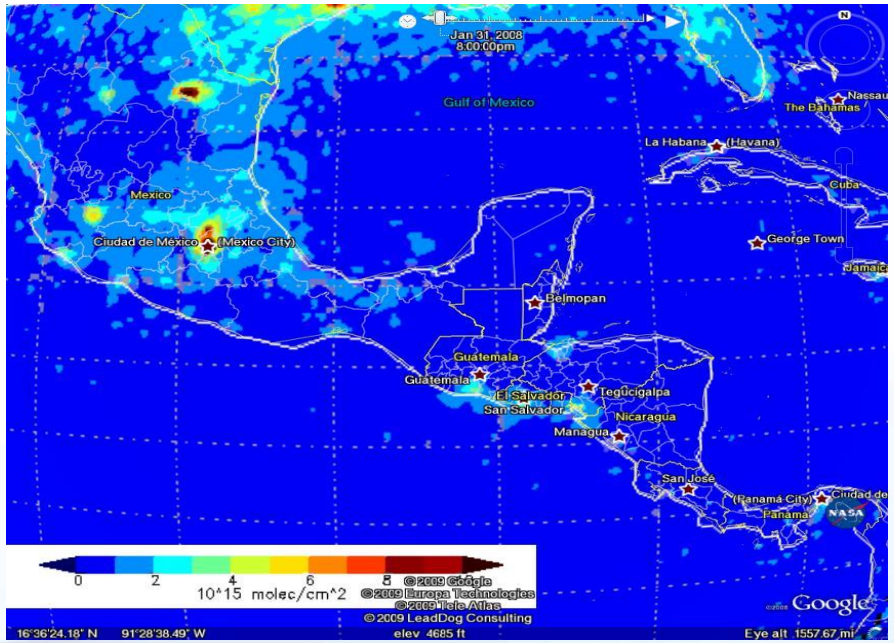
Sentinel-2: RGB 12,11,4; RGB 11,8,2; RGB 12,4,2.
Landsat 8: RGB 7,6,4; RGB 6,5,2; RGB 7,4,2.

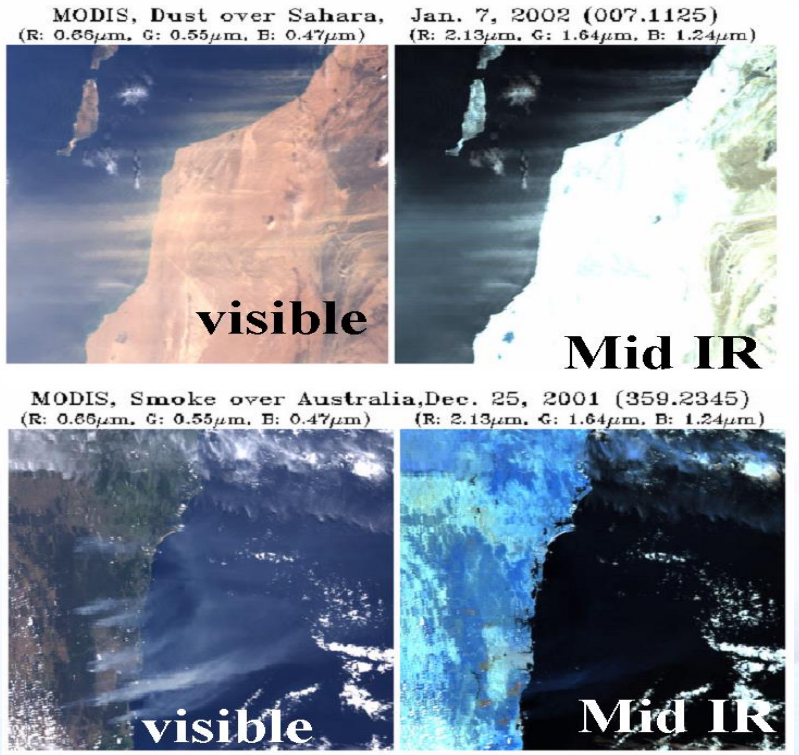
Fuente: https://eoimages.gsfc.nasa.gov/images/imagerecords/145000/145498/southamerica_tamo_2019234_lrg.png

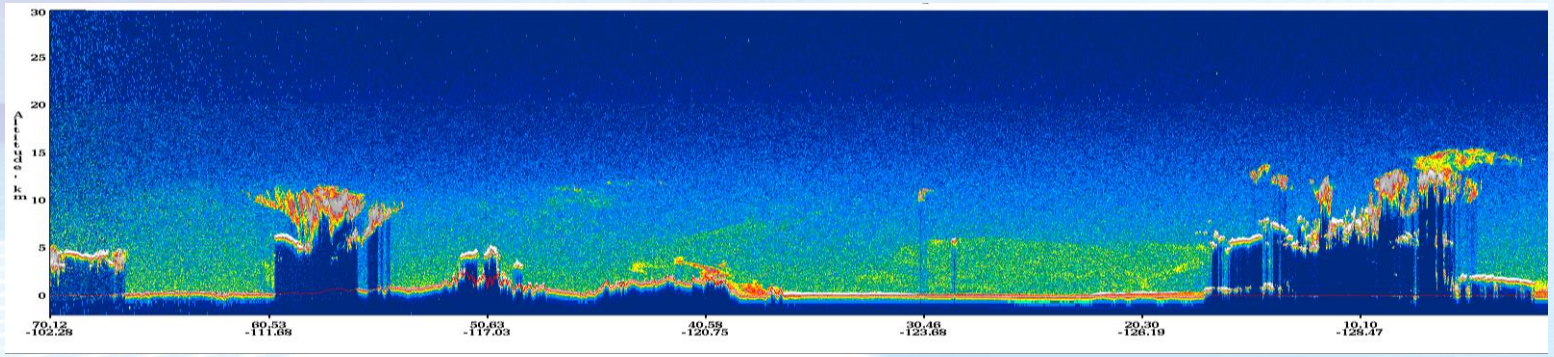
APLICACIONES

Características del aire

Visualización de NO_2 para México y Centroamérica (MODIS).





