

TUTORIAL de TELEDETECCIÓN ESPACIAL

TELECAN



Elaborado por:

Francisco Eugenio González

Javier Marcello Ruiz

Ferran Marqués Acosta

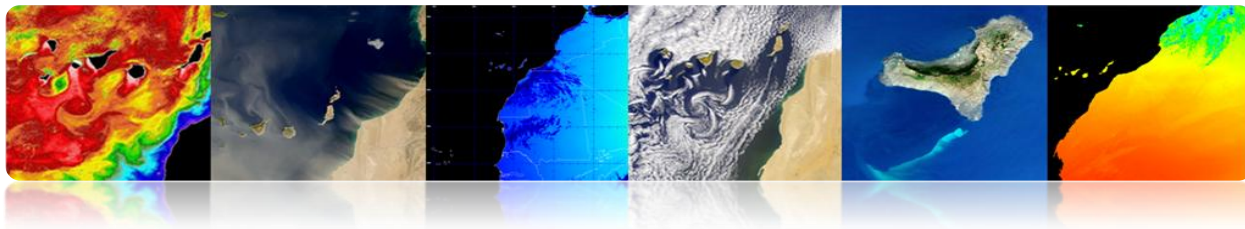


canarias
OBJETIVO de PROGRESO



Unión Europea
Fondo Europeo
de Desarrollo Regional





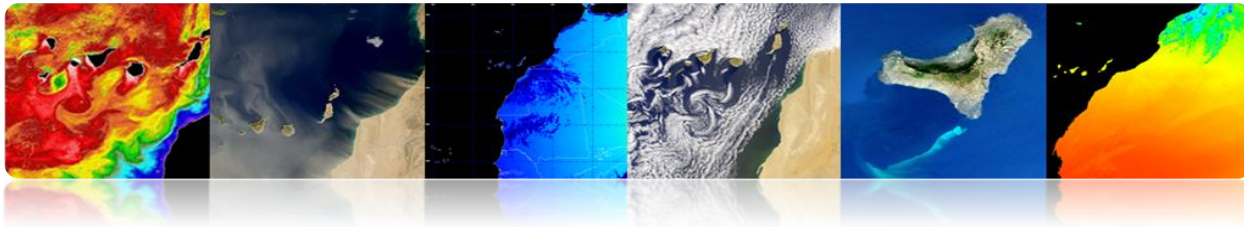
PRÓLOGO

En el marco de la II Convocatoria del Programa de Cooperación Transnacional Madeira-Azores-Canarias (MAC) 2007/2013, dentro del Eje 3 - Cooperación con Terceros Países y articulación de la Gran Vecindad - se aprobó el proyecto “Programa para el desarrollo de redes tecnológicas y de aplicación de datos de teledetección en África Occidental”, con acrónimo TELECAN y código MAC/3/C181, promovido por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y la Sociedad de Promoción Económica de Gran Canaria (SPEGC), y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional en un 85%.

El proyecto TELECAN es un proyecto a tres años, liderado por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y que tiene como objetivo general el desarrollo de productos y servicios de teledetección en sectores de actividad estratégica en la región de Canarias y África Occidental, a través de un trabajo colaborativo entre instituciones universitarias de Canarias, Marruecos, Mauritania, Senegal y Cabo Verde.

El presente **Tutorial de Formación y Capacitación** es una de las líneas estratégicas de acción que el proyecto TELECAN quiere poner a disposición de todos aquellos organismos, empresas o usuarios particulares interesados en la teledetección, con objeto de fomentar su uso para mejorar la calidad y competitividad de los productos generados y para estimular la consolidación o creación de empresas de base tecnológica.

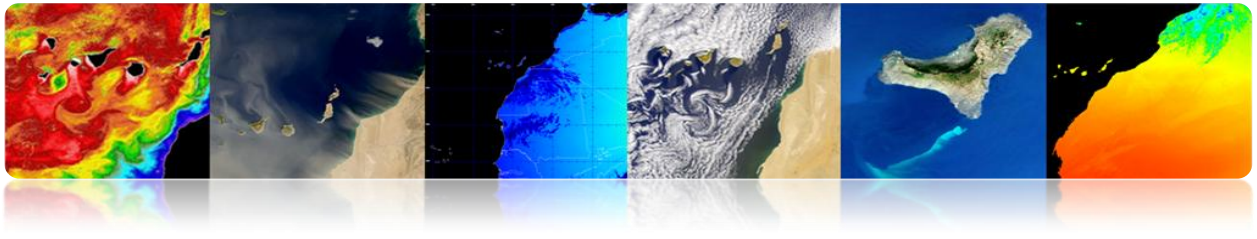




Este **Tutorial de Teledetección Espacial** tiene una orientación técnica y empresarial, siendo su objetivo global, además de mejorar la formación y las capacidades de los socios del proyecto y del tejido investigador y empresarial canario en materia de teledetección, el **estimular el uso de la teledetección** y la **generación de productos y servicios de valor añadido**. Los objetivos específicos son los siguientes:

- Dotar de conocimientos sobre la teledetección espacial, los fundamentos físicos, los sensores y misiones existentes y los productos terrestres, atmosféricos y marinos que pueden obtenerse.
- Adquirir conocimientos sobre las técnicas de tratamiento digital de imágenes de teledetección orientadas a la mejora y extracción de la información de interés para cada aplicación.
- Conocer las diversas fuentes de datos disponibles para la obtención de imágenes.
- Conocer y manejar adecuadamente las principales herramientas software existentes.
- Adquirir las capacidades y habilidades para la generación de productos y servicios de teledetección y para la extracción de la mayor cantidad de información de las imágenes procedentes de satélites de observación de la Tierra.



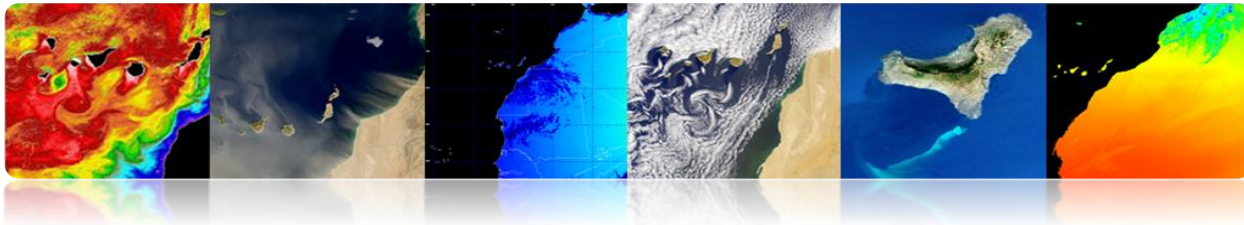


Centrándonos en las necesidades formativas y desglosando el objetivo fundamental de este Tutorial, podemos agrupar las necesidades en:

- ✓ Fomentar el uso de la teledetección.
- ✓ Facilitar el intercambio de los recursos y conocimientos de la materia.
- ✓ Cubrir las necesidades formativas de los usuarios (formación continua).
- ✓ Extender el uso a nuevos usuarios (empresas y corporaciones).
- ✓ Establecer objetivos docentes comunes.

Finalmente, resaltar que este TUTORIAL TELECAN, que se presenta a continuación, contiene las iniciativas y aportaciones de las instituciones universitarias de Canarias, Marruecos, Mauritania, Senegal y Cabo Verde, en las diferentes reuniones presenciales de seguimiento del proyecto que se han celebrado en Gran Canaria (2010), Senegal (2011) y Agadir (2012), así como de instituciones públicas y empresas vinculadas al sector de la teledetección del Archipiélago Canario.





ESTRUCTURA

El presente documento denominado "TUTORIAL DE TELEDETECCIÓN TELECAN", elaborado conjuntamente por los responsables científicos del proyecto Telecan (Francisco Eugenio/Javier Marcello, ULPGC y Ferran Marqués, UPC) según acuerdo de la Comisión de Seguimiento del Telecan, se estructura en dos partes diferenciadas: Formación (fundamentos teóricos) y Capacitación (fundamentos prácticos).

FORMACIÓN:

- 1.- Fundamentos de Teledetección Espacial**
- 2.- Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección**
- 3.- Aplicaciones de la Teledetección**
- 4.- Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico**
- 5.- Procesado de Imágenes de Teledetección**

CAPACITACIÓN:

- 1.- Obtención y Análisis de Imágenes Teledetección**
- 2.- Herramientas Software de Procesado de Imágenes**
- 3.- Modelado y Procesado de Imágenes de Teledetección**

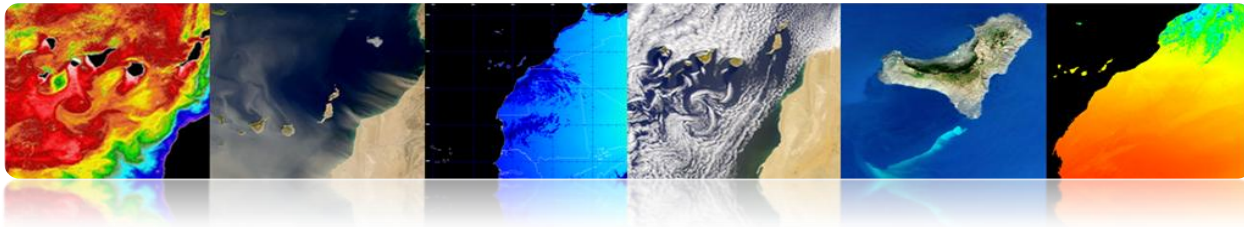


PLAN DE FORMACIÓN

TELECAN



1. Fundamentos de Teledetección Espacial



Introducción

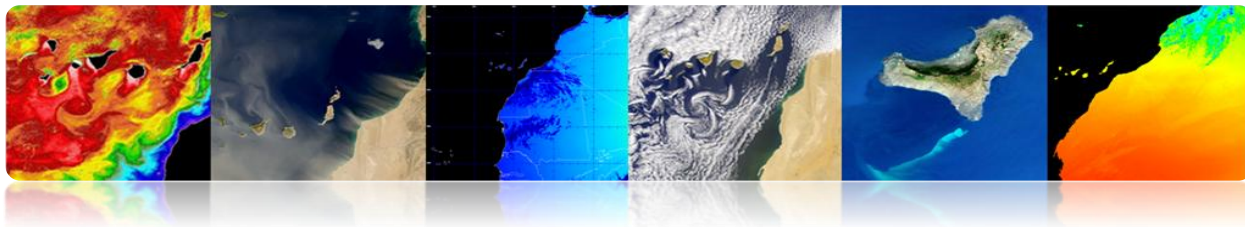
La teledetección o percepción remota (*'Remote Sensing'*) es una disciplina científica que integra un amplio conjunto de conocimientos y tecnologías utilizadas para la observación, el análisis y la interpretación de fenómenos terrestres y atmosféricos. Sus principales fuentes de información son las medidas y las imágenes obtenidas con la ayuda de plataformas aéreas y espaciales.

Como su nombre indica, la teledetección supone la adquisición de información a distancia, sin contacto directo con el objeto estudiado. Tú mismo, al leer estas líneas, estás efectuando un acto de percepción remota: un ente físico, la luz que emana de la fuente emisora, en este caso la pantalla de su PC, atraviesa cierta distancia hasta que es capturada por un sensor, los ojos, que la envían a un procesador, tú cerebro.

La adquisición de información a distancia implica la existencia de un flujo de información entre el objeto observado y el captador. El portador de esta información es la radiación electromagnética, esta puede ser emitida por el objeto o proceder de otro cuerpo y haber sido reflejada por este. Todos los cuerpos (planetas, seres vivos, objetos inanimados) emiten radiación electromagnética; la cantidad y tipo de esta radiación emitida depende fundamentalmente de su temperatura.

Los actuales sistemas de teledetección, a diferencia de los existentes en los inicios del desarrollo de estas tecnologías, han experimentado un vertiginoso desarrollo, especialmente en la última década, siendo una tecnología imprescindible en el seguimiento de múltiples procesos que afectan a la superficie terrestre y atmósfera circundante, de gran impacto, especialmente, para nuestro planeta, como puede ser el cambio climático, la deforestación, la desertificación, etc.

Así, existen sistemas de satélites operacionales que muestrean prácticamente todas las regiones del espectro electromagnético, con resoluciones espaciales desde 0.5 a 5.000 m. El gran interés por parte de la comunidad científica en estudios espacio-temporales de cambios globales, monitorizaciones del entorno y los efectos humanos sobre el mismo, conlleva necesariamente la utilización de datos de teledetección.



Los sistemas de teledetección, particularmente aquellos ubicados sobre satélites, proporcionan una visión repetitiva y sinóptica de la Tierra de inestimable valor en su monitorización y análisis del efecto de las actividades humanas sobre la misma como puede ser la evaluación y monitorización del entorno (crecimiento urbano, residuos peligrosos), detección y monitorización de cambios globales (reducción del ozono atmosférico, deforestación, calentamiento global), exploración, tanto de recursos no-renovables (minerales, petróleo, gas natural) como de recursos naturales renovables (océanos, bosques, terrenos), meteorología (predicción meteorológica, procesos dinámicos atmosféricos), mapeado (topografía, utilización de tierras, ingeniería civil), etc.

Los objetivos de este capítulo son:

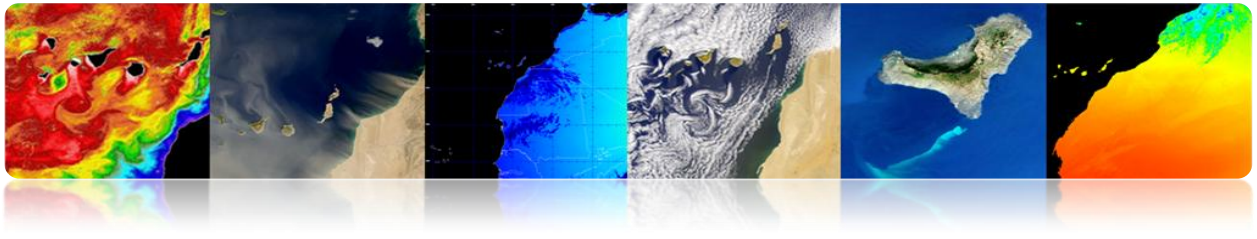
- Estudiar los principios básicos, ventajas, limitaciones y elementos de un sistema de teledetección espacial;
- Conocer la evolución de la observación espacial de la Tierra;
- Conocer y entender los principios físicos de la teledetección espacial;
- Discriminar la información espectral procedente de las distintas cubiertas terrestres;
- Estudiar las órbitas de los satélites y las leyes físicas que las rigen;
- Observar e identificar los satélites visibles desde la Tierra.

CONTENIDOS

Fundamentos de Teledetección Espacial

- 1.1. CONCEPTOS BÁSICOS: DEFINICIÓN Y OBJETIVOS.**
- 1.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA.**
- 1.3. FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA TELEDETECCIÓN: RESPUESTA ESPECTRAL CUBIERTAS TERRESTRES.**
- 1.4. AGENCIAS Y ORGANISMOS PÚBLICOS DE TELEDETECCIÓN.**





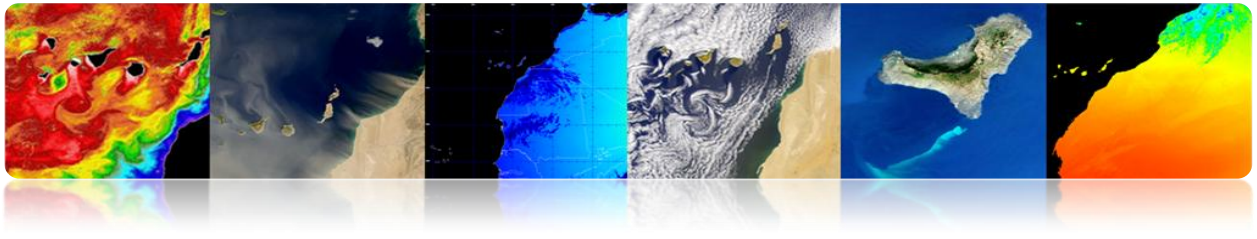
1.1. CONCEPTOS BÁSICOS: DEFINICIÓN Y OBJETIVOS

En un mundo globalizado, los ciudadanos están informados, a diario, sobre la presencia y los efectos de diversos fenómenos naturales tales como los terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, incendios forestales o inundaciones, ...

Además, el ser humano siempre ha tenido un interés especial en contemplar la naturaleza y observar los rasgos del territorio



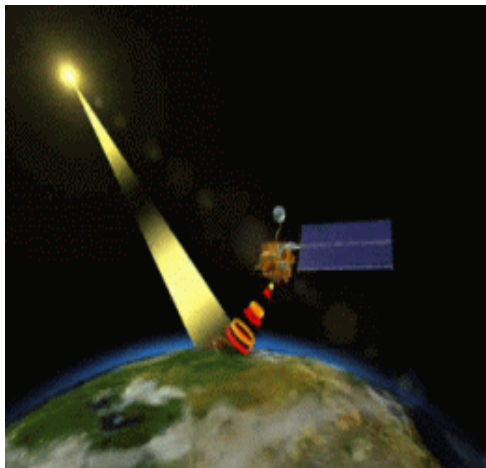
La **teledetección** constituye una herramienta fundamental al proporcionar imágenes de **satélites de observación de la Tierra**, adecuadas para las múltiples aplicaciones deseadas.



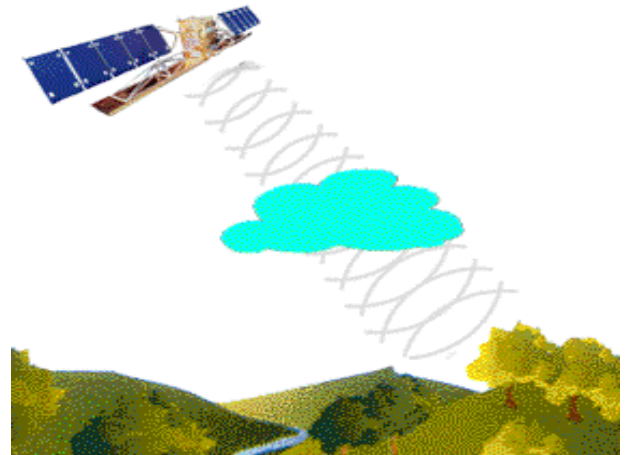
“**TELEDETECCIÓN:** Técnica aeroespacial que utiliza la energía electromagnética para la captación de datos de la superficie terrestre y atmósfera circundante, mediante

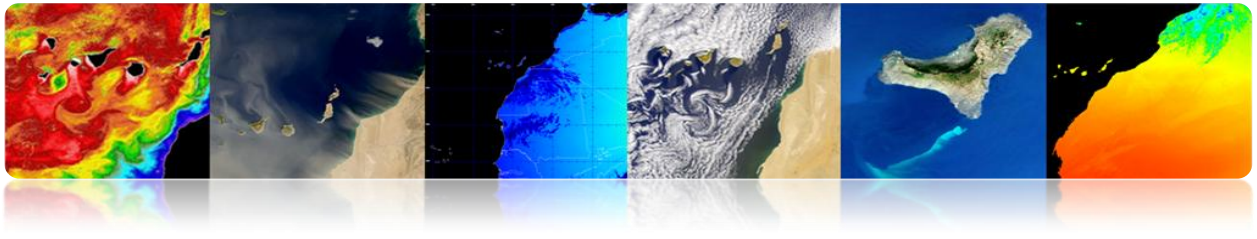
“**ISPRS:** Medida o adquisición de información de ciertas propiedades de un objeto o fenómeno, según un sistema de registro que no está en contacto físico con el objeto o fenómeno estudiado”

TELEDETECCIÓN PASIVA



TELEDETECCIÓN ACTIVA

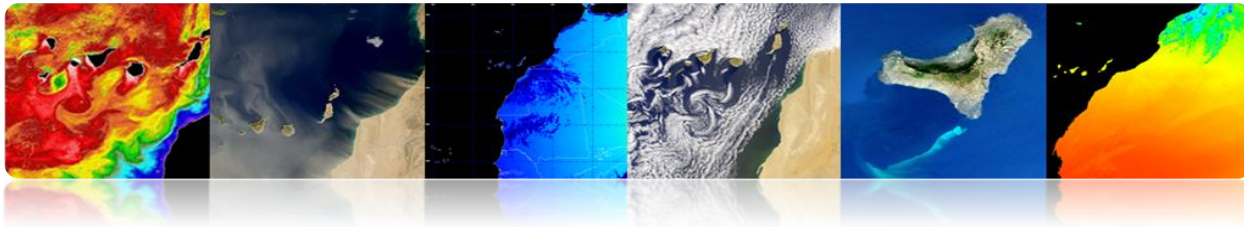




❑ OBJETIVO FUNDAMENTAL DE LA TELEDETECCIÓN:

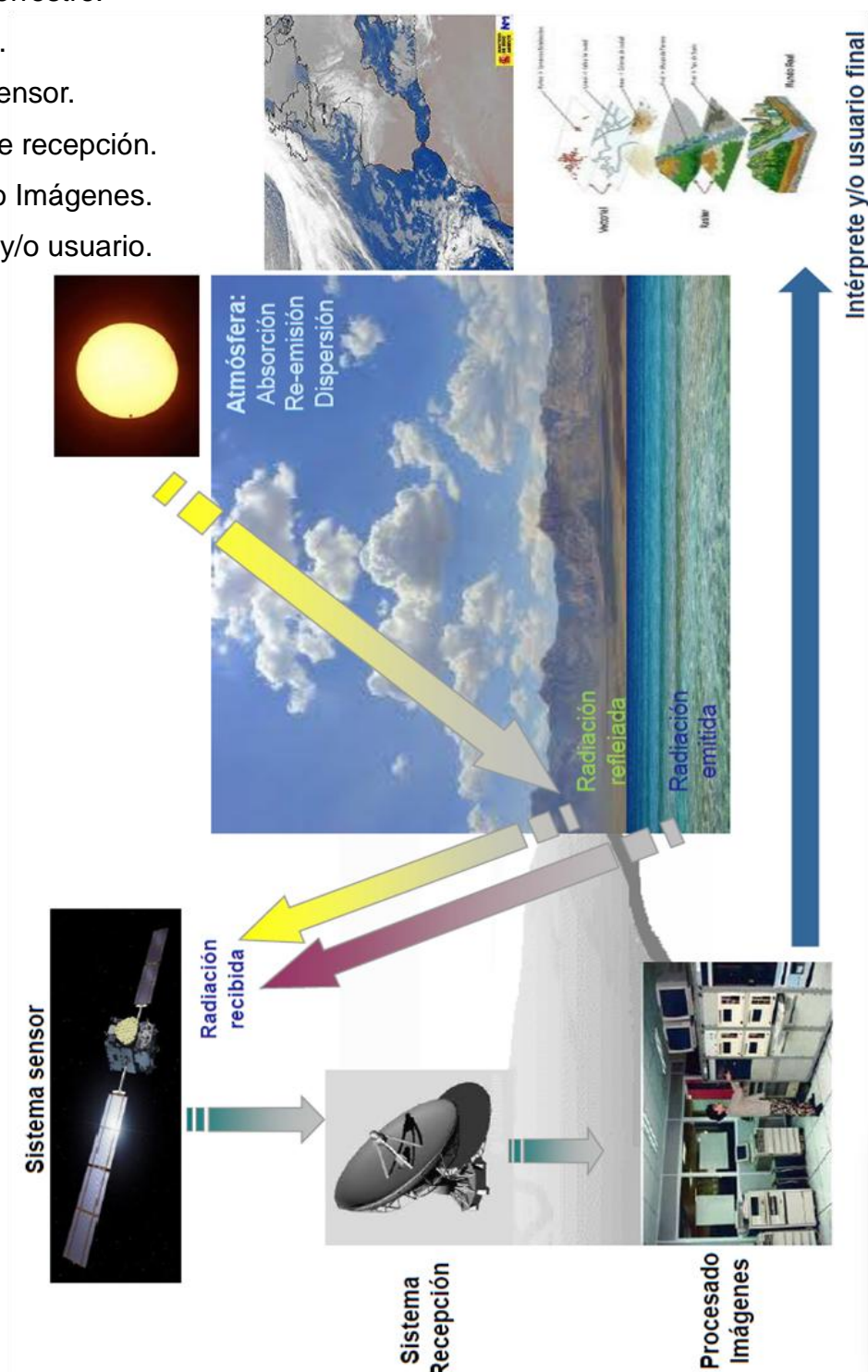
“Ampliar notablemente nuestro conocimiento del medio que nos rodea, facilitando la interpretación de los múltiples procesos que afectan al planeta”

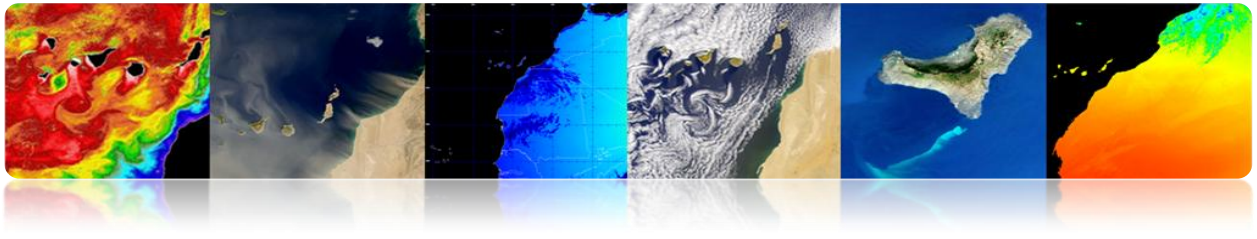




❑ TELEDETECCIÓN: ESQUEMA GENERAL FUNCIONAMIENTO

- 1.- Fuente de energía.
- 2.- Cubierta terrestre.
- 3.- Atmósfera.
- 4.- Sistema sensor.
- 5.- Sistema de recepción.
- 6.- Procesado Imágenes.
- 7.- Intérprete y/o usuario final.

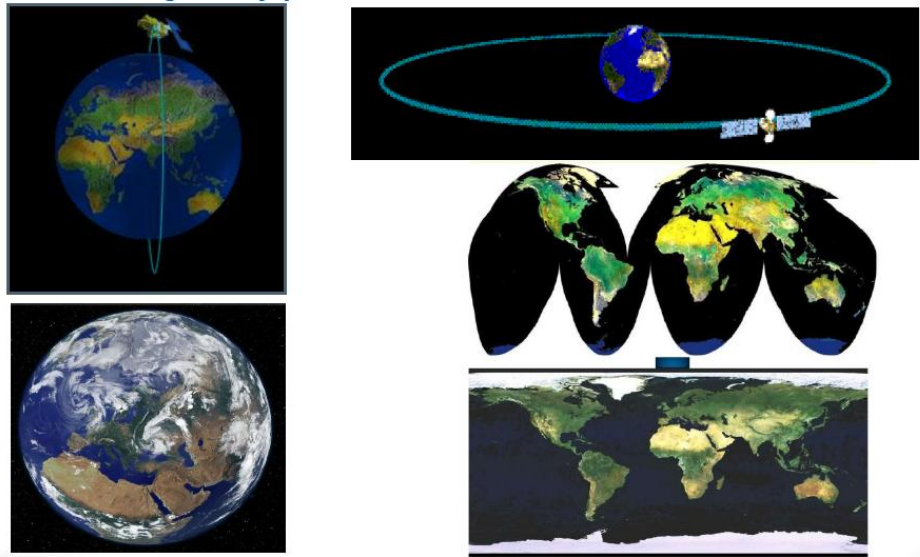




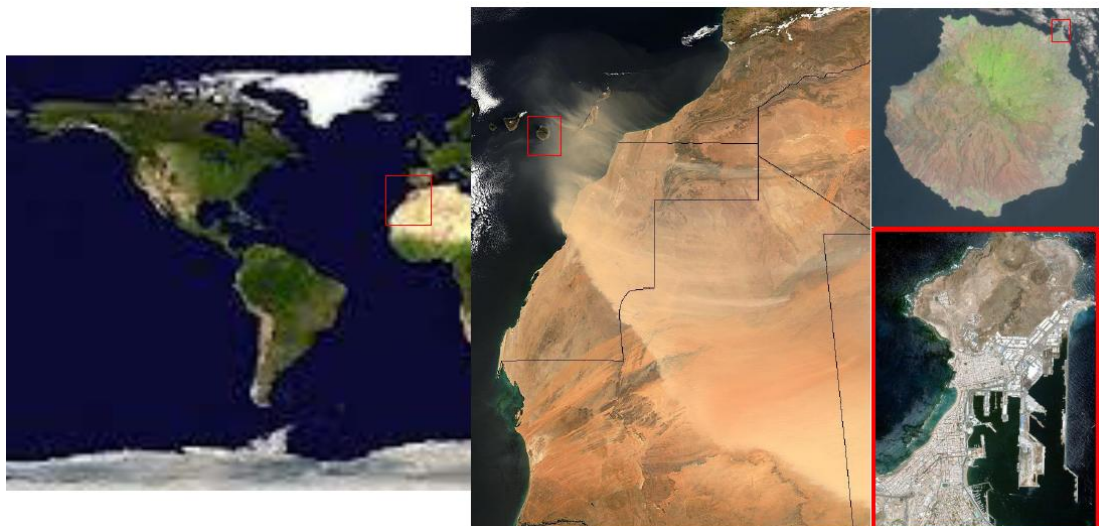
❑ **TELEDETECCIÓN: HERRAMIENTA DE INFORMACIÓN ESPACIAL**

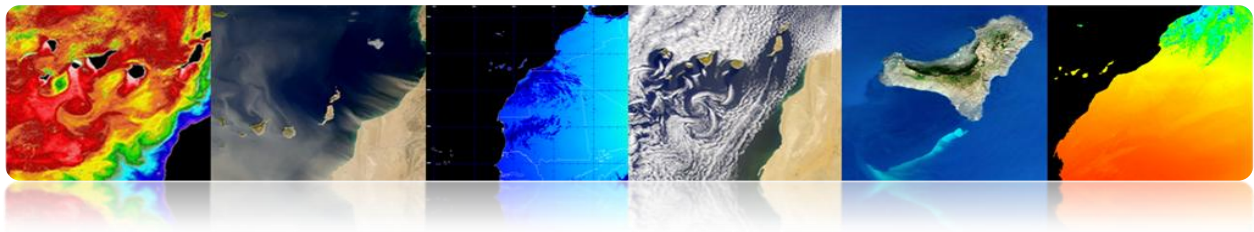
Ventajas

- Cobertura global y periódica de extensas zonas de la Tierra.

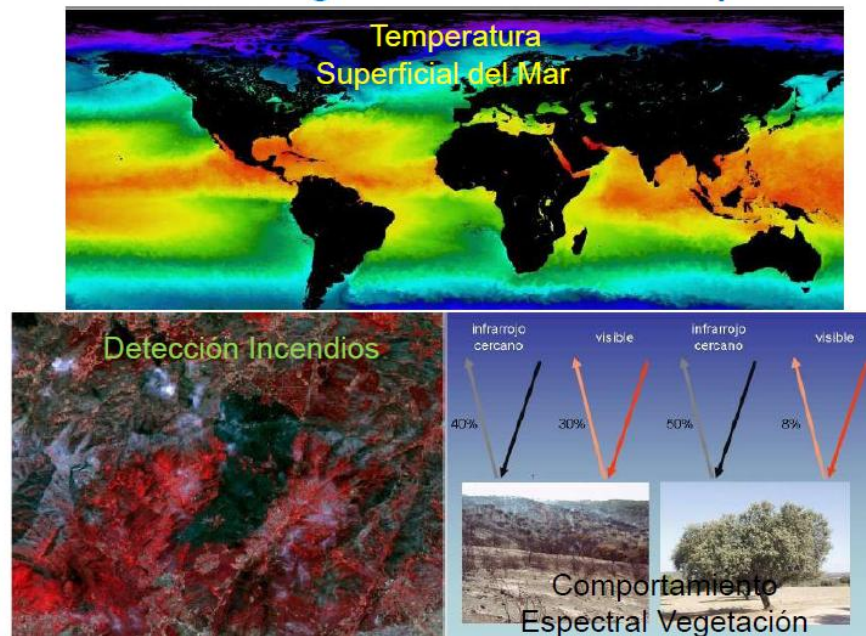


- Observación multiescala.

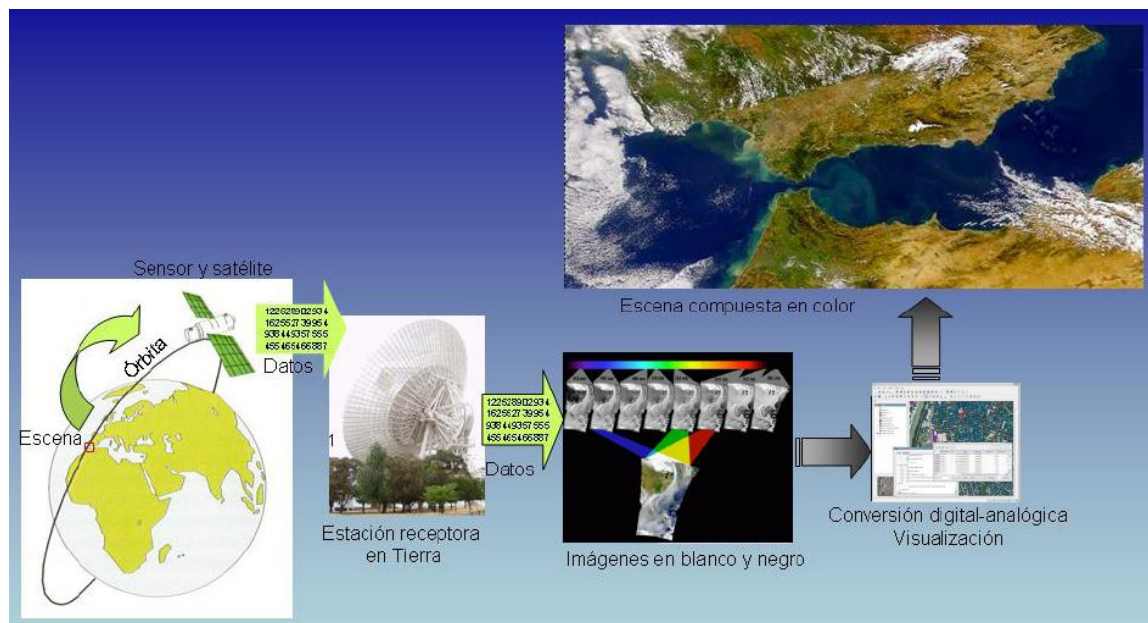


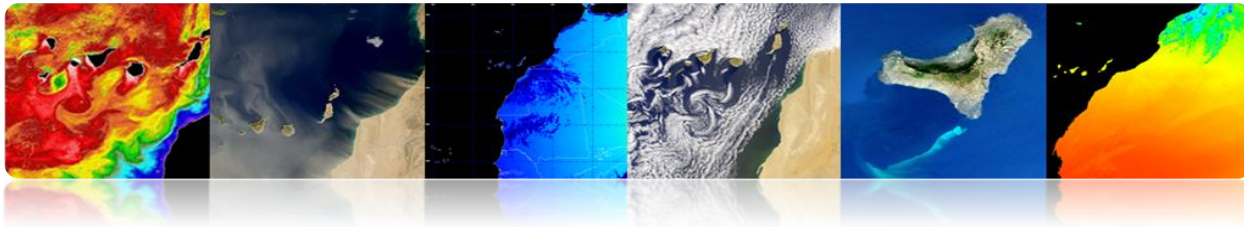


- Información sobre regiones no visibles del espectro.



- Tratamiento digital de las imágenes recibidas.



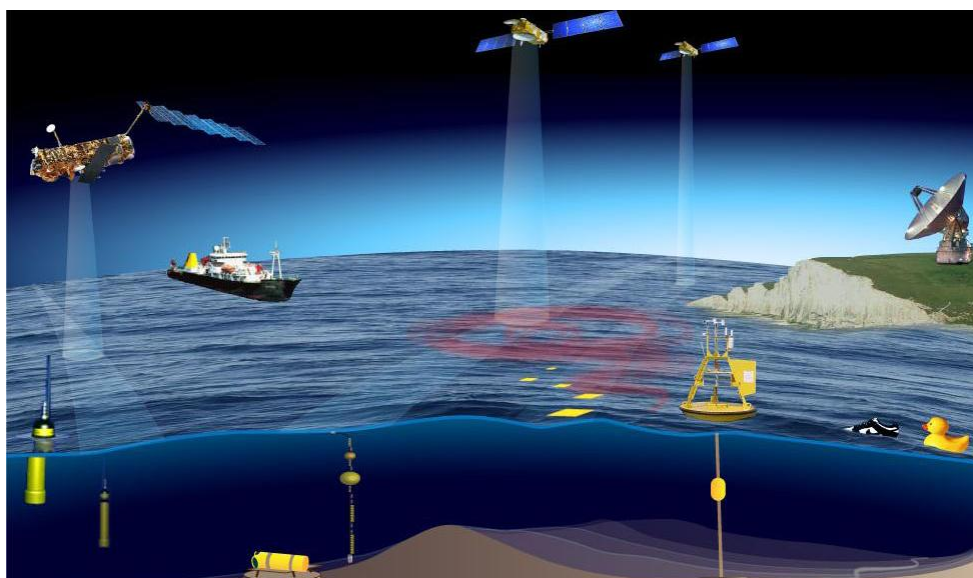


Limitaciones

- No se obtienen modelos con elevada precisión comparativamente con observaciones in situ o fotografía aérea.

❑ **TELEDETECCIÓN: TECNOLOGÍAS COMPLEMENTARIAS**

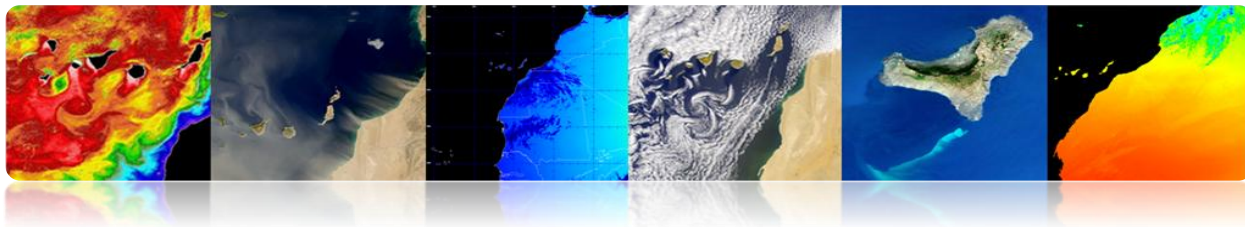
- Observaciones in-situ



- Fotografía aérea

Daedalus 1268 (INTA)

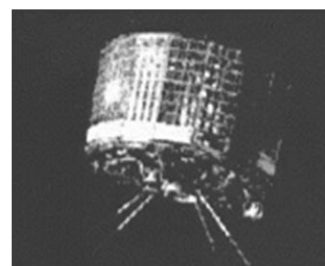
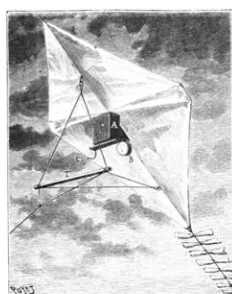




1.2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

□ ACONTECIMIENTOS RELEVANTES

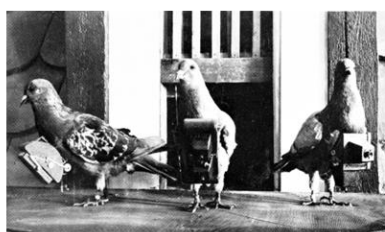
- El invento de la fotografía hizo posible la teledetección.
- La teledetección tuvo su origen en 1860 con la fotografía de la superficie terrestre tomada desde un globo por Tournachin.
- Primer satélite de observación de la Tierra en 1960 (TIROS-I).
- Actualmente existen múltiples Agencias Públicas y Privadas y Centros de Enseñanza e Investigación que trabajan activamente en el campo de la teledetección.



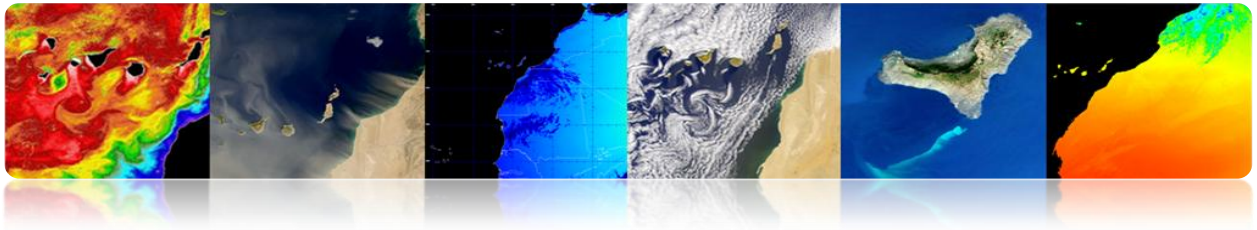
↓ 1859 G.F. Tournachon

↓ 1960 TIROS-I

1800 1900 2000

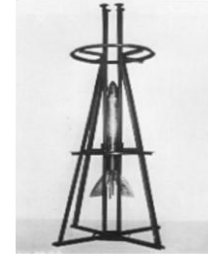


1909 W. Wright



"The Earth is the cradle of humanity, but mankind will not continue forever in the cradle"

Konstantin Tsiolkovski, 1903

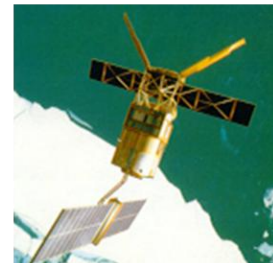
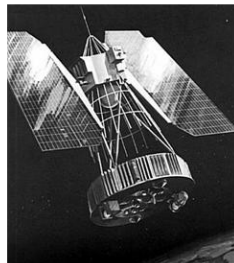
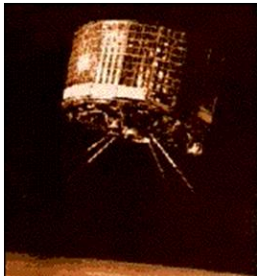
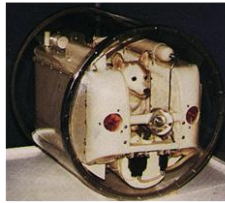


1957

1961

1969

1971



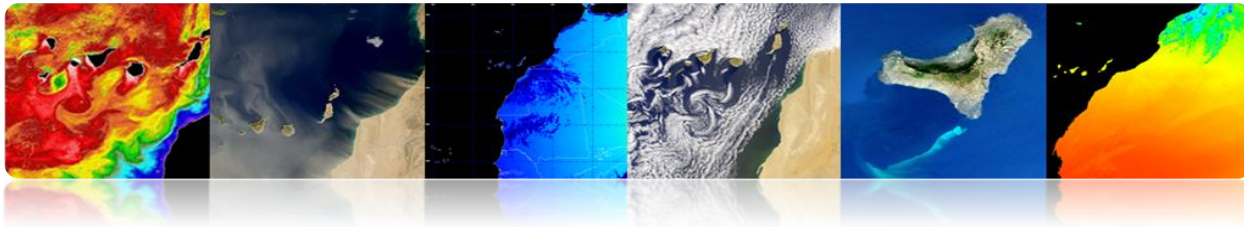
1960

1964

1972

1991



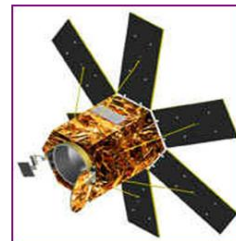
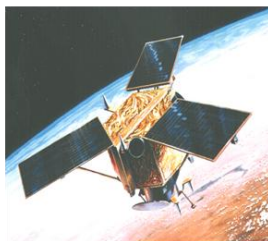


IKONOS

EROS

QUICK BIRD

ORBVVIEW



2000

2002

2004

2006



1m (Pan) 4m (Ms)

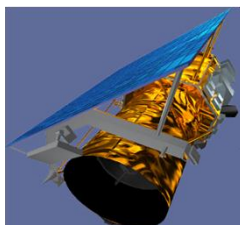


1.8 m (Pan)



0.65 m (Pan) 2.4 (ms)

GEOEYE-1



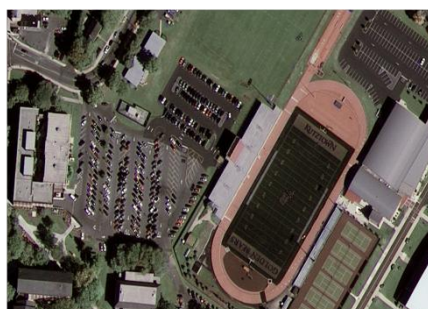
WORLDVIEW-1/2

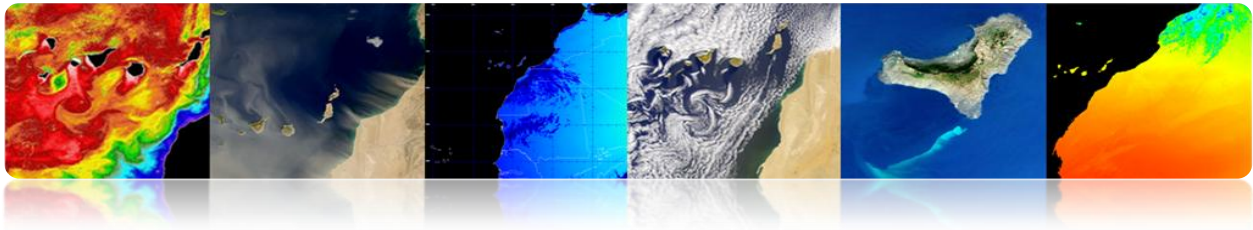


2008

2010

2012

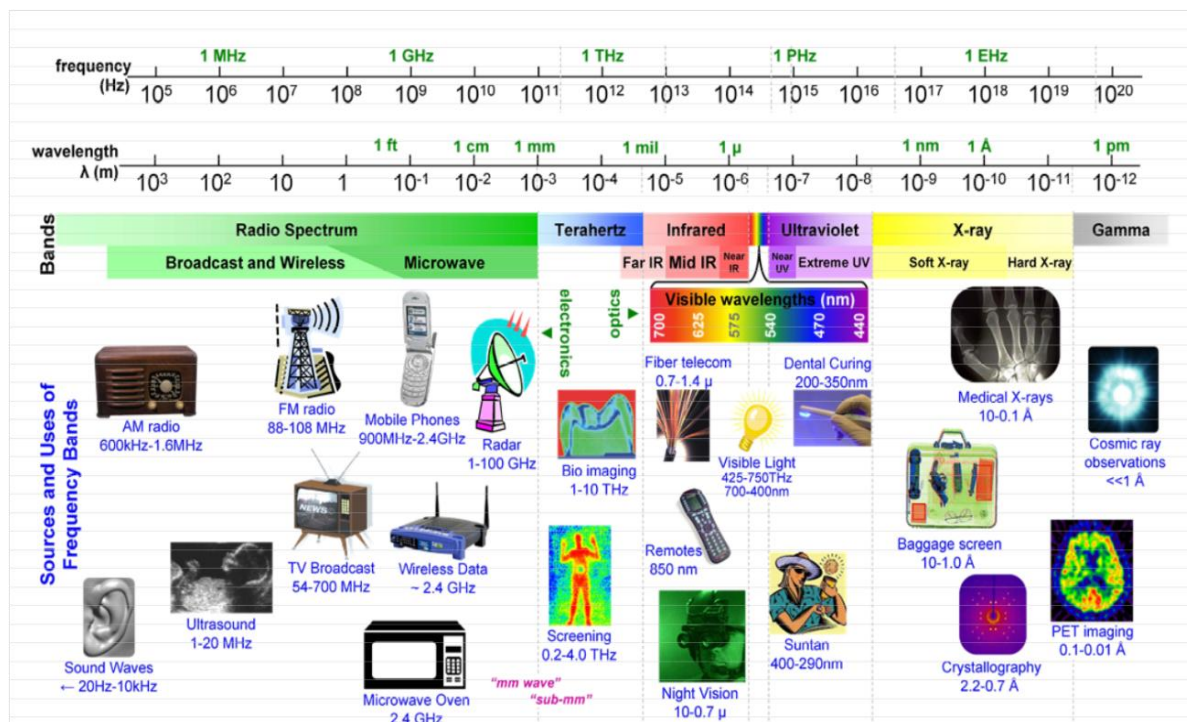


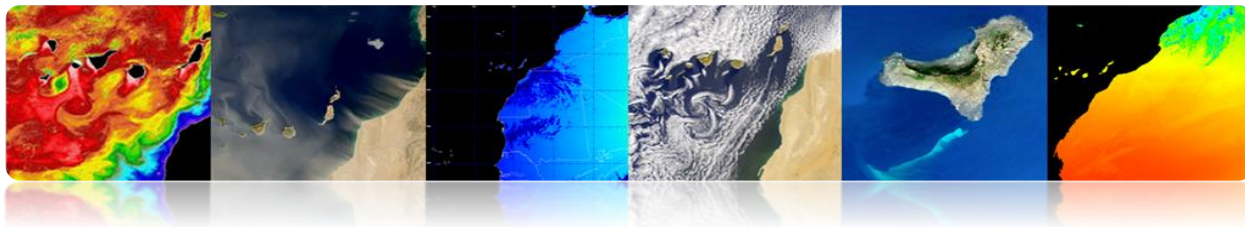


1.3. FUNDAMENTOS FÍSICOS: RESPUESTA ESPECTRAL

CUBIERTAS TERRESTRES

- ❑ **ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO: FUENTES Y USOS DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS.**



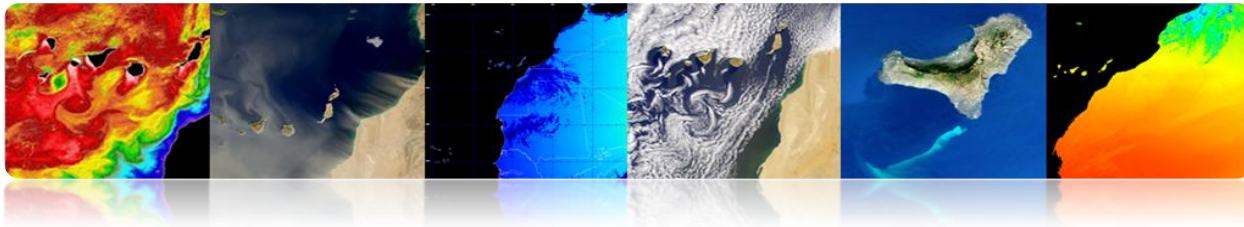


❑ REGIONES ESPECTRALES UTILIZADAS PARA LA OBSERVACIÓN REMOTA DE LA TIERRA

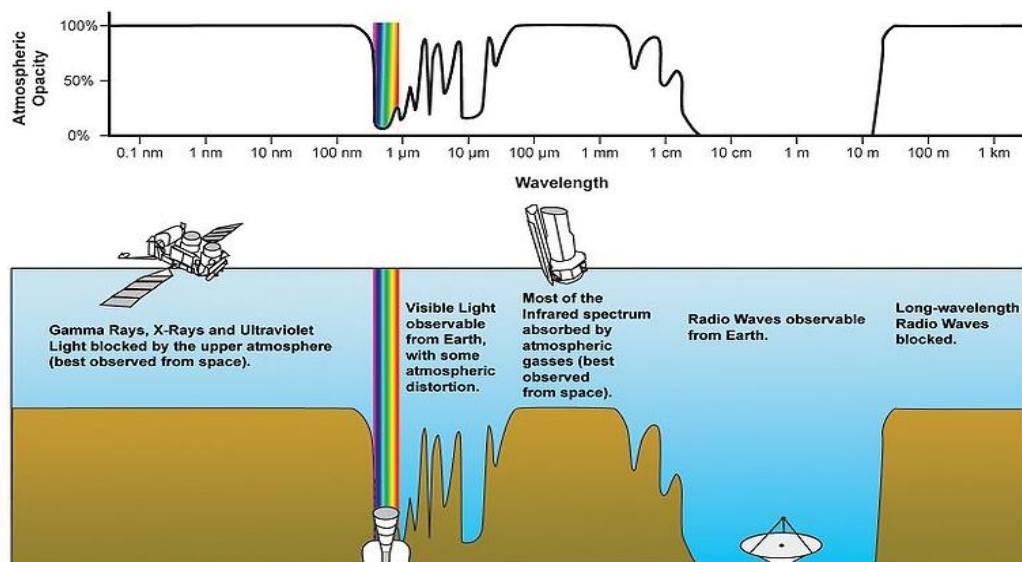
- Espectro visible (0.4-0.7 μm):Rango de frecuencias del ojo humano. Máxima radiación solar. Subdividido en tres bandas: R,G,B.
- Infrarrojo cercano (0.7-1.1 μm): Denominado IR fotográfico o reflejado. Energía solar que reflejan los cuerpos. Comportamiento similar al espectro visible.
- Infrarrojo medio (1.1 –8 μm): Se entremezclan radiación solar y emisión. La atmósfera afecta sensiblemente: aprovechado para medir concentraciones de vapor de agua, ozono, aerosoles...
- Infrarrojo térmico (8-14 μm): Radiaciones emitidas por los propios cuerpos. Se puede determinar la Tp de un cuerpo (IR térmico). Se puede disponer de imágenes a cualquier hora del día.
- Microondas (1mm-1m): Interés creciente de la Teledetección en esta banda. Las perturbaciones atmosféricas son menores y es transparente a las nubes. Se suelen utilizar sensores activos.

Name	Wavelength range	Radiation source	Surface property of interest
Visible (V)	0.4 – 0.7 μm	Solar	reflectance
Near InfraRed (NIR)	0.7 – 1.1 μm	Solar	reflectance
ShortWave InfraRed (SWIR)	1.1 - 3 μm	Solar	reflectance
MidWave InfraRed (MWIR)	3 – 5 μm	Solar, Thermal	Reflectance, temperature
Thermal InfraRed (TIR)	8 – 14 μm	Thermal	temperature
Microwave, radar	1 mm – 1 m	Passive: thermal Active: artificial	Temperature (P) Roughness (A)



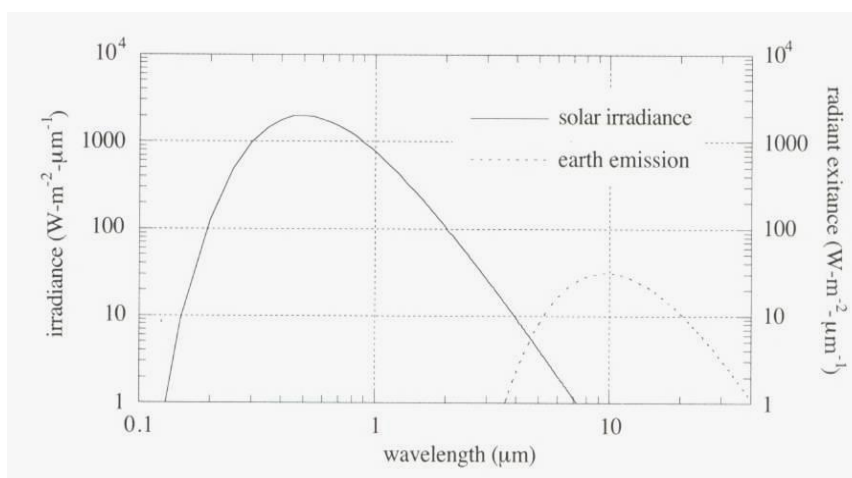


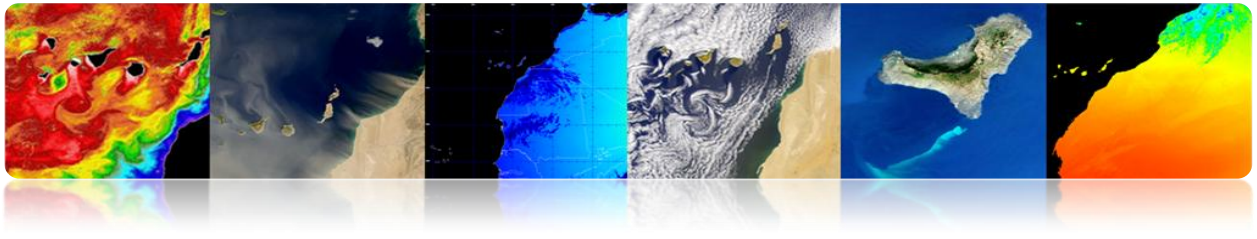
REGIONES ESPECTRALES UTILIZADAS PARA LA OBSERVACIÓN REMOTA DE LA TIERRA: TRANSMISIVIDAD ATMOSFÉRICA



TIPOS DE EMISIÓN APROVECHADA POR LA TELEDETECCIÓN

1. Radiación reflejada en la superficie terrestre emitida por el Sol: Depende de las características de la superficie u objeto (Ej.: Visión humana y del entorno).
2. Todo cuerpo cuya T_p se superior al cero absoluto (0°K : -273°C) emite energía en forma de radiación (Ej.: Emisión de una hoguera).





□ LEYES DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

▪ Ley de Planck

Proporciona la radiancia espectral de un cuerpo negro en función de su temperatura.

Cualquier objeto con $T > 0K$ radia energía.

$T \uparrow \Rightarrow \text{Energía} \uparrow$ (radiación \uparrow en $\downarrow \lambda$)

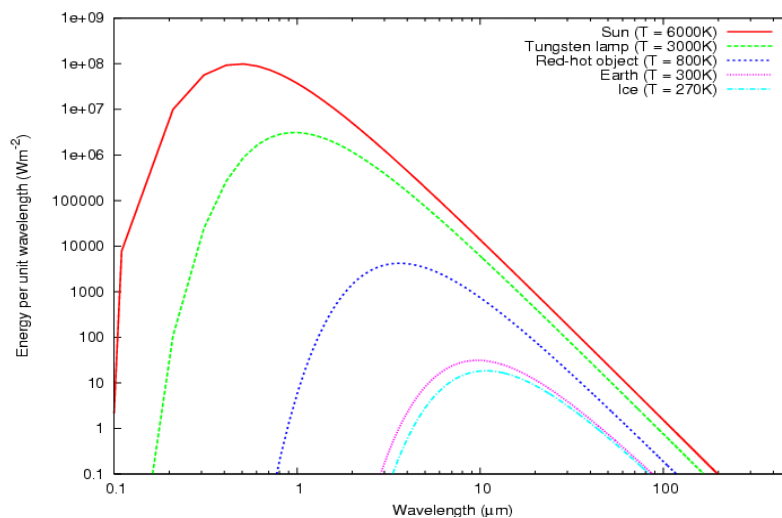
$$M_{\lambda,T} = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{c_2/(\lambda \cdot T)} - 1}$$

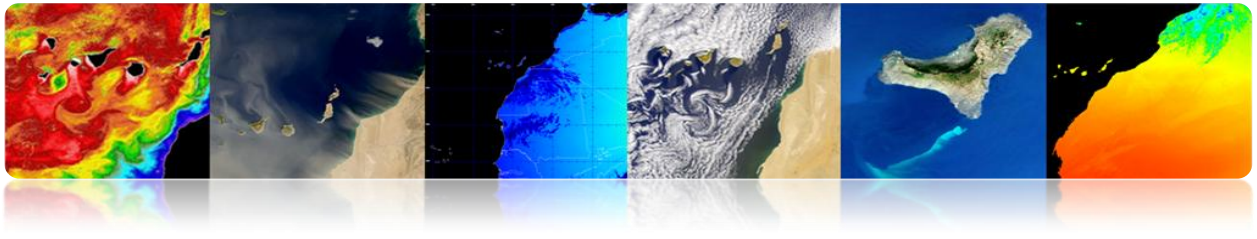
▪ Ley Desplazamiento de Wien

Para una temperatura dada, existe una λ para la que la energía electromagnética es máxima.

$$\lambda_{\max} = \frac{2898(\mu m \cdot K)}{T(K)}$$

Nos permite seleccionar la banda adecuada para la detección de un fenómeno si conocemos su rango de temperatura.





▪ Ley de Stefan-Boltzman

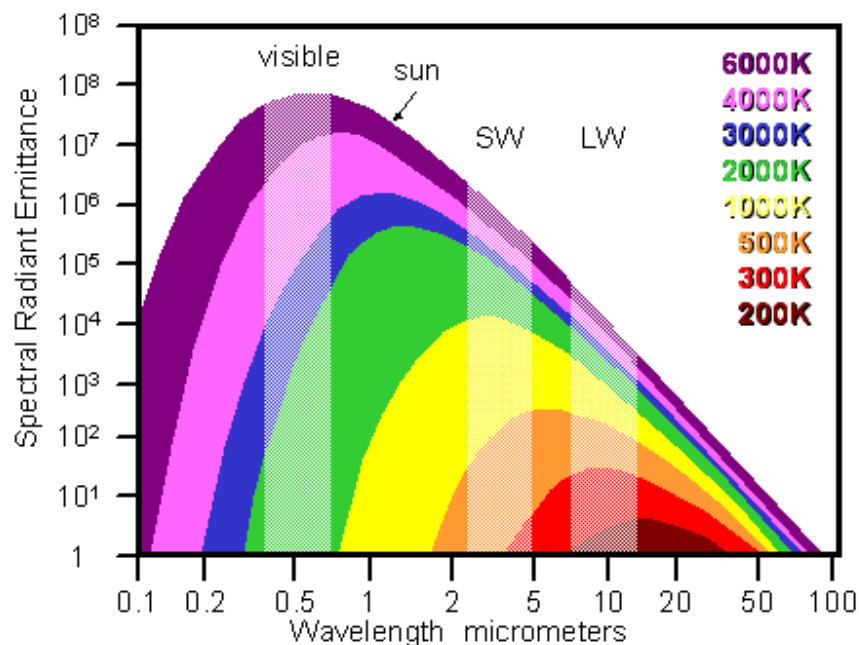
Proporciona la energía total emitida por un cuerpo negro a través de todo el espectro.

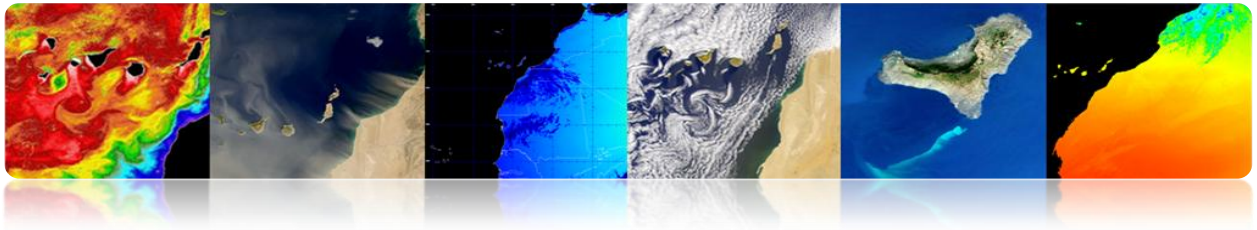
$$M = \sigma \cdot T^4$$

- Relación directa entre la temperatura y la cantidad de energía electromagnética que emite.
- Cuanto más caliente esté el objeto, más energía genera.
- Pequeñas variaciones en la temperatura → Grandes variaciones en la energía emitida (T^4).
- Los cuerpos reales no son cuerpos negros.

Factor de emisividad

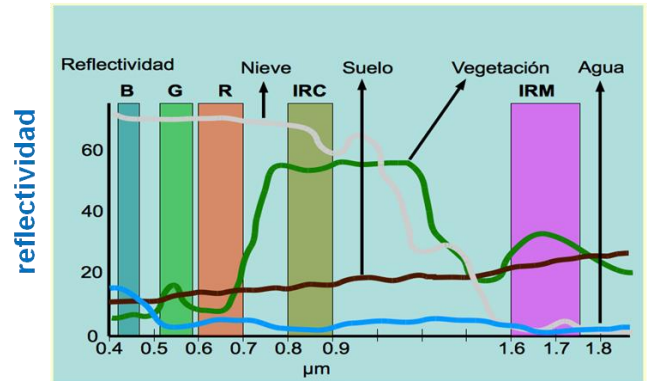
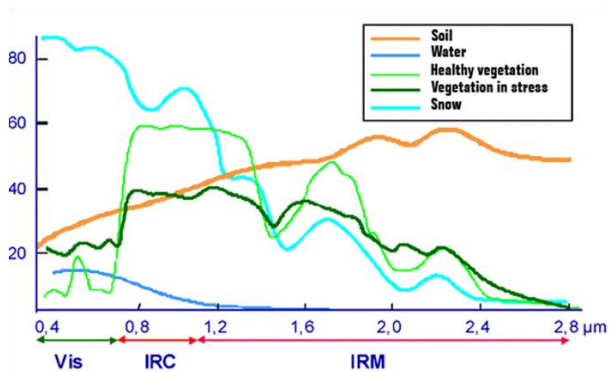
$$M_{real} = \varepsilon \cdot M_{BB}$$





■ Reflectividad Espectral

Un cuerpo real tiene una emisividad y una reflectividad que varía con la longitud de onda → **FIRMA ESPECTRAL**



■ Interacciones de la Atmósfera

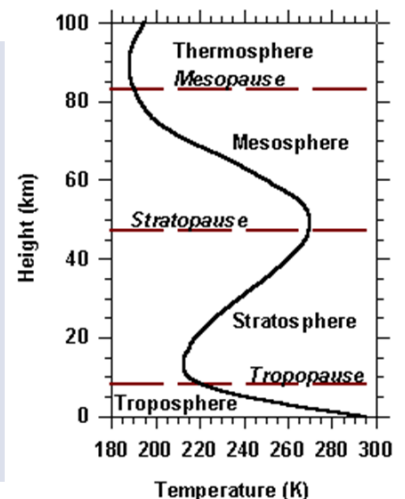
- La atmósfera es una mezcla de gases. Tiene diferentes capas.
- La primera 80 kilómetros contiene más de 99% de la masa total de la atmósfera de la Tierra.

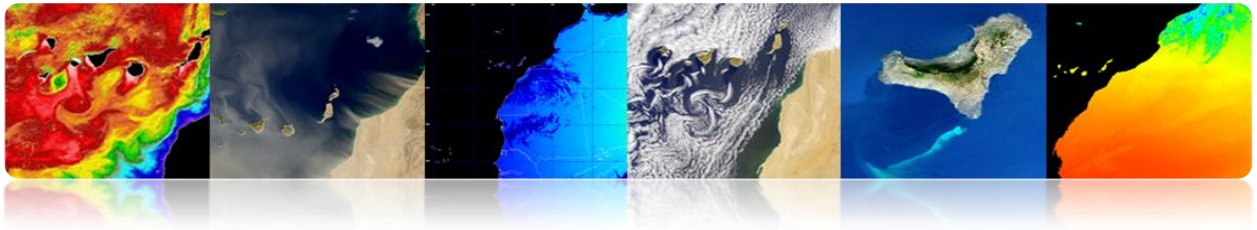
Gases Permanentes

Nitrogen (N_2): 78% by volume
 Oxygen (O_2): 20.95%
 Argon (Ar): 0.93%
 Carbon dioxide (CO_2): 0.033%
 Other noble gases (Ne, He, Kr, Xe)
 Hydrogen (H_2)
 Methane (CH_4)
 Nitrous oxide (N_2O)
 Carbon monoxide (CO)

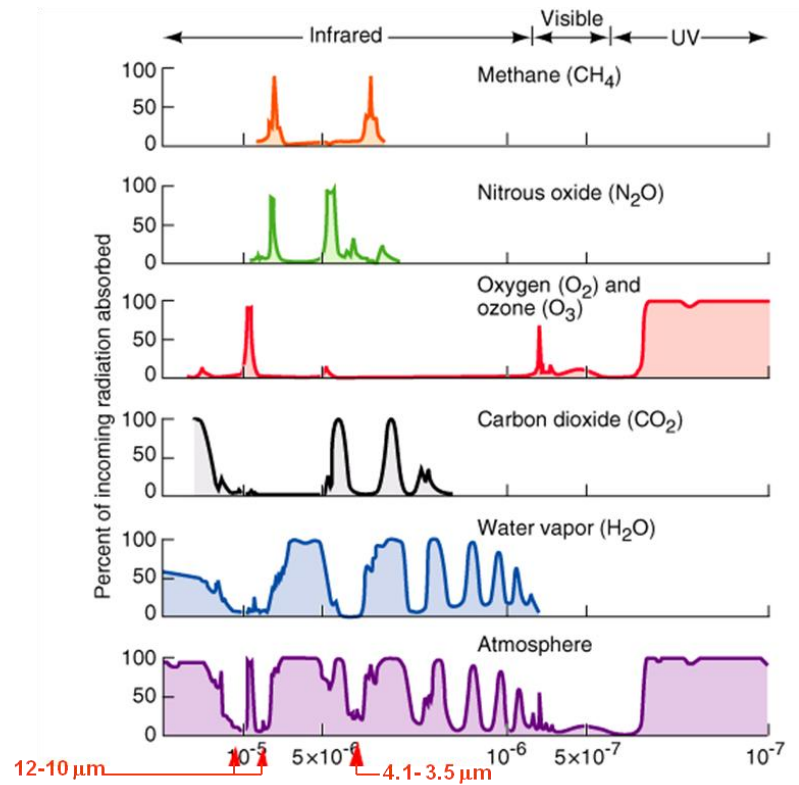
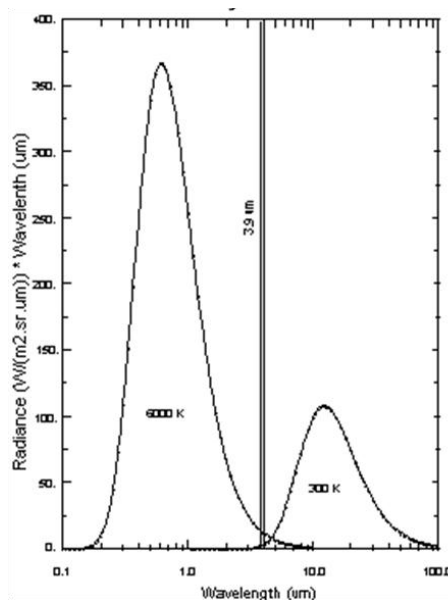
Gases Concentración Variable

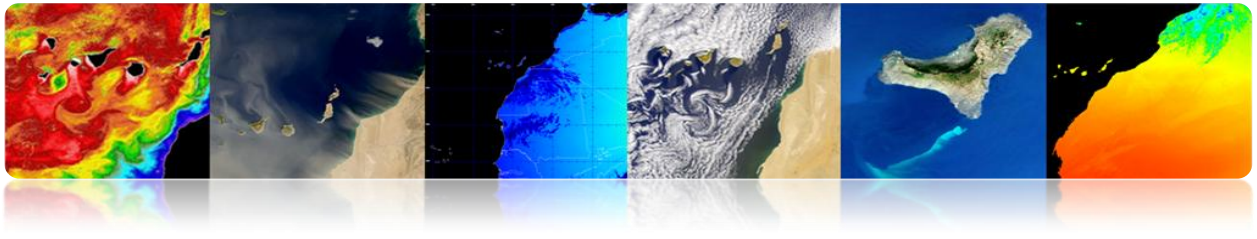
Water vapour (H_2O)
 Ozone (O_3)
 Sulphur dioxide (SO_2)
 Nitrogen dioxide (NO_2)
 Ammonia (NH_3)
 Nitric oxide (NO)
 Hydrogen sulphide (H_2S)
 Nitric acid vapour (HNO_3)





- Cuando la radiación EM viaja a través de la atmósfera: absorbida o dispersada por las partículas de la atmósfera.
- La atmósfera también emite → IR térmico.





1.4. AGENCIAS Y ORGANISMOS PÚBLICOS DE TELEDETECCIÓN

❑ PRINCIPALES AGENCIAS Y ORGANISMOS

A nivel regional (PET), nacional (PNOT-PNT), europeo (ESA) y mundial (NASA), las diferentes agencias espaciales siguen apostando por la teledetección con nuevas misiones, permitiendo su aplicación en infinidad de sectores estratégicos.

INTERNACIONAL:

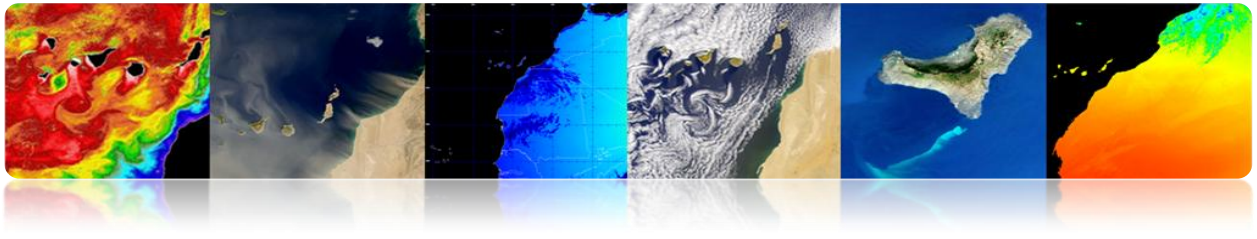


NACIONAL:



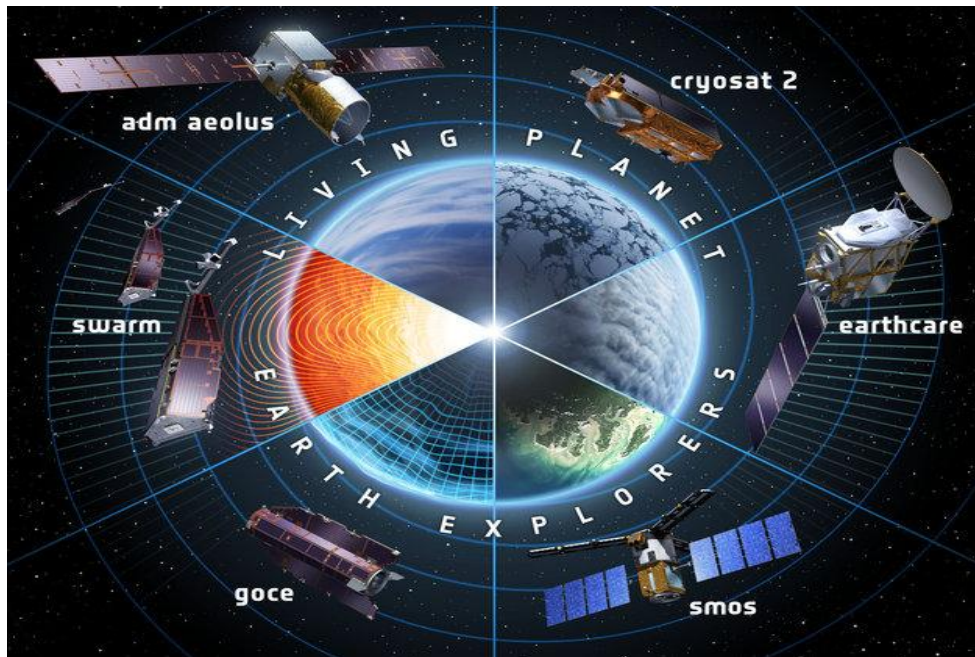
CANARIAS:



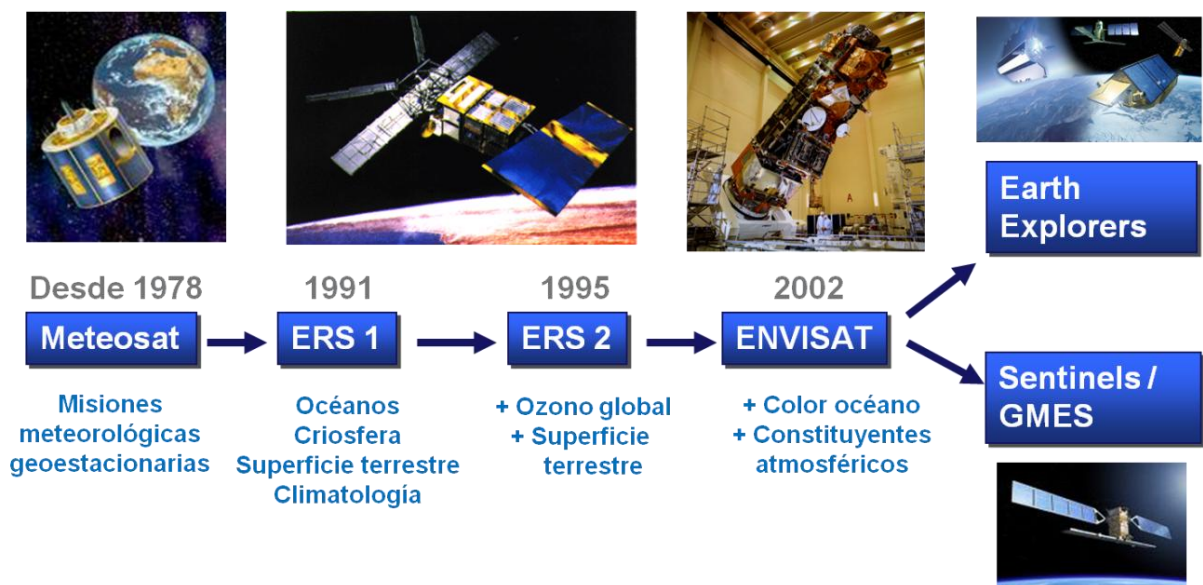


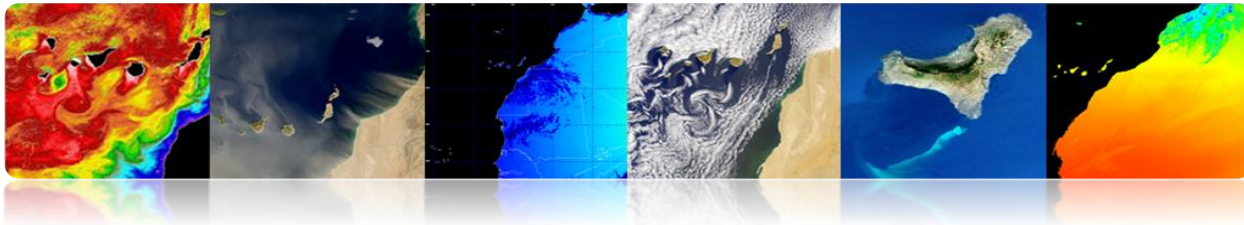
INTERNACIONAL

1. ESA: European Space Agency

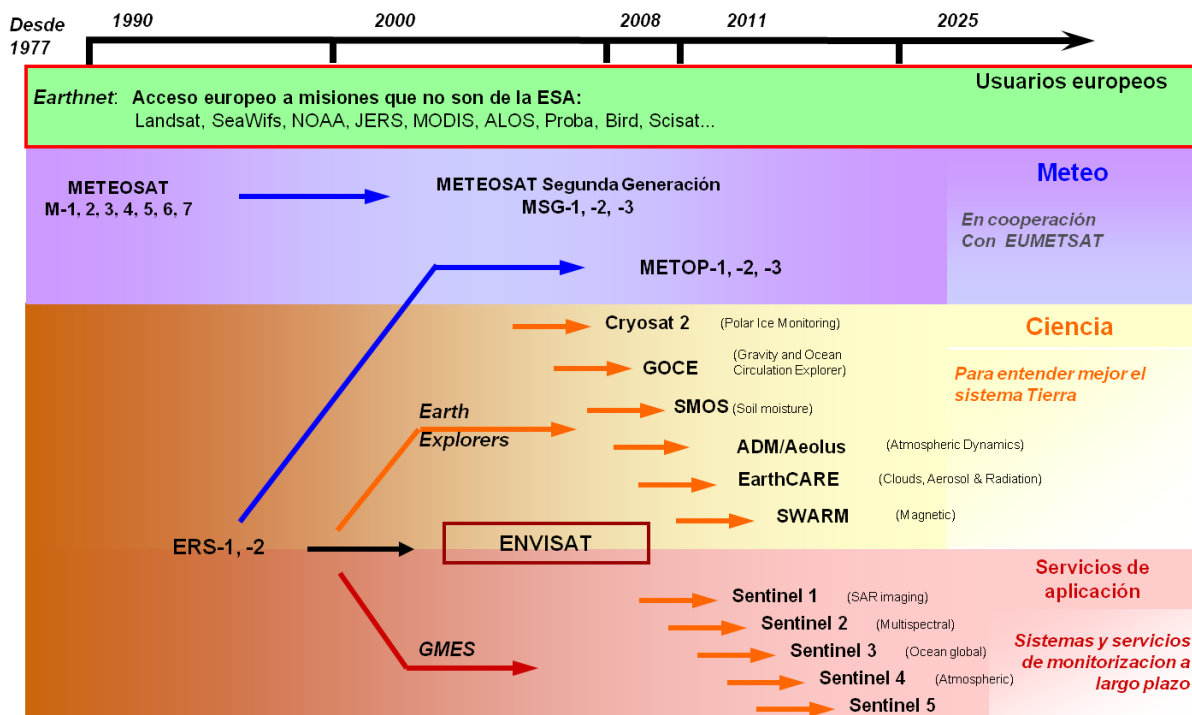


Del pasado al presente





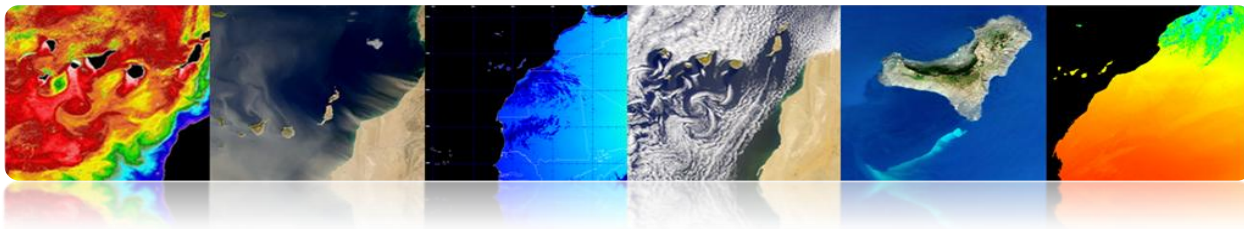
Misiones de Observación de la Tierra controladas por la ESA



Misiones científicas: “Earth Explorers”

	GOCE – Misión gravitatoria el gradiómetro más sensible, órbita extremadamente baja Primer geode completo publicado en Junio 2010 17 Marzo 2009	
	SMOS – Humedad del suelo y salinidad oceánica ciclo del agua dulce, previsiones del tiempo, clima y eventos extremos 2 Noviembre 2009	
	Cryosat-2 – Misión sobre el hielo Espesor y fluctuaciones de las masas polares y del hielo marino y relación con las variaciones en el clima 8 Abril 2010	
	ADM/AEOLUS – Misión sobre el viento perfiles de viento globales, predicciones del tiempo, dinámica atmosférica y los procesos climáticos. 2012	
	SWARM – Misión magnética campo geomagnético de la Tierra y sus variaciones temporales, el interior de la Tierra y su clima 2012	
	EarthCARE – Nubes y aerosoles (Europea – Japonesa) interacciones nubes-aerosoles-radiación, predicción del clima y el tiempo 2013	

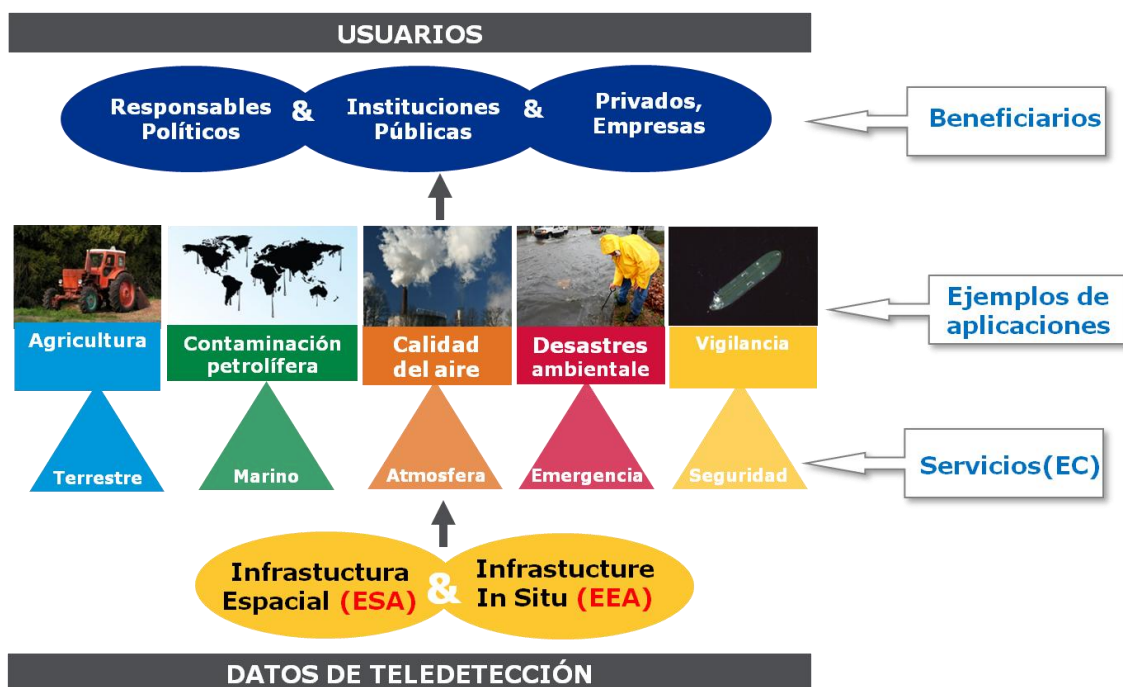


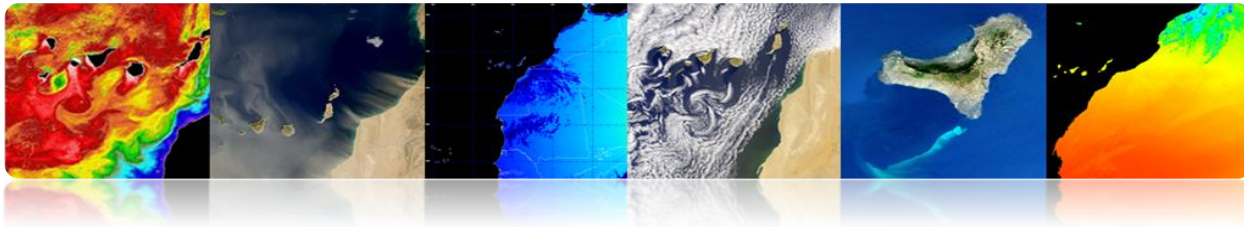


■ GMES: El sistema europeo de monitorización de la Tierra

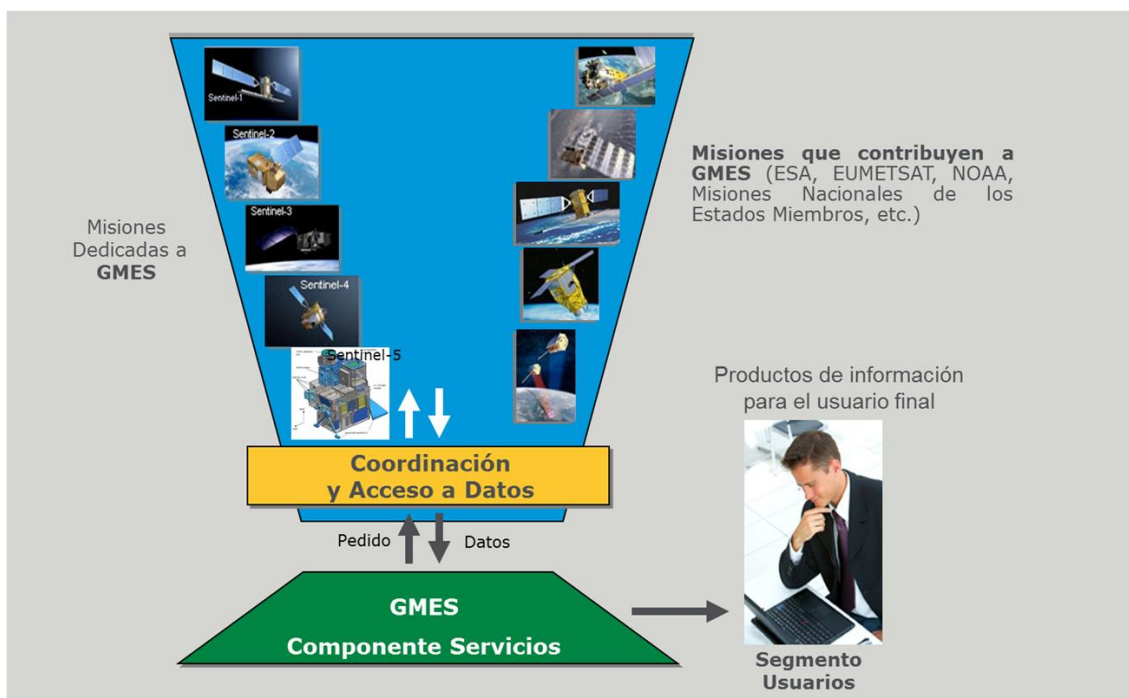
- GMES es una iniciativa conjunta de la Comisión Europea y de la Agencia Espacial Europea.
- El sistema GMES es una red de recogida y difusión de datos sobre el medio ambiente y la seguridad basada en observaciones espaciales e in situ de la Tierra.
- Este sistema servirá de apoyo a la toma de decisiones por las autoridades públicas y privadas en Europa y respaldará la investigación.
- GMES desarrolla servicios operativos, siguiendo el ejemplo de la meteorología, pero en otros ámbitos como:
 1. Gestión de emergencias.
 2. Monitorización de la calidad del aire.
 3. Monitorización del suelo.
 4. Monitorización del océano, etc...

Esquema General





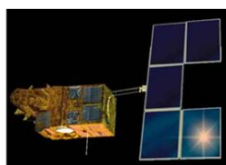
Segmento Espacial



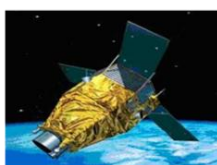
Misiones que pueden contribuir a GMES



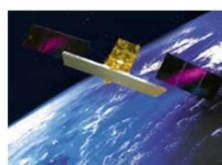
Jason



SPOT



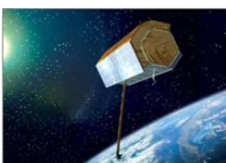
Pléiades



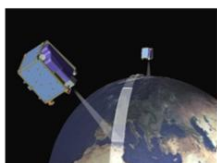
Cosmo-Skymed



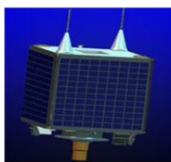
Radarsat



PAZ



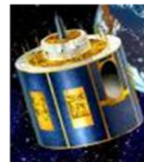
Rapideye



Deimos-1



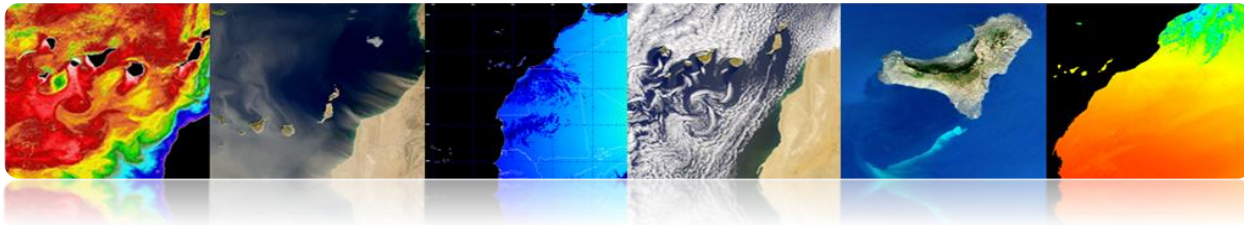
METOP



MSG

Misiones nacionales de los Estados Miembros, Eumetsat y no Europeas (la lista no es exhaustiva)

+ Ingenio, TerraSAR-X/Tandem-X, Enmap, Venµs, Altika, etc.