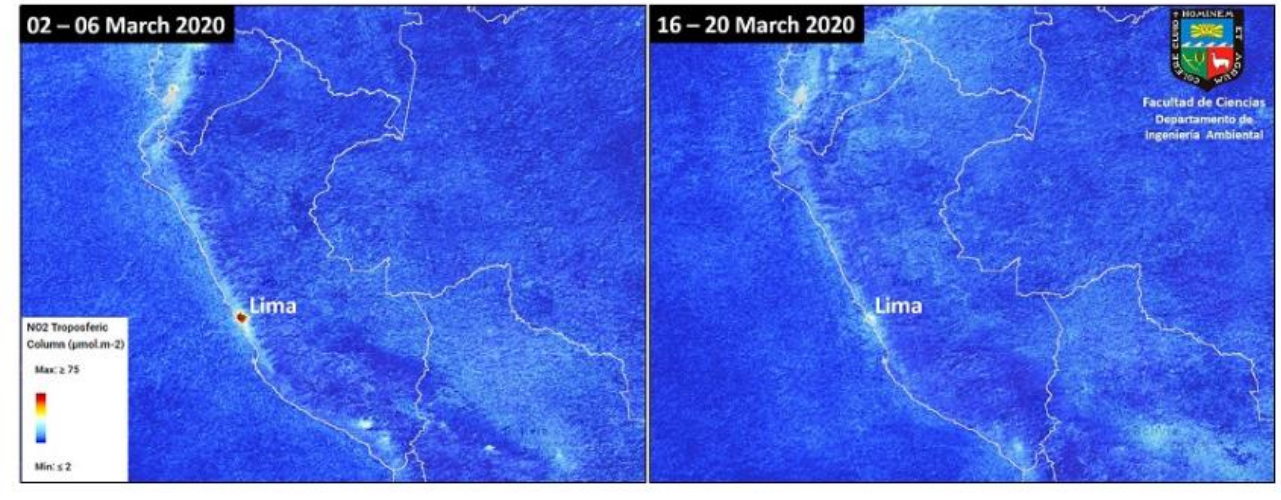


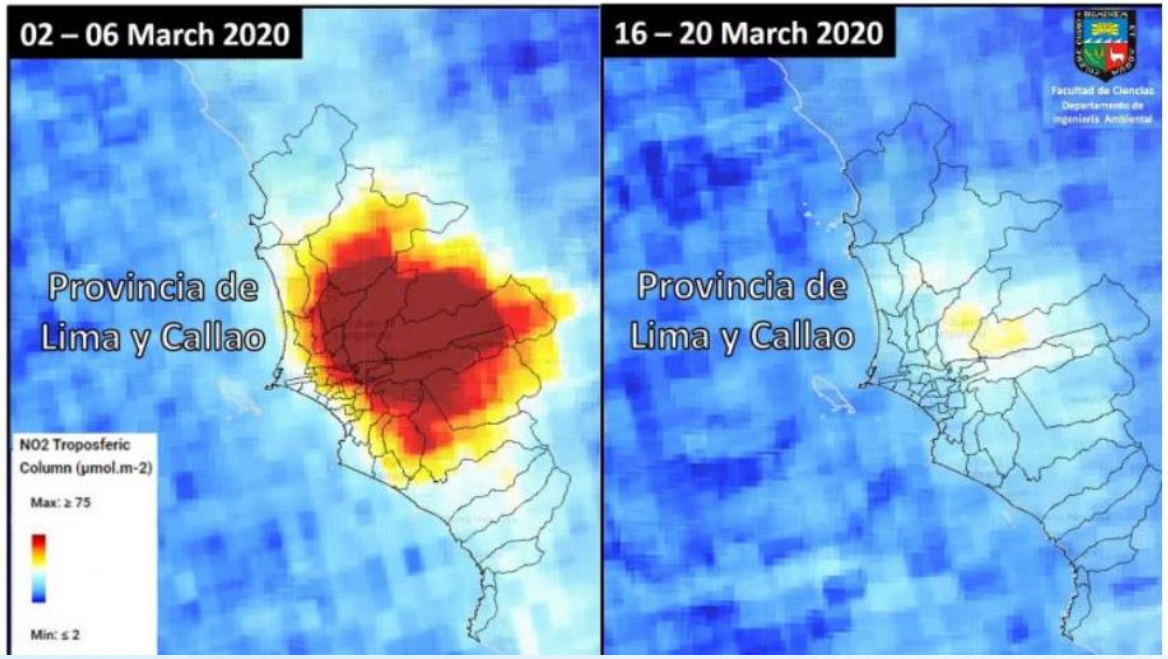
CALIPSO *(Cloud-Aerosol Lidar and Infra-Red Pathfinder Satellite Observation)*, capta información sobre la distribución vertical de partículas.

APLICACIONES

Contaminación por NO_2

Diferencia de concentraciones de dióxido de nitrógeno, captadas con imágenes satelitales Sentinel-5P.





Ministerio del Ambiente, durante el aislamiento social obligatorio, ningún promedio semanal por encima de 20 µg/m^3 (microgramos por metro cúbico) de material particulado del tamaño de 2,5 micras.

Fuente: https://ojo-publico.com/1719/satelites-captan-reduccion-de-la-contaminacion-por-las-cuarentenas

APLICACIONES

Prospección de recursos minerales

Identificación y cartografiado de minerales de alteración hidrotermal. INGEMMET utiliza diferentes sensores de acuerdo a la disponibilidad y escala de trabajo.