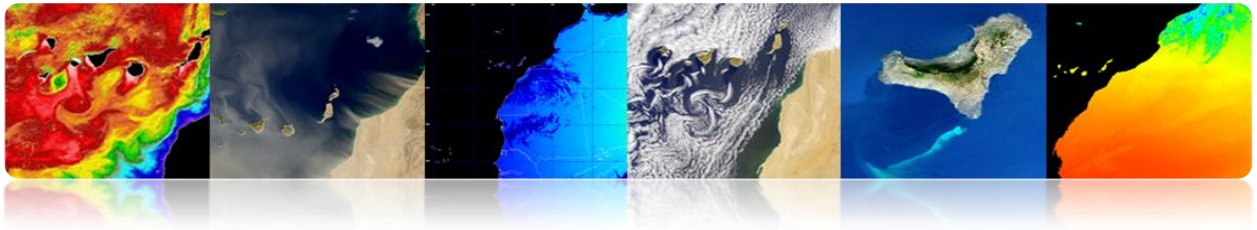
Misiones dedicadas a GMES

	Sentinel 1 – Imágenes SAR Meteo-independiente, observaciones diurnas y nocturnas, interferometría 2012 (A), >2014 (B)	
	Sentinel 2 – Imágenes super-espectrales Aplicaciones terrestres → urbanización, bosques, agricultura, . Continuidad de Landsat, SPOT 2013 (A), >2014 (B)	
	Sentinel 3 – Monitorización global del suelo y océanos Color del océano, vegetación, temperatura de la superficie, altimetría 2013 (A), >2014 (B)	
	Sentinel 4 – Atmosfera desde órbita geoestacionaria Medida de la composición atmosférica, contaminación 2018	
	Sentinel 5 y Precursor – Atmosfera desde órbita baja Medida de la composición atmosférica, contaminación 2014 (5P), 2019	

Sentinel-1: Misión SAR en banda C

- **Aplicaciones:**
 - Monitorización del hielo marino y del ambiente ártico.
 - Vigilancia marina
 - Monitorización de los riesgos debidos a desplazamiento del suelo
 - Mapas para organizar ayudas humanitarias en situaciones de crisis
- **4 modos nominales de operación:**
 - strip map (80 km swath, 5x5 m res.)
 - interferometric wide swath (250 km swath, 5x20m)
 - extra wide swath (400 km swath, 20x40 m res.)
 - wave (5X5 m res, imágenes de 20x20 km)
- **Órbita helio-sincrónica a 693 Km de altitud**
- **12 días de periodo nominal de revisita**
- **7 años de vida media, carburante para 12 años**





Sentinel-2: Misión super-espectral

➤ **Aplicaciones:**

- Mapas de cobertura del suelo
- Mapas de riesgos y coberturas rápidas en caso de emergencias
- Mapas de vegetación y clorofila

➤ **Super-espectrómetro con 13 bandas (VNIR & SWIR)**

➤ **Resolución espacial: 10, 20 y 60 m**

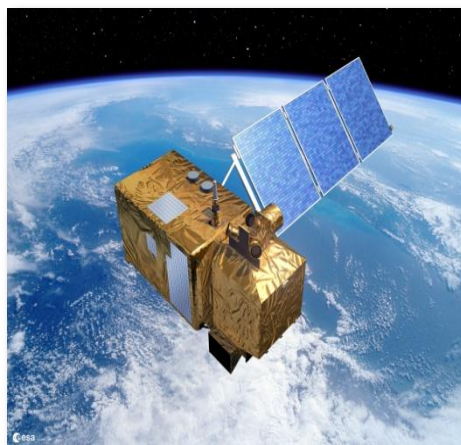
➤ **Swath: 290 km**

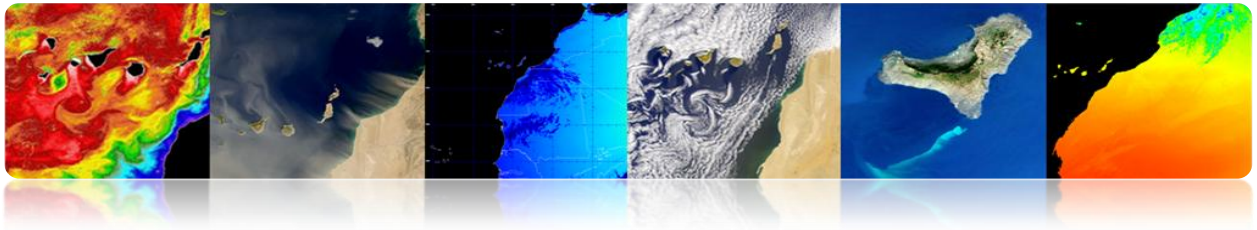
➤ **Masa de satélite: 1200 kg**

➤ **Periodo de revisita: 5 días (sin nubes) con 2 satélites**

➤ **órbita helio-sincrónica a 786 Km de altitud**

➤ **7 años de vida media, carburante para 12 años**





Sentinel-3: Misión global oceánica y del suelo terrestre

➤ **Aplicaciones:**

- Color y temperatura de la superficie del mar y del suelo
- Topografía de la superficie del mar y de los glaciares
- Topografía de las zonas costera, lagos y hielo marino.
- Mapas de vegetación

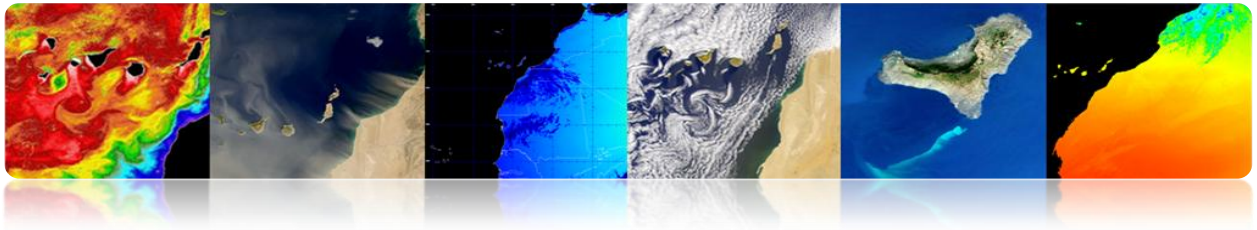
➤ **Masa de satélite: 1250 kg**

➤ **órbita helio-sincrónica a 814.5 Km de altitud**

➤ **periodo de revisita: 27 días**

➤ **7 años de vida media, carburante para 12 años**





Acceso a datos espaciales

esa GMES Space Component Data Access
European Space Agency

ESA Observing the Earth GMES **GMES Space Component Data**

18-Oct-2009

GSC Data Access

- About GSC Data Access
- Browse Data

GSCDA Terms and Conditions

- Terms and Conditions
- FAQ

GMES Core Services

GSC Mission Groups

GSC Data Portal

- Terms of Use
- Contact Us

Semantic Search

Fast Domain Navigator

Browse GMES Contributing Missions

ENVISAT

Browse GMES Space Component Data

Browse all Datasets

Browse Datasets by

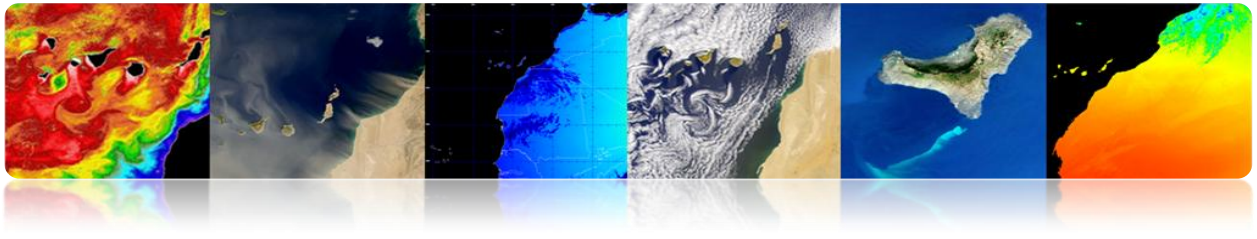
- Service
- Mission Group
- Mission
- Instrument
- Dataset ID

Related Links

ESA

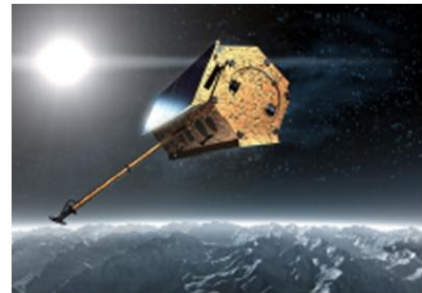
- ASI
- CNES
- CSA
- Deimos Imaging
- DLR
- DMCii
- e-GEOS
- EUMETSAT
- Eurimage
- Euromap/GAF
- European Space Imaging
- ImageSat International
- InfoTerra GmbH
- MDA
- RapidEye
- Spot Image
- VITO

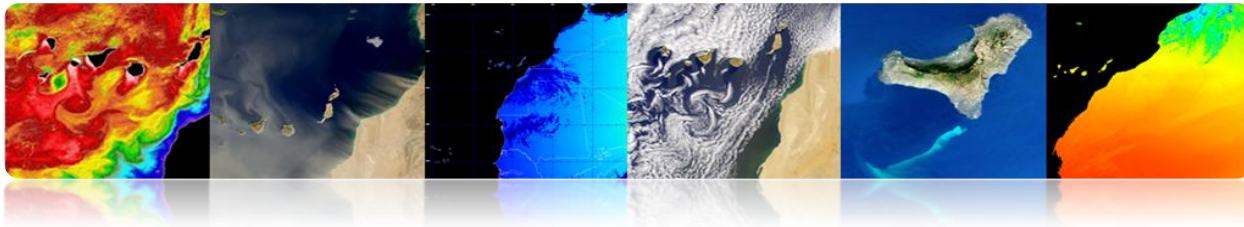
GMES



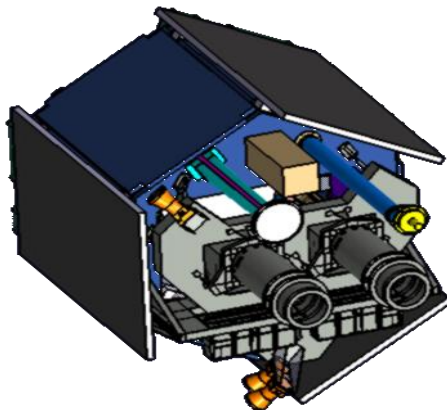
NACIONAL

▪ **PNOT: Programa Nacional de Observación de la Tierra por Satélite**



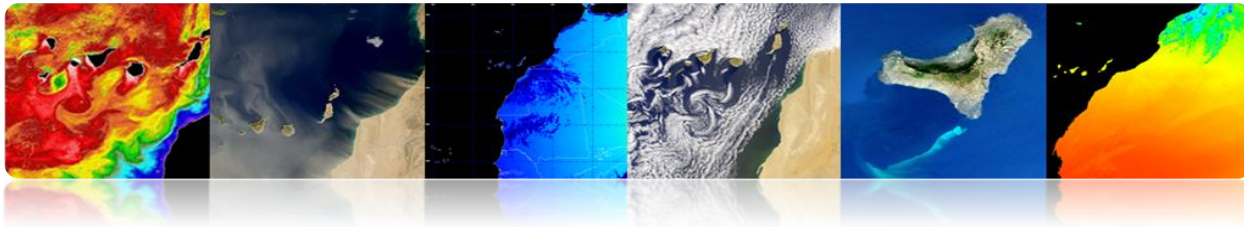


- **Prestaciones Satélite INGENIO**

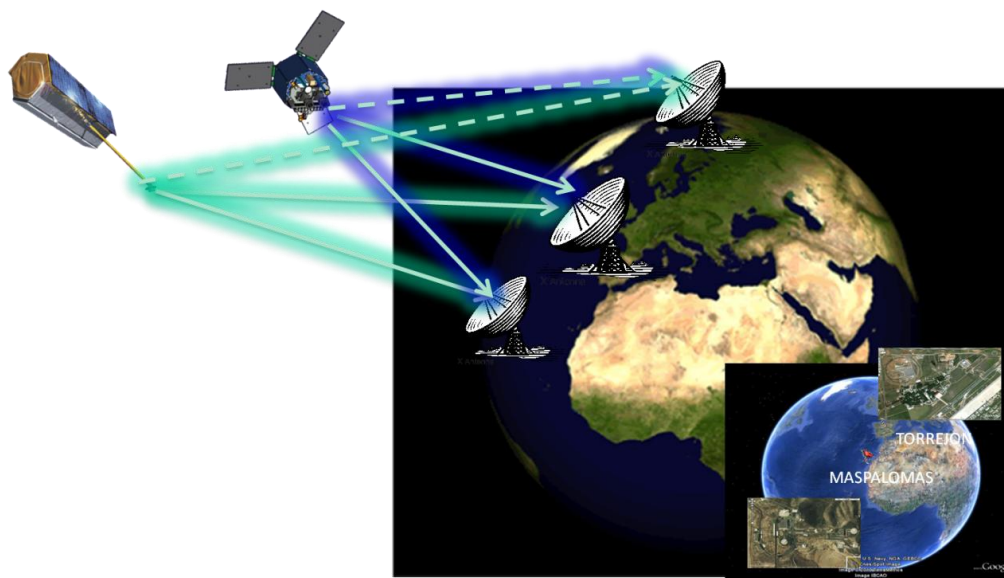


- Imágenes ópticas multiespectrales de alta resolución
- 1 canal pancromático y 4 canales multiespectrales (R, G, B, NIR)
 - Ancho de barrido: 60 Km.
 - PAN resolución: 2.5 m
 - MX resolución: 10m
- > 600 imágenes/día (2.5 millones km²/día)
- Mínimo 6 coberturas anuales completas del territorio español (máx. 5°)
- Acceso lateral: ± 40°
- Min. tiempo de revisita: 3 días (40° ángulo de visión)
- Vida Útil: 7 años
- Masa: ± 750 Kg.
- Órbita helio síncrona. Altura: ~670 Km.
- LTDN ± 10:30h





Segmento Terreno



Diferencia entre imágenes óptica y radar

Imagen Óptica

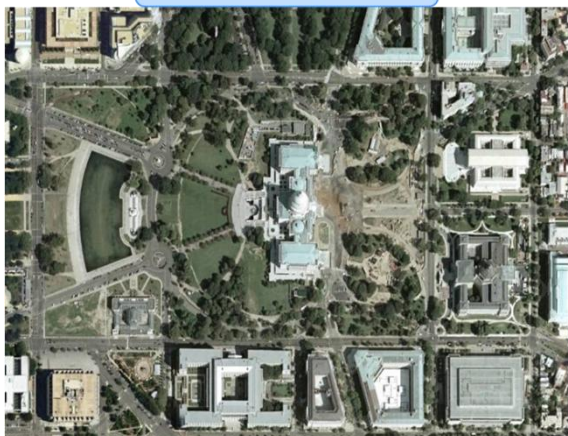
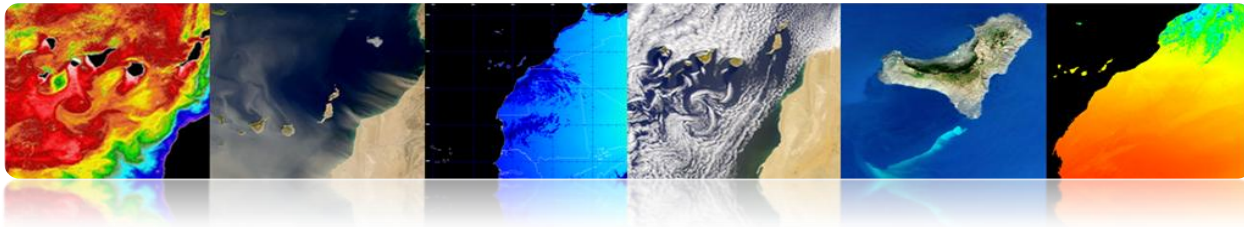


Imagen Radar





CANARIAS



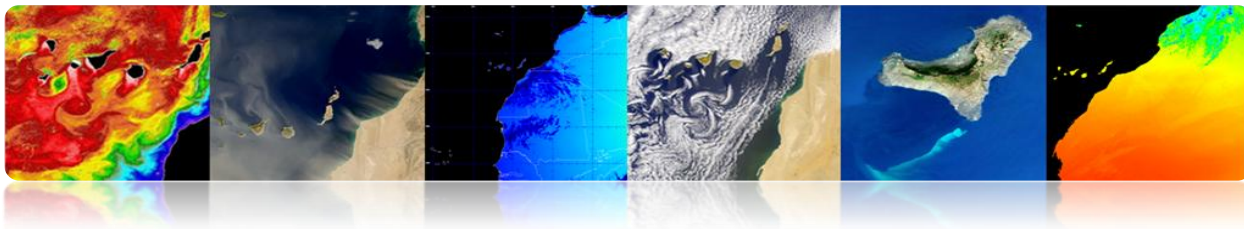
El **objetivo central** del PET es estimular el desarrollo en Canarias de servicios basados en el uso de datos de teledetección y que sirva de motor para el desarrollo de aplicaciones y servicios operacionales integrando las capacidades existentes



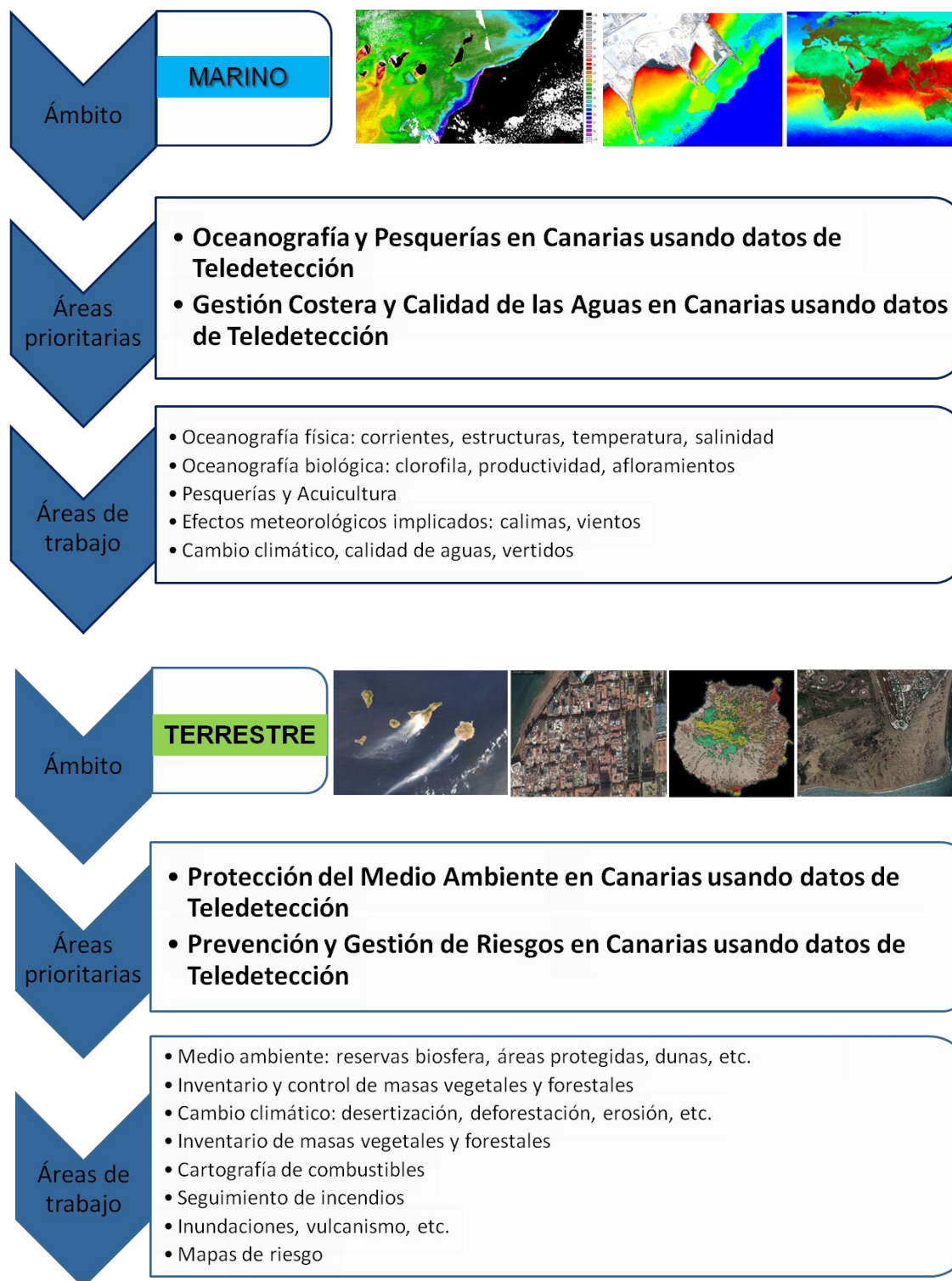
- Integrar a todos los grupos de investigación, organismos y empresas de Canarias relacionados con el uso de la teledetección.
- Estimular la compartición y optimización de los recursos de teledetección disponibles en la Comunidad Autónoma de Canarias.
- Aumentar la competitividad y la excelencia de la I+D+i vinculados a la teledetección.
- Servir de elemento motor para el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios operacionales basados en el uso de las imágenes de teledetección.
- Potenciar el desarrollo y creación de empresas de base tecnológica.

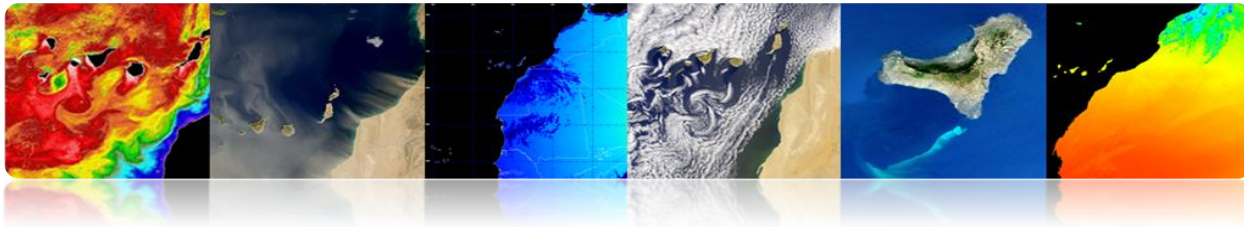
Con todo esto se pretende **consolidar la capacidad científica, tecnológica e industrial en el ámbito de la teledetección en Canarias**

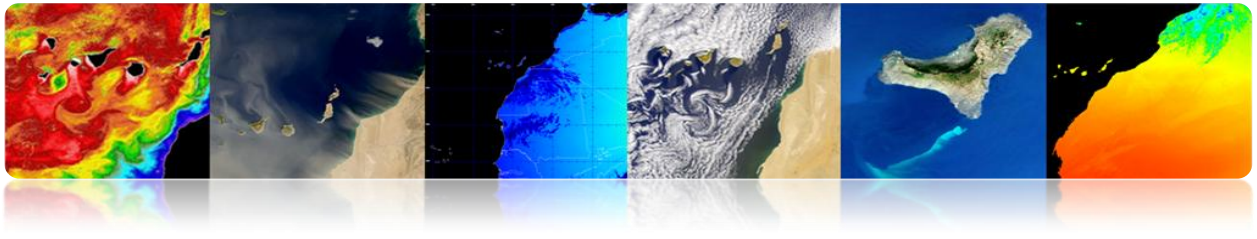




■ Áreas prioritarias







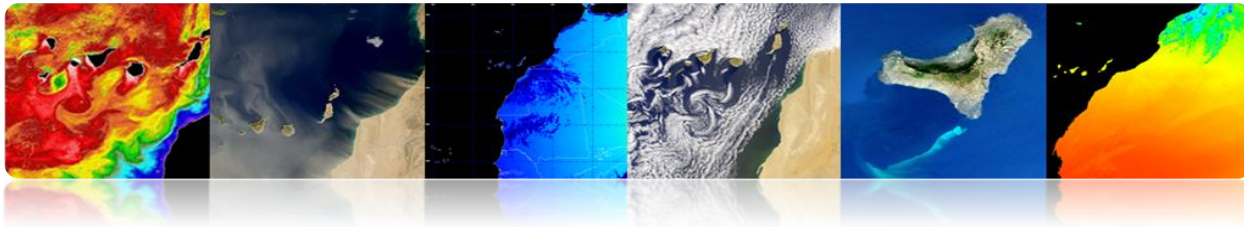
- **Actividades de difusión**

Volcán submarino de El Hierro

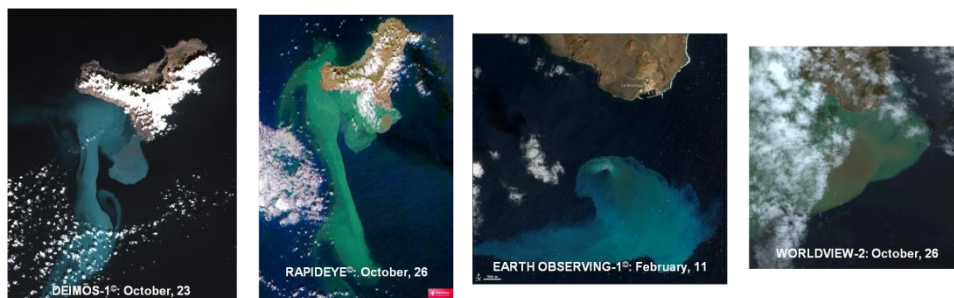
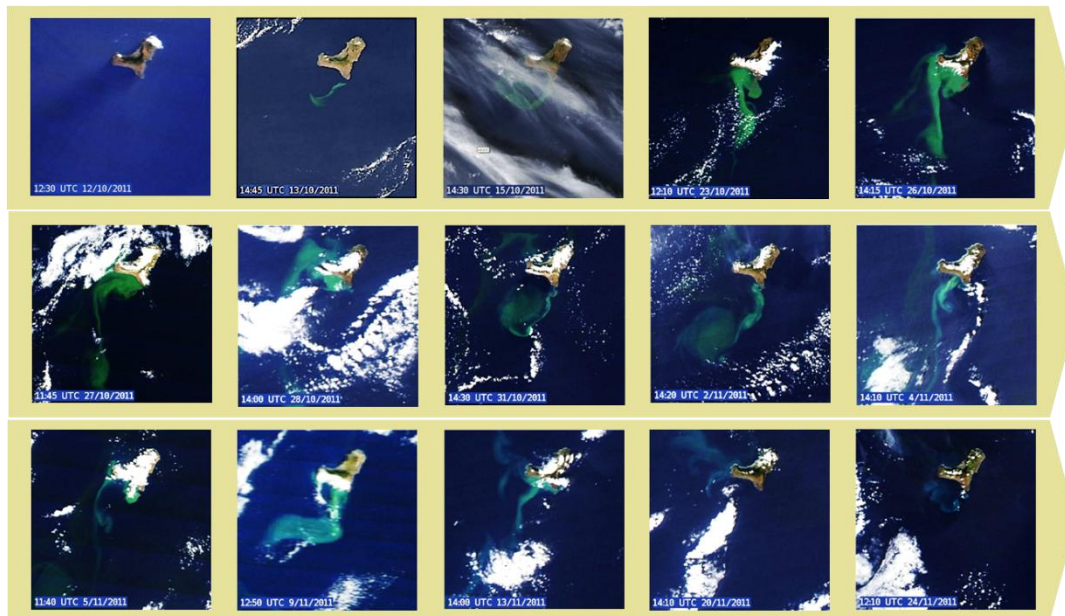


VOI CÁN SUBMARINO EL HIERRO

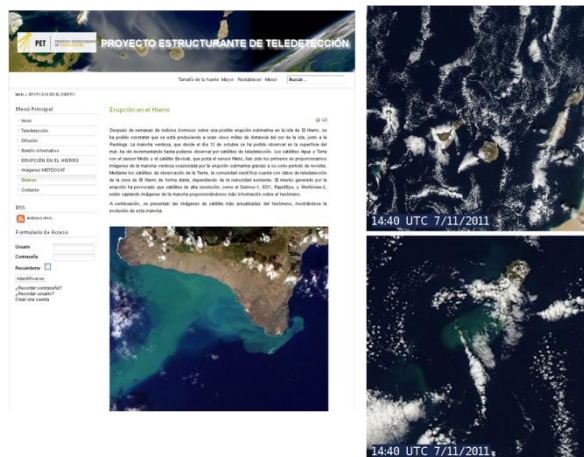


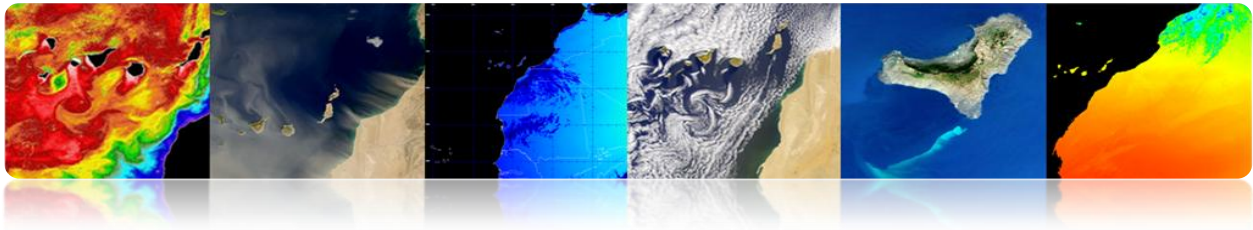


NASA MODIS RGB multitemporal images monitoring El Hierro submarine volcano (October, 2011)



Monitoring and diffusion of submarine volcano information via web:
<http://www.teledeteccioncanarias.es>





➤ Instituciones:

- American Society of Photogrammetry and Remote Sensing.
- Centros de la NASA: Goddard Space Flight Center, Ames Research Center, Jet Propulsion Laboratory (JPL).
- NOAA –National Oceanographic Administration Agency-.
- Canadian Center for Remote Sensing.
- Remote Sensing Society: NRSC, Reino Unido.
- Centre National d'Estudes Spatiales: CNES, Francia.
- Institute for Aerospace Survey and Earth Sciencies: ITC, Holanda.
- Institute for Remote Sensing Applications, Ispra, U.E.
- Asociación Española de Teledetección, ...

➤ Departamentos Universitarios:

- Environmental Research Institute of Michigan.
- Laboratory for Applicatios of Remote Sensing, Univ. de Purdue, Indiana.
- Remote Sensing Unit, Univ. de California, ...

➤ Revistas Especializadas:

- IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.
- International Journal of Remote Sensing.
- Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
- Remote Sensing of Environment.
- Remote Sensing Reviews, ...

➤ Congresos Internacionales:

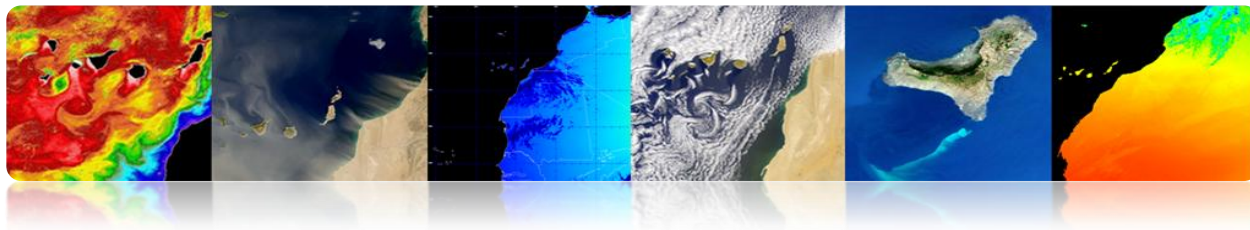
- IGARSS.
- American Society of Photogrammetry and Remote Sensing.
- Remote Sensing Society.
- European Signal Processing.
- IASTED, ...

➤ Páginas WEB interesantes:

- <http://www.itn.nl/~bakker/noaa.html> (NOAA).
- <http://www.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html> (NASA-SEAWIFS).
- <http://www.sat.dundee.ac.uk/> (Est. de Dundee, Escocia).
- <http://www.eumetsat.de/eu/> (Eumetsat)
- <http://www.eurimage.it/> (Eurimage), ...



2.Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



Introducción

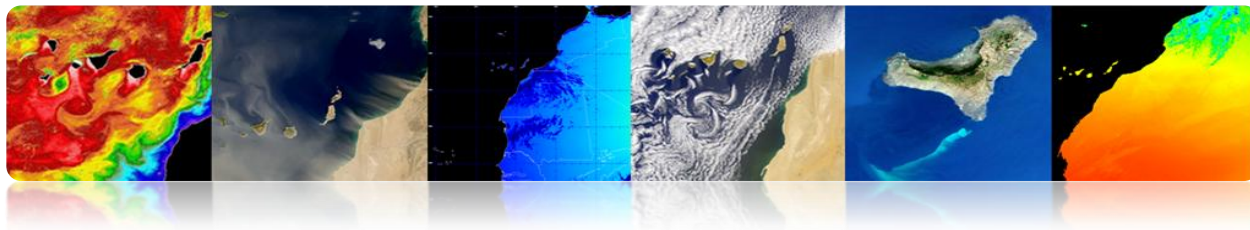
Para atender las necesidades de los diferentes usuarios de datos coexisten muchos sistemas de teledetección, ofreciendo un amplio rango de parámetros espaciales, espectrales y temporales. Algunos usuarios pueden requerir coberturas frecuentes, con resoluciones espaciales relativamente bajas (meteorología). Otros usuarios pueden desear la mayor resolución espacial posible con coberturas repetidas sólo infrecuentemente (mapeado); mientras que algunos usuarios necesitan muy alta resolución espacial y cobertura frecuente, además de la disposición rápida de las imágenes (vigilancia militar). También los datos de teledetección pueden utilizarse para inicializar y validar grandes modelos computacionales, como los modelos climáticos globales (GCMs), con el objetivo de simular y predecir cambios en el entorno de la Tierra. En este caso, puede no ser necesaria una alta resolución espacial debido a los requerimientos computacionales, siendo esencial una calibración del sensor, en espacio y tiempo, precisa y consistente.

Amplio rango de parámetros espaciales, espectrales y temporales.

El inevitable e imparable avance tecnológico a lo largo de estos últimos años ha provocado la aparición y el continuo perfeccionamiento de los sensores embarcados en plataformas espaciales, mejorando sus resoluciones espaciales, espectrales, radiométricas y temporales, lo que redunda en un mayor nivel de detalle, precisión y cantidad de información que permite la utilización de estas imágenes en nuevas áreas de aplicación.

Así, cada día la Tierra es observada por una constelación de satélites. Son nuestros ojos en el espacio. Construidos y puestos en órbita por Agencias Espaciales y Organismos Internacionales, cada uno de estos satélites aporta información muy valiosa para ayudarnos a conocer mejor nuestro planeta y estudiar los efectos de la acción humana sobre el medio ambiente. Con estos datos podremos mejorar las condiciones de vida sobre la Tierra.





En este tema se estudia el funcionamiento de los dispositivos que permiten captar las imágenes de teledetección y las plataformas que los soportan. Se dedica una especial atención a los distintos tipos de satélites de teledetección. La última parte de este capítulo se dedica a revisar las características de las misiones espaciales de teledetección más interesantes en este momento para el contexto de este proyecto TELECAN. Con la rapidez con la que se diseñan y ponen en órbita las misiones de teledetección espacial, necesariamente este TUTORIAL TELECAN debe irse actualizando mediante la información disponible de las diferentes Agencias Espaciales.

Los objetivos de este capítulo son:

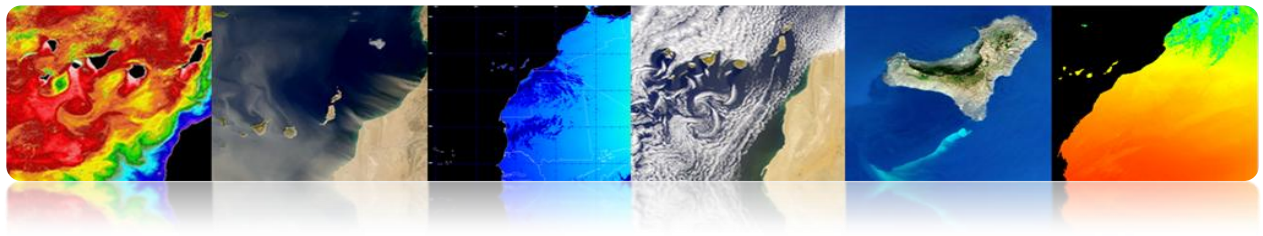
- Distinguir entre sensores y plataformas espaciales;
- Conocer los principales tipos de sensores usados en teledetección;
- Discriminar la información espacial, espectral, radiométrica y temporal a partir de las características espacio-temporales de los sensores y plataformas espaciales;
- Entender el funcionamiento de los satélites;
- Estudiar las órbitas de los satélites y las leyes físicas que las rigen;
- Conocer las características de las principales misiones espaciales de observación de la Tierra.

CONTENIDOS

Sensores y Sistemas Espaciales de Teledetección

- 2.1. SENSORES Y PLATAFORMAS**
- 2.2. RESOLUCIÓN SENSORES**
- 2.3. SISTEMAS ESPACIALES TELEDETECCIÓN**
- 2.4. PARÁMETROS ORBITALES: TIPOS DE ÓRBITAS**
- 2.5. MISIONES ESPACIALES:**
 - METEOSAT SEGUNDA GENERACIÓN
 - NOAA-METOP
 - LANDSAT / SPOT
 - GEOEYE
 - WORLDVIEW





2.1. SENSORES Y PLATAFORMAS

□ SENSORES

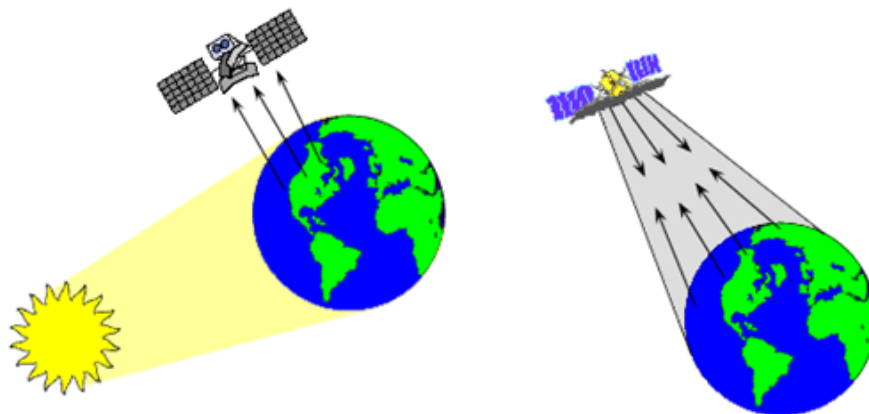
- **Sistemas utilizados para la adquisición de la radiación emitida o reflejada.**

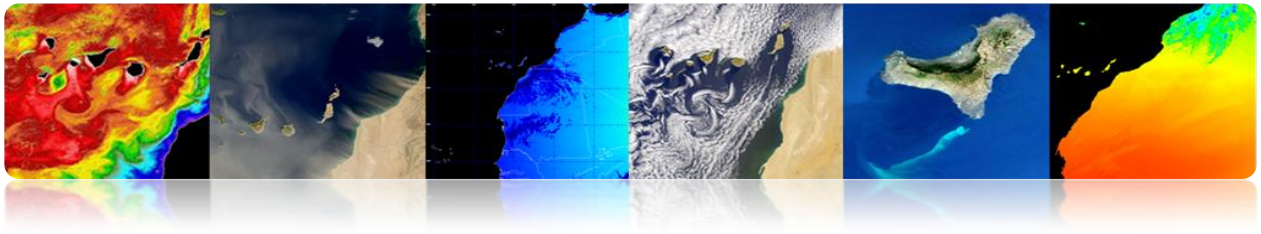
- Carga de pago en los sistemas de teledetección espacial.
- Conversión de radiancia en niveles digitales.

- **Clasificación**

1. Según la fuente de radiación:

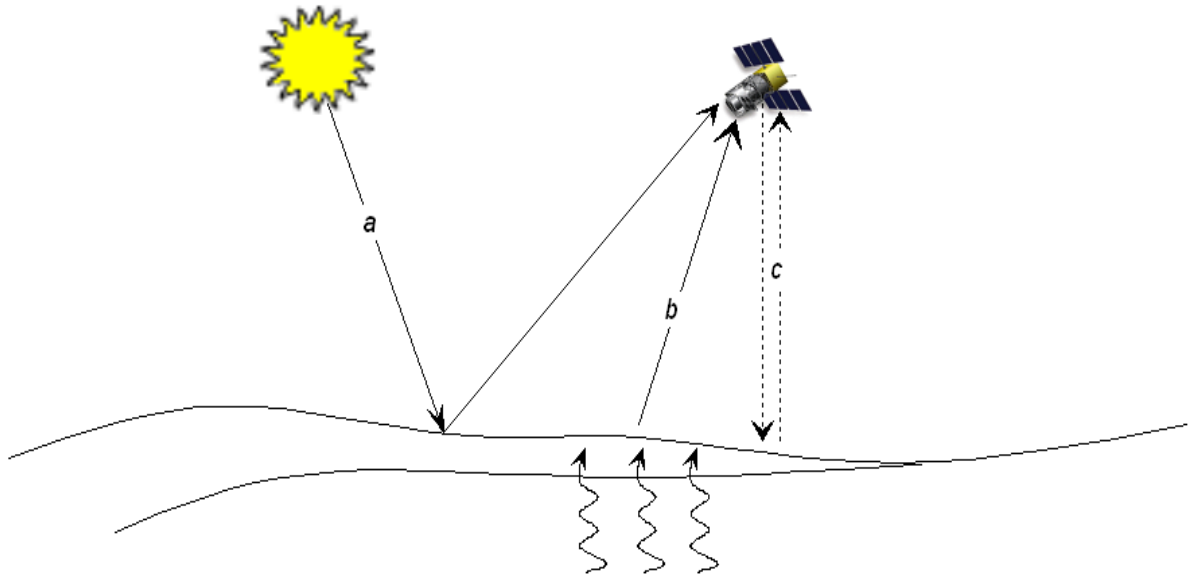
- **Sensores pasivos:** No iluminan al blanco, limitándose a recibir la energía emitida o dispersada por dicho blanco.
- **Sensores activos:** Proporcionan su propia fuente de radiación electromagnética



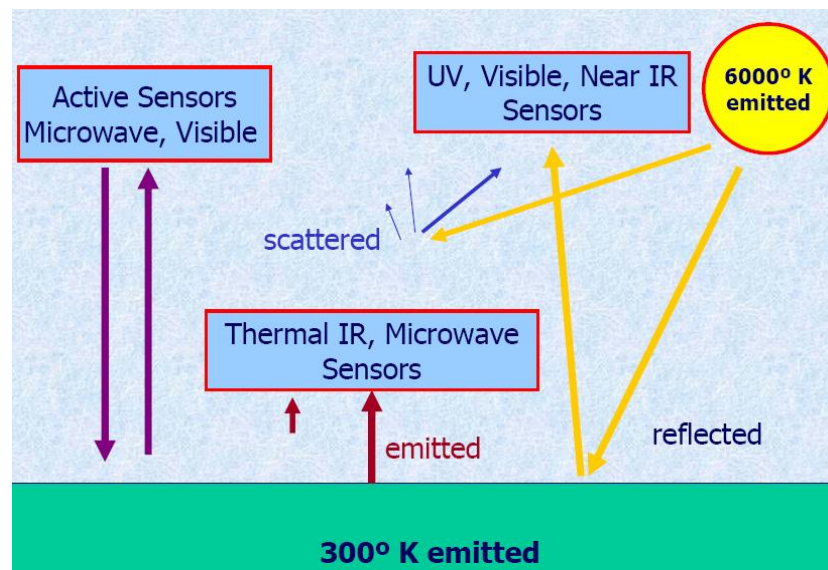


➤ **Formas de Teledetección** → Formas de adquisición de información por el sensor remoto:

- Por reflexión (a).
- Por emisión (b).
- Por emisión-reflexión (c).



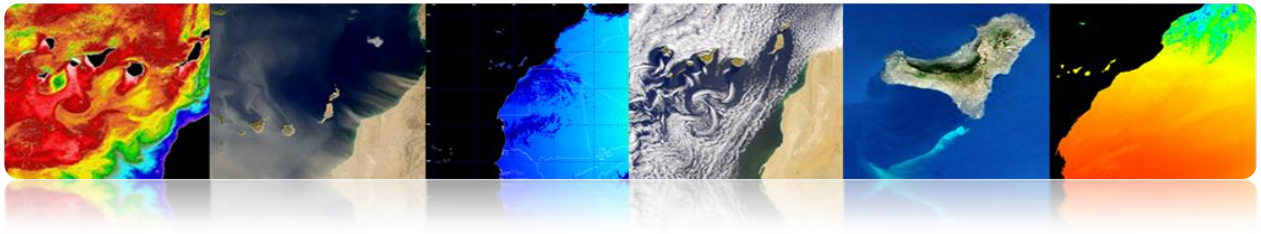
2. Según la región del espectro utilizada:



Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección

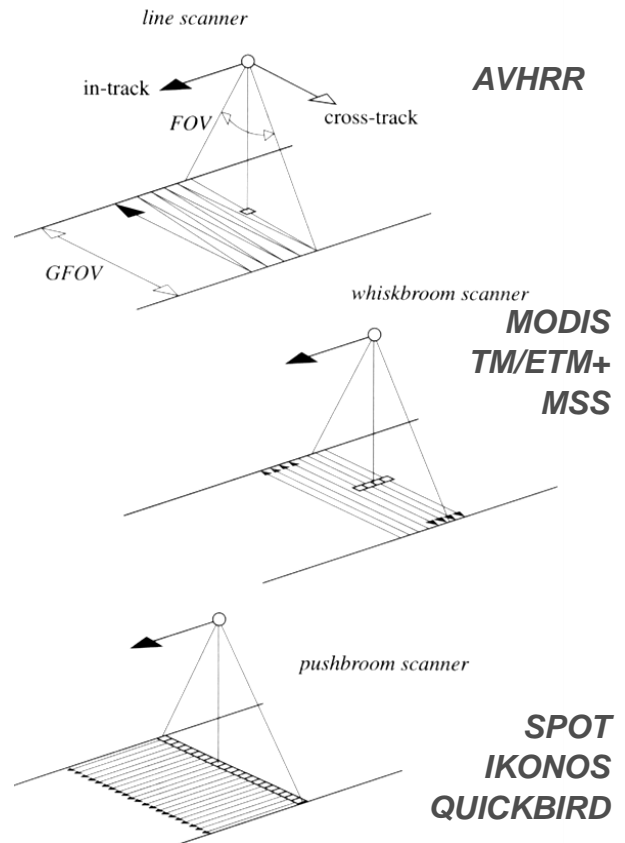




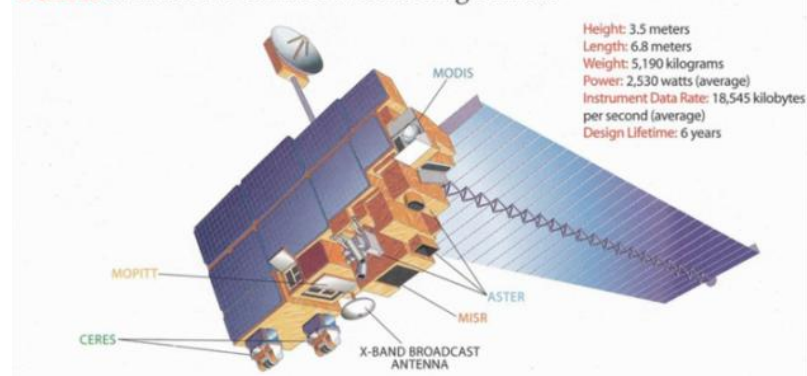
➤ Sensores electro-ópticos: Visible e IR

Tecnologías de Escaneo

- Line scanner
- Wiskbroom scanner
- Pushbroom scanner

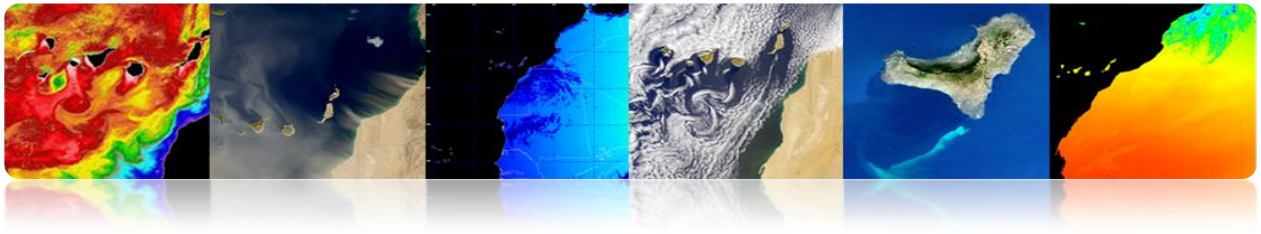


Terra and Its Five Climate-Monitoring Sensors



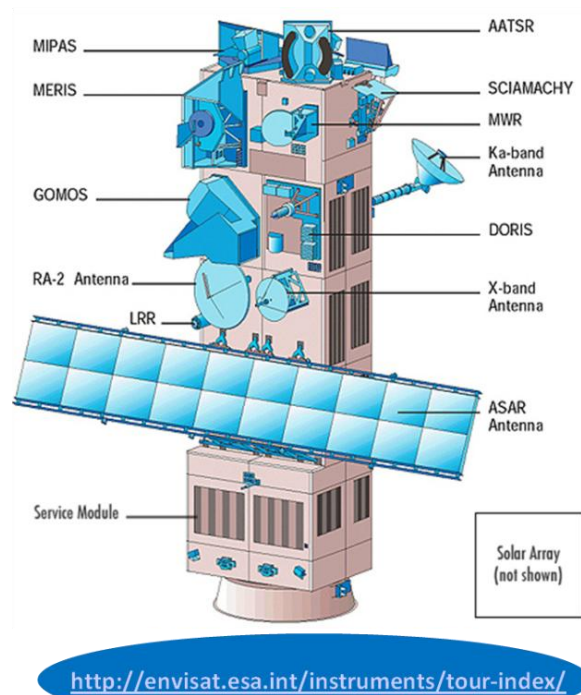
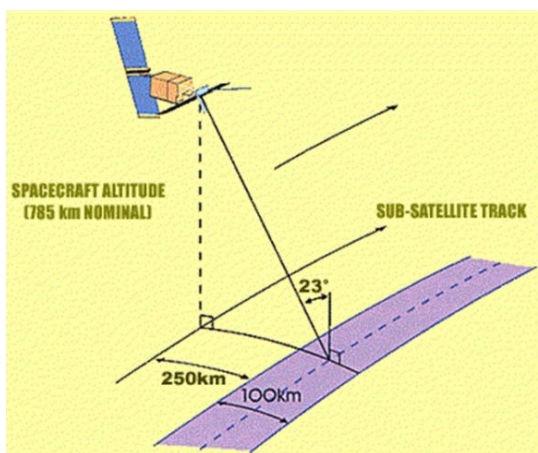
Tutorial TELECAN

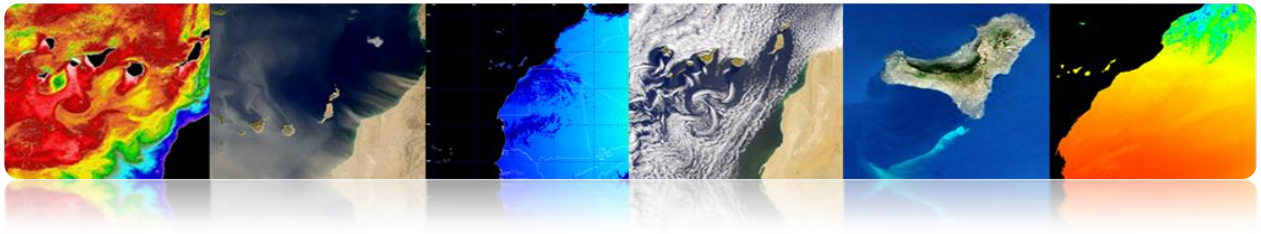
Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



➤ Sensores de microondas

- **Pasivo:** Radiómetro de Microondas
- **Activo:**
 - SAR
 - Altímetro Radar
 - Escaterómetro de viento





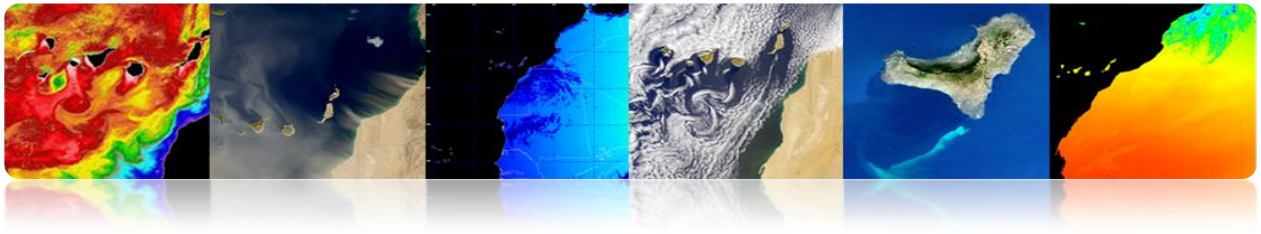
□ PLATAFORMAS

■ Plataformas a distancias cortas

- **Radares de instrumentación:** miden la reflectividad de objetos y superficies.
- **Sistemas tomográficos:** aplicaciones biomédicas e industriales.

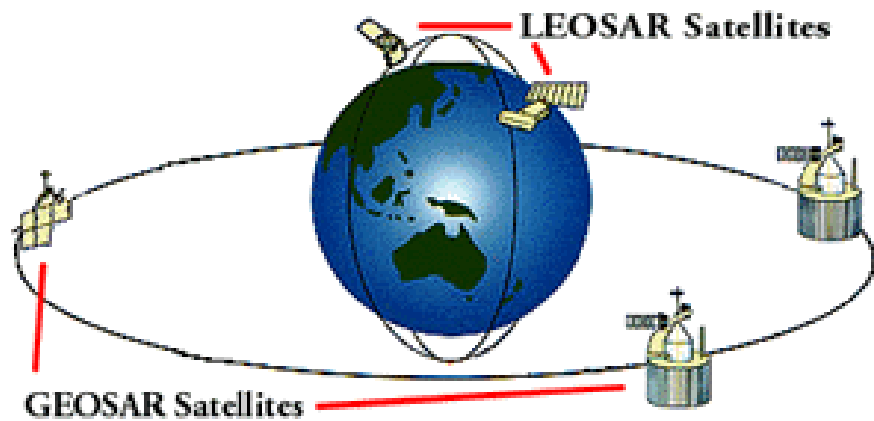
■ Plataformas a grandes distancias: satélites, aviones/helicópteros.