Yacimiento de Toquepala

RGB: NIR, Green, Blue

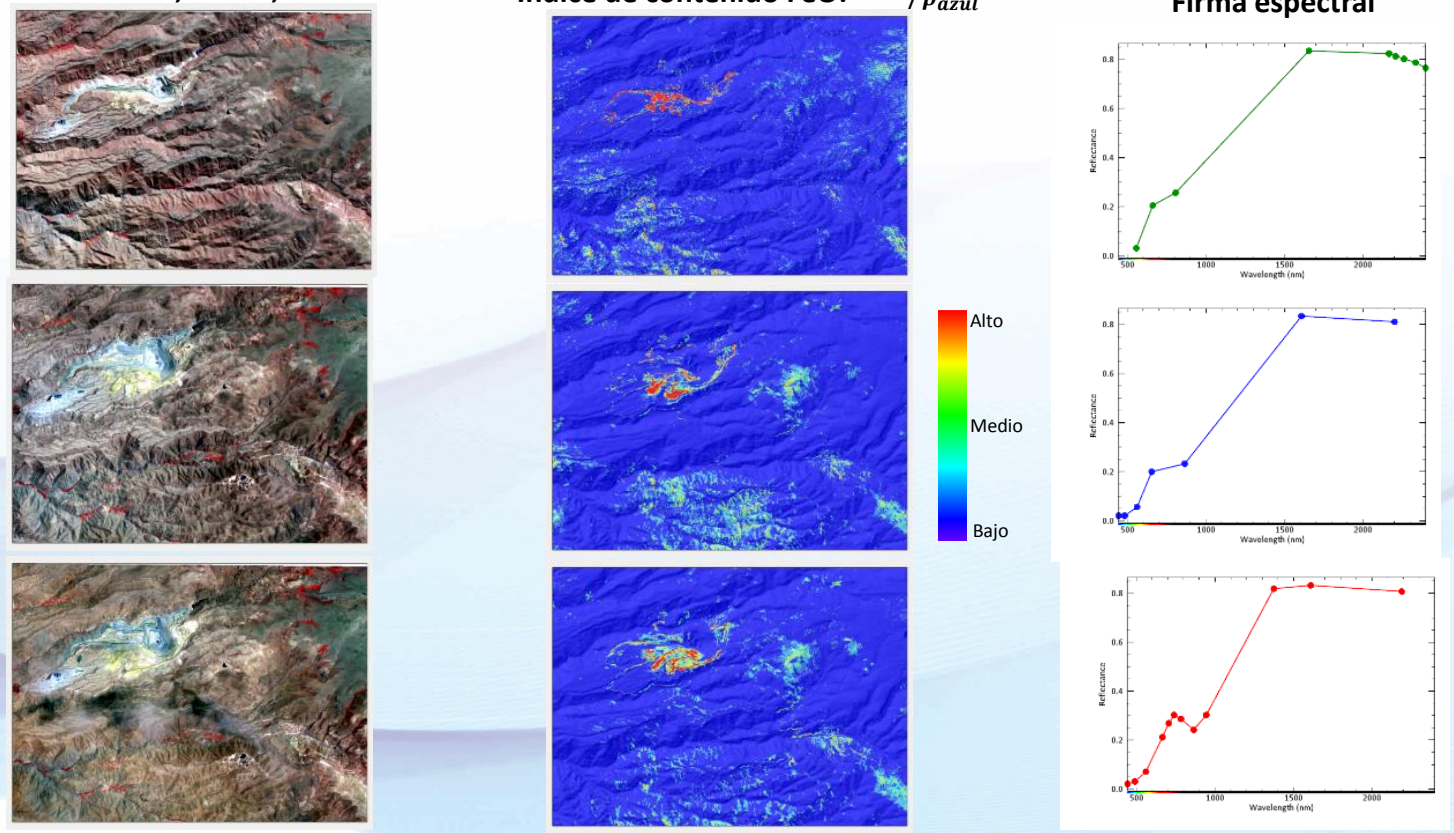
Índice de contenido FeO: ρ_{rojo}/ρ_{azul}

Firma espectral

ASTER (2006)

LANDSAT 8 (2015)

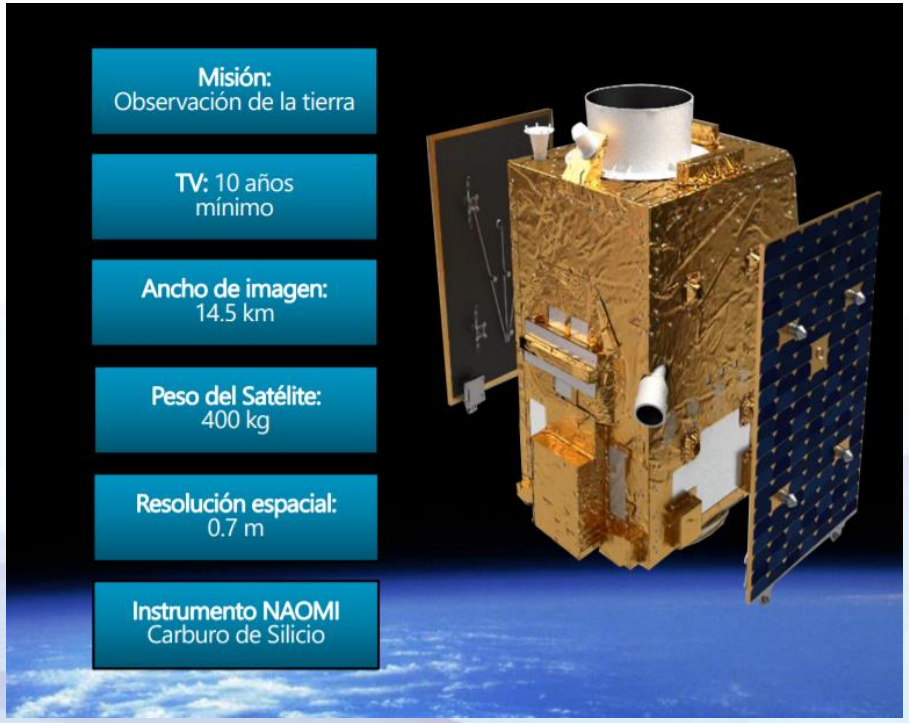
SENTINEL-2 (2015)