- **Consideraciones:**
 - ✓ Los aviones tienen mayor resolución espacial.
 - ✓ Los satélites tienen mayor resolución temporal y de cobertura.
- **Factores para la selección de una plataforma:**
 - ✓ La extensión del área a cubrir.
 - ✓ La velocidad de desarrollo de los fenómenos a observar.
 - ✓ Las características funcionales de los instrumentos y sensores.
 - ✓ La disponibilidad y coste de los datos.

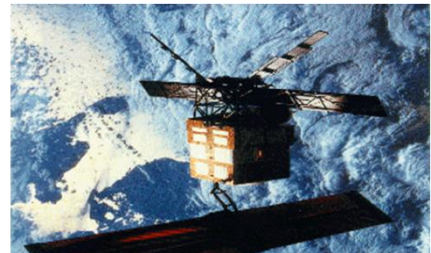


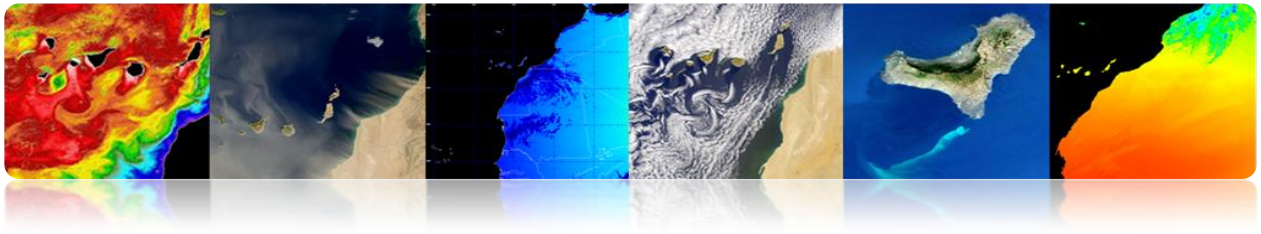
■ Paralelismo

Satélites describiendo una órbita polar (500-1000 Km) o de baja altitud y satélites geoestacionarios (36000 Km.).



Imágenes de diferentes tipos de plataformas de teledetección





2.2. RESOLUCIÓN SENSORES

□ RESOLUCIÓN ESPACIAL

- Especifica el tamaño del pixel de la imagen de teledetección.
- Menor separación entre objetos que puede ser resuelta por el sensor.
 - Alta resolución espacial: 0.5 - 4 m
 - Media resolución espacial: 4 - 30 m
 - Baja resolución espacial: 30 - 1000 m



1 m

10 m



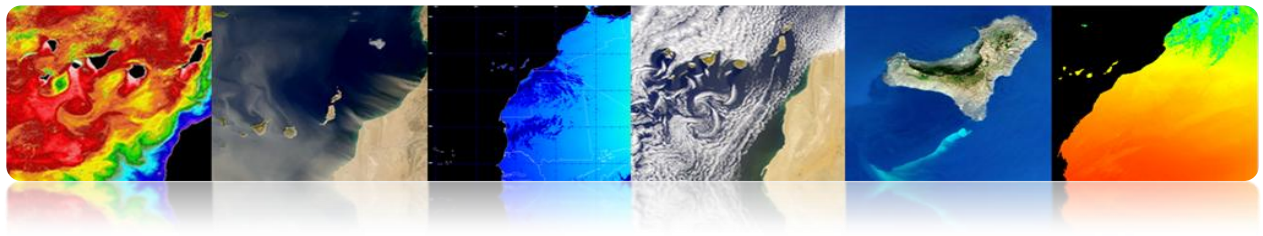
20 m

30 m

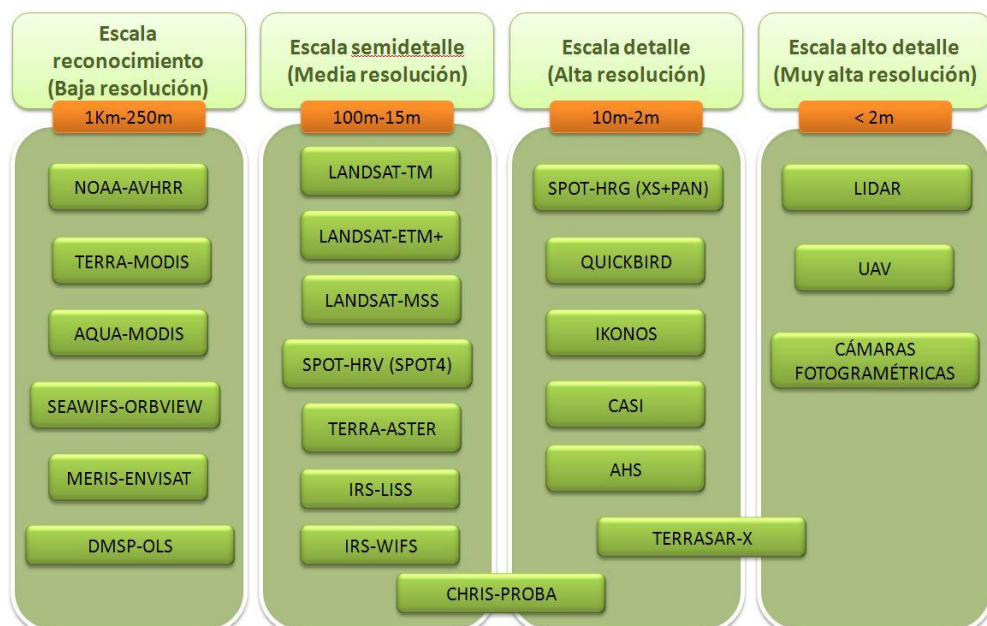
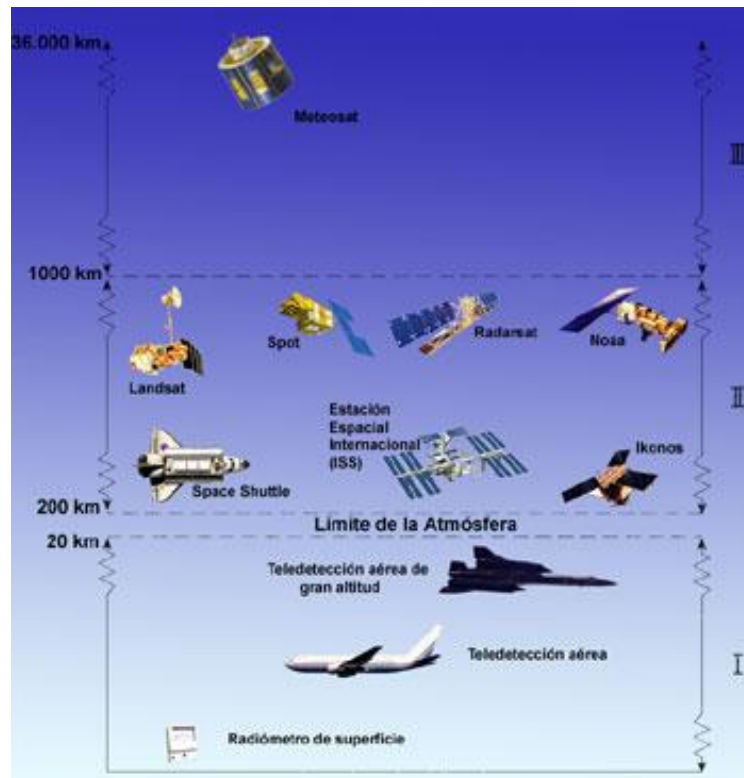


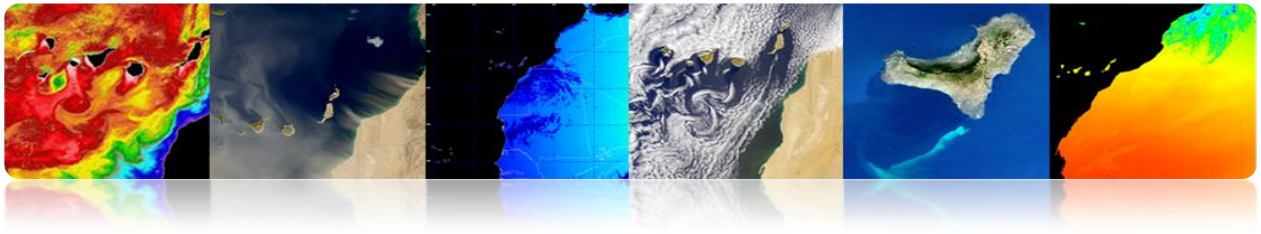
Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección

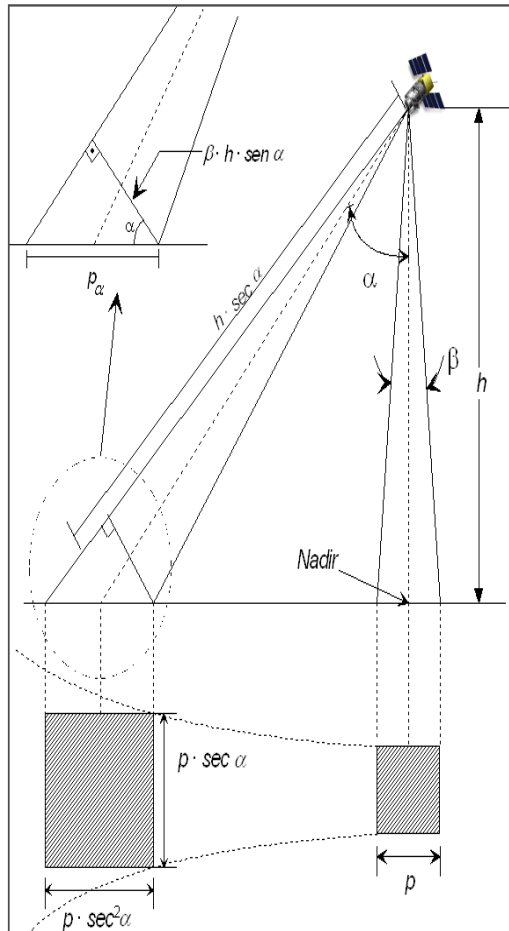


- **Escalas de resolución espacial:** Disminución de la resolución con la altura del sensor de exploración.





- **Variación resolución espacial con el ángulo de observación del sensor:**
Tamaño efectivo del pixel sobre la Tierra (GIFOV) es mayor en las extremidades del campo de visión que en el nadir.



AVHRR

NADIR: 1.1 * 1.1 Km.

BORDE (55°): 6.5 * 2.4 Km.

QUICKBIRD

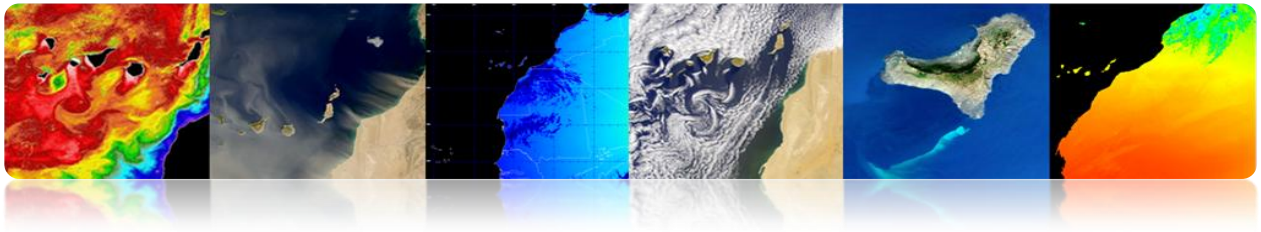
NADIR: 0.61 m (P), 2.44 m (M)

25° OFF-NADIR: 0.72 m (P), 2.88 m (M)

Tutorial TELECAN

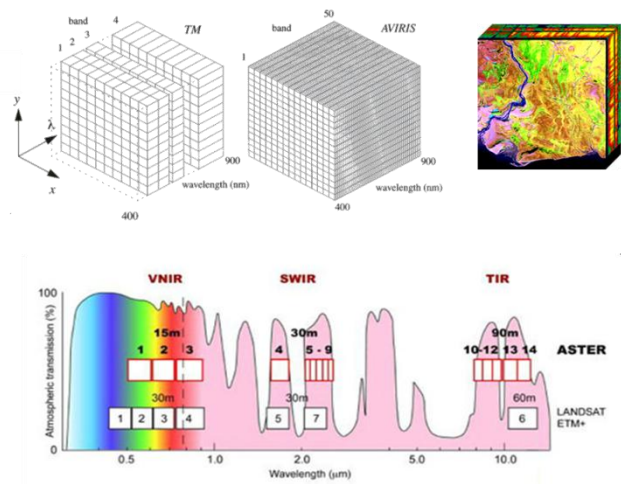
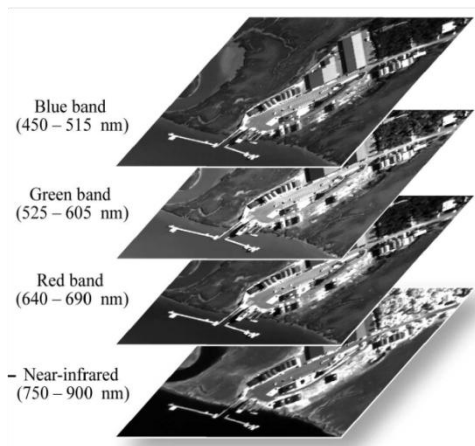
Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



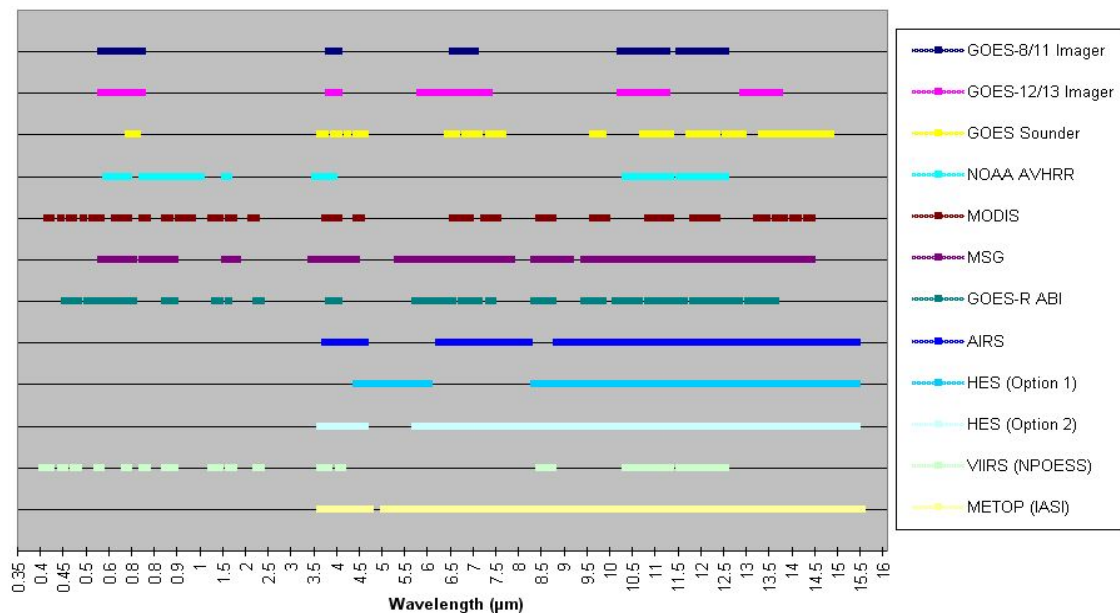


RESOLUCIÓN ESPECTRAL

- Especifica el número de bandas espectrales en el que el sensor puede captar radiación.

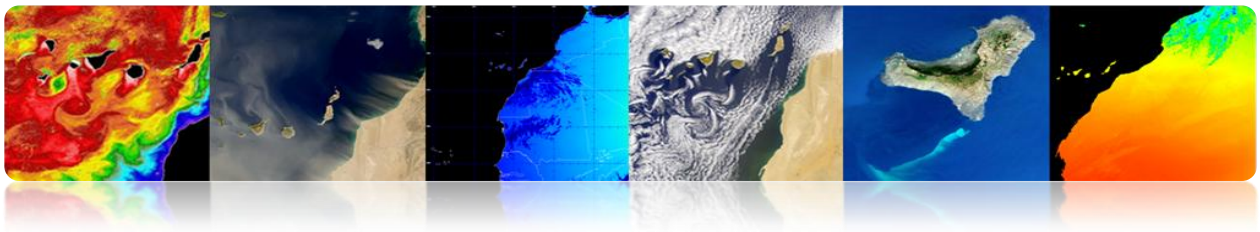


- El número de bandas no es el único aspecto importante de la resolución espectral: La posición de las bandas en el espectro electromagnético es un aspecto clave.



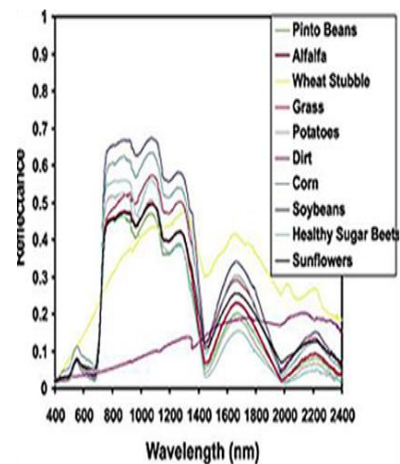
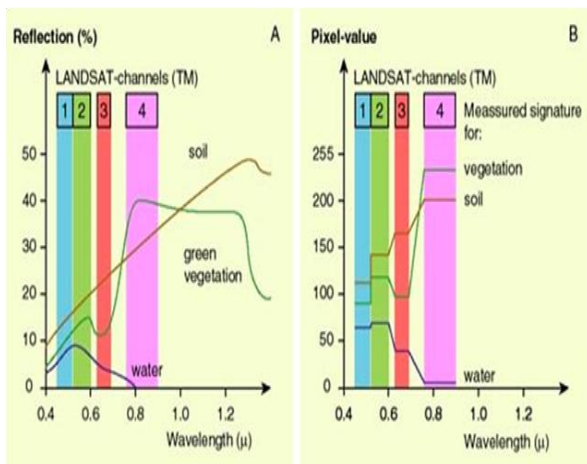
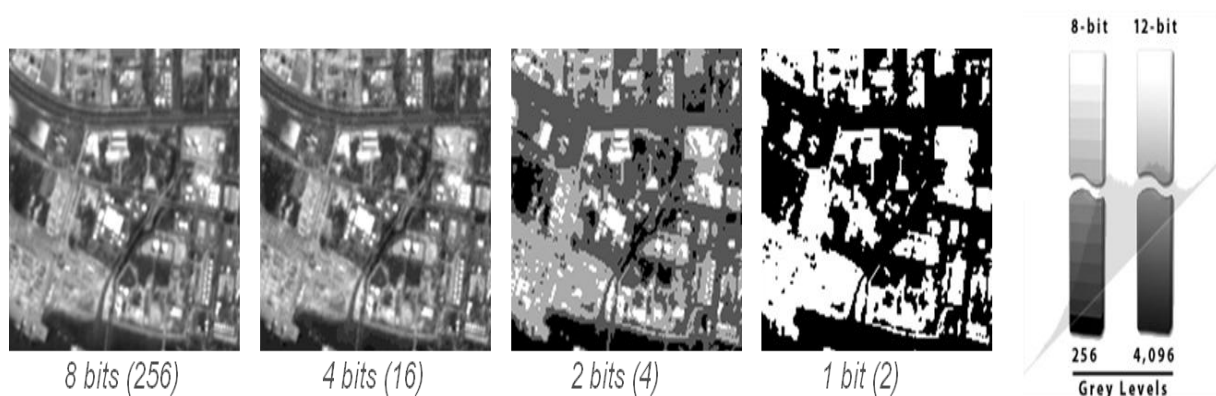
Tutorial TELECAN

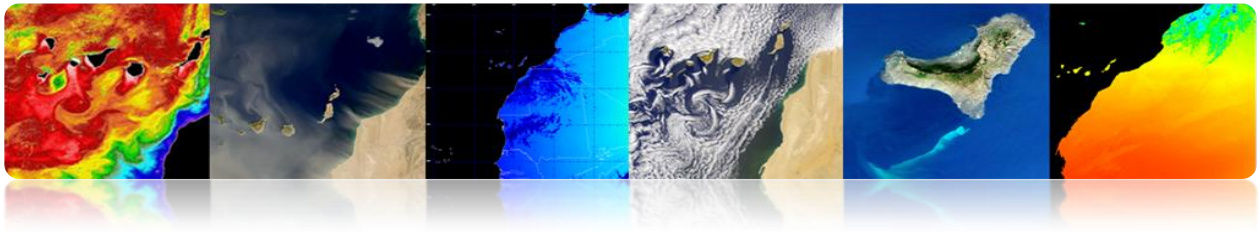
Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



❑ RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA

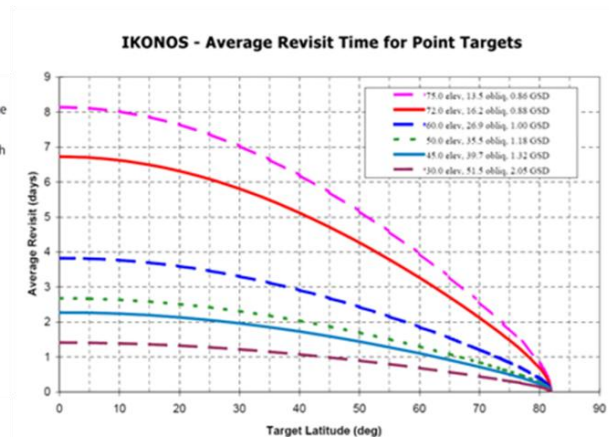
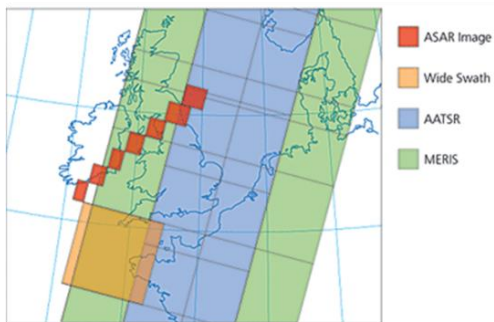
- Es la sensibilidad de un detector a las variaciones en la intensidad de la energía electromagnética emitida, reflejada o dispersada que está siendo detectada.
- Diferentes niveles de intensidad que pueden ser discriminados por el sensor dentro de una banda.





❑ RESOLUCIÓN TEMPORAL

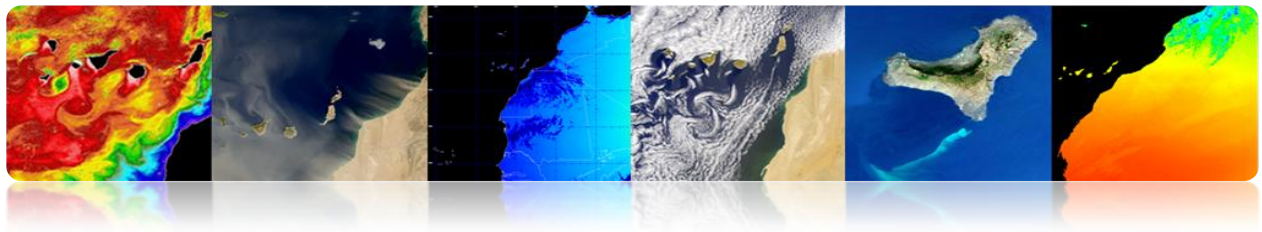
- La resolución temporal especifica la frecuencia de revisita de un satélite para una ubicación específica (depende de la latitud y la anchura del swath).
 - El factor tiempo es importante cuando:
 - ✓ Nubes persistentes ofrecen vistas directas limitadas de la superficie de la Tierra.
 - ✓ Fenómenos de corta duración (inundaciones, mareas negras, etc).
 - ✓ Fenómenos que cambian rápidamente (atmosférica).
- Alta resolución temporal: < 1 día - 3 días
 - Media resolución temporal: 4 - 16 días
 - Baja resolución temporal: > 16 días



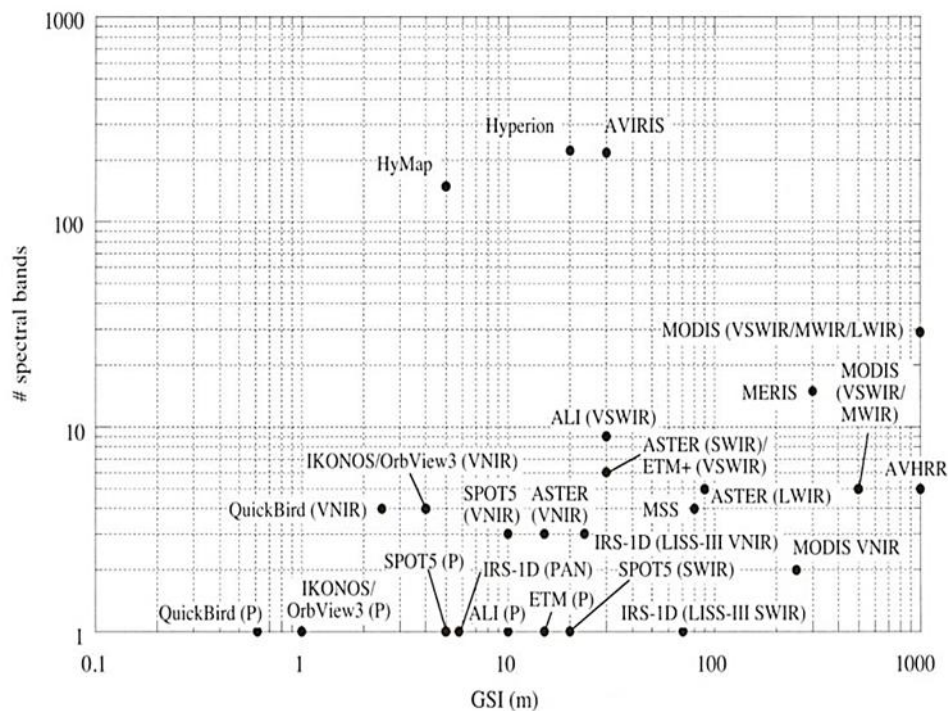
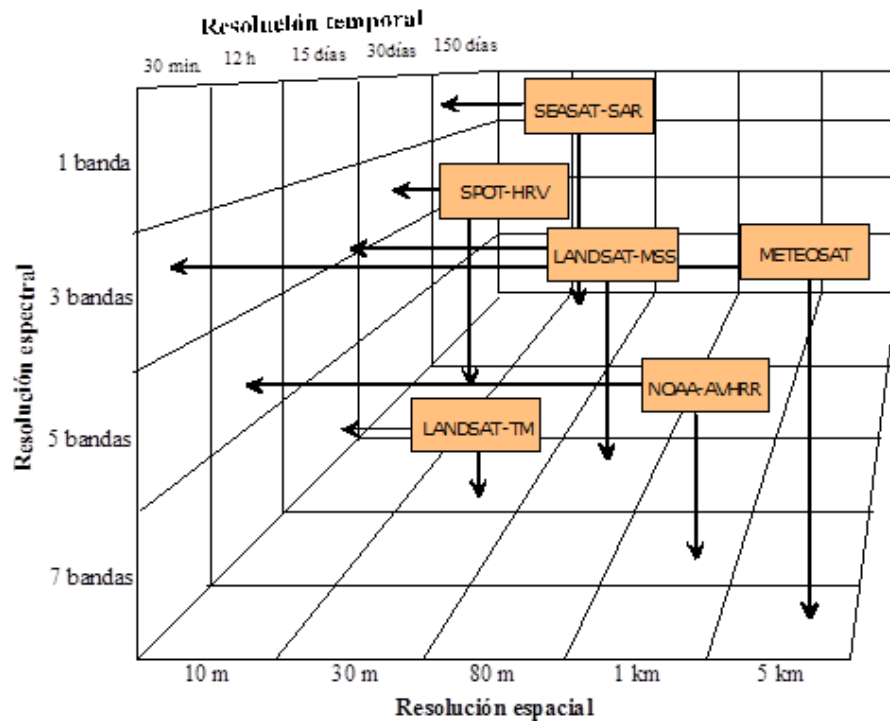
Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección





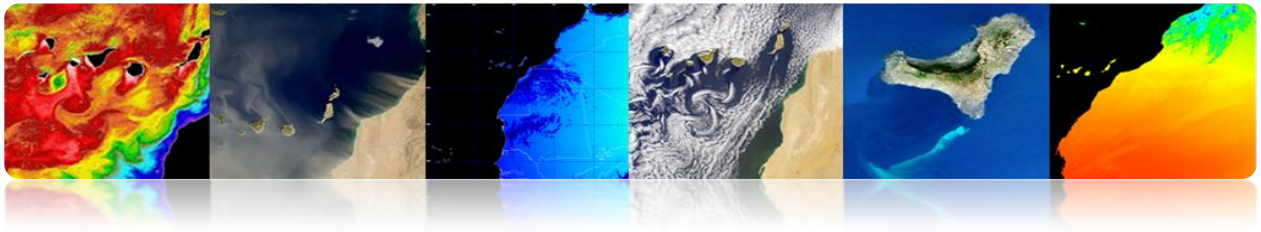
Relación entre todos los tipos de resoluciones: Compromiso



Tutorial TELECAN

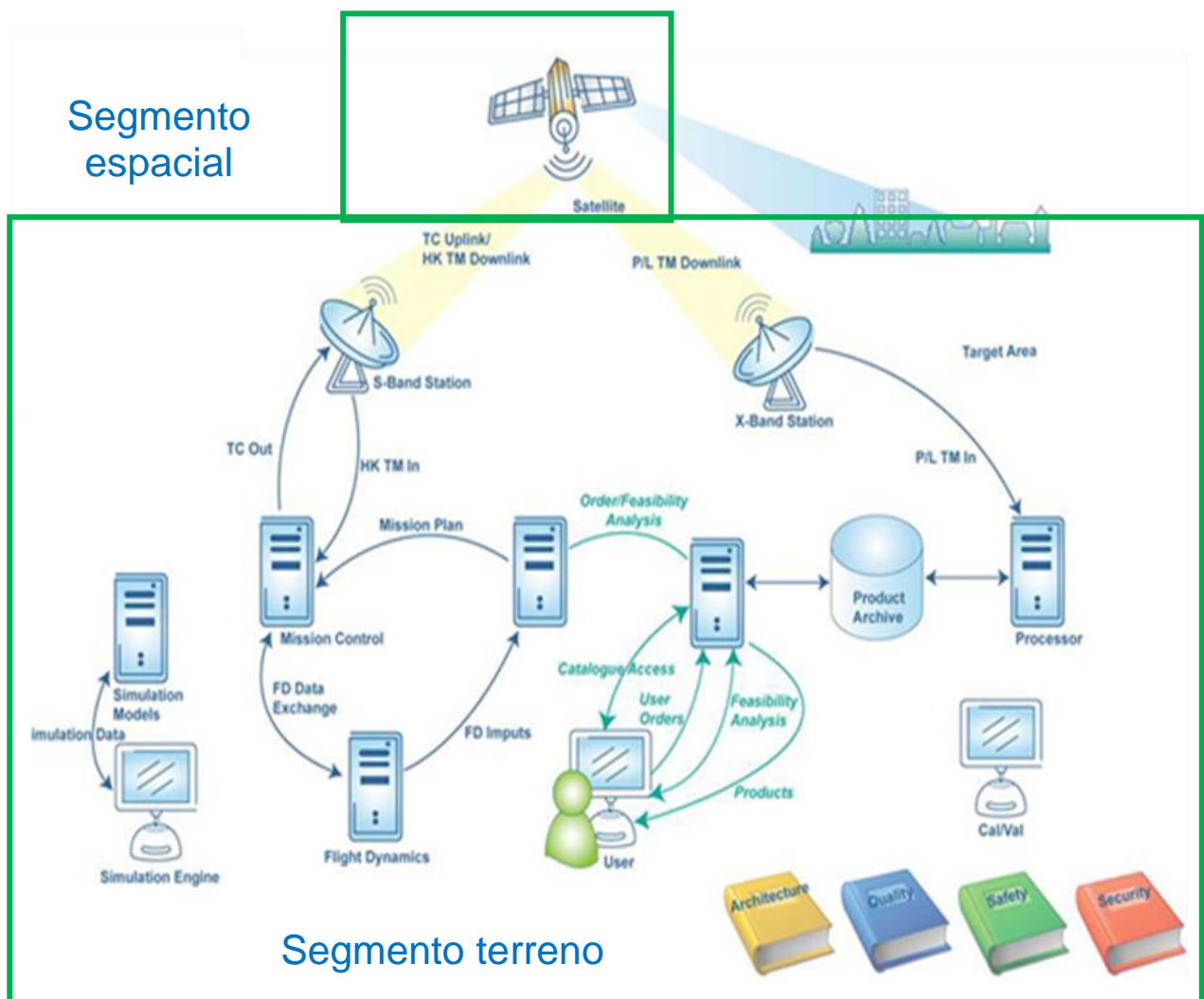
Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección





2.3. SISTEMAS ESPACIALES TELEDETECCIÓN

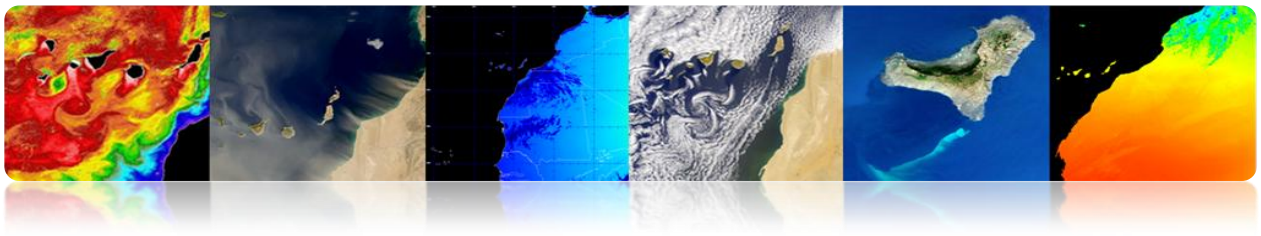
Elementos Sistema Espacial Teledetección



Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección





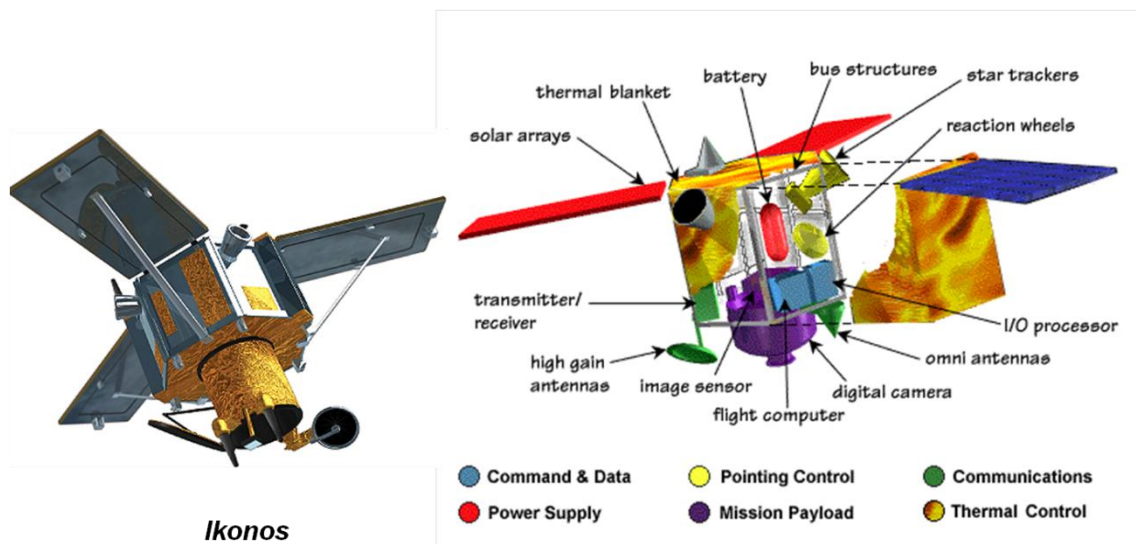
□ SEGMENTO ESPACIAL

➤ **Satélite:** Sistema colocado en órbita para proporcionar una determinada aplicación.

▪ Plataforma espacial:

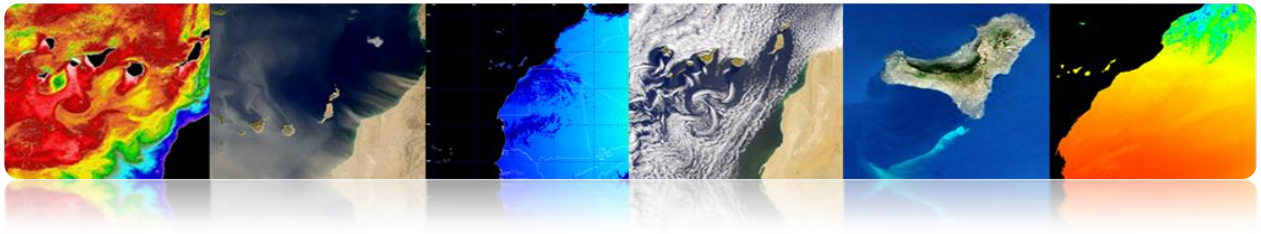
- Control de actitud
- Propulsión
- Energía Eléctrica
- TT&C (Tracking, Telemetry & Command)
- Control térmico
- Mecánico

Subsistemas Satélite Teledetección



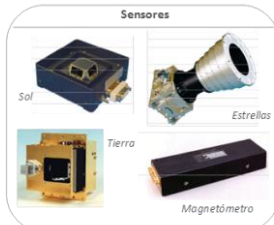
Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección

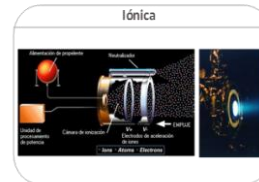
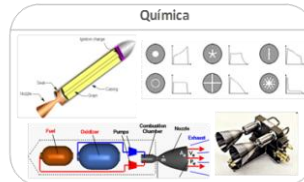


Diferentes Subsistemas Plataforma Espacial

CONTROL DE ACTITUD



PROPULSIÓN



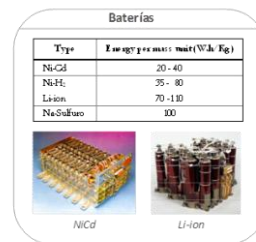
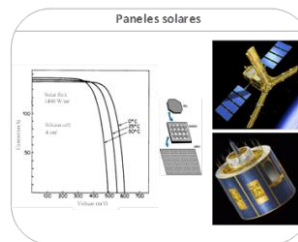
TT&C



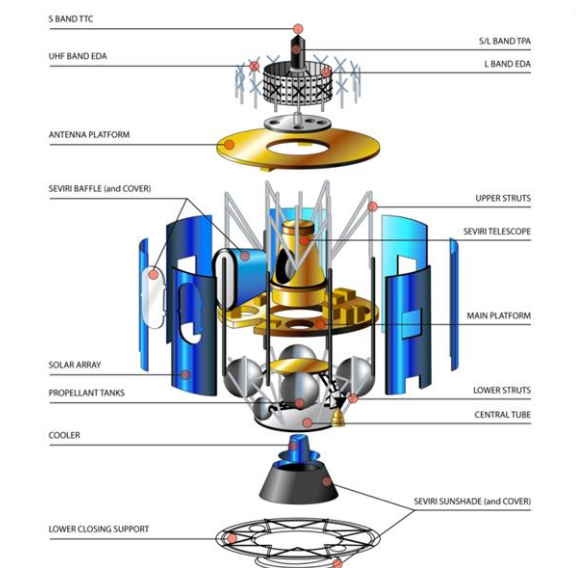
CONTROL TÉRMICO



ENERGÍA ELÉCTRICA

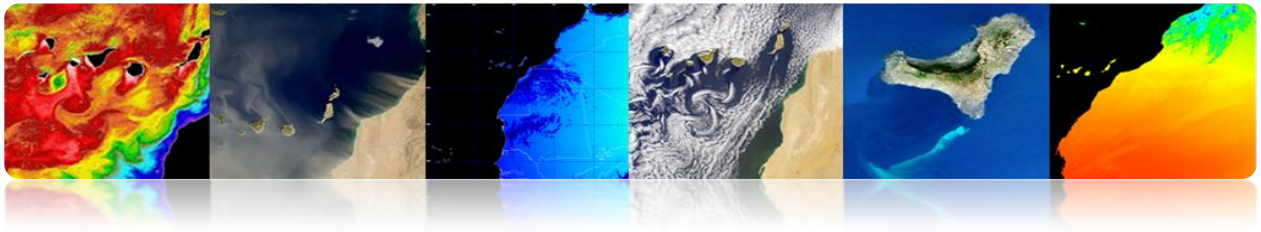


Estructura

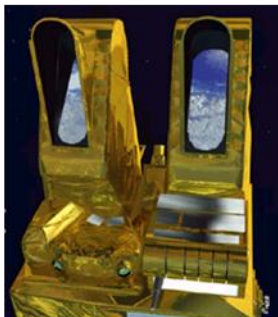
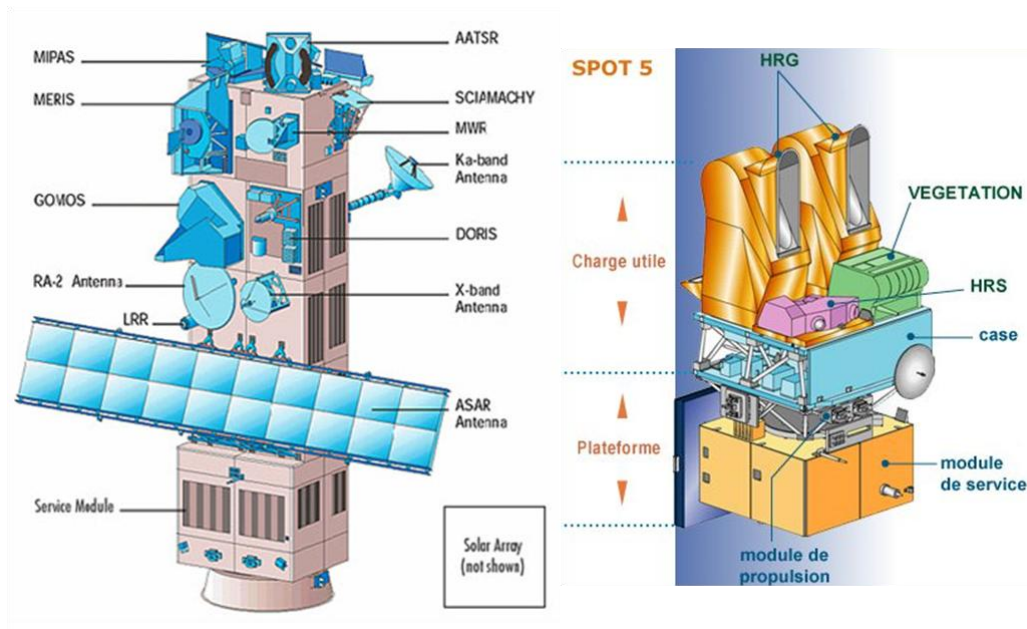


Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



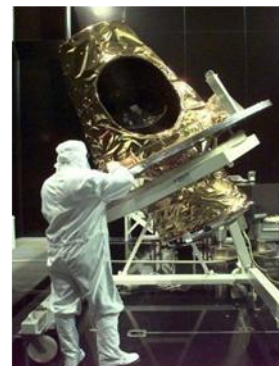
- **Carga de pago:** Equipamiento destinado a cumplir la aplicación específica.



HRG



TM



SEVIRI



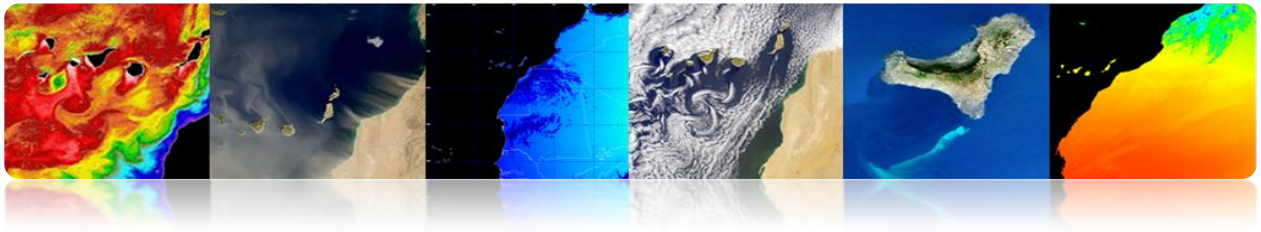
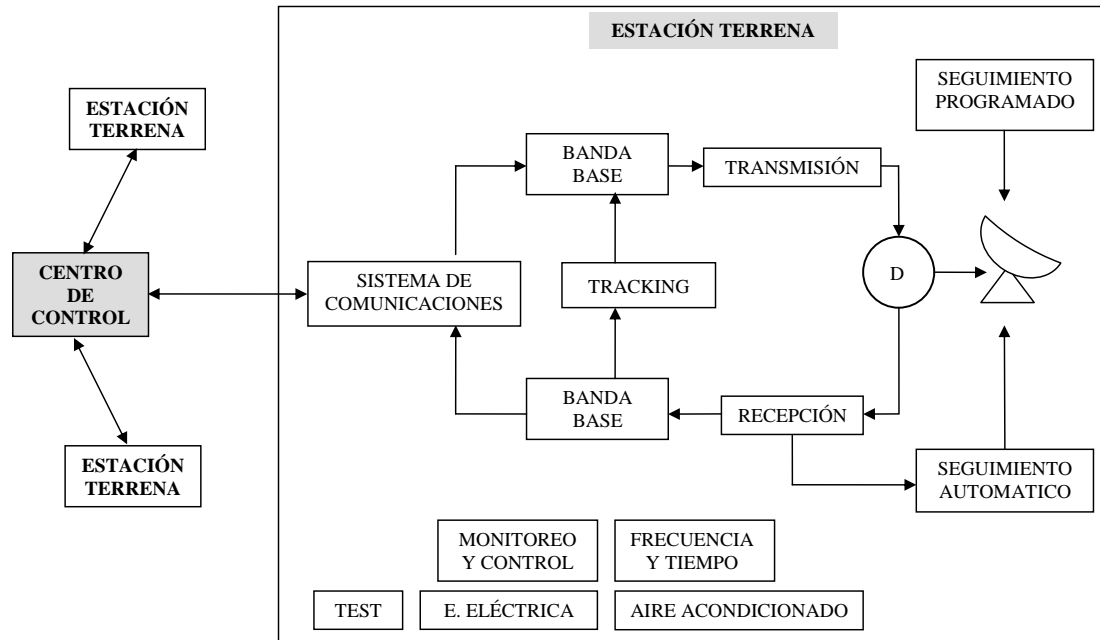
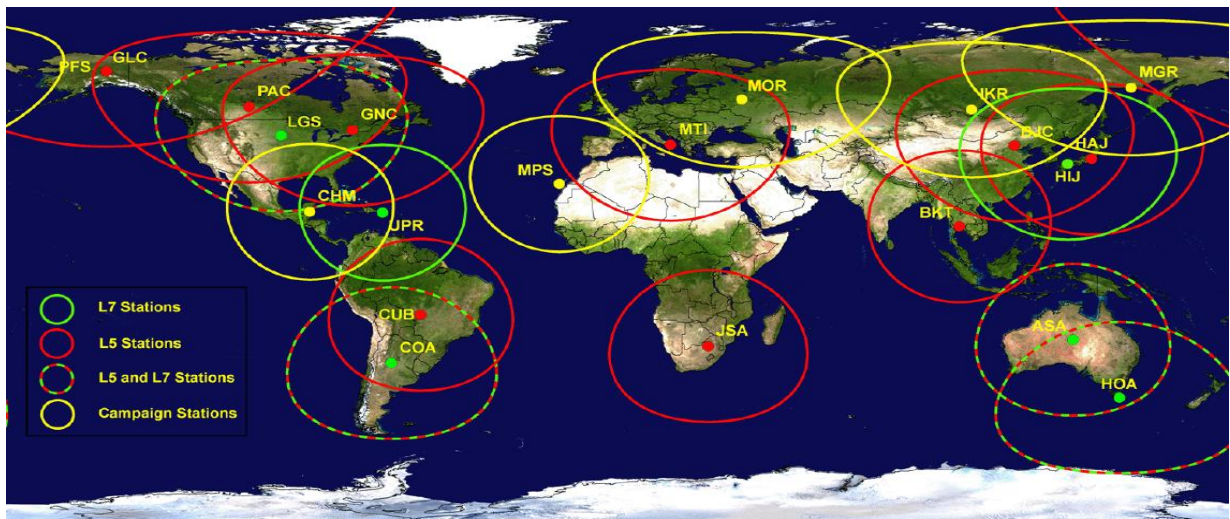


Diagrama de bloques estación terrena y TTC



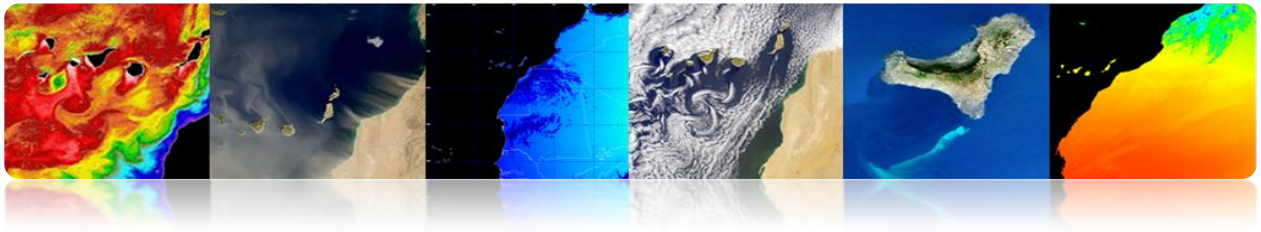
Estaciones Programas Espaciales Landsat 5 & 7



Tutorial TELECAN

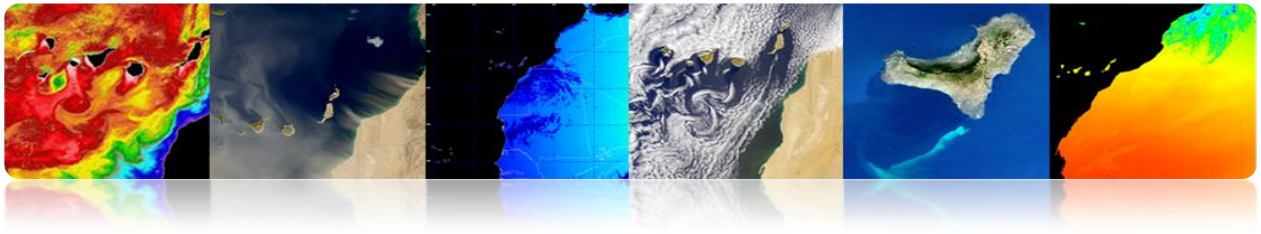
Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección





Ejemplos Estaciones Terrenas





2.4. PARÁMETROS ORBITALES: TIPOS DE ÓRBITAS

□ MECÁNICA ORBITAL

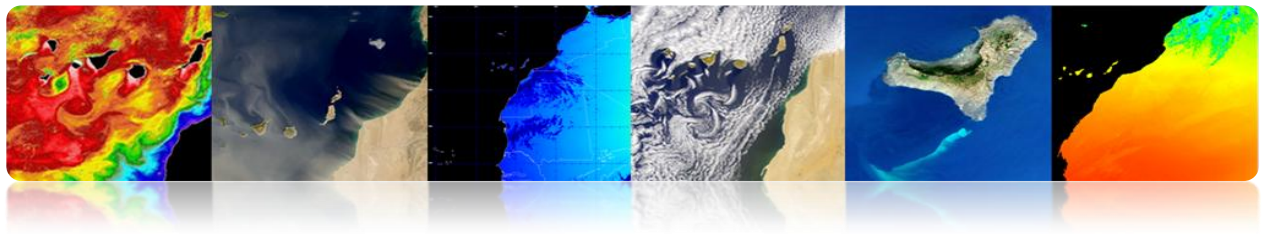
- Órbita es la trayectoria que describe un cuerpo espacial alrededor de la Tierra.
- El movimiento del satélite alrededor de nuestro planeta está principalmente determinado por la fuerza de atracción entre ambos cuerpos.
- Newton postuló que esa fuerza de atracción era proporcional a las masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias entre ambos.

$$F = GM \frac{m}{r^2}$$

donde:

$G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{Kg}^{-1}\text{s}^{-2}$ (Constante universal gravitatoria).

$M = 5.974 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$ (masa de la Tierra).



➤ Parámetros Cartesianos

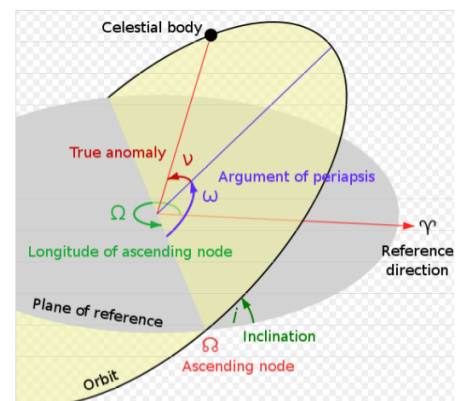
Describe el movimiento por la órbita usando los vectores de posición y velocidad en un instante dado (epoch). Queda completamente definido con 6 parámetros: 3 posición y 3 velocidad.

Space Shuttle STS66	
EPOCH 11/09/94 13:00:06.210 GMT	
X : -410.1438489632090 Km	Vx: -6.009935717301647 Km/s
Y : 333.6855095962104 Km	Vy: -1.961230487490145 Km/s
Z : -406.9395999999989 Km	Vz: 4.448585999999987 Km/s

➤ Parámetros Keplerianos.

Información del tamaño, forma y orientación de la órbita en un instante de tiempo específico.

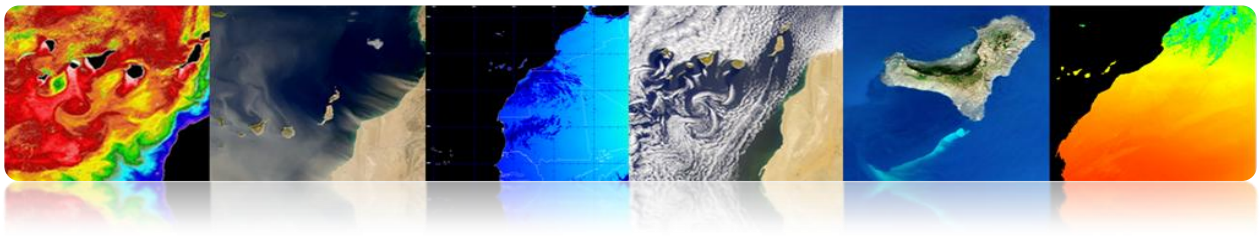
Describe	Elemento	Símbolo
Tamaño de la órbita	Semi-eje mayor (Mean motion)	a
Forma de la órbita	Excentricidad	e
Orientación de la órbita	Inclinación	i
	Longitud del nodo ascendente	Ω
	Argumento del perigeo	ω
Posición del satélite	True anomaly (Mean anomaly)	v



Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



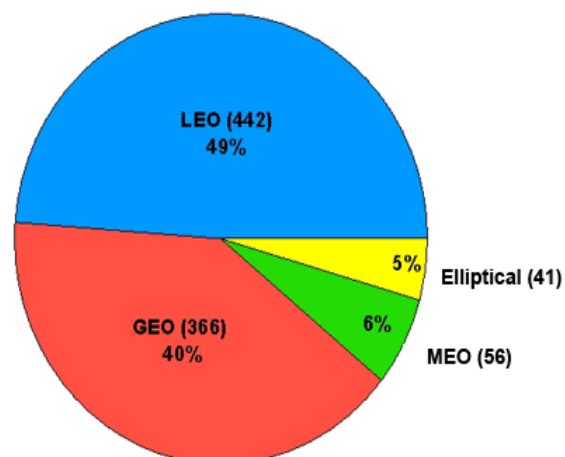


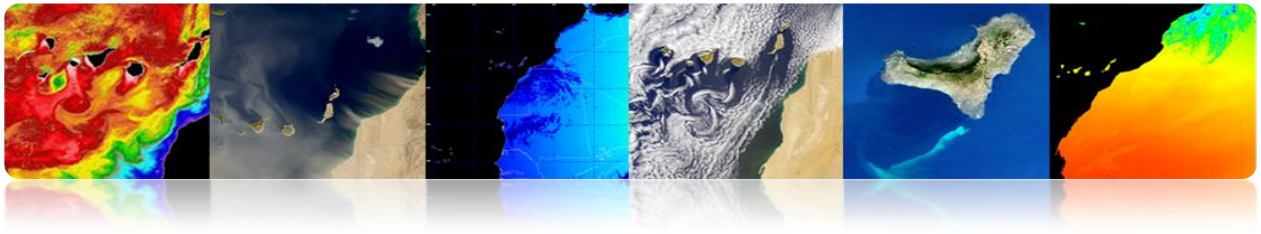
▪ Tipos de Órbitas

Cada MISIÓN espacial requiere una órbita específica

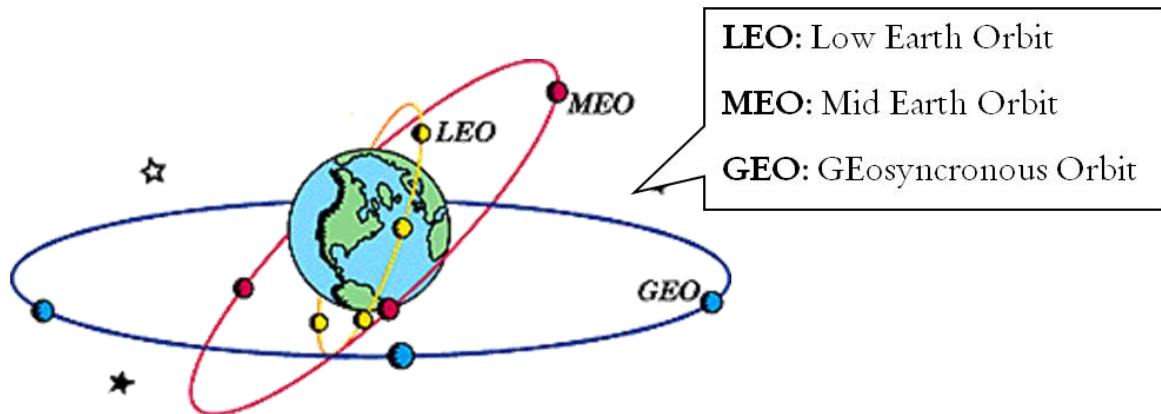
Misión	Tipo de órbita	Altitud	Periodo	Inclinación
Comunicaciones Meteorológicos	Geoestacionaria	35.786 Km (GEO)	24 horas	0°
Recursos Terrestres	Polar- heliosíncrona	150 – 900 Km (LEO)	90 minutos	95°
Navegación (GPS)	Semi-síncrona	20.230 Km (MEO)	12 horas	55°
Transbordador espacial	Baja órbita	300 Km	90 minutos	28.5° ó 57°
Comunicación Inteligencia	Molniya	Perigeo: 7971 Km Apogeo: 45.170 Km	12 horas	63.4°

Distribution of Satellites in Orbits

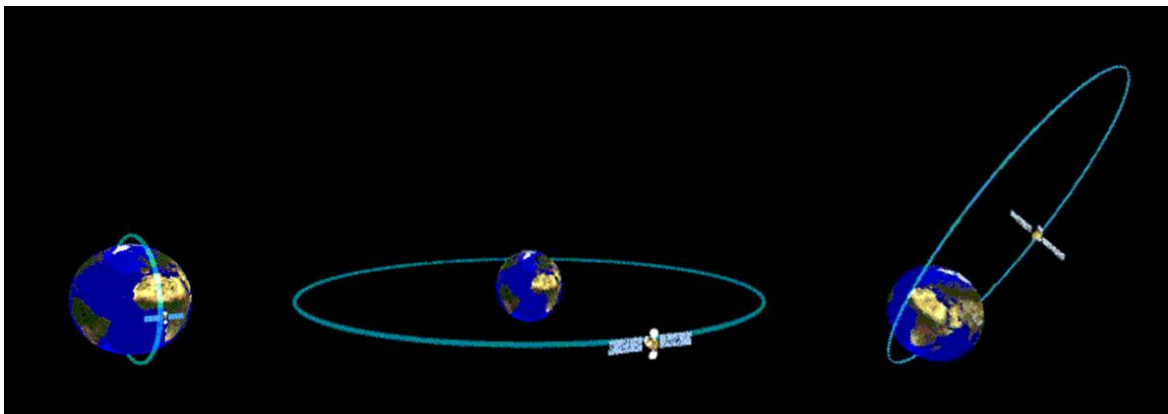


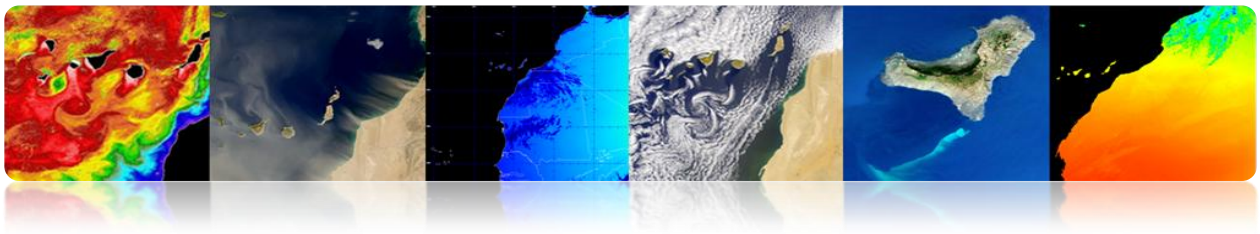


➤ **Circulares:** LEO, MEO, GEO



➤ **Elípticas**



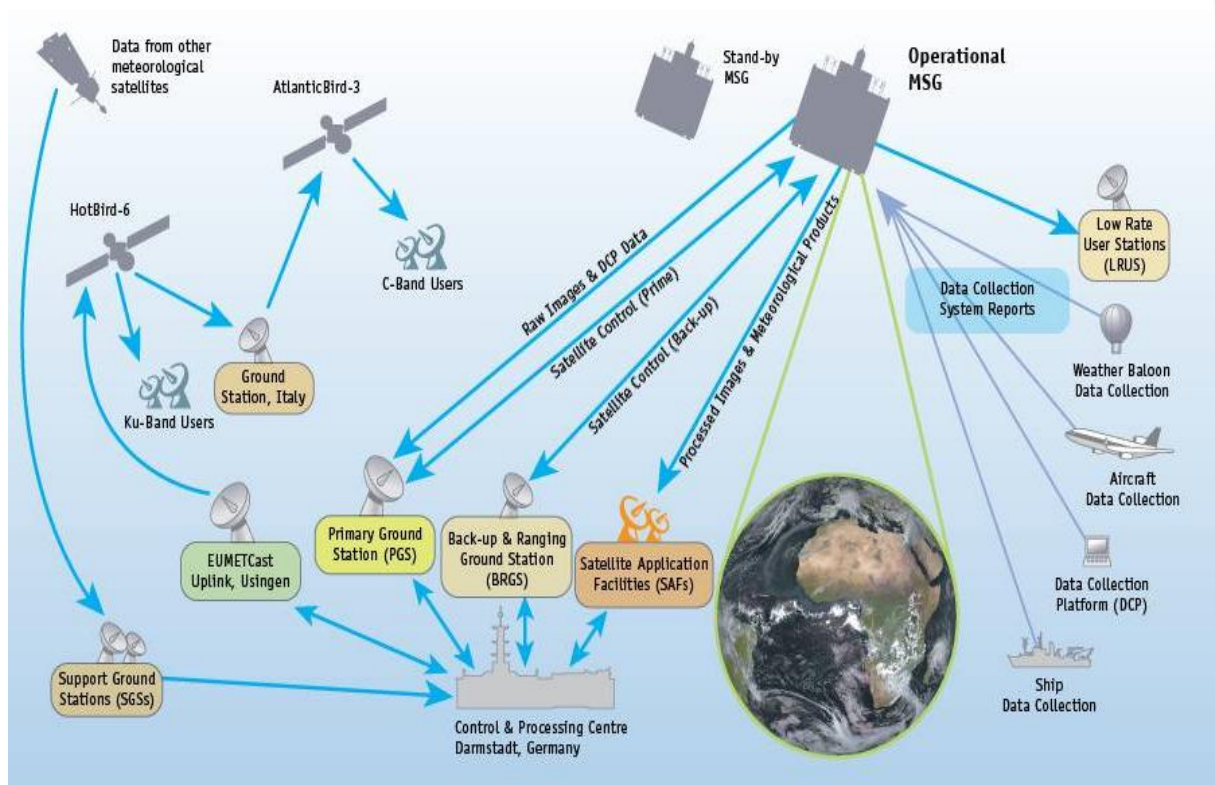


2.5. MISIONES ESPACIALES

❑ **METEOSAT SEGUNDA GENERACIÓN**

▪ **Programa MSG**

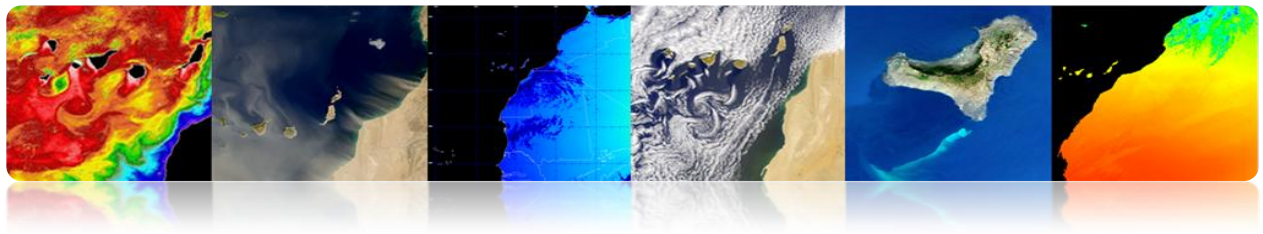
- El Programa MSG incluye 4 satélites, asegurando servicios hasta 2018.
- MSG-1 (Meteosat-8) se lanzó en 2002 y MSG-2 (Meteosat-9) en 2005.
- MSG-3 se ha lanzado en julio 2012.



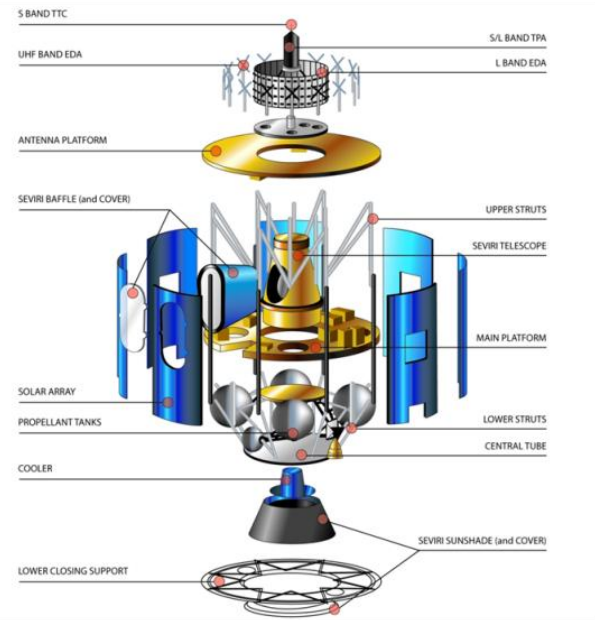
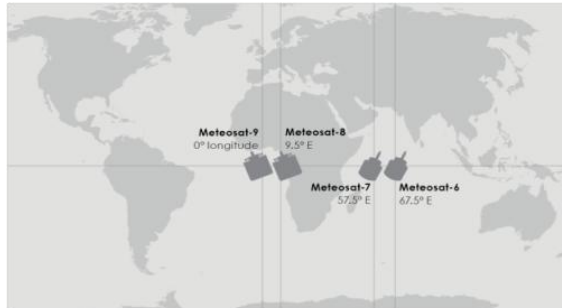
Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



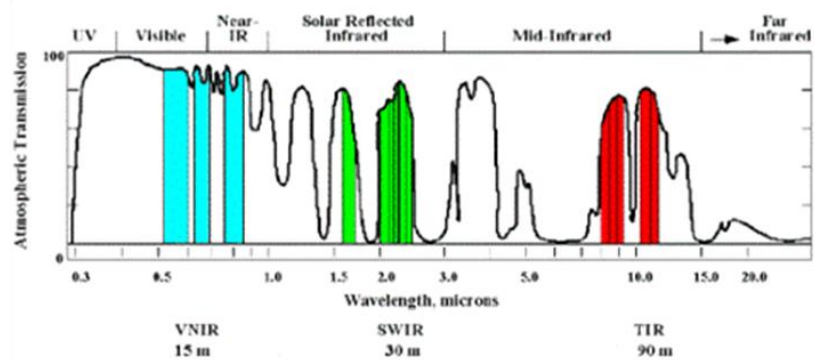
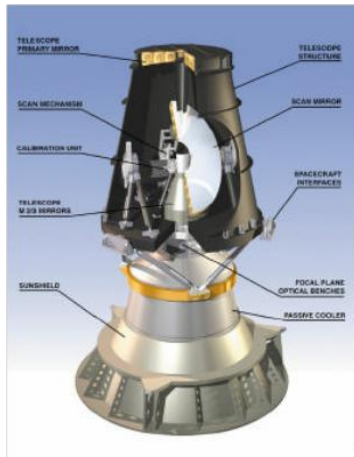
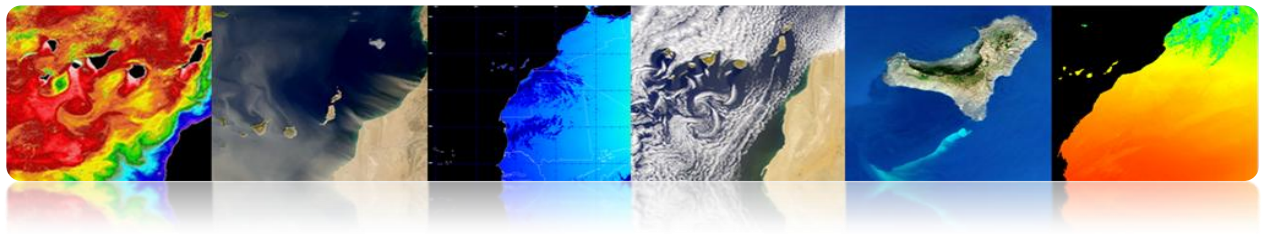


Segmento Espacial

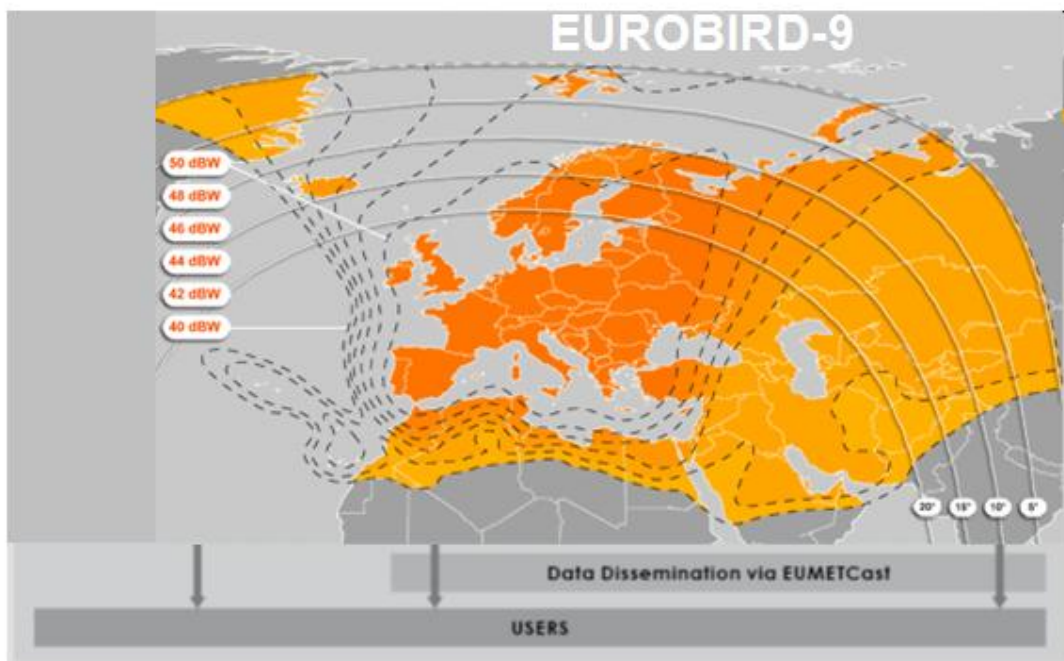


Channels	Central wavelength (μm)	Spectral band (μm)
VIS 0.6	0.635	0.56 - 0.71
VIS 0.8	0.81	0.74 - 0.88
IR 1.6	1.64	1.50 - 1.78
IR 3.9	3.92	3.48 - 4.36
IR 8.7	8.70	8.30 - 9.10
IR 10.8	10.8	9.80 - 11.80
IR 12.0	12.0	11.00 - 13.00
WV 6.2	6.25	5.35 - 7.15
WV 7.3	7.35	6.85 - 7.85
IR 9.7	9.66	9.38 - 9.94
IR 13.4	13.40	12.40 - 14.40
HRV		0.5 - 0.9



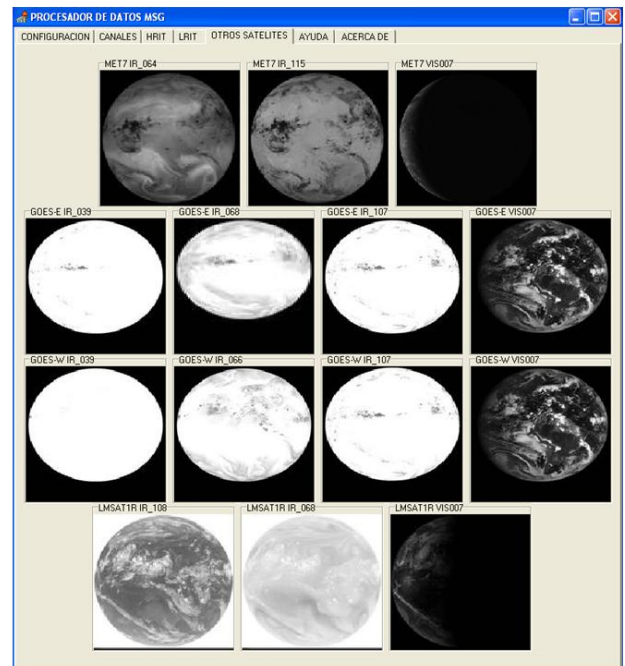
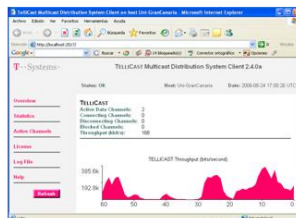
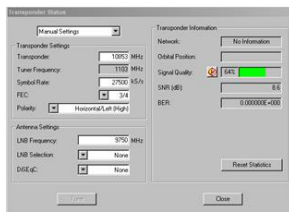
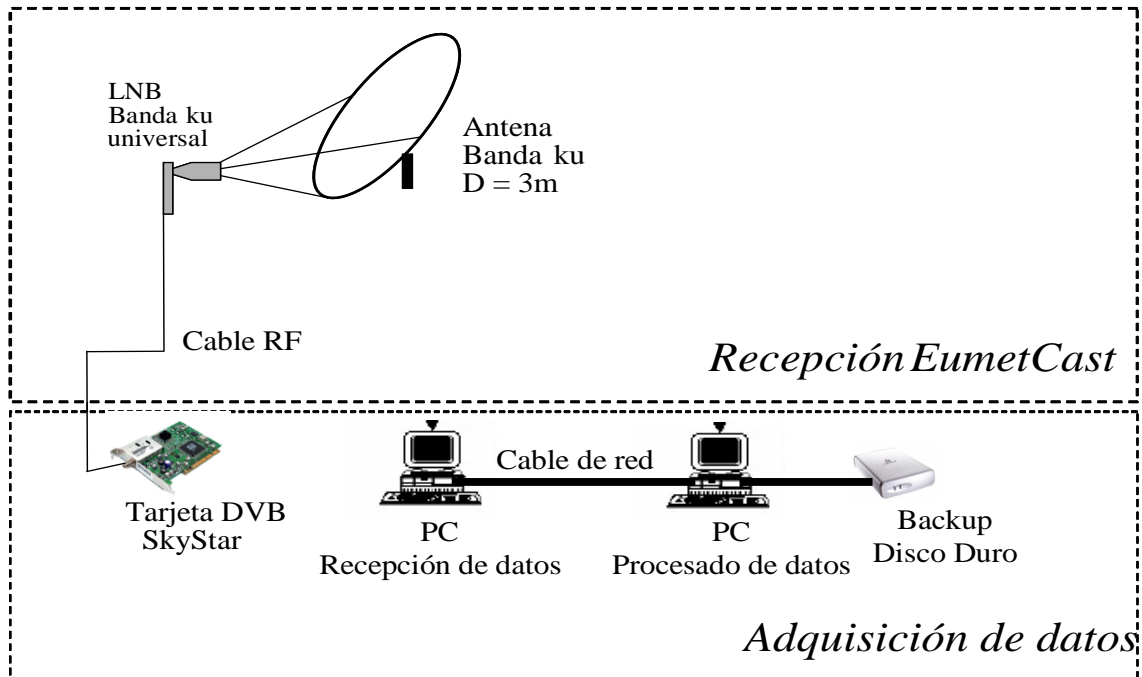
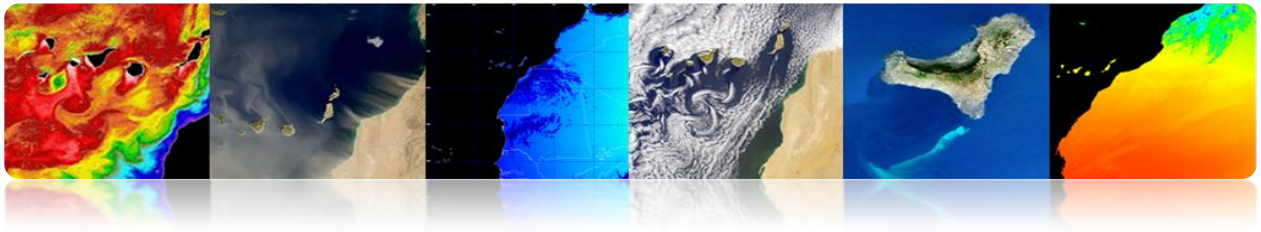


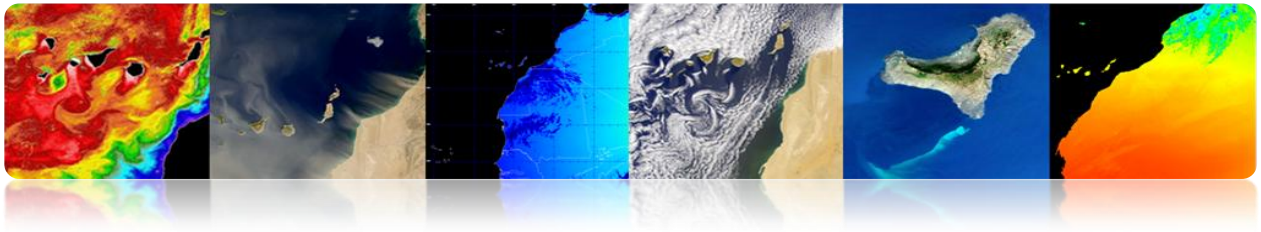
Segmento Terreno



Tutorial TELECAN

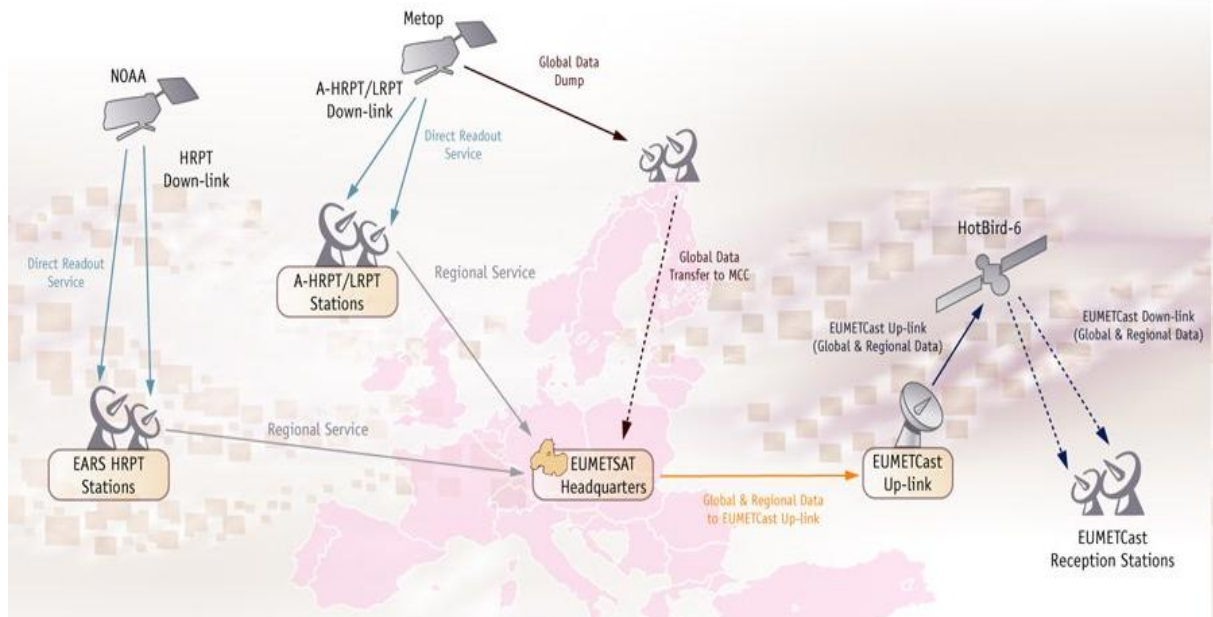
Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



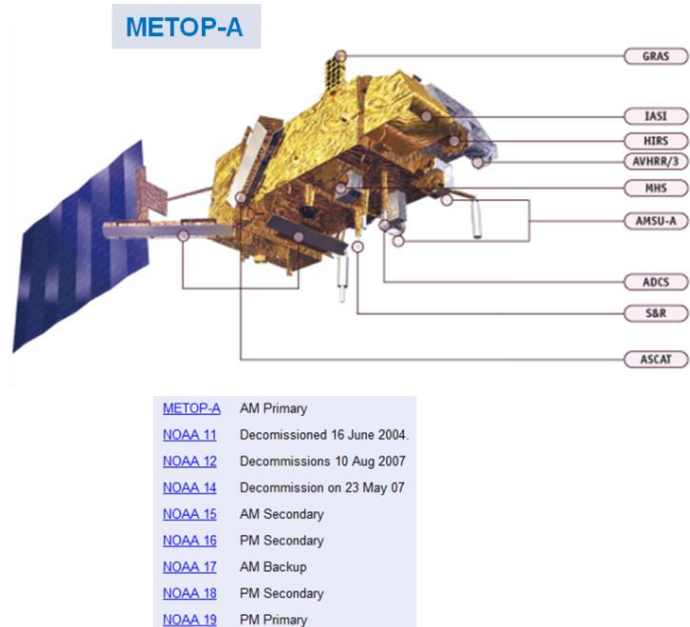
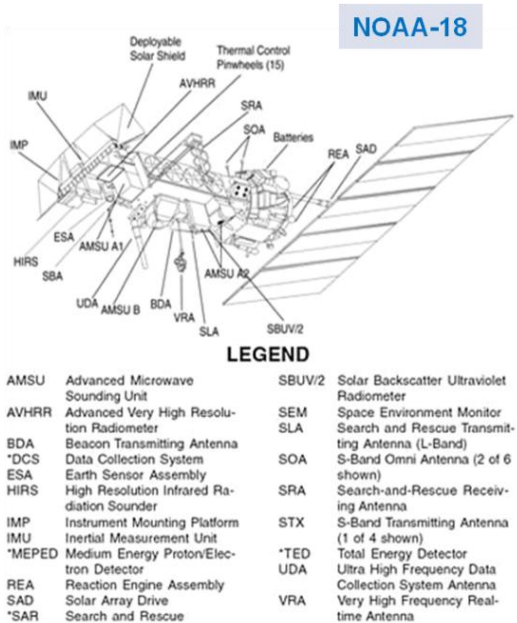


❑ NOAA-METOP

EUMETSAT Polar System (EPS) proporciona datos de las misiones METOP y NOAA



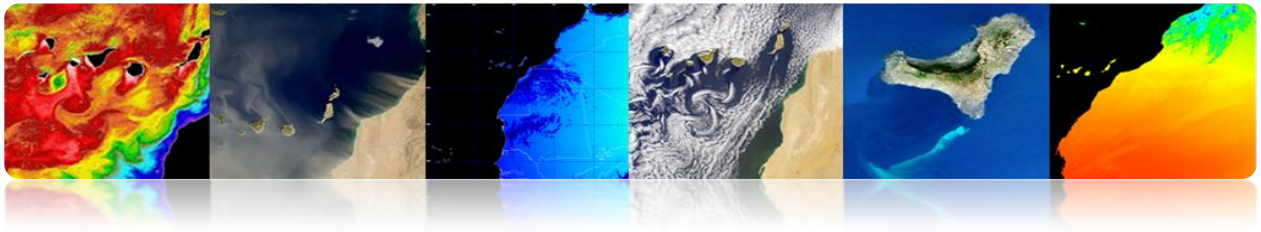
Segmento Espacial



Tutorial TELECAN

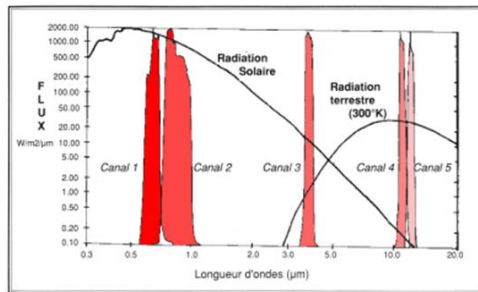
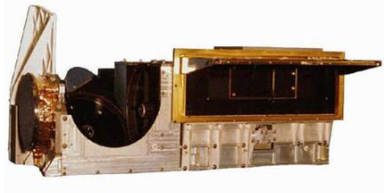
Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección





AVHRR

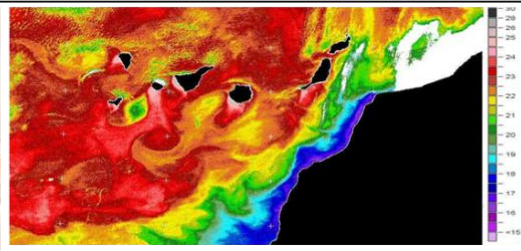
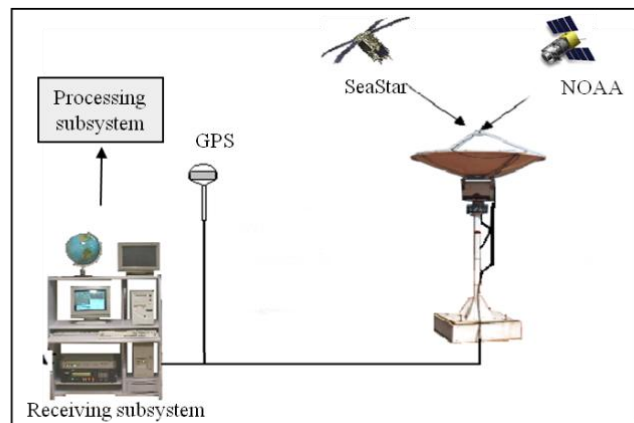
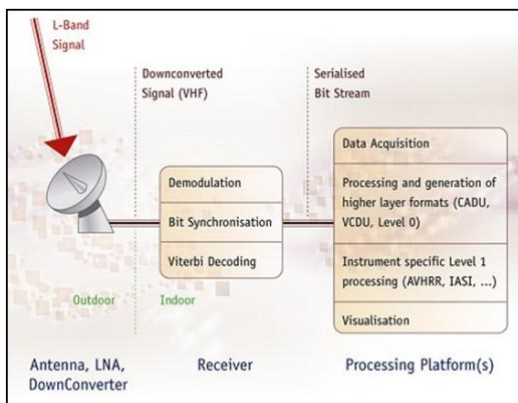
Radiómetro en el VIS/IR para medida global de cobertura de nubes, temperaturas del mar y tierra, vegetación hielo etc.



Scan Rate	6 Hz (0.1667 secs)
Scan Type	Continuous scan
Pixel IFOV (3dB beamwidth)	0.0745° (square)
IFOV size at Nadir	1.1 km
Sampling at Nadir	0.87 km
Earth View Pixels / Scan	2048
Swath	± 55.37°
Swath	± 1464 km
Spectral Range	0.6 to 12 µm
Lifetime	5 years (3 years design life)
Power	29 W
Size	300 mm x 360 mm x 800 mm
Mass	33 kg
Data rate	1.4 Mbps

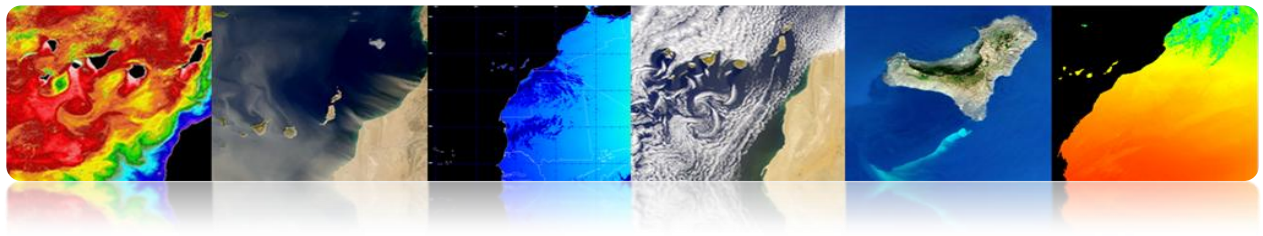
AVHRR/3 Channel Characteristics		
Band	Wavelength (µm)	Typical Use
1	0.58 - 0.68	Daytime cloud and surface mapping
2	0.725 - 1.00	Land-water boundaries
3A	1.58 - 1.64	Snow and ice detection
3B	3.55 - 3.93	Night cloud mapping, SST
4	10.30 - 11.30	Night cloud mapping, SST
5	11.50 - 12.50	Sea surface temperature

Segmento Terreno

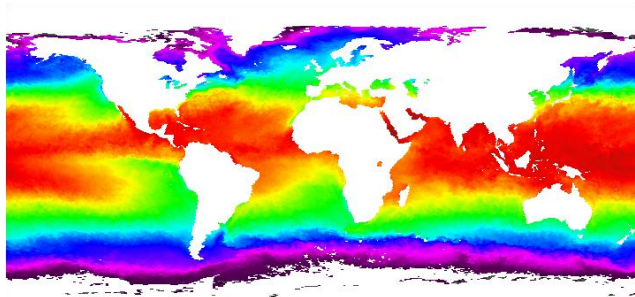


Tutorial TELECAN

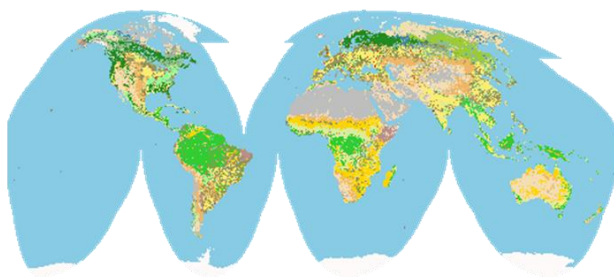
Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



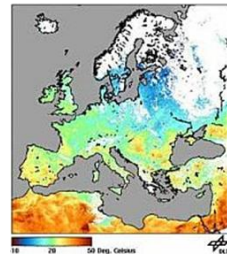
Productos



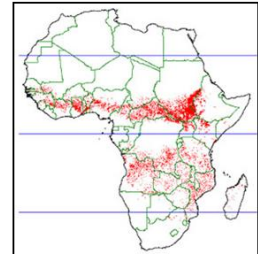
SST



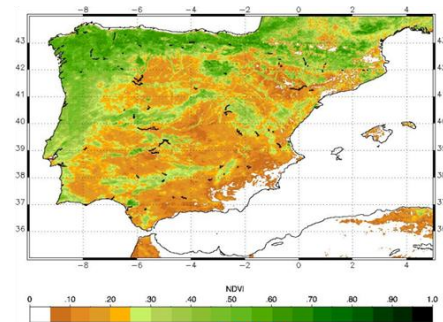
GLC



LST



Fuegos

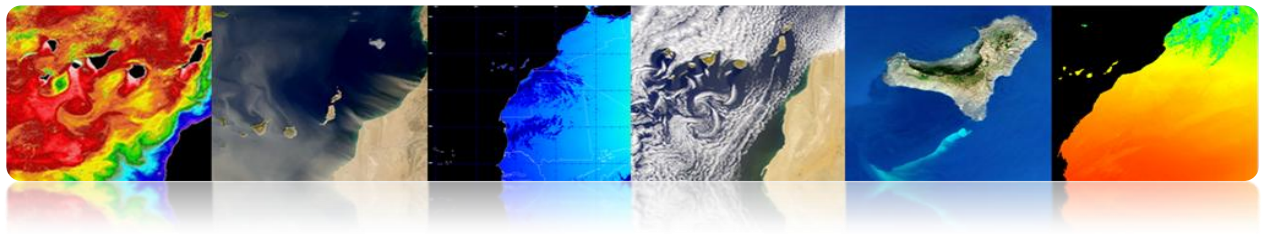


NDVI

Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección

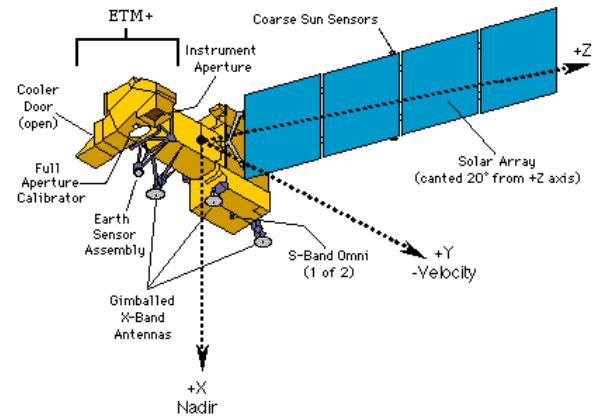




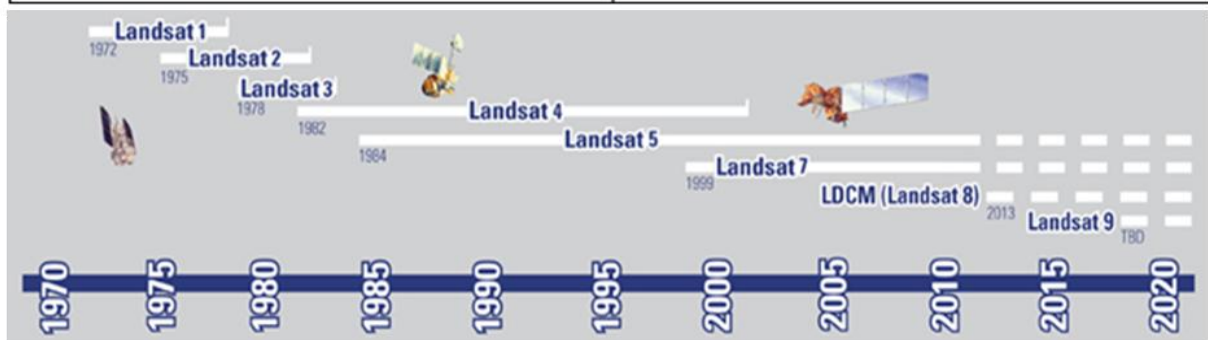
□ LANDSAT / SPOT

▪ Satélites NASA-USGCS.