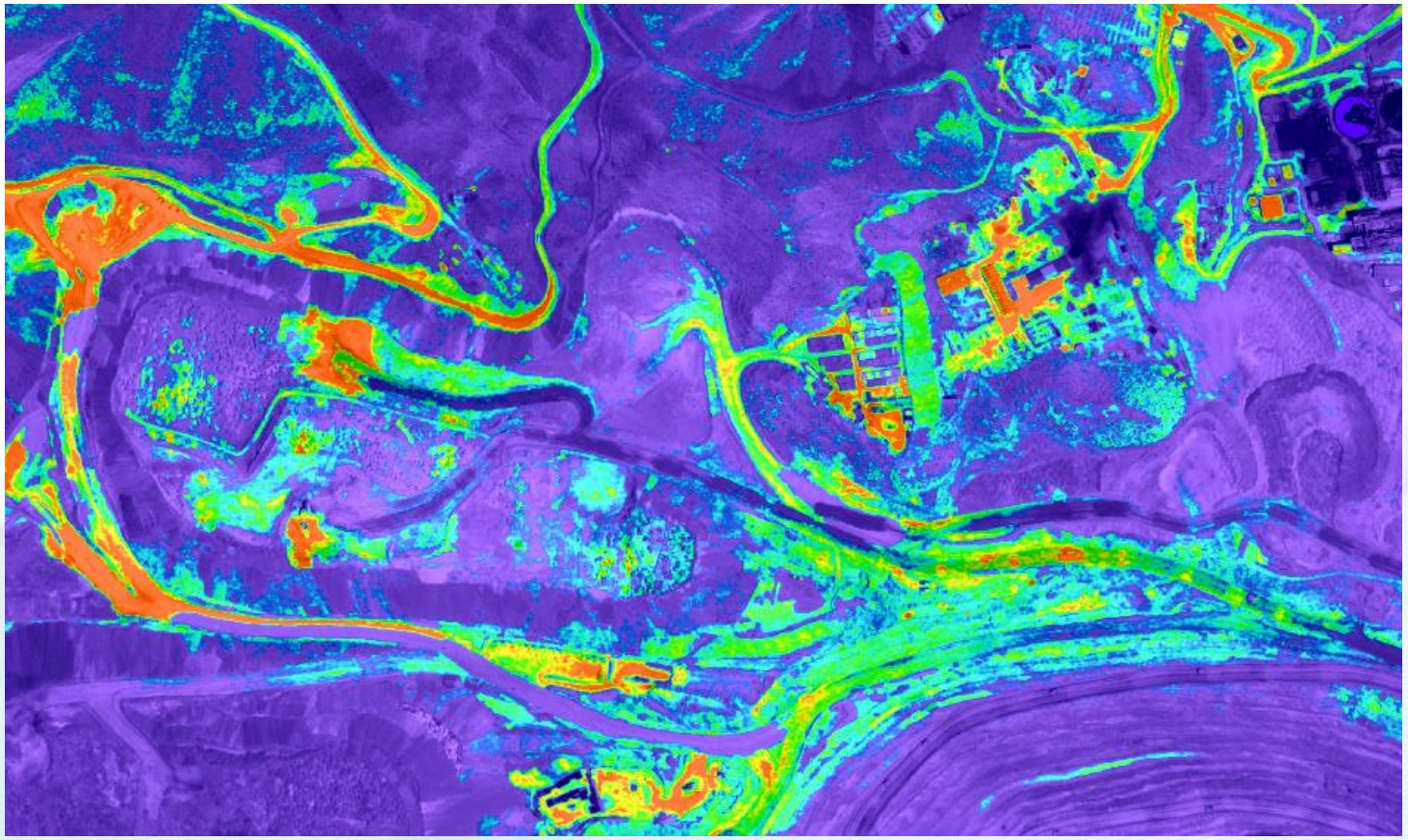


APLICACIONES

Prospección de recursos minerales

Características de PERUSAT-1

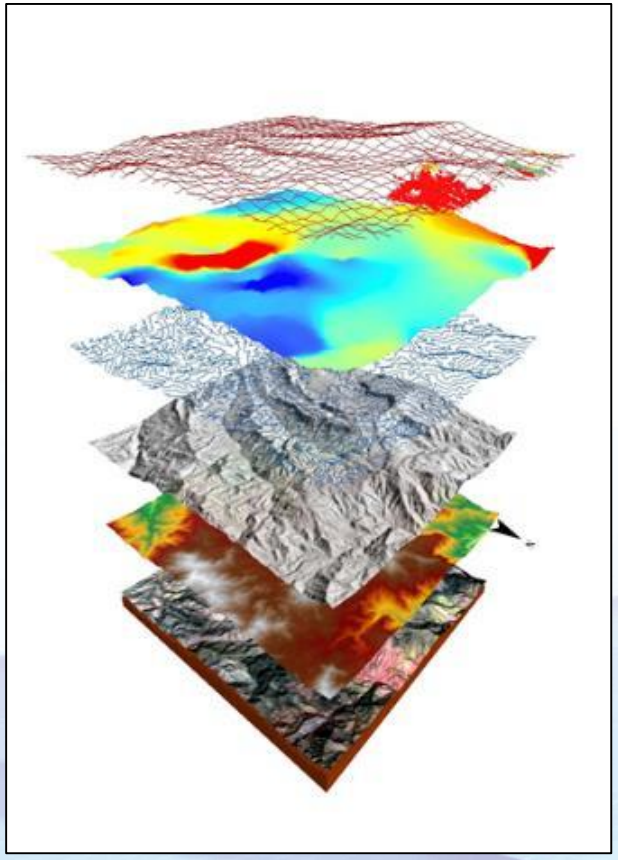




Cartografiado de alteraciones minerales (óxidos de hierro) **con imágenes PerúSAT-1.**

APLICACIONES

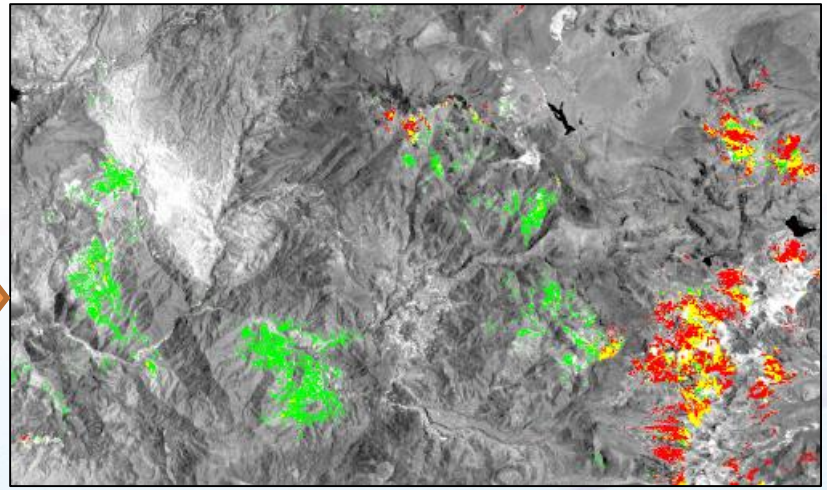
Prospección de recursos minerales



Superposición diferentes tipos de información.

Composición RGB.
Ratio de Bandas.
Índices espectrales.
Anomalías espectrales.