- LANDSAT 1 (1972)
- LANDSAT 2 (1975)
- LANDSAT 3 (1978)
- LANDSAT 4 (1982)
- LANDSAT 5 (1985)
- LANDSAT 6 (1993)
- LANDSAT 7 (1999)
- LDCM (LANDSAT 8) 2013



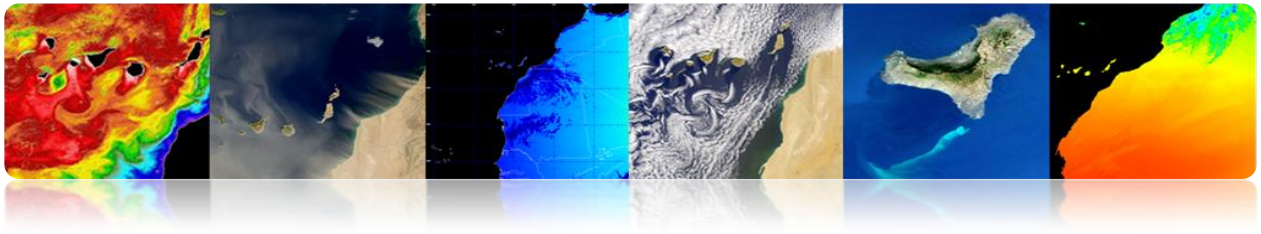
Satellite	Sensor	Bandwidths	Resolution	Satellite	Sensor	Bandwidths	Resolution
LANDSATs 1-2	RBV	(1) 0.48 to 0.57	80	LANDSATs 4-5	MSS	(4) 0.5 to 0.6	82
		(2) 0.58 to 0.68	80			(5) 0.6 to 0.7	82
		(3) 0.70 to 0.83	80			(6) 0.7 to 0.8	82
	MSS	(4) 0.5 to 0.6	79			(7) 0.8 to 1.1	82
		(5) 0.6 to 0.7	79		TM	(1) 0.45 to 0.52	30
		(6) 0.7 to 0.8	79			(2) 0.52 to 0.60	30
		(7) 0.8 to 1.1	79			(3) 0.63 to 0.69	30
LANDSAT 3	RBV	(1) 0.505 to 0.75	40	LANDSAT 7	ETM	(4) 0.76 to 0.90	30
		(4) 0.5 to 0.6	79			(5) 1.55 to 1.75	30
		(5) 0.6 to 0.7	79			(6) 10.4 to 12.5	120
	MSS	(6) 0.7 to 0.8	79			(7) 2.08 to 2.35	30
		(7) 0.8 to 1.1	79			PAN 0.50 to 0.90	15
		(8) 10.4 to 12.6	240				



Tutorial TELECAN

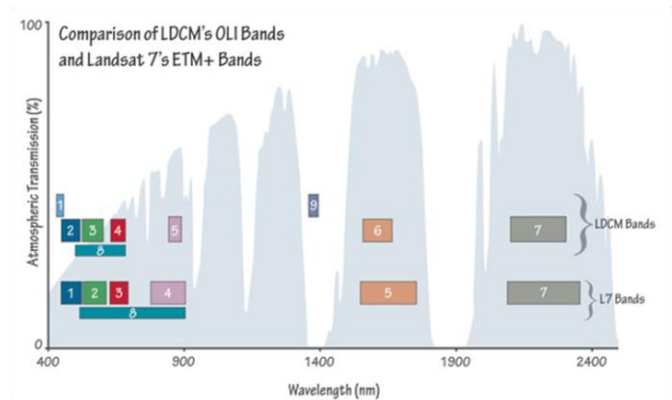
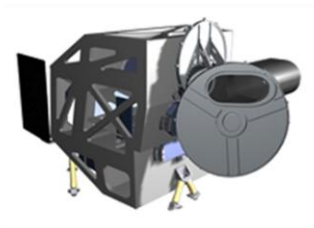
Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección





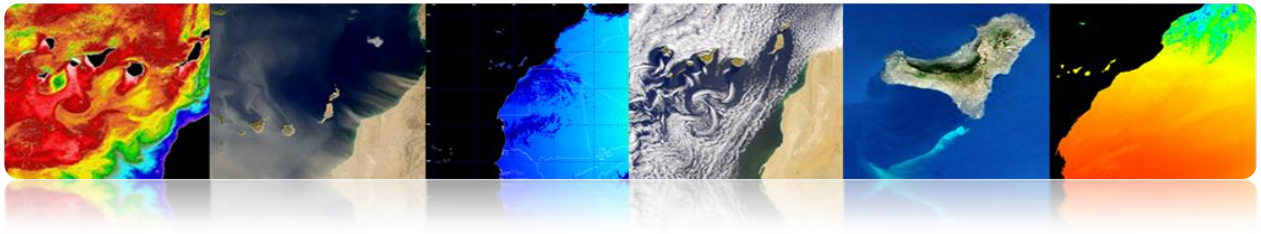
▪ Satélite Landsat 8

- Spacecraft: Landsat Data Continuity Mission (LDCM).
- Launch Vehicle: Atlas V-401
- Launch Date: Feb. 11, 2013



Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



□ SPOT

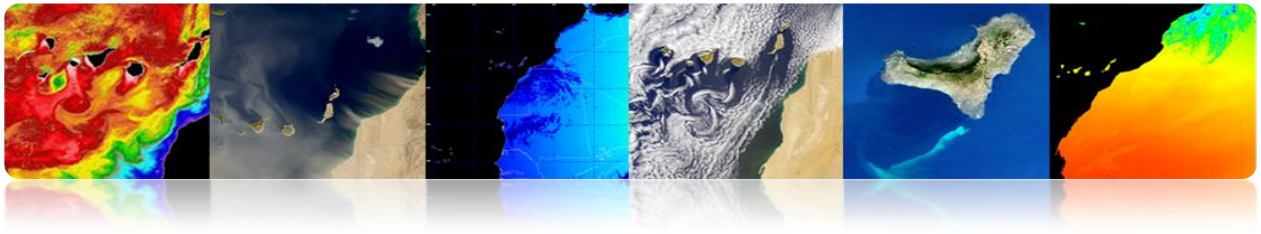
- **SPOT** (Satellite Pour l'Observation de la Terre) es un satélite óptico de media/alta resolución.
- Operado por Spot Image (Toulouse, Francia). Iniciado por CNES (Centre National d'Etudes Satiales) en los 70s.
- Lanzados con los Ariane 2, 3 y 4.
 - SPOT 1 (1986) con 10 m PAN y 20 m MS.
 - SPOT 2 (1990)
 - SPOT 3 (1993)
 - SPOT 4 (1998)
 - SPOT 5 (2002) con 2.5 m/5 m PAN y 10 m MS.



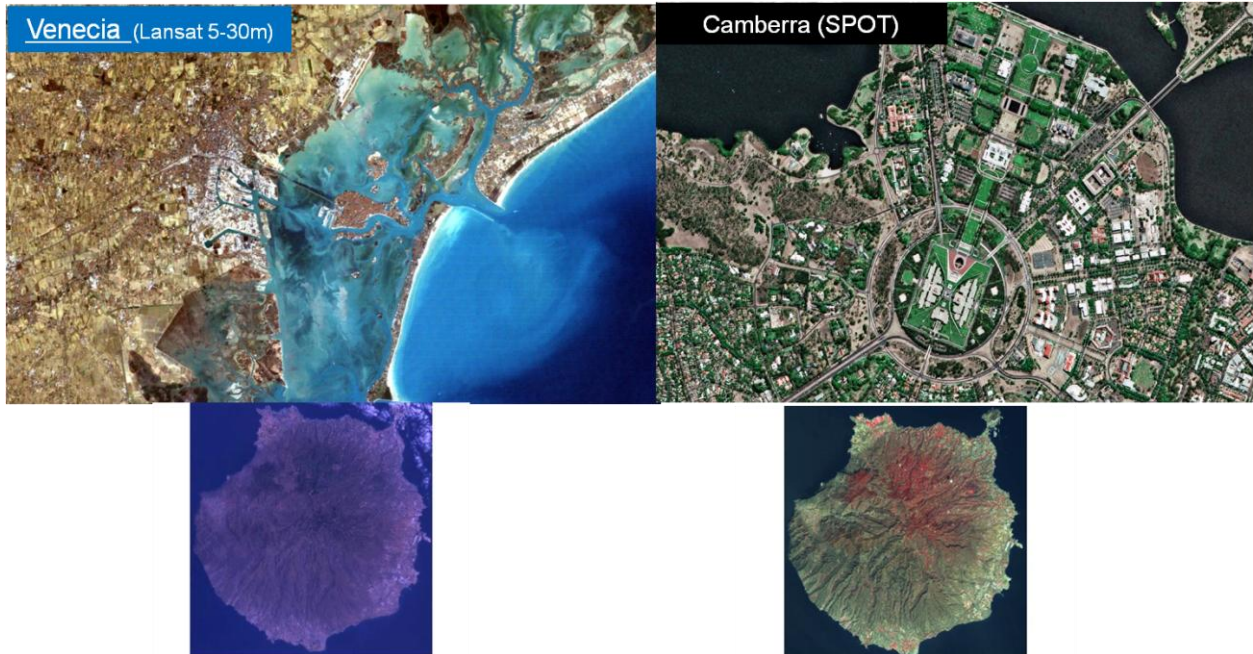
Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección





Imágenes LANDSAT/SPOT

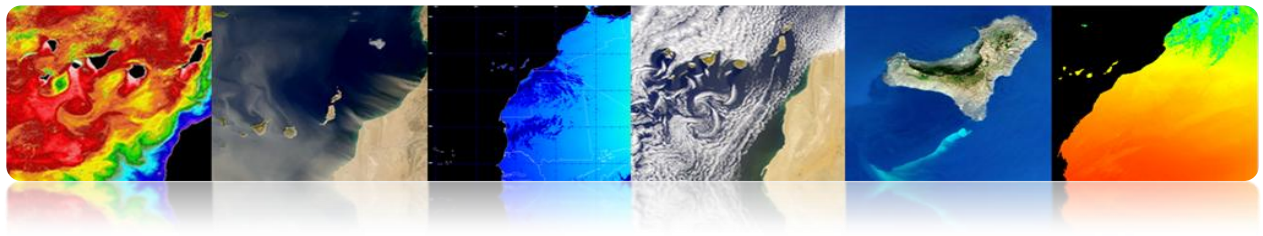


Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección

2.39

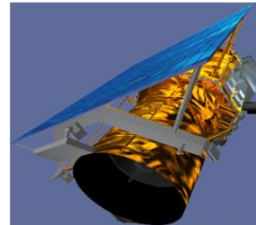




□ GEOEYE Y WORLDVIEW

Misiones alta resolución: Los satélites de alta resolución son instrumentos muy complejos, con una demanda creciente por sus numerosas aplicaciones en campos muy diversos como: la cartografía, la identificación de recursos naturales, la gestión de riesgos y la defensa. Los más destacados son los siguientes:

	QuickBird	IKONOS	GeoEye-1	WorldView-1
Resolution	0.6m	0.8m	0.5m	0.5m
Swath Width	16.5 km	11 km	15 km	15 km
Multi-Spectral	yes	yes	yes	no
DEM Accuracy	20 meter	20 meter	3 meter	3 meter
Average Revisit Time	3-4 days	2-3 days	2-3 days	3-4 days
Mapping Accuracy (w/out GCPs)	20-meter	10-meter	2-meter	3-meter
Agility	Limited Single Scan	Very/Stereo Multi-scan	Very/Stereo Multi-scan	Very/Stereo Multi-scan
Days to Collect 1° x 1°	25	8	5	8

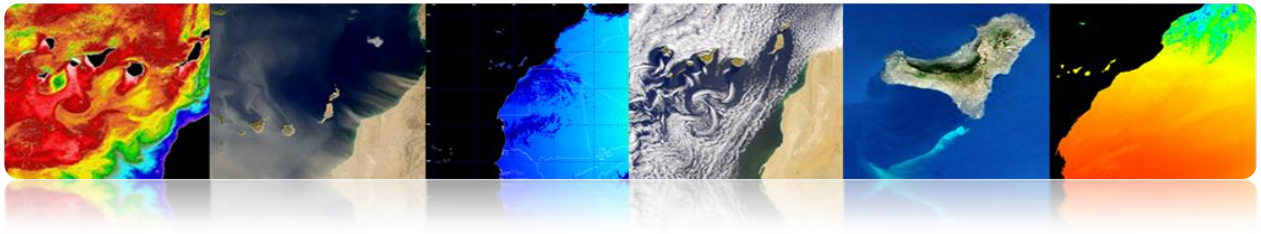


Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección

2.40



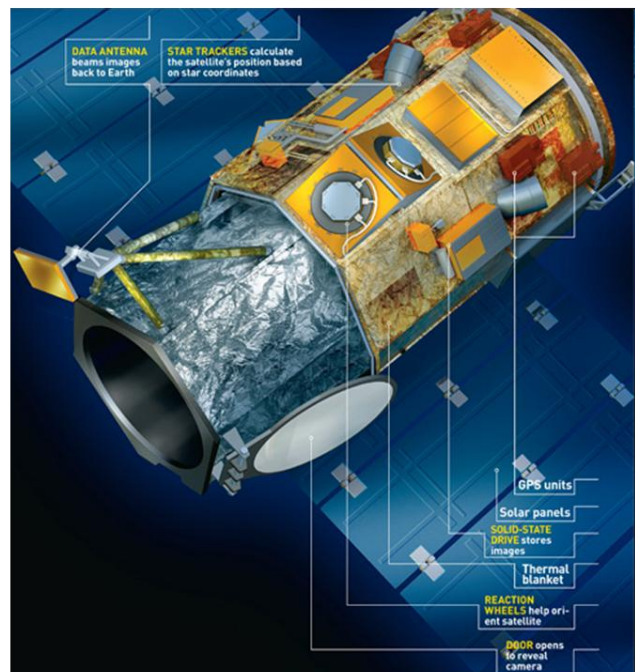


▪ Geoeye

Launch Vehicle	Delta II (launch date: September 6, 2008)
Launch Vehicle Manufacturer	Boeing Corporation
Launch Location	Vandenberg Air Force Base, California
Satellite Weight	1955 kg
Satellite Storage and Downlink	1 Terabit recorder; X-band downlink (at 740 mb/sec or 150 mb/sec)
Operational Life	Fully redundant 7+ year design life; fuel for 15 years
Satellite Modes of Operation	<ul style="list-style-type: none"> • Store and forward • Real-time image and downlink • Direct uplink with real-time downlink
Orbital Altitude	684 kilometers
Orbital Velocity	About 7.5 km/sec
Inclination/Equat or Crossing Time	98 degrees / 10:30am
Orbit type/period	Sun-synchronous / 98 minutes

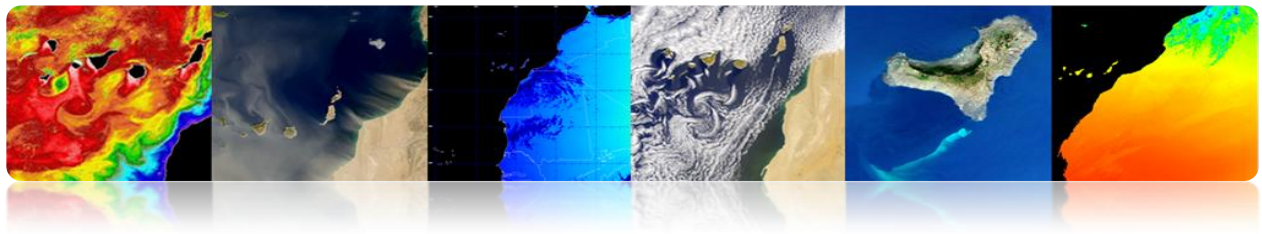


Segmento Espacial



Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



Características Sensor Exploración

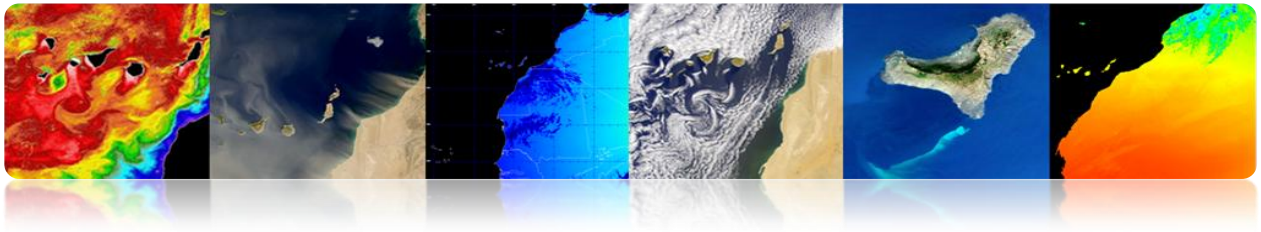
Camera Modes	<ul style="list-style-type: none"> • Simultaneous panchromatic and multispectral (pan-sharpened) • Panchromatic only • Multispectral only
Resolution	0.41 m panchromatic (nominal at Nadir) 1.65 m multispectral (nominal at Nadir)
Metric Accuracy/ Geolocation	CE stereo: 2 m LE stereo: 3 m CE mono: 2.5 m These are specified as 90% CE (circular error) for the horizontal and 90% LE (linear error) for the vertical with no ground control points (GCP's)
Swath Widths & Representative Area Sizes	<ul style="list-style-type: none"> • Nominal swath width - 15.2 km at Nadir • Single-point scene - 225 sq km (15x15 km) • Contiguous large area - 15,000 sq km (300x50 km) • Contiguous 1° cell size areas - 10,000 sq km (100x100 km) • Contiguous stereo area - 6,270 sq km (224x28 km) (Area assumes pan mode at highest line rate)
Imaging Angle	Capable of imaging in any direction
Revisit at 684 km Altitude (40° Latitude Target)	

Imágenes



Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección

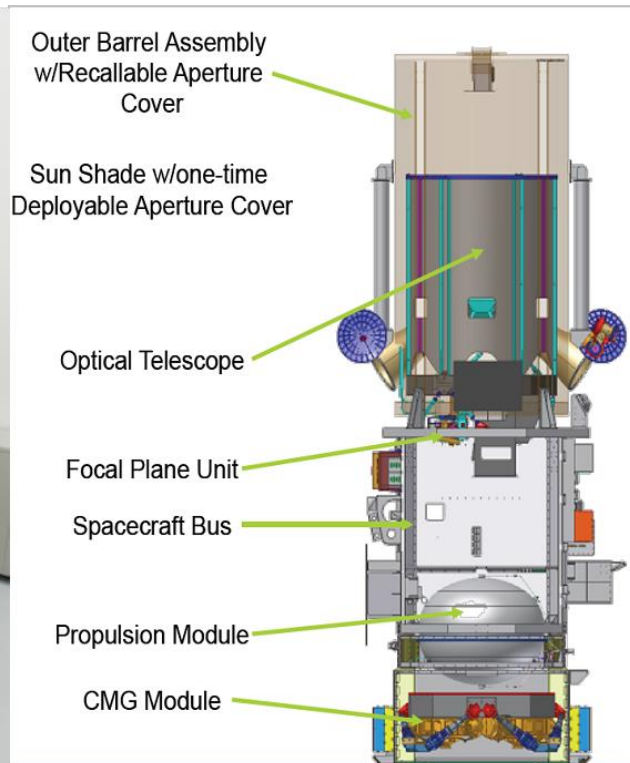


▪ Worldview 2

WorldView-2	
Organization	DigitalGlobe
Mission Type	Earth observation
Contractor	Ball Aerospace & Technologies
Satellite of	Earth
Launch	October 8, 2009 on a Delta II
Launch site	Vandenberg Air Force Base
Mission duration	7.25 years
Mass	2,800 kg (6,200 lb)
Webpage	http://worldview2.digitalglobe.com/
Orbital elements	
Altitude	770 kilometers
Inclination	97.2 degrees
Orbital Period	100 minutes

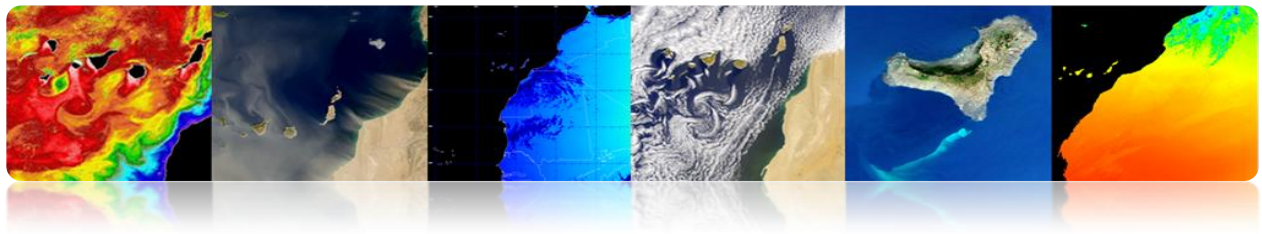


Segmento Espacial



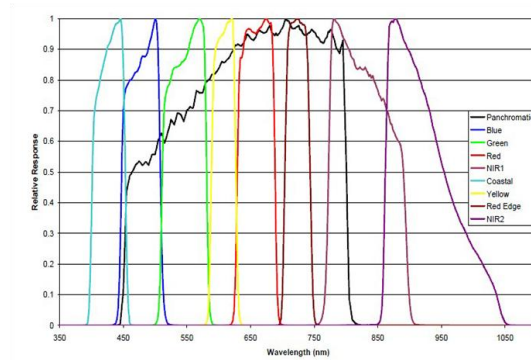
Tutorial TELECAN

Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección



■ Características Sensor Exploración

- Órbita heliosincrónica, 770 Km de altitud.
- 1 canal pancromático (0.5 m), 8 multispectrales (2m).
- Periodo de revisita de 1.1 días (Max viewing angle 45°).
- Ancho de la escena 16.4 Km



Bands	Center Wavelength	50% Band Pass	5% Band Pass
Panchromatic	0.632	0.464 – 0.801	0.447 – 0.808
Coastal	0.427	0.401 – 0.453	0.396 – 0.458
Blue	0.478	0.448 – 0.508	0.442 – 0.515
Green	0.546	0.511 – 0.581	0.506 – 0.586
Yellow	0.608	0.589 – 0.627	0.584 – 0.632
Red	0.659	0.629 – 0.689	0.624 – 0.694
Red Edge	0.724	0.704 – 0.744	0.699 – 0.749
NIR 1	0.831	0.772 – 0.890	0.765 – 0.901
NIR 2	0.908	0.862 – 0.954	0.856 – 1.043

Imágenes

Las Canteras – 2010



Maspalomas – 2009



Tutorial TELECAN

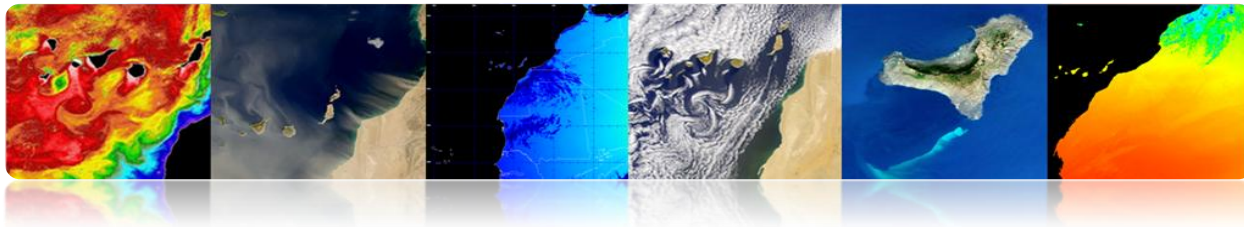
Sensores y Misiones Espaciales de Teledetección





3.Aplicaciones de la Teledetección





Introducción

La teledetección nos ofrece hoy un panorama radicalmente distinto al de sus orígenes. Desde que en el año 1858 el fotógrafo francés Gaspar-Félix Tournachon elevó su globo sobre París para obtener la primera fotografía aérea, la teledetección ha tenido un desarrollo espectacular hasta alcanzar la moderna sofisticación de sensores instalados en satélites alrededor de la Tierra que muestrean, prácticamente, todas las regiones del espectro electromagnético posibles, consiguiendo resoluciones espaciales inferiores al metro. De esta manera, la teledetección espacial permite en la actualidad el estudio de nuestro planeta al proporcionar una visión sinóptica y repetitiva que posibilita la obtención de datos en un período corto de tiempo. Como contrapartida, las imágenes de teledetección únicamente nos pueden aportar información de la capa más superficial.

En este contexto, la teledetección es aplicable tanto en el ámbito marino, como terrestre, como atmosférico, permitiendo un análisis sistemático de multitud de parámetros geofísicos de un elevado interés para investigadores, empresas, administraciones y el público en general. Este capítulo del presente tutorial se centra en la descripción de las principales aplicaciones de la teledetección de interés mayoritario para la región de Canarias y África noroccidental, agrupadas en los tres ámbitos anteriores.

Respecto a las aplicaciones marinas hay que destacar que el océano es el elemento más influyente en el control a largo plazo de la estabilidad del clima de nuestro planeta. No en vano ocupa un 71% de la superficie terrestre e involucra un complejo entramado de relaciones entre procesos físicos, químicos, biológicos y geológicos. Es por ello que su estudio debe abordarse desde un punto de vista multidisciplinar. En este tutorial se analizarán aspectos vinculados a la oceanografía, monitorización costera, productividad marina, calidad de las aguas, etc. En concreto, se describirán parámetros como la temperatura superficial del mar, nivel del mar, salinidad, vientos sobre la superficie de los océanos, corrientes marinas, color del océano, calidad del agua, batimetría y clasificación béntica en zonas costeras.

Al referirnos al ámbito terrestre nos centramos en la corteza continental, que está formada por los continentes y sus plataformas continentales. Esta corteza tiene un grosor promedio de 35 km, aunque mediante teledetección solo es posible extraer información de las capas más superficiales. Con respecto a las aplicaciones terrestres de mayor importancia analizadas mediante teledetección, e incluidas en este tutorial, se puede destacar la gestión y monitorización del suelo, de los espacios vegetales y forestales, la cartografía, el urbanismo, la agricultura, el medioambiente, la prevención de riesgos, así como las aplicaciones relacionadas con la defensa y seguridad.





La atmósfera terrestre es la parte gaseosa de la Tierra, siendo por tanto la capa más externa y menos densa del planeta. Está constituida por varios gases que varían en cantidad según la presión a diversas alturas, destacando principalmente el oxígeno (21%) y el nitrógeno (78%). La teledetección, desde hace décadas, es una herramienta fundamental en el estudio y análisis de las condiciones atmosféricas a nivel local y regional. En este tutorial se presentarán los principales parámetros asociados a las predicciones meteorológicas, el estudio de los gases de la atmósfera y en especial los de efecto invernadero, la prevención de catástrofes, las energías renovables, la calidad del aire, la concentración de aerosoles, etc.

Los objetivos de este capítulo son:

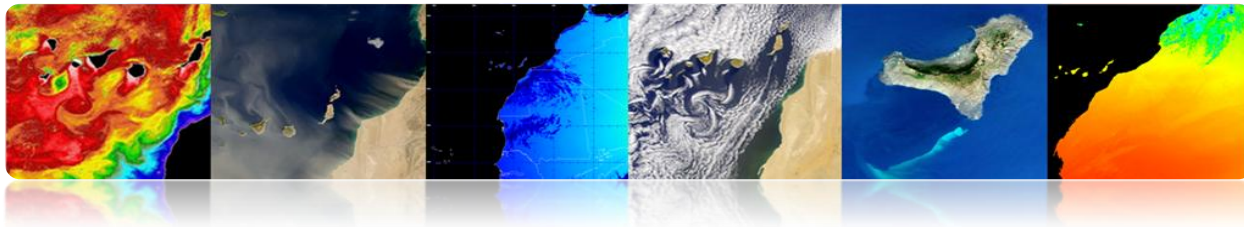
- Presentar las aplicaciones marinas de la teledetección espacial, identificando los parámetros físicos, biológicos, químicos y geológicos de mayor importancia y analizar los principales sensores y productos disponibles para cada uno de ellos.
- Describir las aplicaciones terrestres de la teledetección espacial, identificando las áreas de aplicación de mayor interés y detallando los principales productos disponibles y sus características fundamentales.
- Estudiar las aplicaciones atmosféricas de la teledetección espacial, presentando, tanto aquellos productos operacionales para la predicción meteorológica como aquellos productos vinculados con la investigación científica de la atmósfera.

CONTENIDOS

Aplicaciones de la Teledetección

- 3.1 APLICACIONES MARINAS DE LA TELEDETECCIÓN.**
- 3.2 APLICACIONES TERRESTRES DE LA TELEDETECCIÓN.**
- 3.3 APLICACIONES ATMOSFÉRICAS DE LA TELEDETECCIÓN.**





3.1. APLICACIONES MARINAS DE LA TELEDETECCIÓN

□ INTRODUCCIÓN

Principales parámetros a estudiar con teledetección:

Oceanografía Biológica

- Temperatura superficial del mar (SST)
- Altura del mar (SSH)
- Salinidad (SSS)
- Vientos en superficie
- Corrientes marinas

Oceanografía Biológica

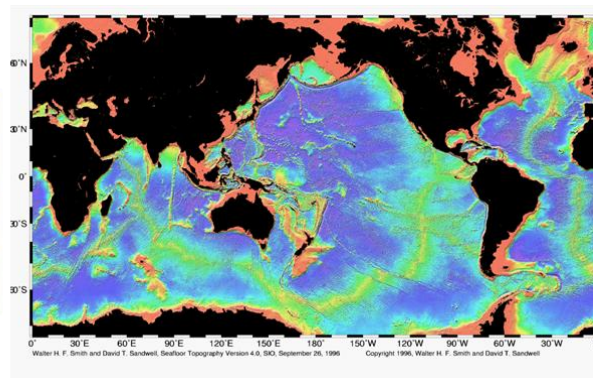
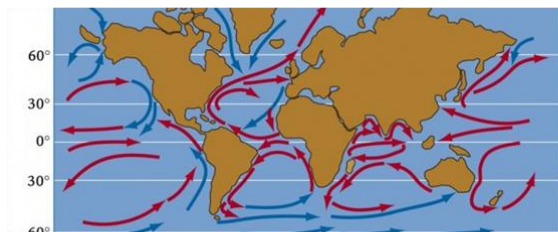
- Color del océano
- Calidad del agua
- Blooms de algas
- Sebadales

Oceanografía Química

- Calidad del agua
- Salinidad (SSS)
- pH, calcita, etc

Oceanografía Geológica

- Gestión costera
- Batimetría (erosión, sedimentación, etc.)



A continuación se describen los parámetros más importantes:



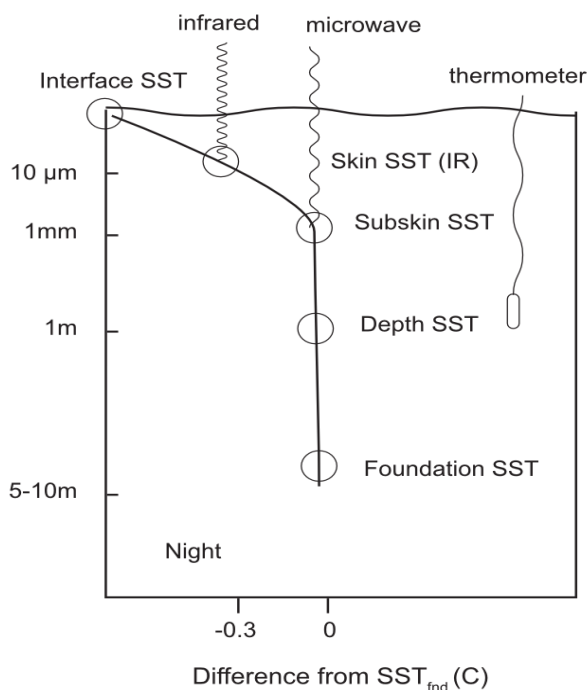


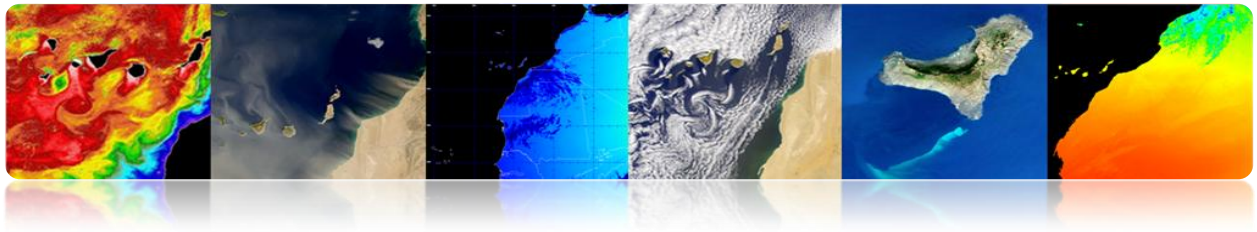
□ TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR (SST)

Es la temperatura del agua en la capa superficial del océano.

Antes de 1980s las medidas se obtenían de instrumentos instalados en la costa, barcos o boyas. A partir de 1980s la mayoría de la información global de SST procede de estimaciones de satélite.

- El océano emite radiación en el IR térmico y en la banda de las microondas. El nivel recibido varía con la temperatura del mar.
- Hay radiómetros trabajando en esas bandas para medir la SST.
- La radiación del IR térmico procede de la capa más superficial (primeros 10 μm). La radiación de microondas procede del primer milímetro (1 mm) superficial.
- Sensores en el IR tienen mejor resolución (1 km) que los de microondas (25 km) pero se ven afectados por las nubes que absorben la radiación emitida.





▪ Radiómetros en el IR térmico

▪ Métodos multibanda para estimar SST

La combinación lineal de las radiancias medidas en 2 bandas de la misma ventana atmosférica proporciona una buena estimación de la radiación emitida.

$$T_s = a_0 T_{11} + a_1 \cdot (T_{11} - T_{12}) + a_2$$


(Linear split-window equation)


Obtención de los coeficientes (a_i):

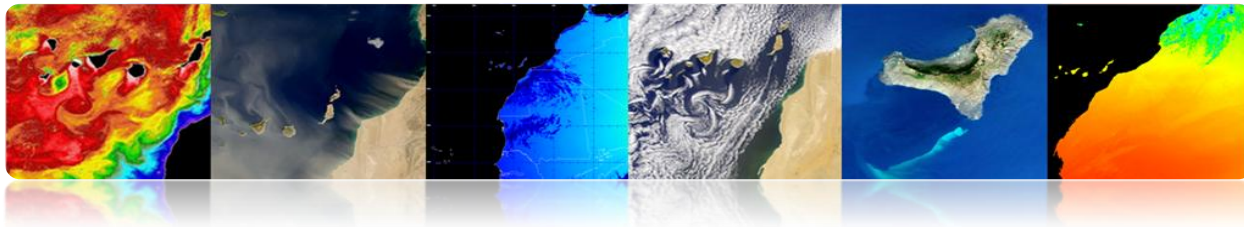
- Teórica: modelo de transferencia radiativa
- Regresión: datos in-situ y temperaturas de brillo

La gran variabilidad del ángulo de observación supone un término adicional debido a la diferencia de camino óptico para atravesar la atmósfera:

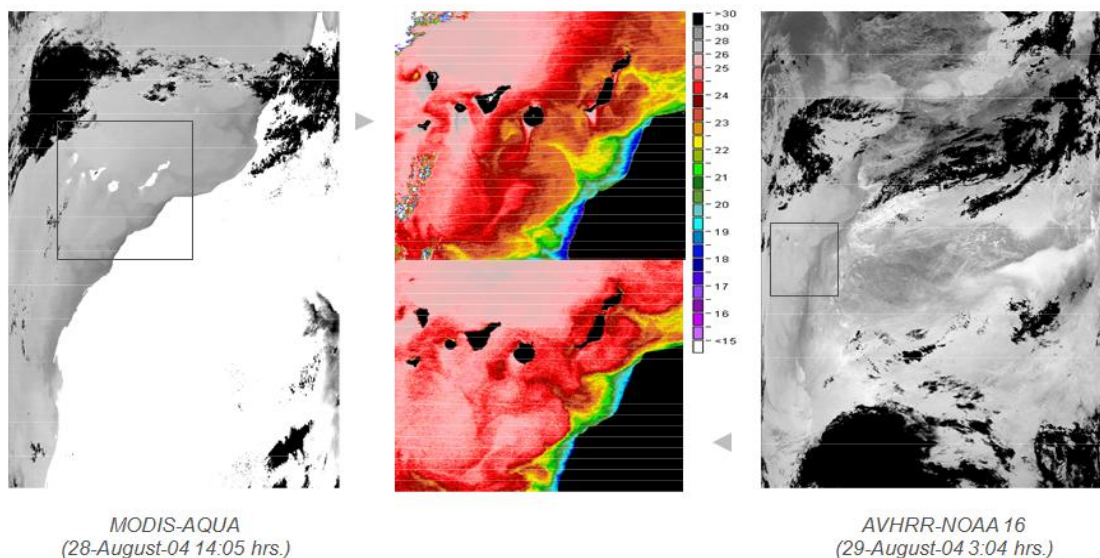
$$T_s = a_0 \cdot T_{11} + a_1 \cdot (T_{11} - T_{12}) + a_2 \cdot (\sec \theta - 1) + a_3$$

• AVHRR  $SST = a_0 + a_1 \cdot T_{11} + [a_2 + a_3 \cdot (T_{11} - T_{12})](T_{11} - T_{12}) + [a_4 + a_5 \cdot (T_{11} - T_{12})](\sec \theta - 1)$

• MODIS  $SST = a_0 + a_1 \cdot T_{11} + a_2 \cdot (T_{11} - T_{12}) \cdot T_{est} + a_3 \cdot (T_{11} - T_{12}) (\sec \theta - 1)$
 $SST4 = a_0 + a_1 \cdot T_{3.9} + a_2 \cdot (T_{3.9} - T_4) + a_3 \cdot (\sec \theta - 1)$



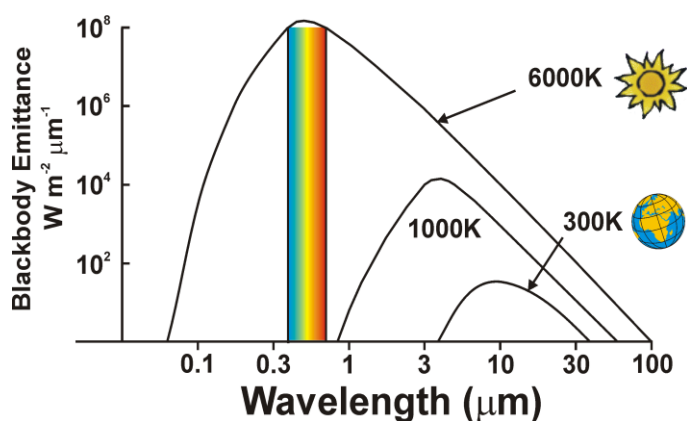
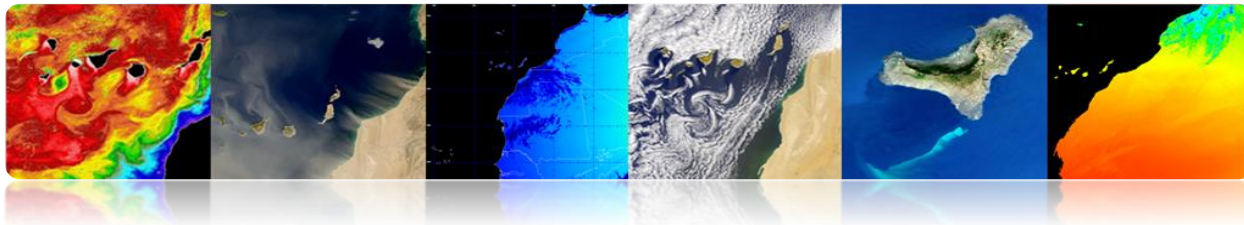
Ejemplo de imágenes de temperatura superficial del mar a partir de imágenes en el IR térmico



■ Radiómetros de Microondas

- **Ventajas:** La radiación no se ve afectada por las nubes y es más fácil de corregir los efectos atmosféricos
- **Desventajas:** Debido a la menor intensidad de la señal en la curva de radiación de Planck de la Tierra en la región de las microondas, la precisión y la resolución es más pobre para la SST estimada de las mediciones de microondas pasivas en comparación con la SST obtenida de las mediciones usando el infrarrojo térmico. La rugosidad de la superficie del mar, generada por el viento y las precipitaciones, también afectan a la señal de microondas.

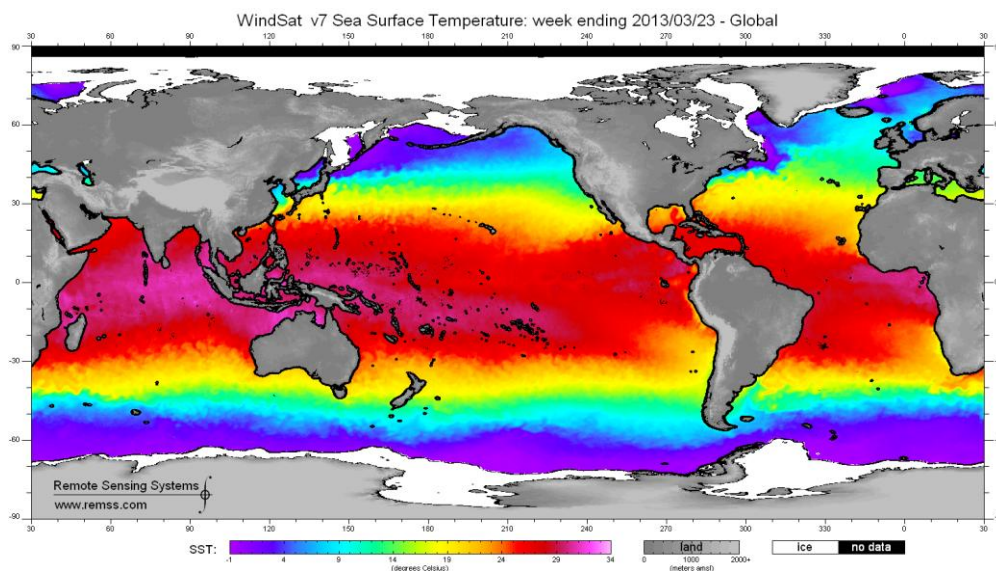
Medidas de SST se hacen habitualmente usando el canal cercano a 7 GHz y con una corrección de vapor de agua gracias a las observaciones a 21 GHz. Otras frecuencias utilizadas para la corrección de la rugosidad del mar (incluyendo la espuma), la precipitación y el mínimo efecto que provocan las nubes sobre la radiación de microondas son 11, 18, y 37 GHz.



➤ Instrumentos de microondas pasivos utilizados para obtener SST:

- Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR en Nimbus-7 y Seasat)
- Tropical Microondas Imager (TMI en el Tropical Rainfall Measuring Mission)
- Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR en Aqua y II ADEOS)
- WindSat en la misión Coriolis.

Ejemplo de imagen de temperatura superficial del mar a partir de radiómetros de microondas



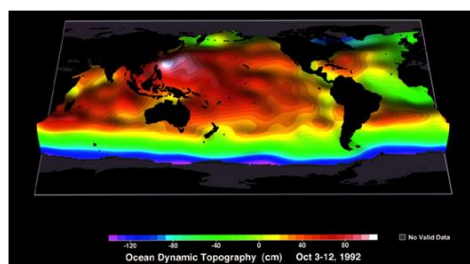
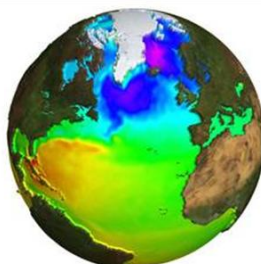
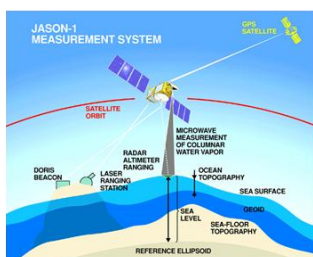


□ ALTURA DE MAR

La **topografía de la superficie marina** es la altura de la superficie del océano con relación a un nivel de no movimiento definida por el geoide (superficie geopotencial constante que representa la forma de la superficie marina si el océano no estuviera en movimiento). Las variaciones de la topografía superficial del mar pueden ser de hasta 2 metros y se originan por la circulación oceánica, la temperatura y salinidad.

La topografía proporciona información sobre las mareas, la circulación y la distribución de calor y masa en el océano global de la Tierra.

La **altura de la superficie marina** (*Sea Surface Height SSH*) se mide usando mareógrafos o usando altímetros embarcados en satélites. La altimetría combina la determinación precisa de la órbita con la medida de la distancia hasta la superficie del océano mediante pulsos de microondas. La medida fiable no es el parámetro absoluto sino la Anomalía en la Altura Superficial del Mar (SSHA).

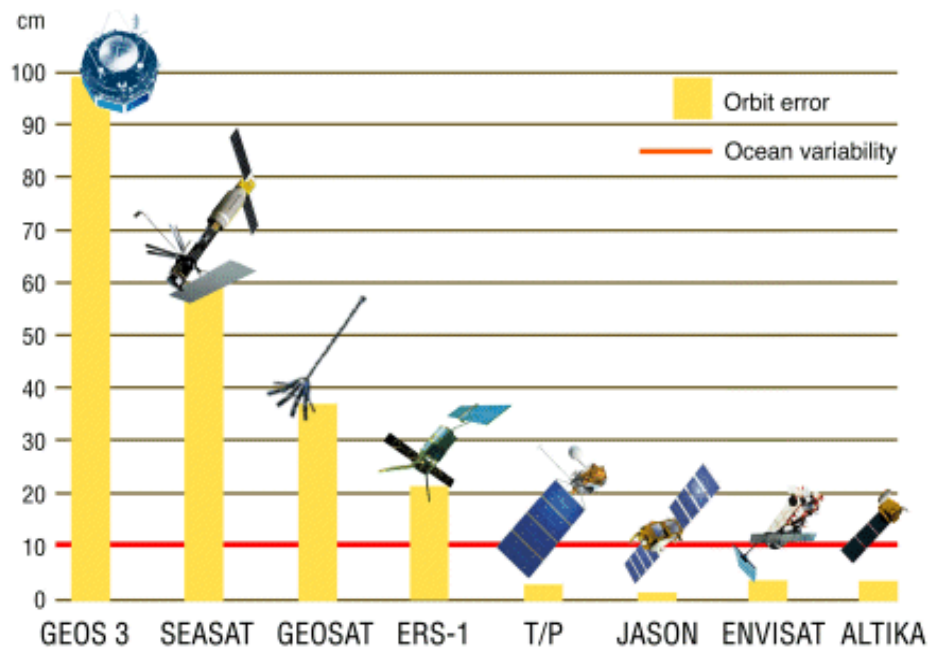


■ Altimetros

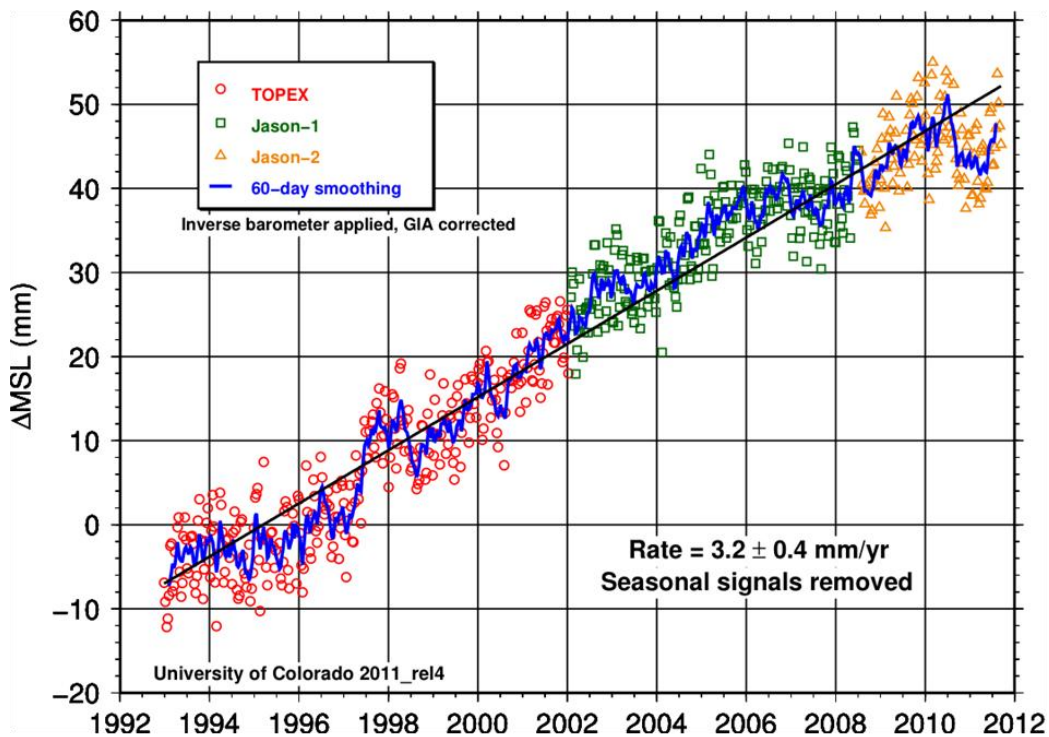
Satélites de altimetría básicamente determinan la distancia desde el satélite a la superficie objetivo mediante la medición del tiempo de ida-vuelta transcurrido en un pulso de radar enviado a la superficie.

Los altímetros radar permanentemente transmiten señales a Tierra, y reciben el eco de la superficie. La órbita de los satélites tiene que ser conocida con precisión (sistema *Doris*) y su posición se determina con relación a una superficie de referencia arbitrario, un elipsoide.