Identificación de targets para prospección

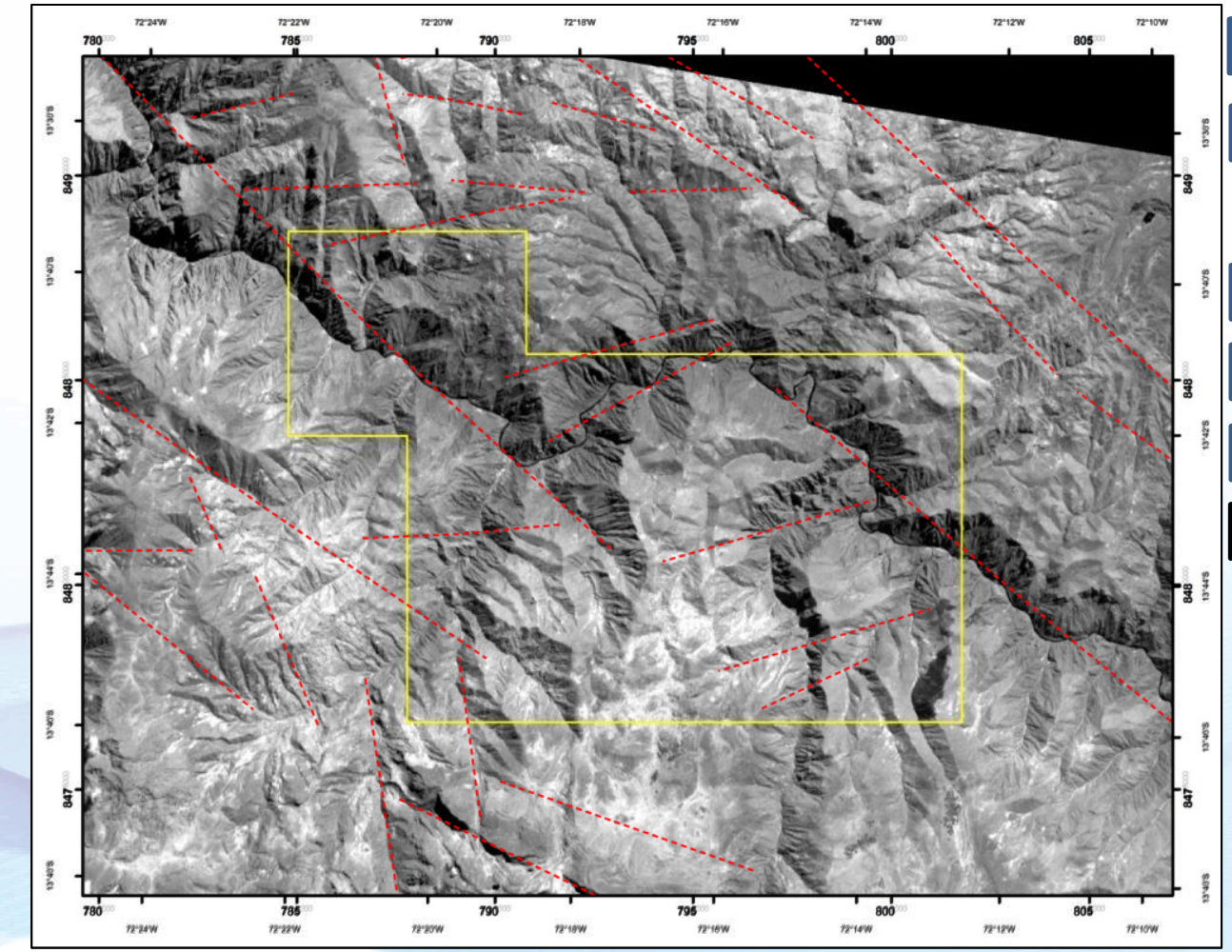


LEYENDA

- Óxidos
- Arcillas
- Óxidos + Arcillas

APLICACIONES

Cartografiado estructural:



Modelo de sombras

Anaglifo

B3-Filtro Direc. E-O

B3-Filtro Direc. NE-SO

B3-Filtro Direc. NO-SE

B3-Filtro Direc. N-S

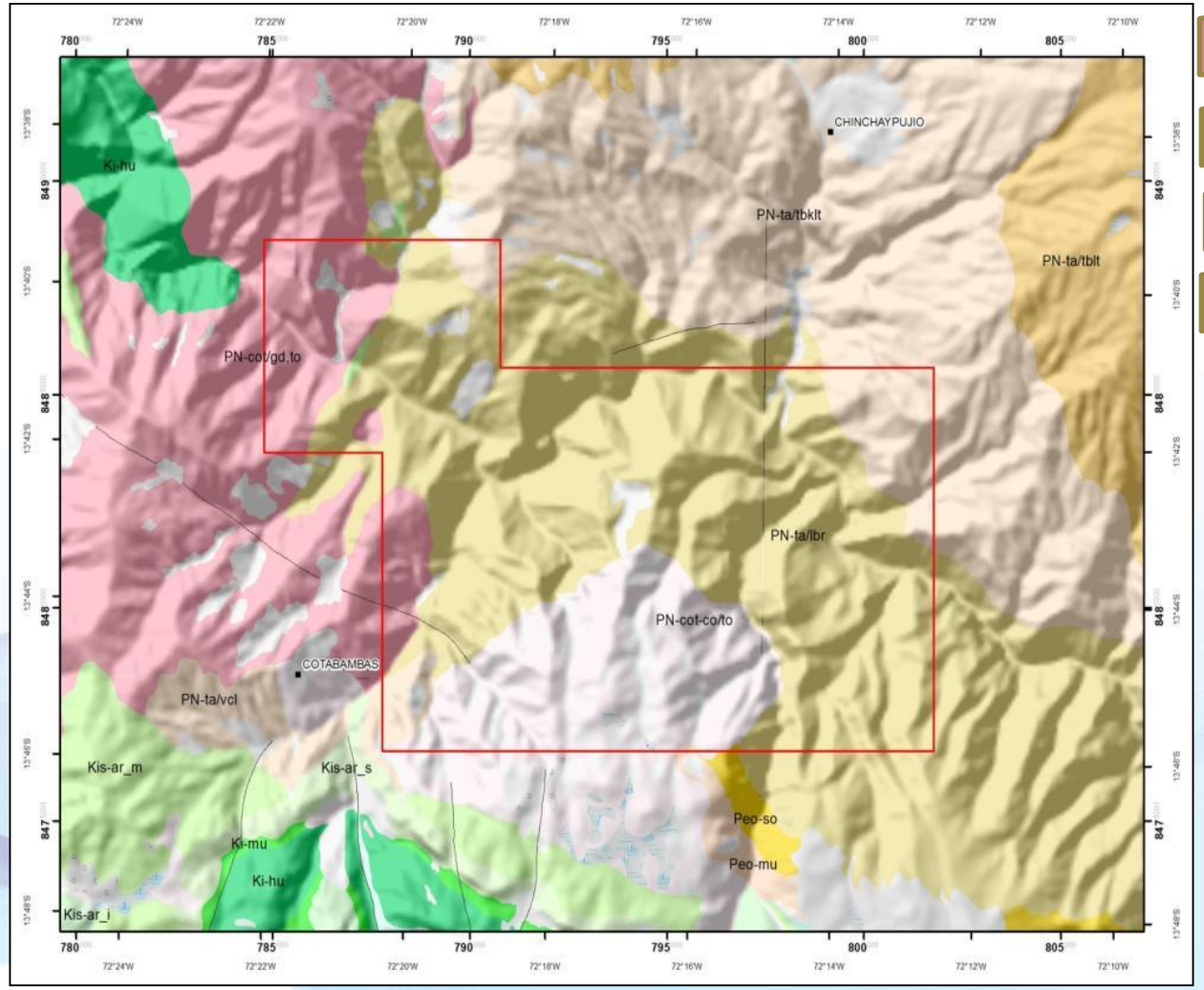
Interpretación

Imagen ASTER

Aplicaciones

Cartografiado geológico:

Imagen ASTER



Banda 3

RGB: 931

RGB: 321

RGB: 468

Decorr. stretch

RGB: Qi,Ci,Mi

RGB:PC723 (ASTER 9b)

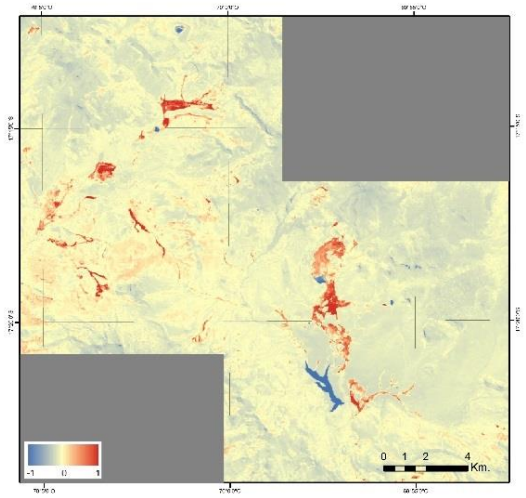
GEOLOGÍA 1:100,000

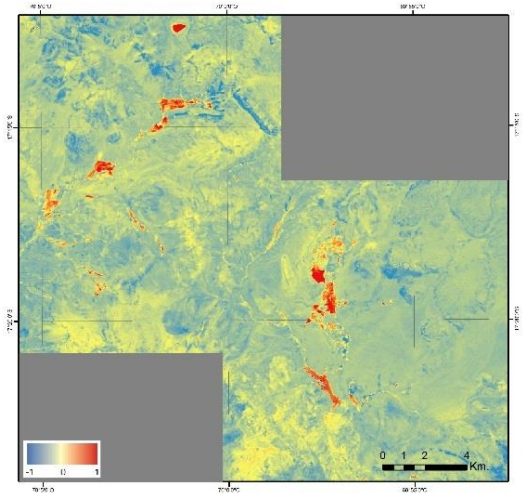
APLICACIONES

Clasificación de bofedales:

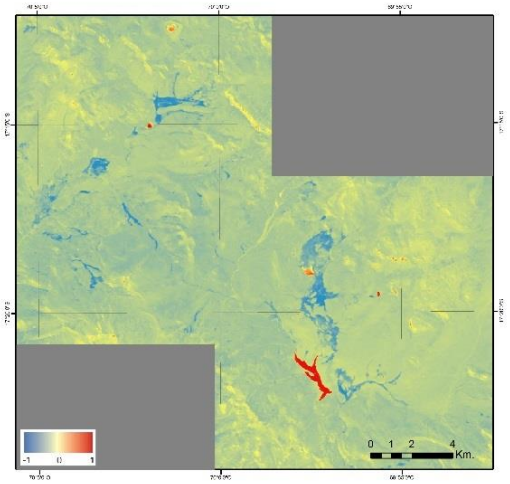
ÍNDICES ESPECTRALES UTILIZADOS PARA LA CLASIFICACIÓN:

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index (Rouse et al., 1974).

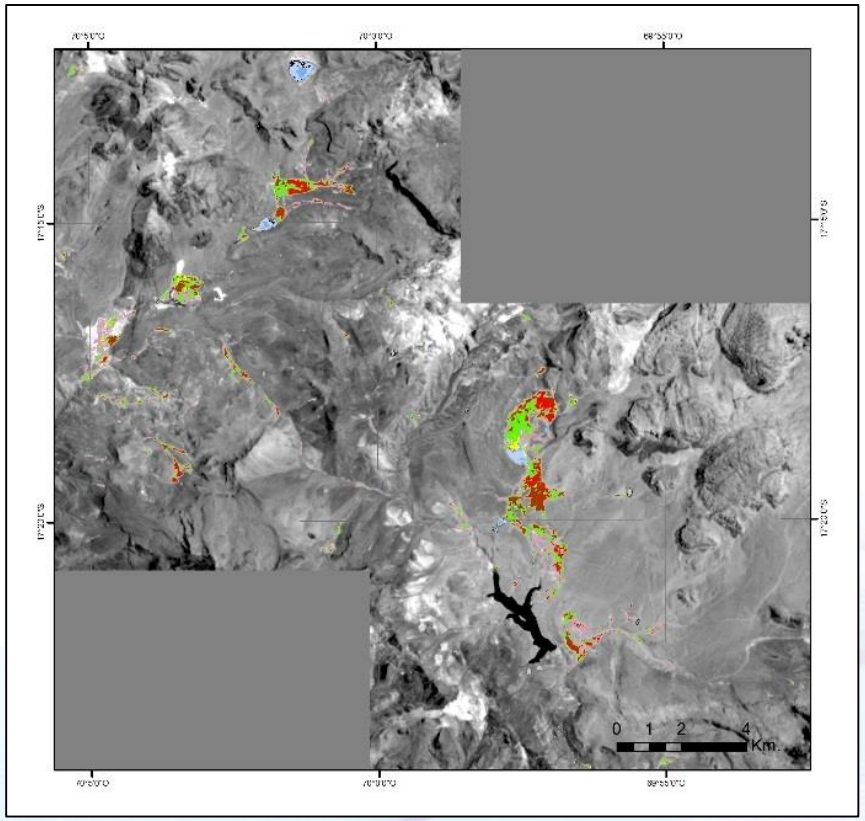




NDII: Normalized Difference Infrared Index (Fensholt, Sandholt, 2003).