SSHA: Global mean sea level variations

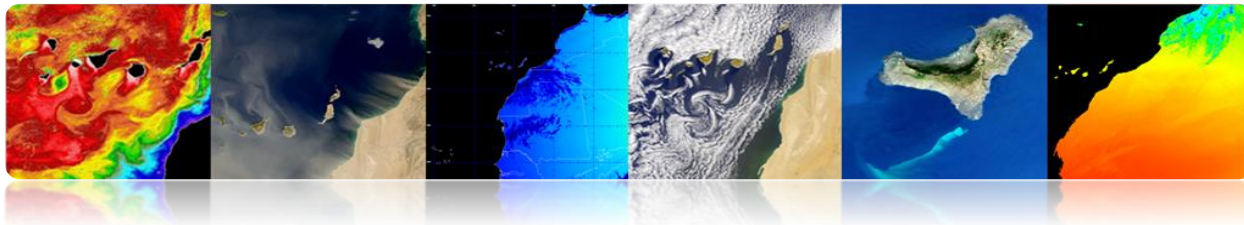


http://podaac.jpl.nasa.gov/highlights/MEaSURES_TPJAOSv1.0_SSH

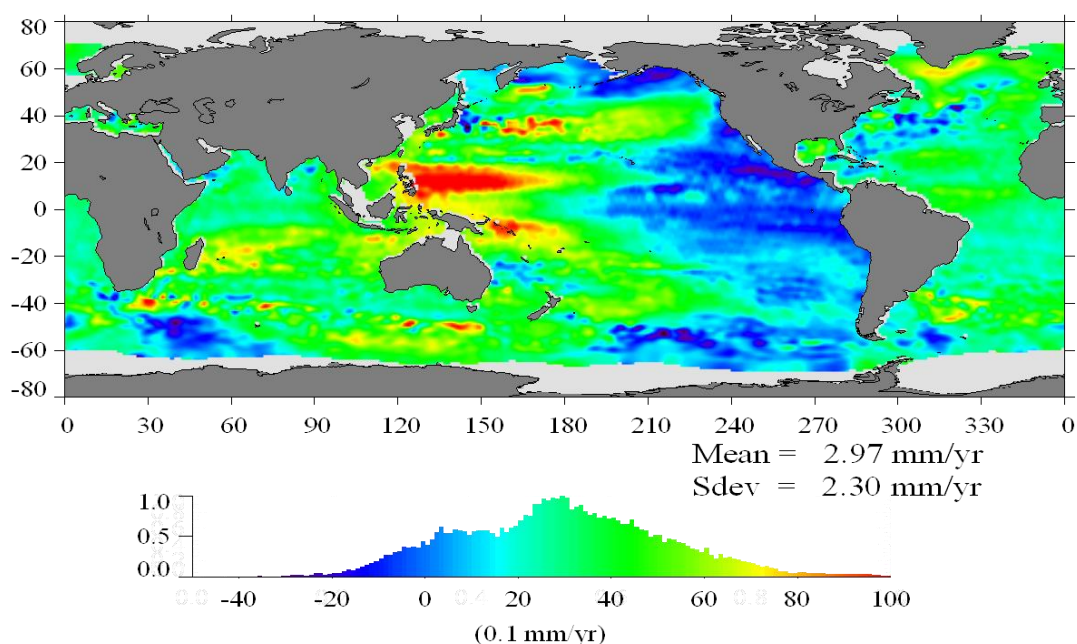
Tutorial TELECAN

Aplicaciones de la Teledetección





SSHA: Regional mean sea level variations, interpolated onto a $1^\circ \times 1^\circ$ grid 1993-2011

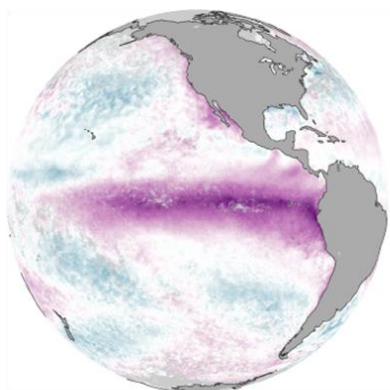


■ Anomalías en temperatura y Altura

Aplicación combinando datos de temperatura y altura del mar: El Niño

El Niño es causado por la irrupción ocasional de aguas superficiales cálidas en el Pacífico junto a las costas de Perú y Ecuador. El Niño trae patrones climáticos severos, tales como las sequías, inundaciones y ciclones.

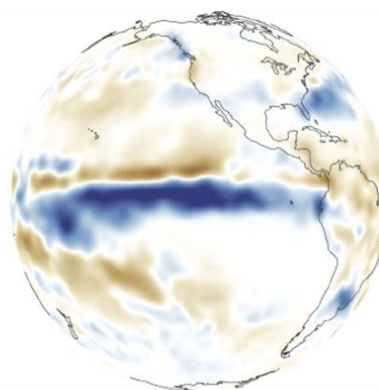
Ahora es posible predecir El Niño a partir de los datos oceánicos.



Sea Surface Temperature Anomaly (°C)

-6 -3 0 3 6

1997

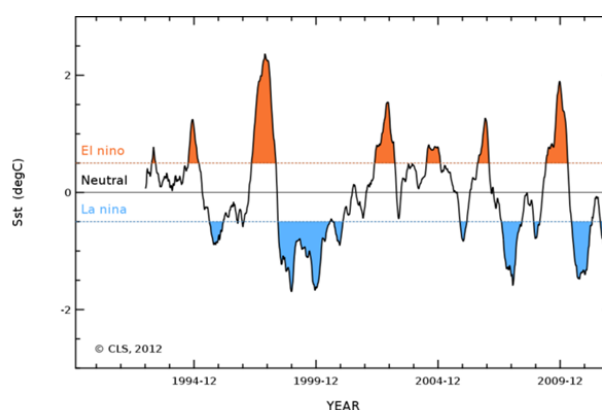
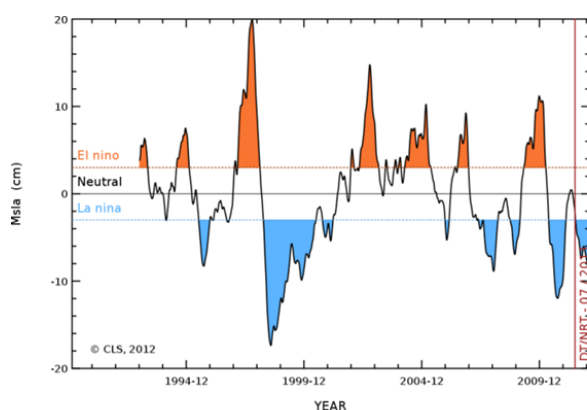


Rainfall Anomaly (mm)

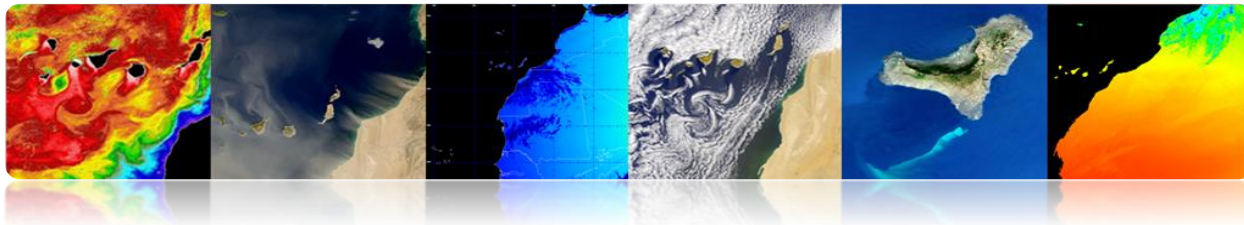
-12 -8 -4 0 4 8 12

El Niño – La Niña

- El Niño / La Niña son patrones cuasi periódicos que ocurren a través de la zona tropical del Océano Pacífico aproximadamente cada cinco años.
- La Niña es un fenómeno océano-atmósfera que es la contraparte de El Niño. Durante un período de La Niña, la temperatura superficial del mar en la zona ecuatorial del Océano Pacífico Centro Oriental será más baja de lo normal entre 3-5 °C



El Niño "the little boy" refers to the Christ child, because periodic is usually noticed around Christmas.



❑ SALINIDAD

- Se define en el océano como los gramos de sal por cada 1000 gramos de agua.
- 1 gramo de sal por cada 1000 gramos de agua se define como 1 PSU (unidad práctica de salinidad). En mar abierto el intervalo de salinidad es generalmente de 32 a 37 psu.
- La salinidad varía debido a la evaporación y la precipitación sobre el océano, así como a las descargas fluviales y al deshielo.
- Junto con la temperatura, es un factor importante en la contribución a los cambios en la densidad del agua de mar y, por lo tanto, en la circulación del océano.
- Mientras que la temperatura superficial del mar se ha medido desde el espacio durante más de 3 décadas, la tecnología para medir la salinidad superficial del mar desde el espacio sólo ha surgido recientemente. Dado que los océanos tienen 1.100 veces la capacidad calorífica de la atmósfera, la circulación de los océanos se convierte en un aspecto crítico para la comprensión de la transferencia de calor a través de la Tierra y por lo tanto la comprensión del cambio climático
- La Salinidad Superficial del Mar (SSS) puede ser medida por radiómetros de microondas pasivos trabajando en torno a 1,4 GHz.
- La potencia recibida por el radiómetro es proporcional a la emisividad de microondas y a la temperatura de la superficie del océano. La sal aumenta la reflectividad y disminuye la emisividad del agua. Así, si la temperatura del agua se puede conseguir por otros medios, la salinidad puede deducirse de la radiación recibida.
- La teledetección por satélite no podía medir la salinidad hasta el año 2009 con el lanzamiento de la plataforma de SMOS (ESA). SMOS mide la SSS utilizando 24 radiómetros de bajo ruido en cada brazo de 4,5 m de la antena en forma de Y. La precisión es de 0.1-0.2 psu y la resolución de alrededor de 35 km.





- Aquarius (NASA) fue lanzado en 2011 e incluye un radiómetro más un dispersómetro para medir la salinidad y tener en cuenta los efectos de la rugosidad de la superficie del mar en la señal que llega al radiómetro.

Misiones para medir Salinidad

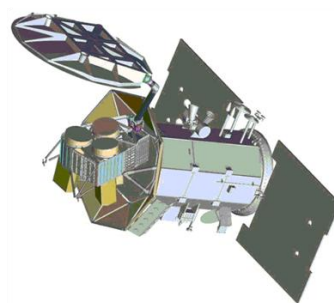


SMOS (ESA)
Noviembre 2009

<http://www.cp34-smos.icm.csic.es/>

<http://www.esa.int/SPECIALS/smos/index.html>

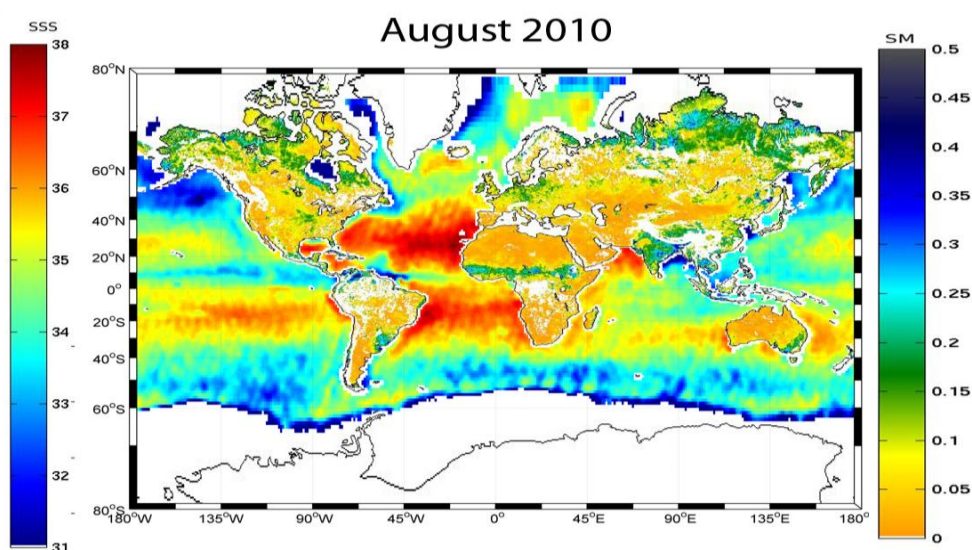
<https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/smos>



AQUARIUS (NASA)
Junio 2011

<http://aquarius.nasa.gov/index.html>

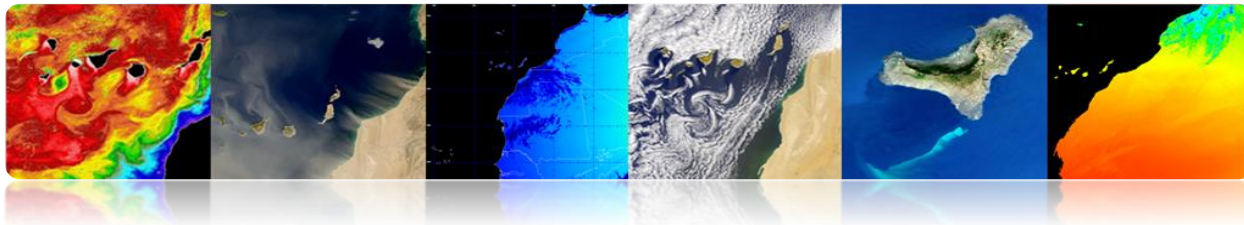
1^{er} Mapa global de Salinidad (SMOS)



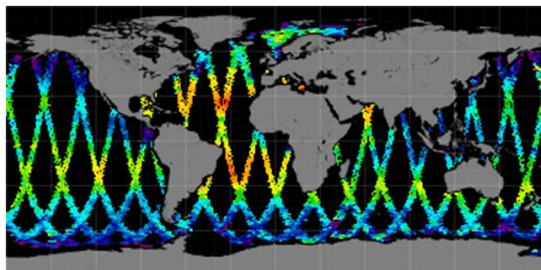
Tutorial TELECAN

Aplicaciones de la Teledetección

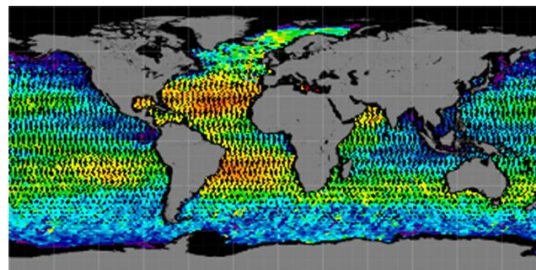




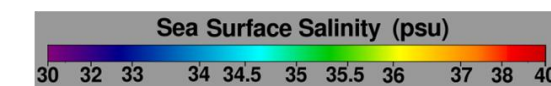
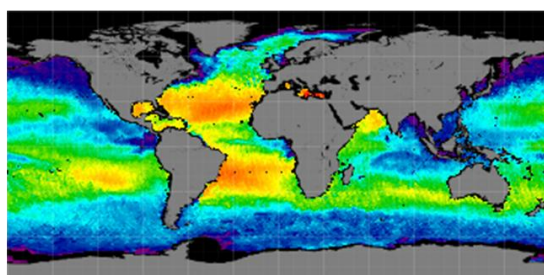
Mapas de Salinidad (AQUARIUS)



Mapa diario (1 Febrero 2013)



Mapa semanal (Febrero 2013)

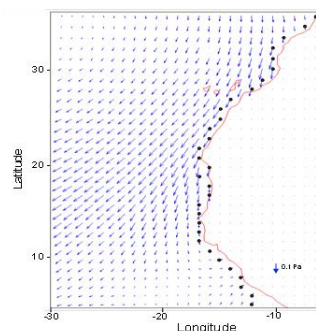
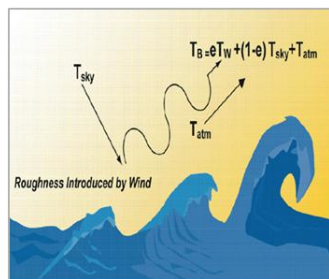


Mapa mensual
(Febrero 2013)

❑ VIENTOS EN SUPERFICIE

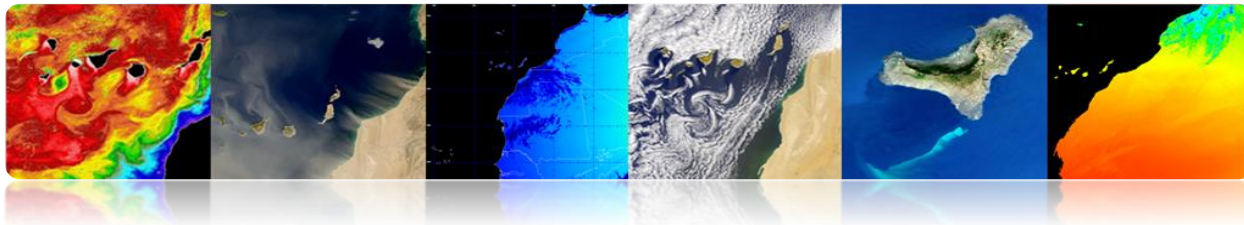
- El viento oceánico es el movimiento de la atmósfera relativo a la superficie del océano.
- Típicamente, los vientos sobre el océano son medidos con anemómetros muy cerca de la superficie e instalados en boyas, plataformas o barcos. Los vientos también se pueden medir remotamente utilizando radares doppler que pueden obtener el viento marino (el alcance se limita normalmente a varios cientos de kilómetros debido a la atenuación de la señal).
- Más recientemente, los avances en los satélites de teledetección han permitido mediciones de viento casi superficiales mediante el uso de instrumentos pasivos y activos.



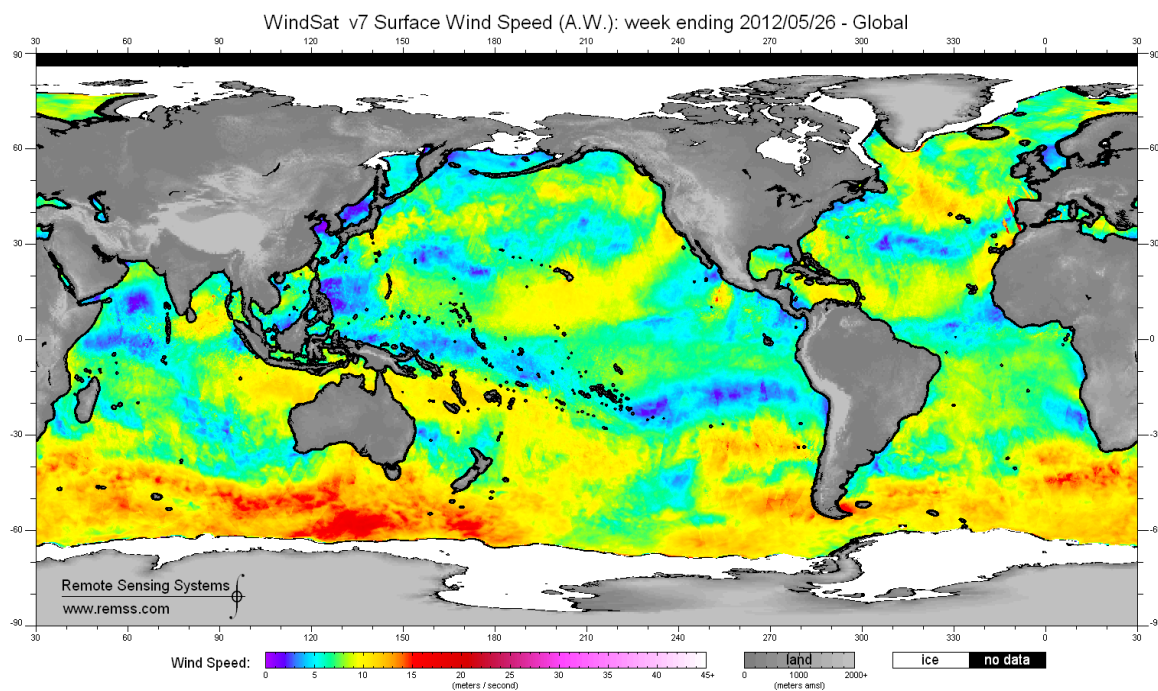


■ Instrumentos

- **Radiómetros pasivos:** La superficie del océano responde rápidamente al movimiento del aire por encima, que proporciona un patrón de rugosidad distinto dependiendo de la velocidad relativa y de la dirección del viento con respecto a la superficie del océano. La rugosidad de la superficie del océano proporciona un "brillo" específico que puede ser detectado utilizando radiómetros de microondas pasivos y que puede ser traducido con precisión a la velocidad del viento cerca de la superficie.
- **Los radares activos:** Longitudes de onda específicas en la banda de microondas son sensibles a la dispersión de Bragg, que es un tipo característico de ondas superficiales, a escala centimétrica, conocidas como ondas capilares. Éstas están directamente influenciadas por cambios en los vientos cerca de la superficie, y permiten a radares especializados, denominados dispersómetro, observar estos cambios. Estos radares transmiten pulsos de microondas hacia la superficie del océano, que dispersa inmediatamente una parte de la energía de vuelta al radar. Una vez que la sección transversal de radar se normaliza, la velocidad del viento cerca de la superficie puede ser calculada como una función de la energía retrodispersada. A diferencia de los radiómetros pasivos de microondas, el sistema radar activo puede combinar las mediciones desde diferentes ángulos de acimut para obtener la dirección aproximada del viento.

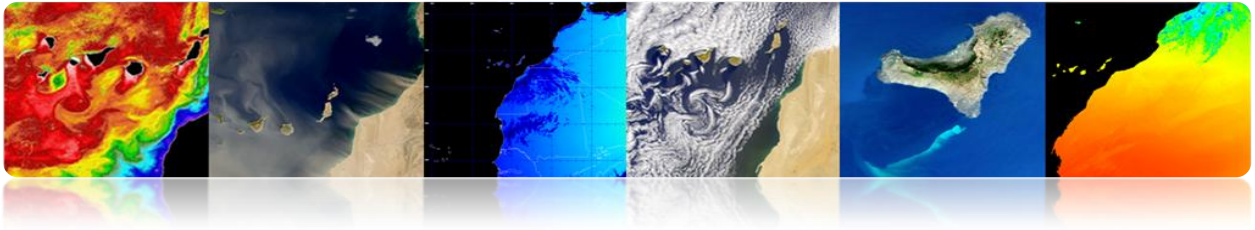


Ejemplo de vientos en superficie

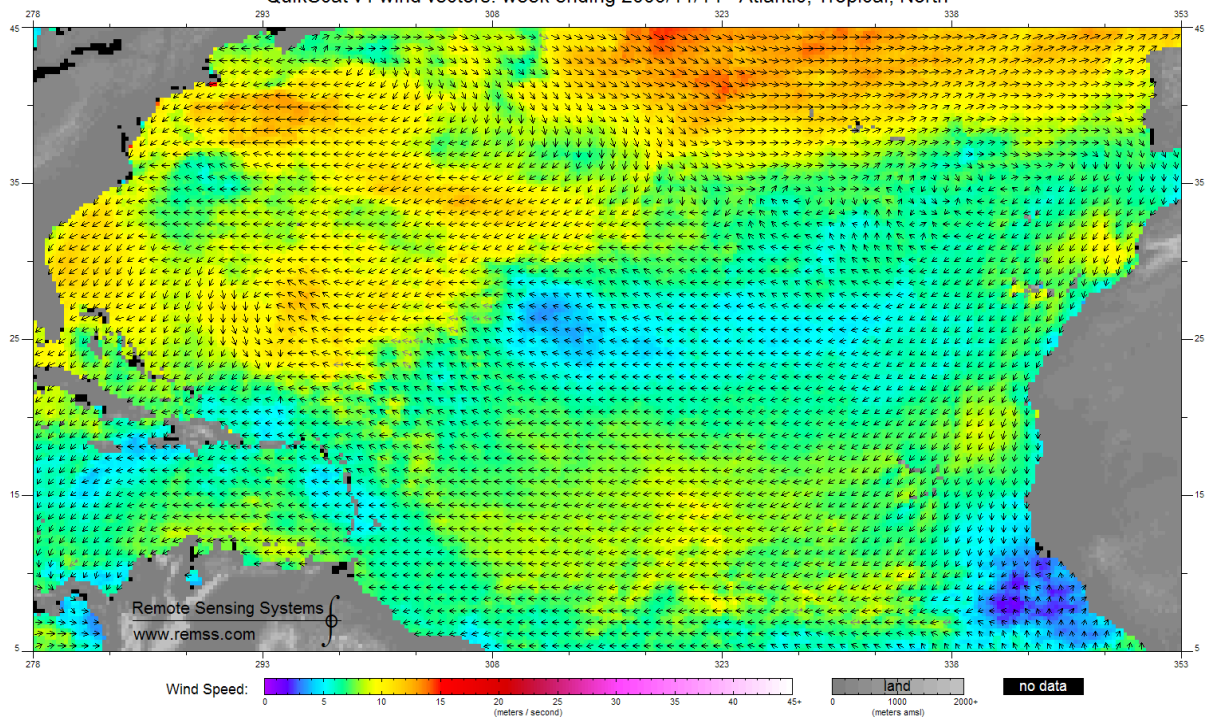


Tutorial TELECAN

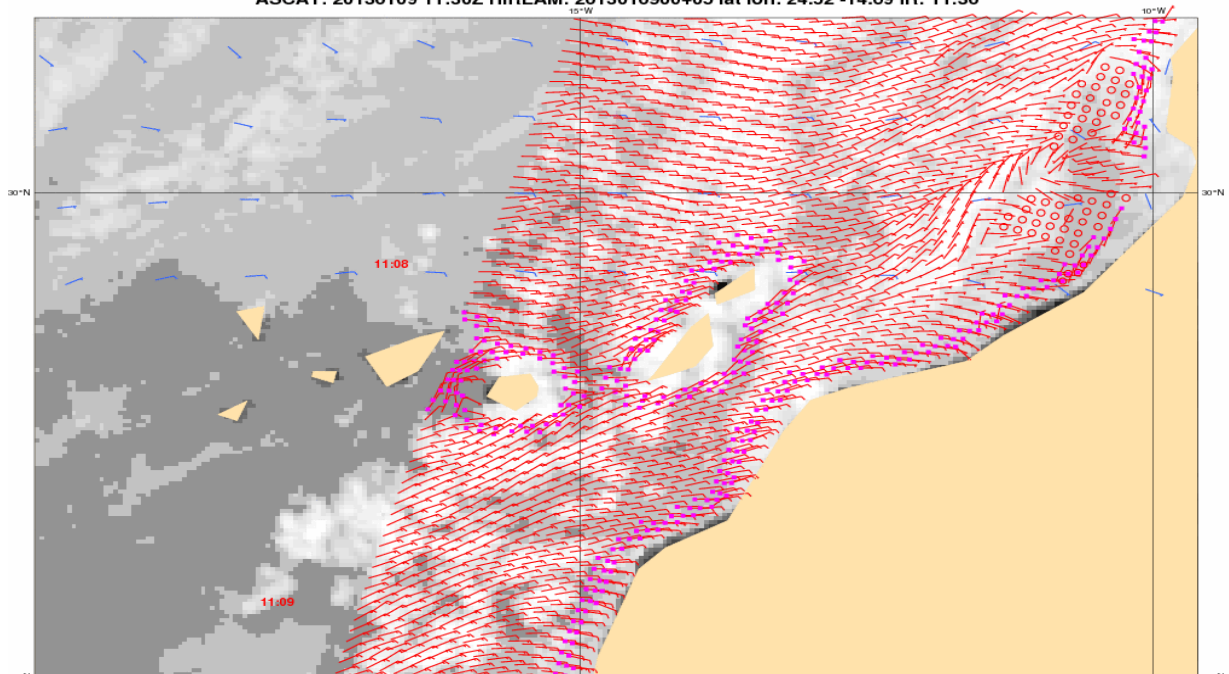
Aplicaciones de la Teledetección



QuikScat v4 wind vectors: week ending 2009/11/14 - Atlantic, Tropical, North



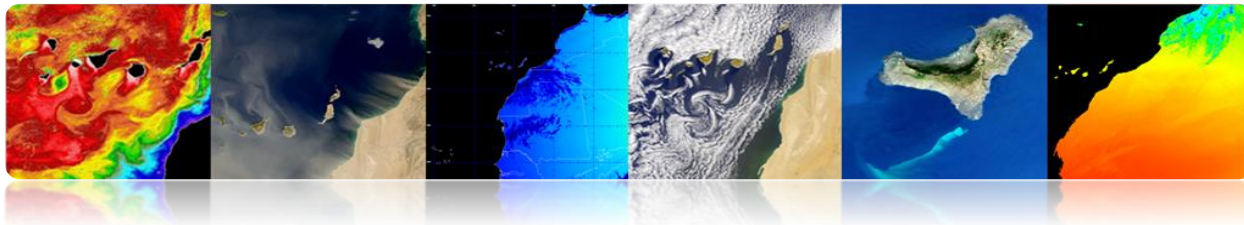
ASCAT: 20130109 11:30Z HIRLAM: 2013010906+05 lat lon: 24.52 -14.69 IR: 11:30



Tutorial TELECAN

Aplicaciones de la Teledetección





❑ CORRIENTES MARINAS

Las corrientes marinas son el movimiento continuo y dirigido de las aguas oceánicas generado por las fuerzas que actúan sobre este medio. Las corrientes oceánicas pueden fluir a grandes distancias, y juegan un papel dominante en la determinación del clima de muchas regiones de la Tierra.

Las corrientes pueden ser causadas por la presión del viento, por gradientes termohalinos o por la fuerza de las mareas. Estas corrientes también se ven influenciadas por la rotación de la Tierra a través de la deflexión de Coriolis.

Las corrientes oceánicas se pueden dividir a grandes rasgos en corrientes superficiales (10%) y corrientes termohalinas (90%). Las corrientes de superficie son principalmente impulsadas por el viento, mientras que la circulación termohalina es debido a las variaciones de temperatura y salinidad (estas corrientes son lentas en comparación con la circulación de superficie).

▪ Tipos de Corrientes

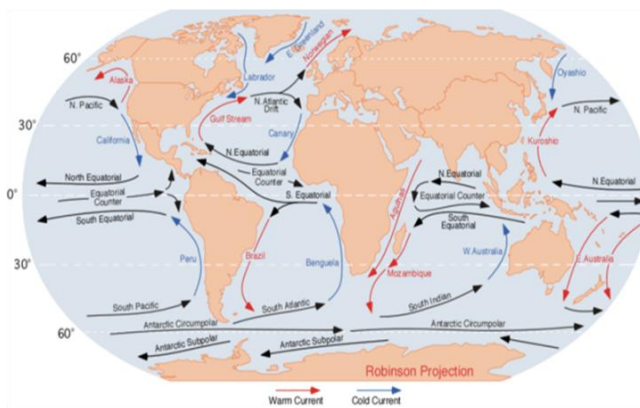
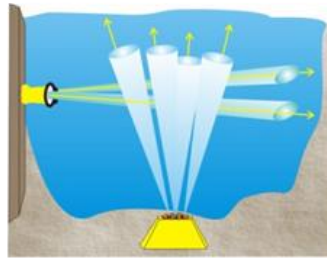
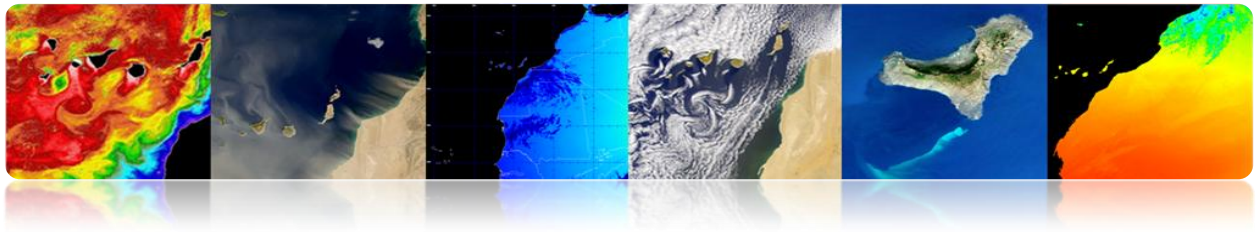
• Circulación a gran escala

En el hemisferio norte, las corrientes fluyen alrededor de las colinas en el sentido de las agujas del reloj y en sentido antihorario entorno a los valles (ocurre lo contrario en el hemisferio sur). Estas corrientes forman giros a ambos lados del ecuador. Otro fenómeno circulatorio a gran escala son las ondas planetarias.

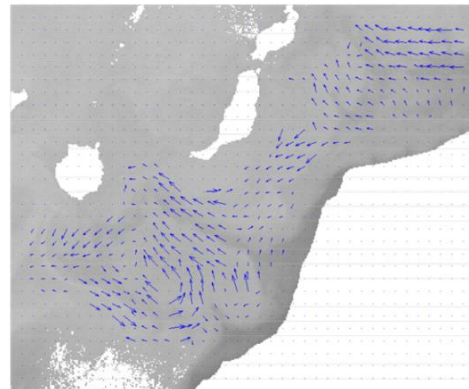
• Circulación a mesoescala

La circulación a mesoescala se define como un fenómeno energético a escalas espaciales que van desde diez a varios cientos de kilómetros y escalas temporales con rango desde unos pocos días hasta varios meses. Sus mecanismos de génesis son principalmente inestabilidades de la circulación a gran escala, las interacciones entre corrientes y la batimetría, y la presión ejercida por el viento.





Circulación a gran escala

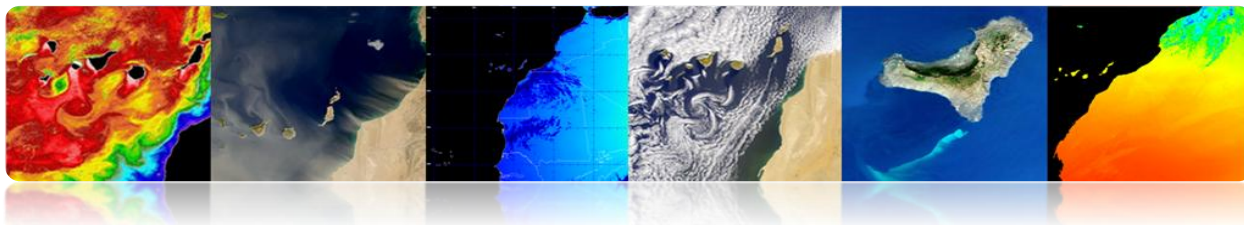


Circulación a mesoescala

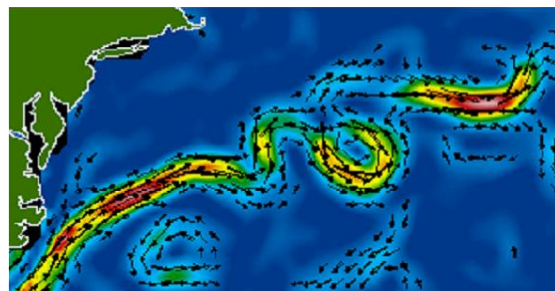
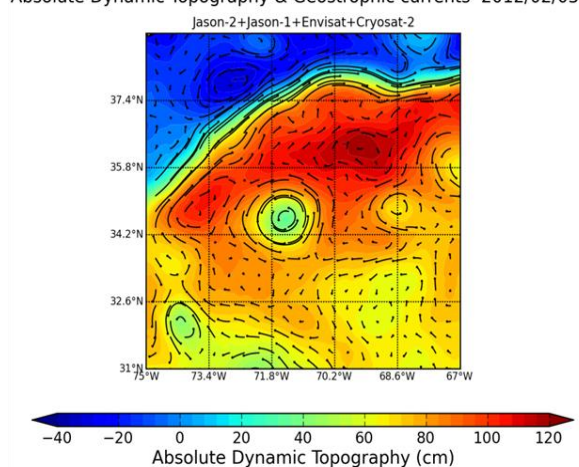
Las corrientes pueden ser estimadas mediante teledetección usando altímetros (SSHA) o a partir del cálculo del flujo óptico en secuencias de imágenes de temperatura superficial del mar o concentración de clorofila. Sin embargo, en este caso las nubes son un problema y, sólo se puede estimar el campo de vectores en áreas que no sean completamente uniformes (zonas con estructuras mesoscales).

■ Altímetro

Las corrientes oceánicas pueden elevar la altura de la superficie del mar en hasta un metro por encima de los alrededores. Por lo tanto, las corrientes se pueden calcular mediante la medición de las variaciones de altura usando satélites con altímetros.



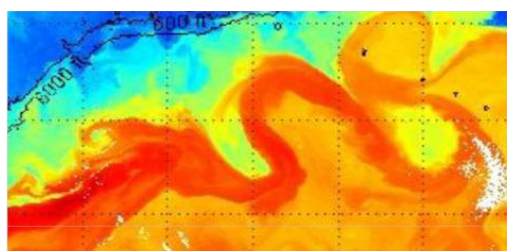
Absolute Dynamic Topography & Geostrophic currents 2012/02/03



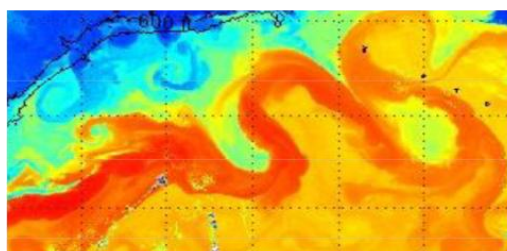
Altimetros (Envisat, Jason-1, Topex/Poseidon, and GFO)

■ Secuencias de SST

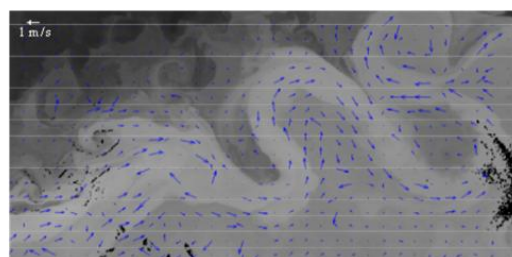
Estimación del movimiento en secuencias de imágenes, típicamente usando técnicas de correspondencia de regiones.



19 April 2005 18:37



20 April 2005 2:29



Estimación movimiento - MCC



▪ Remolinos: las tormentas oceánicas

Estas estructuras de forma circular o alargada, de 50 a 300 km de ancho, son la analogía oceánica a las tormentas en la atmósfera, y se ven claramente en mapas de anomalía superficie del mar desde los altímetros o en imágenes de temperatura.

Los remolinos (*eddies*) son importantes tanto para la circulación oceánica y el clima (por el transporte de calor y cantidad de movimiento), como para la biología marina y la pesca, pues provocan la mezcla de diferentes tipos de aguas oceánicas que influyen en las condiciones que permiten que la cadena alimentaria marina se desarrolle.

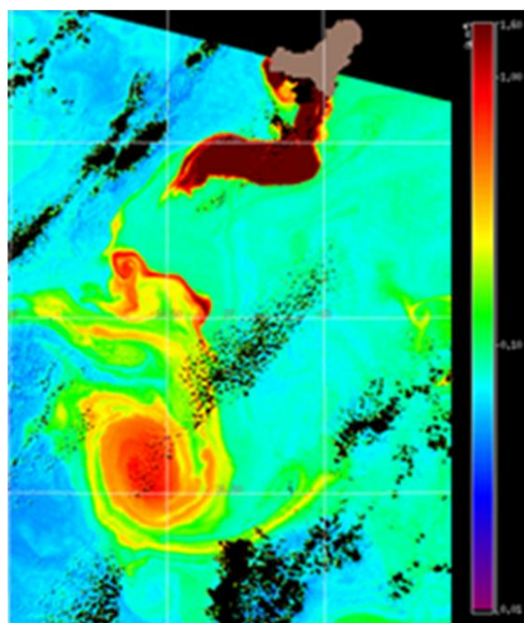
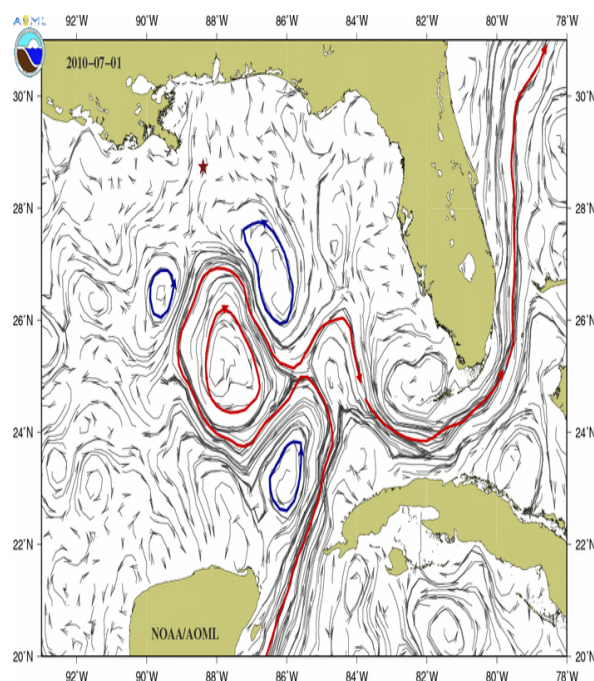
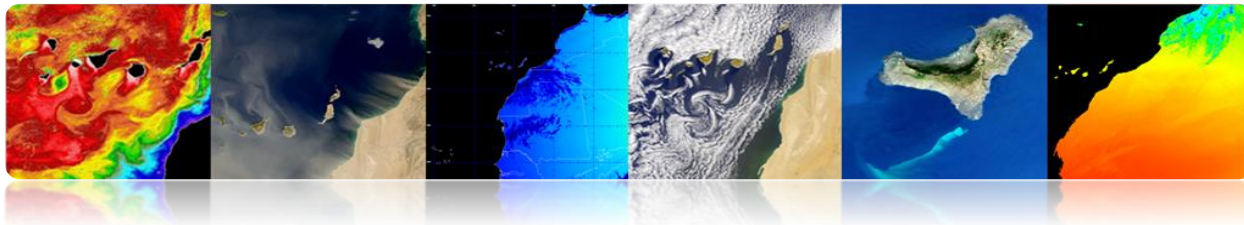
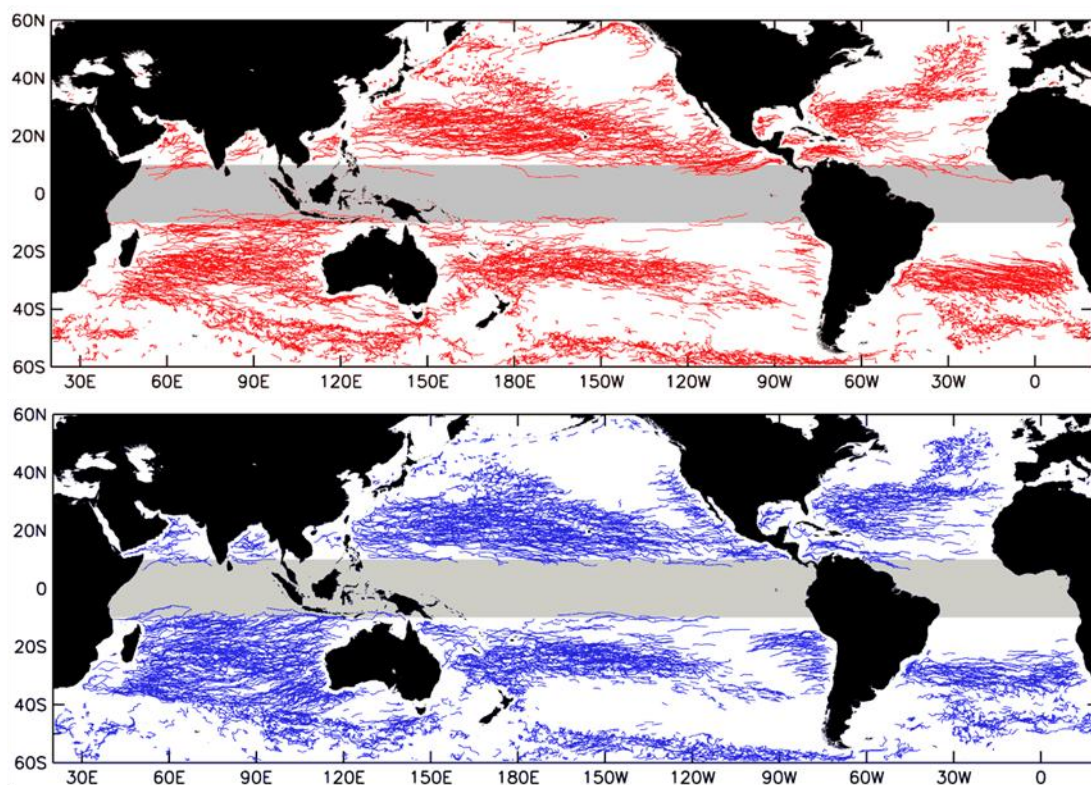


Imagen MERIS (ESA)

El análisis de las *Anomalías del Nivel del Mar*, a partir de más de 10 años de datos de satélite, revela las zonas de alta actividad de giros o remolinos durante esos años. Se presentan los remolinos anticiclónicos (arriba) y los ciclónicos (abajo) con tiempos de vida superiores a 18 semanas. Esta información ha sido proporcionada a partir de datos altimétricos.



Ambos tipos de remolinos se mueven hacia el oeste, y con una ligera tendencia (menos de 10°) hacia el ecuador o hacia los polos, respectivamente.



□ COLOR DEL OCÉANO

Es la medición de la radiación espectral obtenida a partir de la reflectancia en la banda del visible.

Objetivo principal: extraer las concentraciones de fitoplancton marino.

El fitoplancton es el conjunto de los organismos acuáticos autótrofos del plancton, que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos en el agua. Monitorizarlo es importante pues:

- Fija el dióxido de carbono en materia orgánica
- Juega un papel fundamental en el ciclo global del carbono y del clima
- Responsable de la de la producción primaria neta de aproximadamente la mitad de la Tierra



- Forma la base de la cadena alimenticia marina
- Afecta a diversas industrias, principalmente la pesquera
- Monitorizar las aguas costeras y su calidad

▪ Teledetección: Productos principales

Los principales productos obtenidos mediante satélite son:

• Normalized water-leaving radiances (nLw)

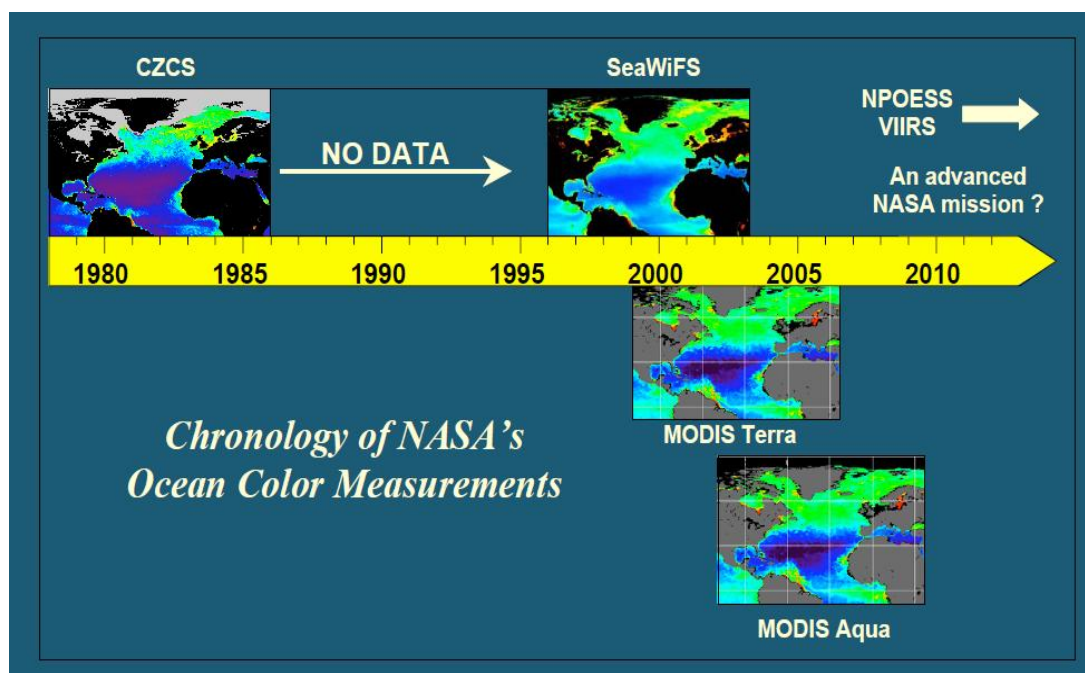
Radiancia que emerge de la subsuperficie marina en cada banda espectral analizada y que se propaga a través del interfazmar-aire.