NDWI: Normalized Difference Water Index (Gao, 1996).

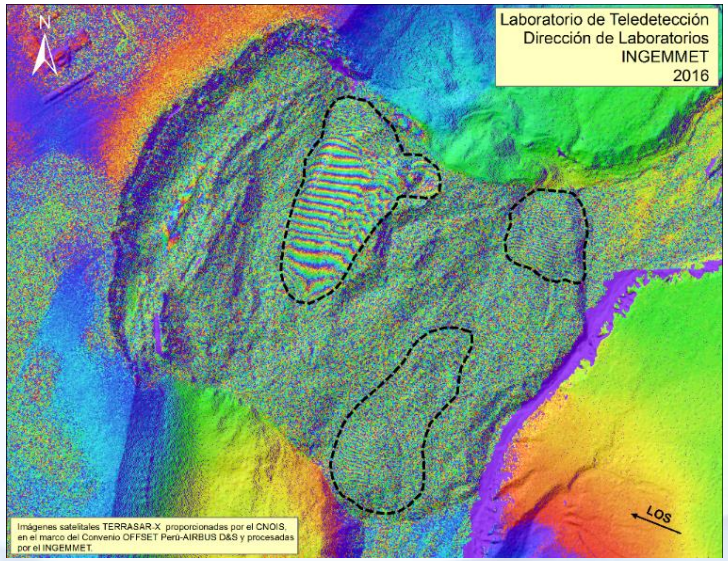


- Vegetación y agua (inundado)
- Vegetación y agua (mojado)
- Vegetación alta
- Vegetación media
- Vegetación baja
- Vegetación seca
- Sedimento o lodo
- Material suspendido en agua (algas)
- Agua

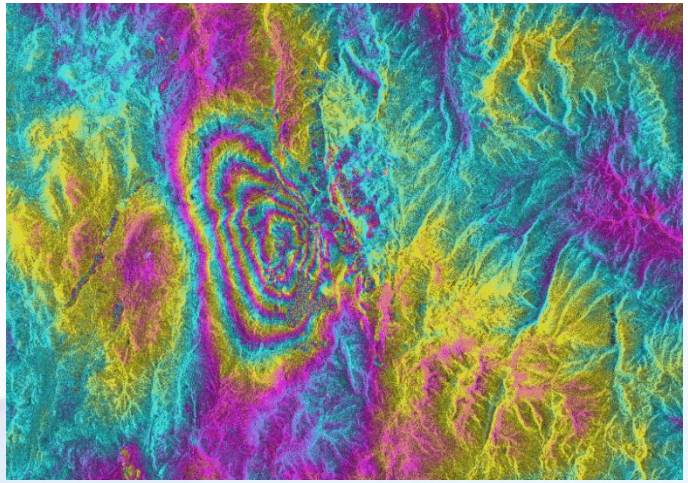
APLICACIONES

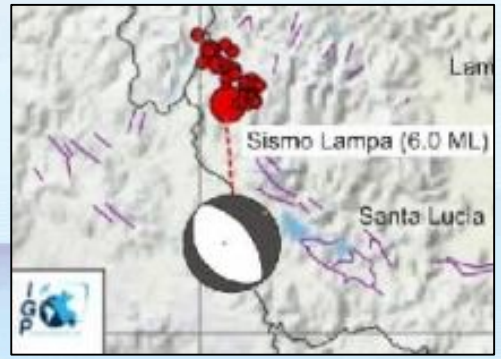
Detección de deformación (Interferometría)

Calcula las diferencias en la posición del suelo con respecto al satélite, para dos pasos del satélite sobre una misma áreas.

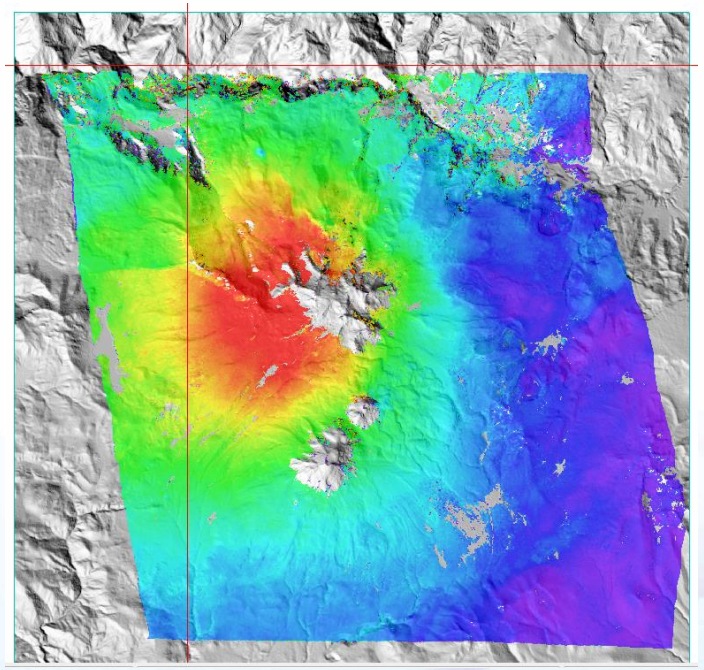


Deslizamiento Siguas (29/12/15 - 20/01/16)





Puno (01/12/2016)



Monitoreo SBAS del volcán Sabancaya (Terrasar-X)

APLICACIONES

Detección de cambios

Imágenes PERUSAT-1 (Resolución espacial: 2.8 m)

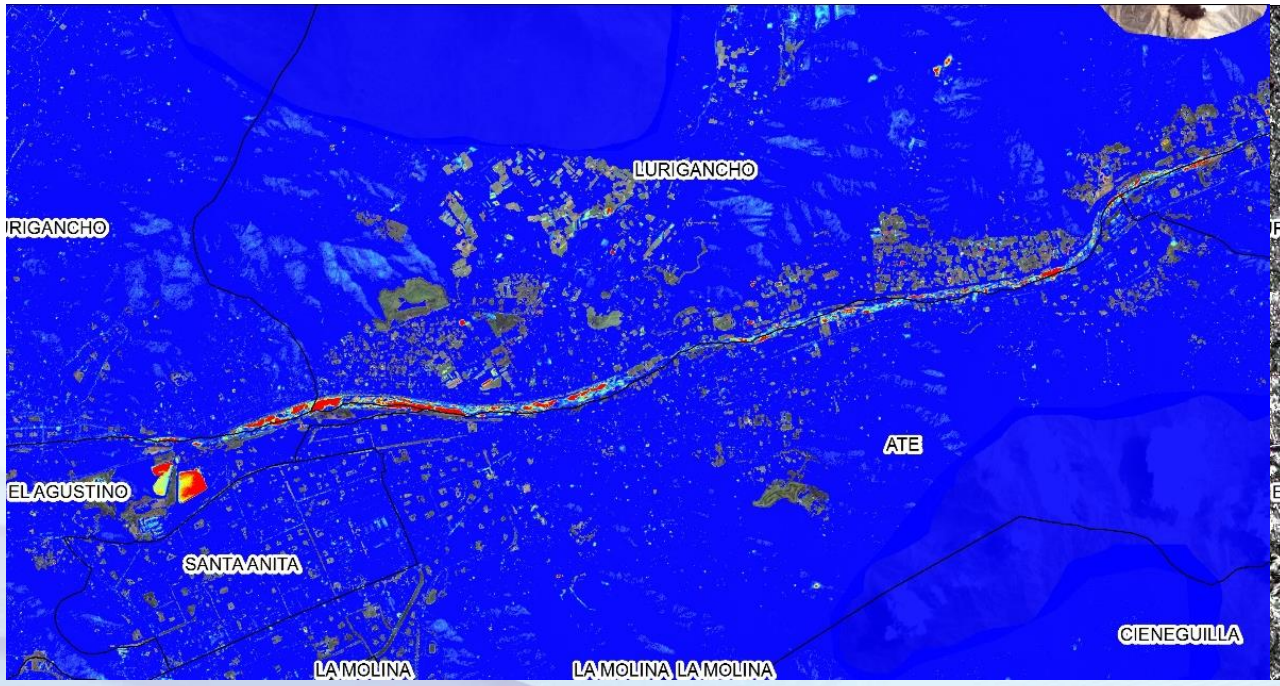
07/02/2017

17/03/2017

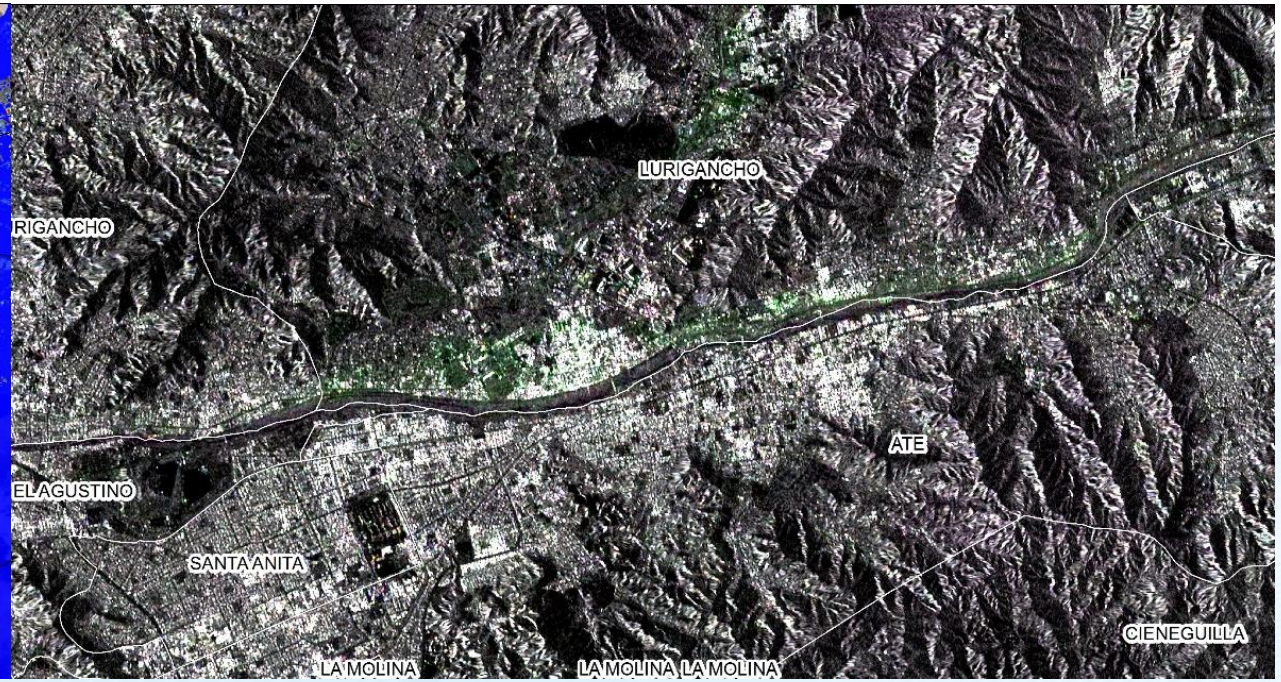
APLICACIONES

Detección de cambios

Imágenes Sentinel-2 (Ópticas)
20/02/2017 – 12/03/2017



Imágenes Sentinel-1 (Radar)
22/02/2017 – 18/03/2017



Cambios

Bajo Medio Alto

Zonas afectadas

Bajo Medio Alto

CONSIDERACIONES FINALES

- La teledetección, es una herramienta aplicable para múltiples estudios ya que los datos pueden ser procesados por herramientas y algoritmos para la discriminación y clasificación espacial, espectral de diferentes coberturas.

- El Laboratorio de teledetección, vienen aplicando diferentes imágenes satelitales ópticas y de radar de acuerdo a la exigencias de las diferentes Direcciones de Geología. Así mismo mencionar que poseemos equipos de ultima generación, para la toma de información espectral en rangos del visible infrarrojo cercano, medio y el térmico.

- La información generada por LTD, es compartida y lse encuentra disponible para el publico en general en el portal web del INGEMMET mediante la plataforma del GEOCATMIN.

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

GEOLOGÍA Y MINERÍA peruana en casa

¡Muchas gracias por su atención!

INGEMMET Perú

@INGEMMET

@IngemmetPeru

@INGEMMET

@Ingemmet Perú

www.ingemmet.gob.pe