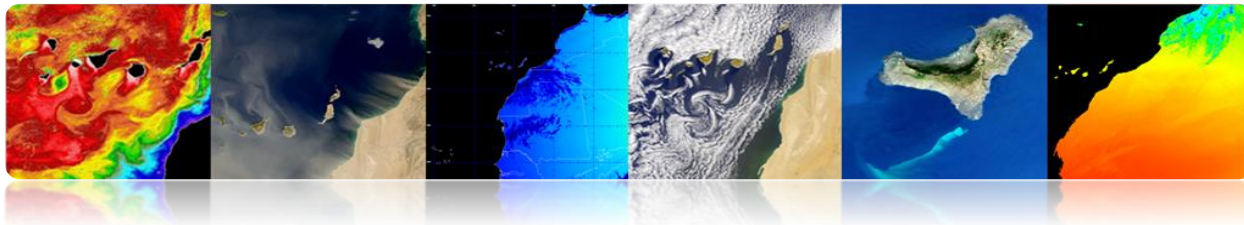
Unidades: $\mu\text{W cm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ nm}^{-1}$

• Chlorophyll-a concentration (Chl)

Pigmento fotosintético principal del fitoplancton, que se utiliza como índice de la biomasa de fitoplancton.

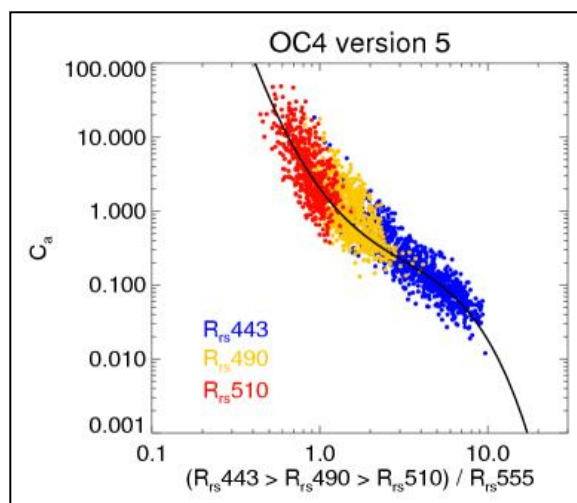
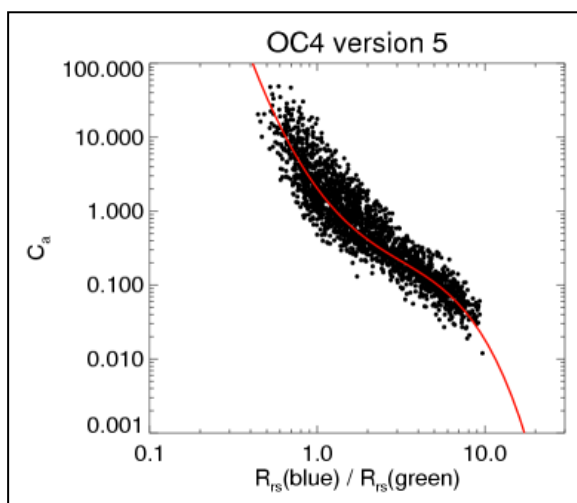
Unidades: mg m^{-3}





□ CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA

- Los algoritmos Open Oceans OC son los más ampliamente utilizados.
- Existen variantes según el número de bandas disponibles en el rango del verde y del azul.
- Los algoritmos OC3 y OC4 son los más actuales e implementados para los sensores MODIS (NASA) y MERIS (ESA).



Expresión general del algoritmo

$$\log_{10}(C_a) = (c_0 + c_1 R + c_2 R^2 + c_3 R^3 + c_4 R^4)$$

donde R es $\log_{10}(\max(R_{rs\ 443}, R_{rs\ 489}, R_{rs\ 510}) / R_{rs\ 555})$

Bandas usadas

OC4= 443 > 490 > 510 / 555

OC3 = 443 > 490 / 555

OC2 = 490 / 555

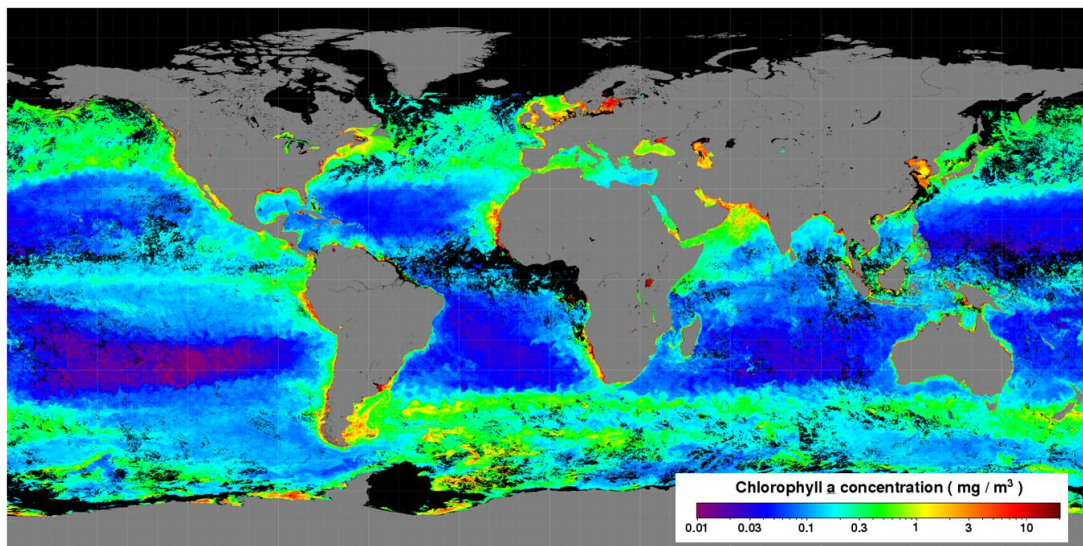
Clark = 490 / 555

Carder = 490 / 555





Mapa mensual Febrero 2013 (MODIS-AQUA)

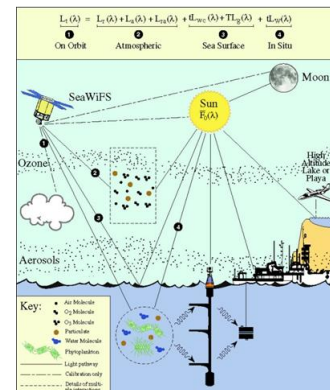
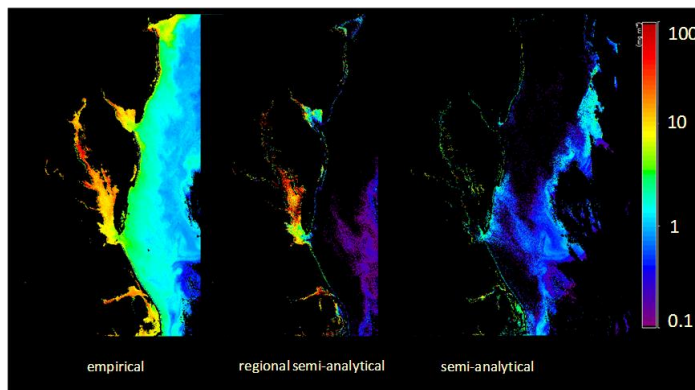
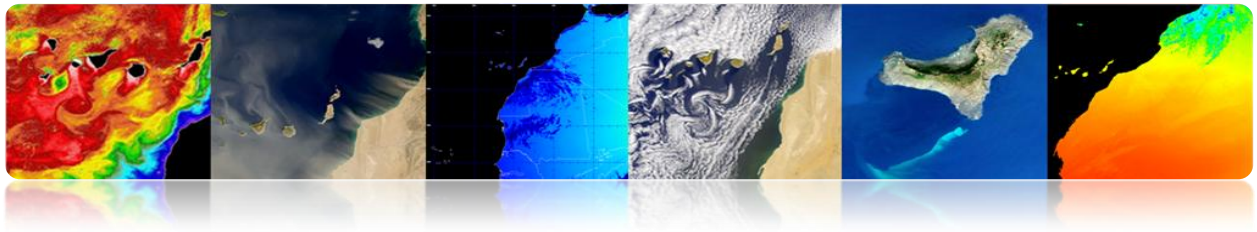


▪ Escala Regional (aguas Caso 2)

Los anteriores algoritmos no valen en general para aguas costeras o continentales, donde la dificultad es mucho mayor por:

- Variabilidad temporal y espacial
- Contaminación por tierra o fondo marino
- Aerosoles (polvo, contaminación)
- Sedimentos suspendidos y CDOM
- Efectos atmosféricos y emisiones antropogénicas





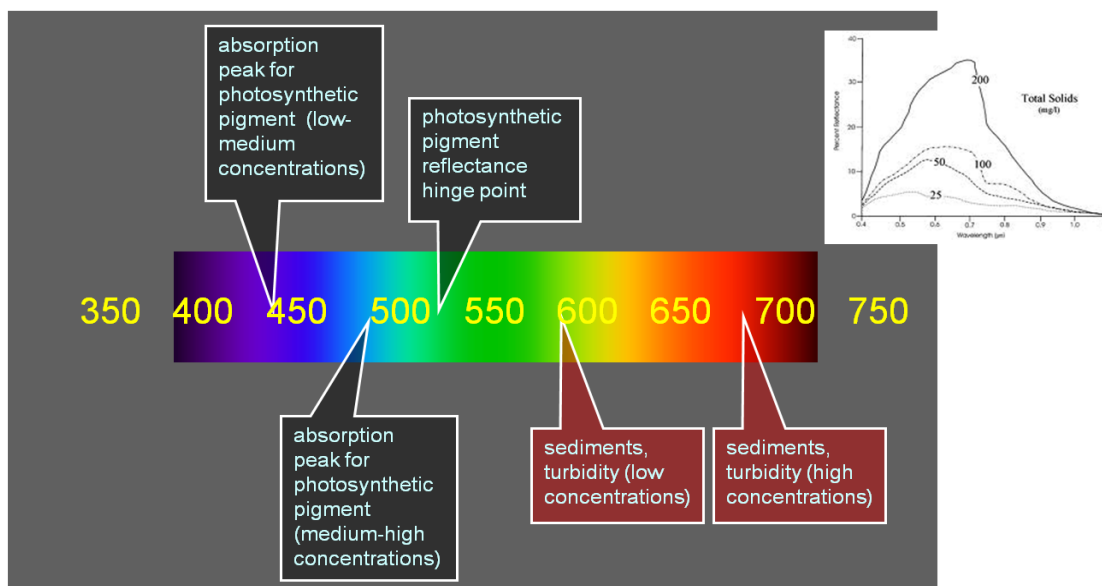
□ CALIDAD DEL AGUA

- La monitorización de la calidad del agua mediante teledetección se obtiene normalmente mediante varios parámetros fundamentales: turbidez, temperatura, clorofila, CDOM, etc.
- La existencia de una relación directa entre la variación de la reflectividad de los canales y la variación de los parámetros de calidad de agua se ha estudiado mediante sensores de resolución espacial baja y media (SeaWiFS, MODIS, MERIS, etc) para aguas abiertas.
- Recientemente, el satélite WorldView2 de alta resolución y con 8 bandas espectrales ha sido lanzado y proporciona mediciones de la calidad del agua en las zonas costeras o de aguas continentales con 2 m. de resolución.





Características espectrales



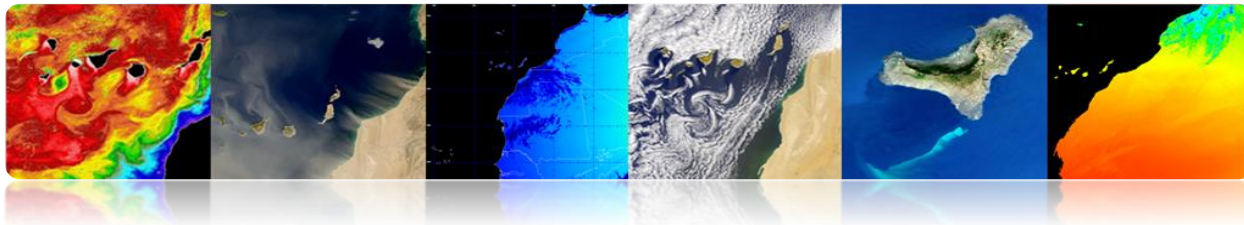
■ Materia Suspendida

- La **turbidez** se define como la falta de transparencia de un líquido debida a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua más sucia parecerá y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad. La turbidez afecta al grado en el cual la luz es dispersada y absorbida por las moléculas y partículas
- Las **aguas costeras poco profundas** a menudo se caracterizan por alta turbidez generada por la re-suspensión de los sedimentos del fondo o inducidos por el ser humano (obras, dragados, etc.).
- Algoritmos** que calculan la **materia suspendida** en el agua (*Total Suspended Mater* – TSM) se basan en el aumento de la reflectividad del agua en la **banda del rojo y del verde**.

Tutorial TELECAN

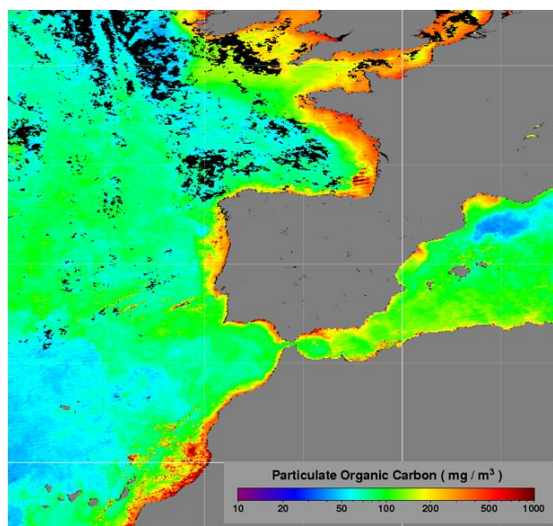
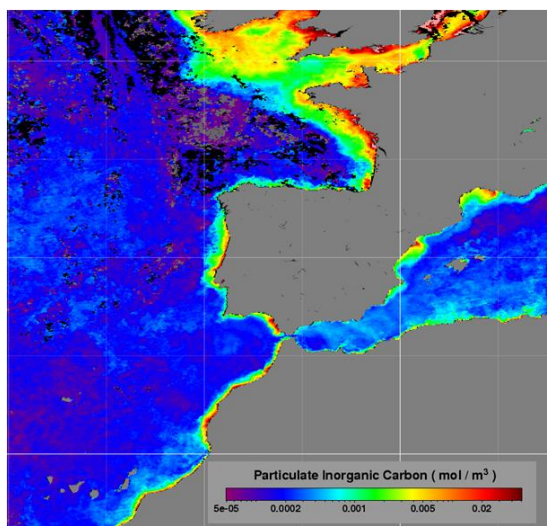
Aplicaciones de la Teledetección





No existe en la actualidad ningún algoritmo genérico preciso y fiable para la cuantificación de la TSM en las zonas costeras

- Existen una gran variedad de algoritmos que calculan la turbidez principalmente haciendo uso de varias bandas cercanas al rojo.
- Los algoritmos que utilizan directamente la reflectividad de una banda (p.e., polinómico) están más expuestos al ruido.
- MODIS proporciona 2 productos de materia particulada en suspensión: la inorgánica (PIC) y la orgánica (POC)



▪ Materia Disuelta

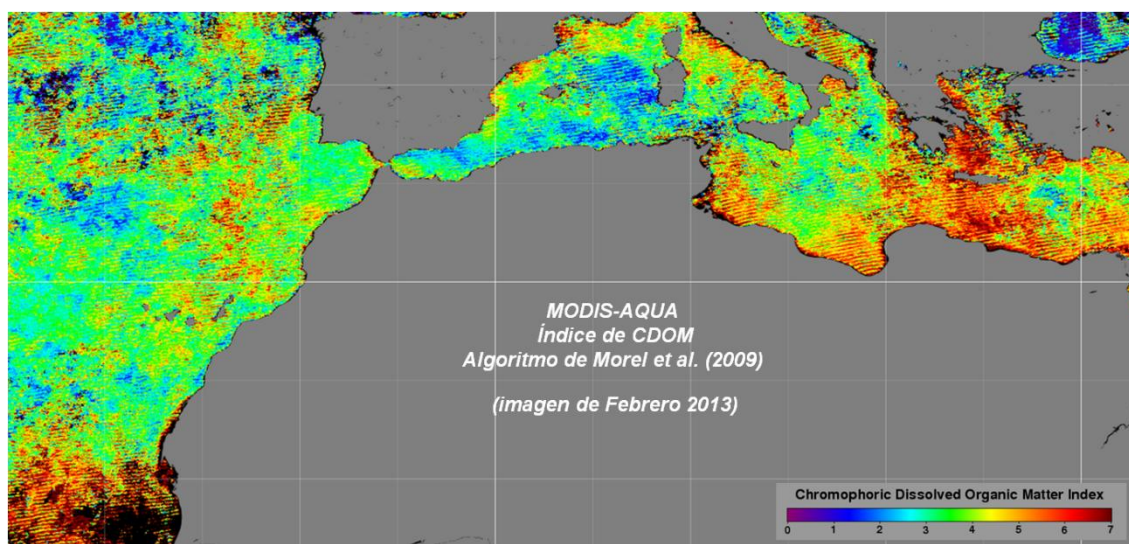
- La **materia orgánica disuelta coloreada** (**CDOM, yellow substance, gelbstoff**) es la componente ópticamente visible de la materia orgánica disuelta en el agua. Tiene un importante efecto en la actividad biológica de los ecosistemas acuáticos.
- CDOM absorbe las longitudes de onda cortas (ultravioleta, azul) mientras que el agua limpia absorbe las longitudes de onda más altas del visible. Por eso el agua adquiere un tono amarillo-verdoso.





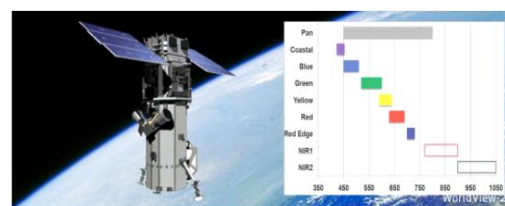
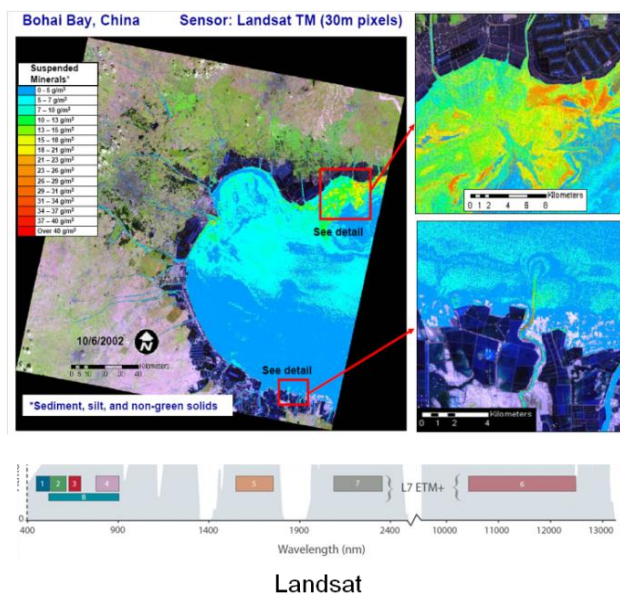
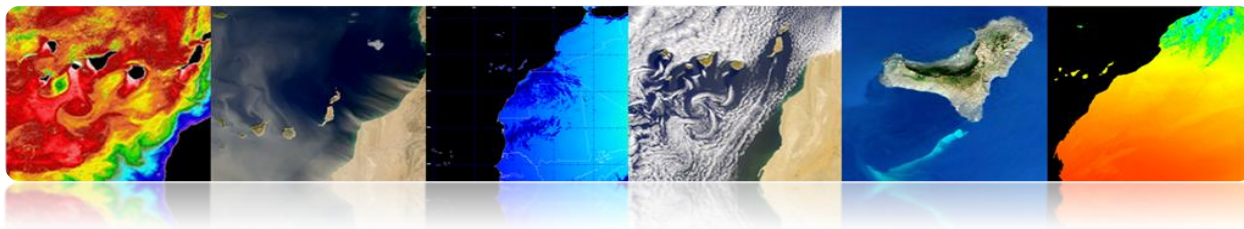
- Los algoritmos para estimar el CDOM se basan normalmente en la variación de la reflectividad de la banda del amarillo. Son poco robustos y ruidosos.
- CDOM interfiere con la detección remota de las concentraciones de clorofila. Por eso, los algoritmos para la detección de CDOM se utilizan para la discriminación de esta materia frente los pigmentos fotosintéticos y de la materia inorgánica suspendida.
- Ejemplo de algoritmo para el cálculo del CDOM:

$$CDOM (mg/l) = 5456.63 * R_{605} + 298.45$$



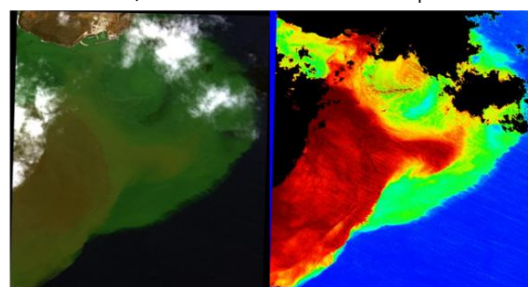
▪ Media - alta resolución

El estudio de la calidad del agua usando datos de media y alta resolución es uno de los principales desafíos en la actualidad.



WV-2 composicion RGB

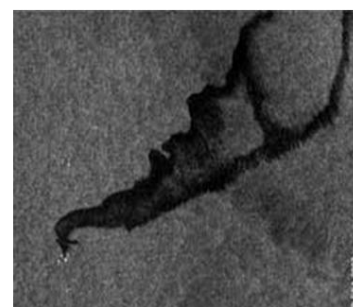
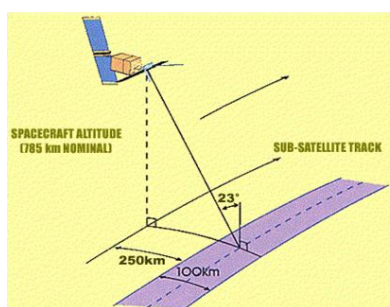
Materia Suspendida



Worldview-2

■ Vertidos de petróleo

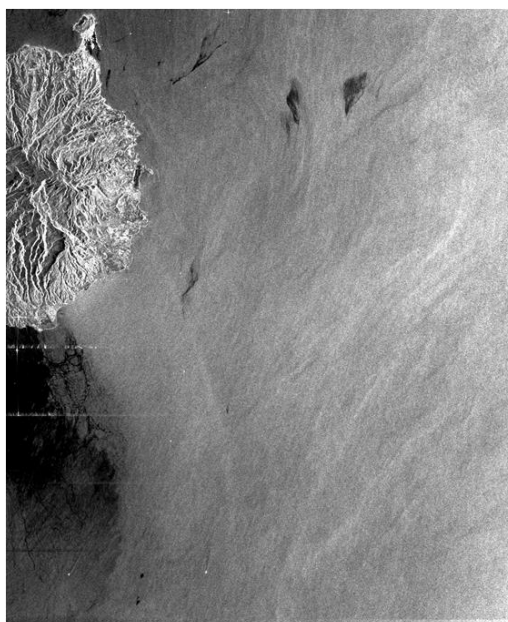
Otro aspecto relacionado con la calidad del agua es la detección de vertidos de petróleo. Para ello es posible usar datos de radares de apertura sintética (SAR) que detectan la rugosidad del mar y por tanto bajo ciertas condiciones de viento es fácilmente detectable pues la retrodispersión es mucho menor en aquellas zonas contaminadas por el vertido.





▪ Vertidos de petróleo: caso práctico

- ERGOS (Grupo de Respuesta Ambiental para Mareas Negras)
- WWF/Adena, ESA, INTA, Dirección General de Costas, Marina Mercante, SASEMAR y el Gobierno de Canarias.
- Periodo : Junio 2000 – Octubre 2002
- Área: Canarias (300.000 km²)
- Detectabilidad depende básicamente de la velocidad del viento (3-6 m/s), estado del mar y antigüedad de la mancha.

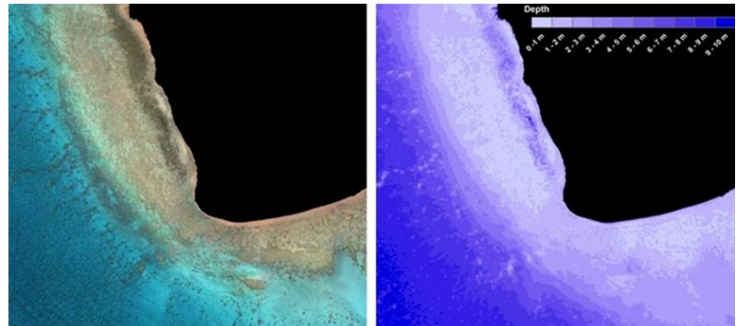
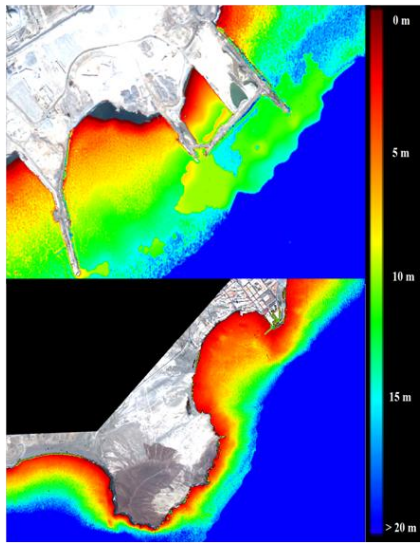
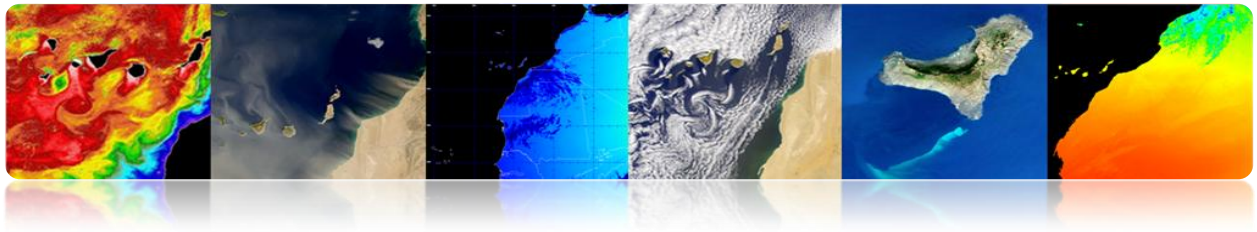


Year	Passes analyzed	Oil spills detected	Passes with spills
2001	84	58	69 %
2002	113	28	25 %
Total	197	86	44 %

□ BATIMETRÍA

Una aplicación muy reciente es la obtención de la batimetría de zonas costeras de baja profundidad (hasta 20 ó 30 metros) a partir de datos de satélites de alta resolución. Es un tema muy complejo pues pocas bandas consiguen penetrar lo suficiente y hay que evitar los efectos de la reflectividad del fondo marino.





CLASIFICACIÓN BÉNTICA

La clasificación del lecho marino es también un tema difícil a partir de datos de teledetección. Sólo es posible la clasificación a bajas profundidades pues la penetración de la luz en aguas costeras es mucho menor que en mar abierto y básicamente solo penetran los canales azul y verde.

En este ejemplo de imagen worldview-2 se aprecia que solo las 3 ó 4 primeras bandas (hasta el amarillo) pueden usarse.



RGB

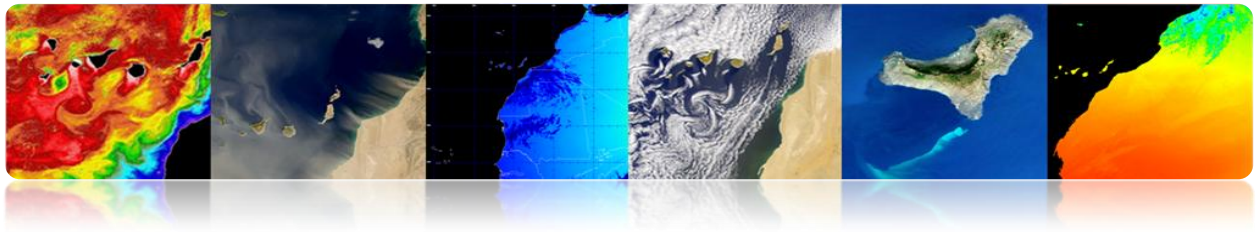
Azul Costa

Azul

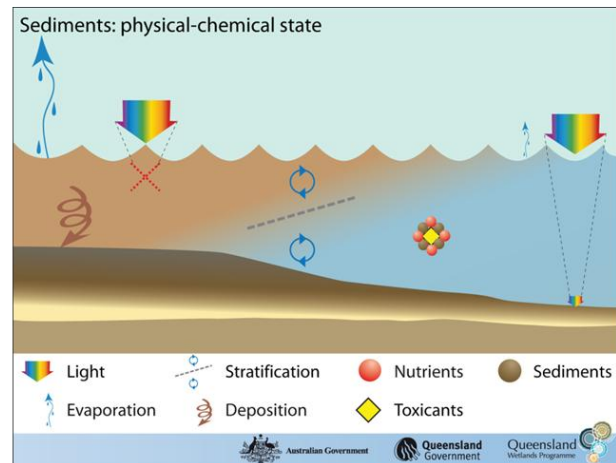
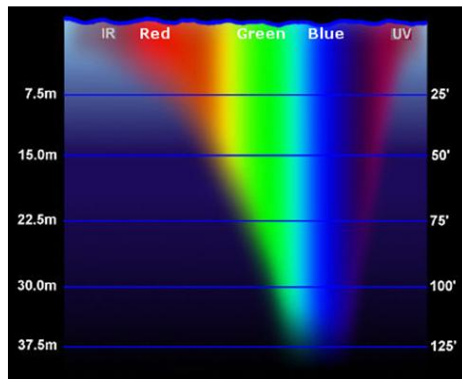
Verde

Amarillo

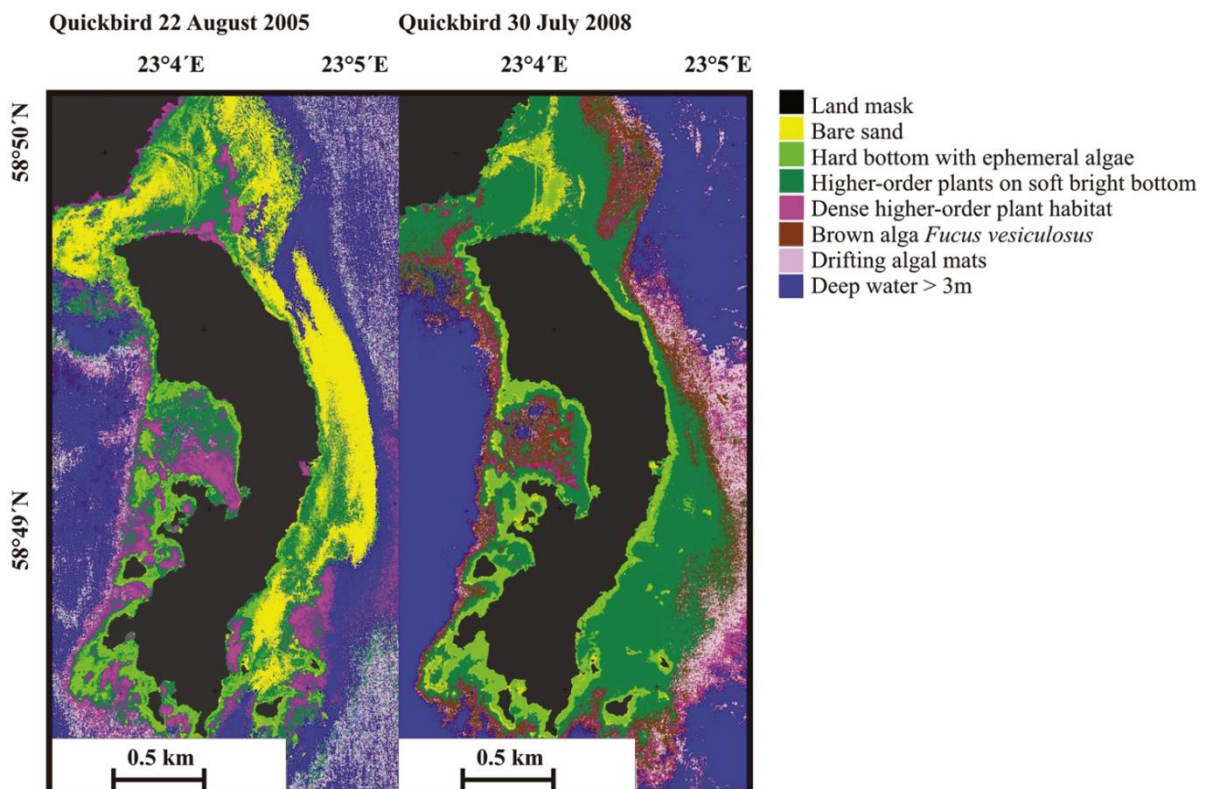
Rojo

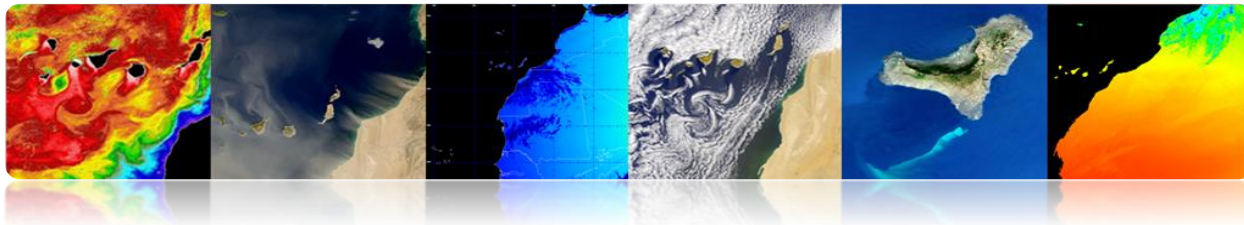


Además, sólo pueden distinguirse clases homogéneas que sean separables en esas longitudes de onda. La presencia de turbidez impide la clasificación del lecho marino.



Ejemplos de clasificación béntica





3.2 APLICACIONES TERRESTRES DE LA TELEDETECCIÓN.

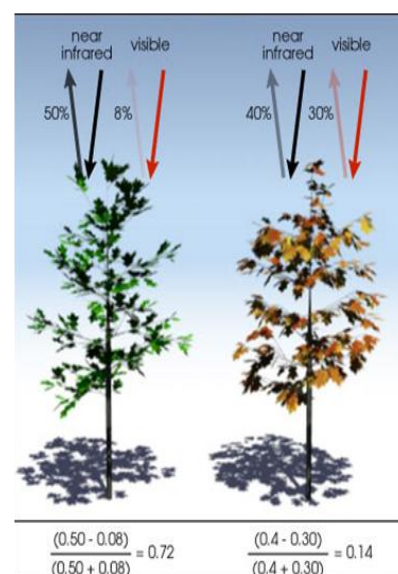
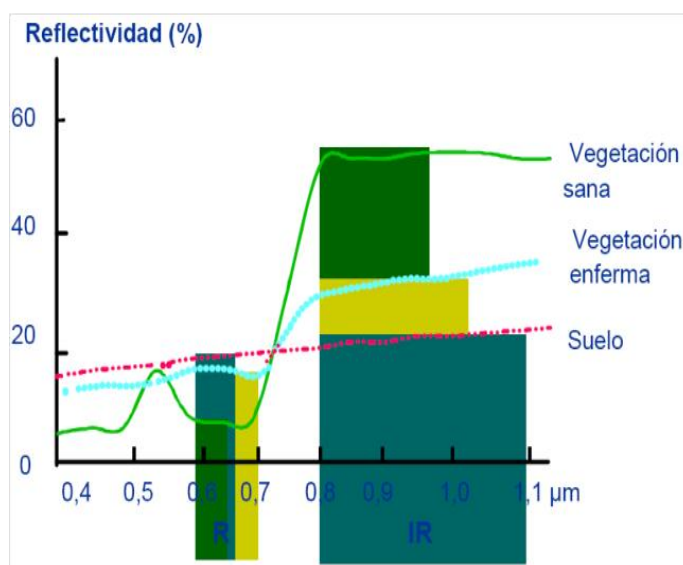
□ VEGETACIÓN Y BOSQUES

Los sistemas vegetales terrestres proporcionan propiedades de reflectancia únicas de la radiación recibida permitiendo su caracterización mediante técnicas de teledetección.

▪ Índices de Vegetación

Índices espectrales: son combinación entre bandas para obtener el parámetro de interés (vegetación, agua, suelo desnudo, etc.)

Los índices de vegetación se calculan combinando la reflectividad a distintas longitudes de onda para discriminar y extraer información sobre la vegetación minimizando la influencia de otros factores externos como el suelo, irradiancia solar, geometría de iluminación y observación, etc.)





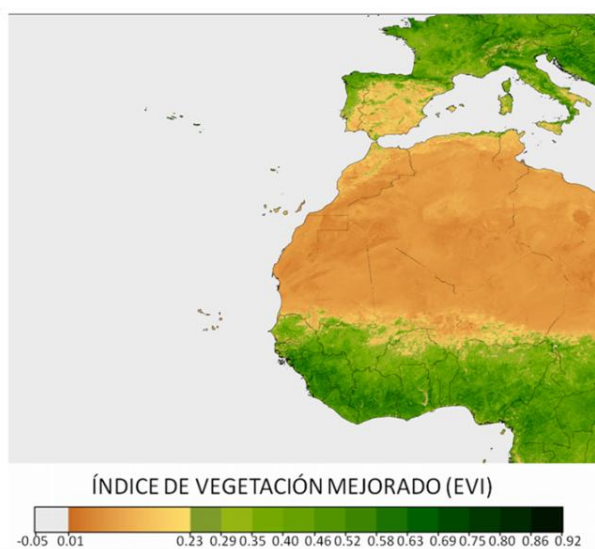
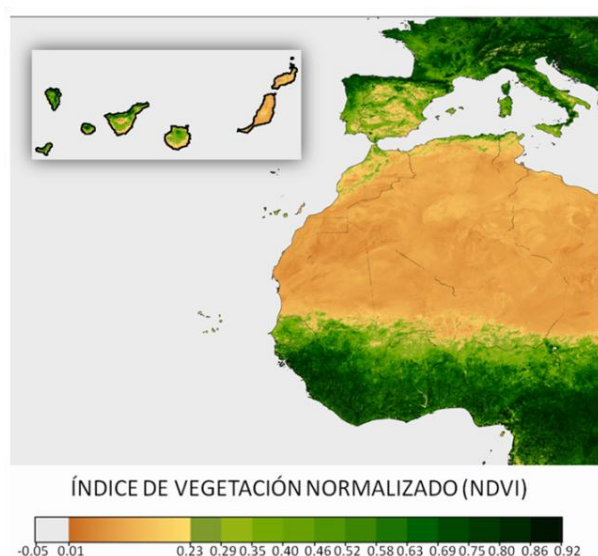
- Existen multitud de índices para estimar la vegetación.

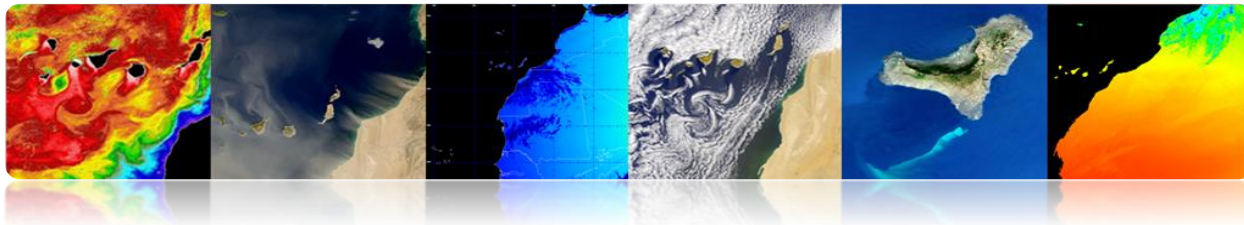
RVI	Ratio vegetation index	$RVI = \frac{R_{NIR}}{R_R}$
NDVI	Normalised difference vegetation index	$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} + R_R} = \frac{RVI - 1}{RVI + 1}$
WDVI	Weighted difference vegetation index	$WDVI = R_{NIR} - aR_R$
SAVI	Soil-adjusted vegetation index	$SAVI = \frac{R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} + R_R + L} (1 + L)$
SAVI2	Second Soil-adjusted vegetation index	$SAVI2 = \frac{R_{NIR}}{R_R + b/a}$

MSAVI2	Modified Second Soil-adjusted vegetation index	$MSAVI2 = \frac{1}{2} \left[2(R_{NIR} + 1) - \sqrt{2(R_{NIR} + 1)^2 - 8(R_{NIR} - R_R)} \right]$
ATSAVI ¹	Adjusted transformed soil-adjusted vegetation index	$ATSAVI = \frac{a(R_{NIR} - aR_R - b)}{aR_{NIR} + R_R - ab + X(1 + a_2)}$
EVI	Environmental vegetation index	$EVI = \frac{2.5(R_{NIR} - R_R)}{1 + R_{NIR} + 6R_R - 7.5R_B}$
NDVI _{green}	Green normalised difference vegetation index	$NDVI_{green} = \frac{R_{NIR} - R_{550}}{R_{NIR} + R_{550}}$
$\frac{R_{750}}{R_{550}}$	$\frac{R_{750}}{R_{550}}$	$\frac{R_{750}}{R_{550}}$
$\frac{R_{850}}{R_{550}}$	$\frac{R_{850}}{R_{550}}$	$\frac{R_{850}}{R_{550}}$

Ejemplo de índices más usados:

NDVI y EVI (sensor MODIS/Aqua).

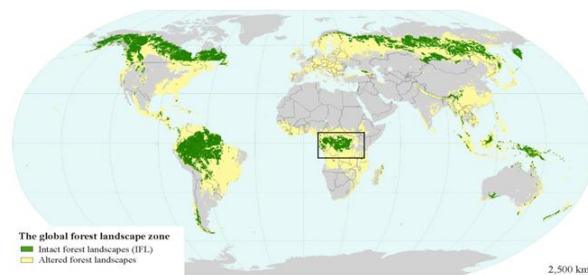
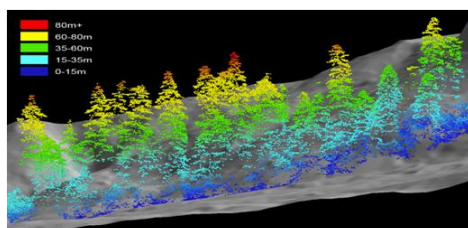




▪ Bosques

La teledetección es muy útil en aplicaciones forestales. Entre otras, se pueden destacar:

- Cobertura forestal
- Densidad forestal (*crown closure*)
- Fenología (estacionalidad)
- Inventario de especies forestales
- Estimación de biomasa
- Deforestación
- Protección bosques
- Prevención, seguimiento y evaluación incendios



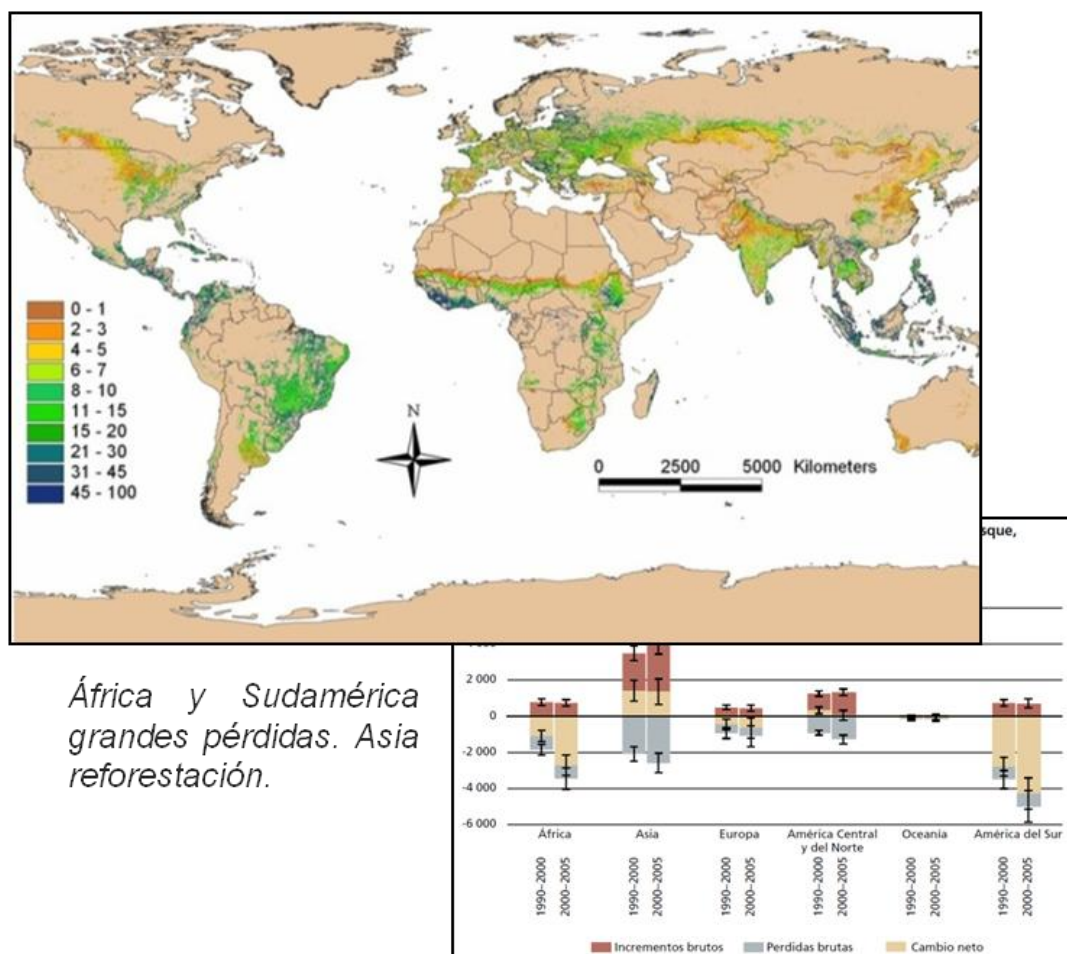
La deforestación mundial entre 1990 y 2005 fue de 14.5 millones de Ha anuales.

Los resultados de la *Evaluación global de los bosques por teledetección* muestran que en 2005 la cubierta forestal del planeta era de 3 690 millones de hectáreas, o el 30% de la superficie terrestre del planeta.



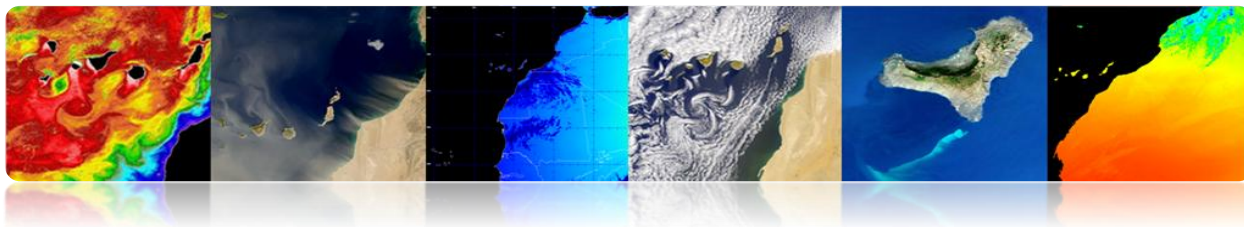


Estos nuevos resultados indican que la tasa de deforestación del mundo, fundamentalmente la conversión de bosques tropicales en tierras agrícolas, fue en promedio de 14,5 millones de hectáreas al año entre 1990 y 2005, dato que concuerda con las estimaciones previas.



<http://www.fao.org/forestry/fra/remotesensingsurvey/es/>

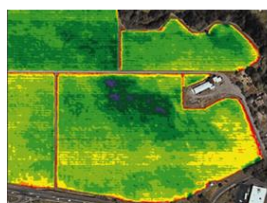
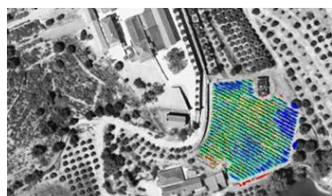




AGRICULTURA

La agricultura es el pilar económico de muchos países. La teledetección puede aportar múltiple información:

- Extensión de cultivos
- Inventario de cultivos
- Producción agrícola
- Pronóstico de cosechas.
- Selección y vigilancia zonas agrícolas
- Evaluación de daños por sequía o inundaciones.
- Control de plagas y enfermedades de los cultivos.
- Detección de estrés metabólico (hídrico o nutricional).
- Agricultura de precisión





▪ Producción agrícola

Ejemplo de aplicaciones:

- Selección de parcelas adecuadas (mejor suelo, humedad, etc.)
- Monitorización de la evolución de los cultivos (fenología, abonado, etc.)
- Detección y evaluación de daños

Ejemplo: recogida progresiva del trigo en Junio

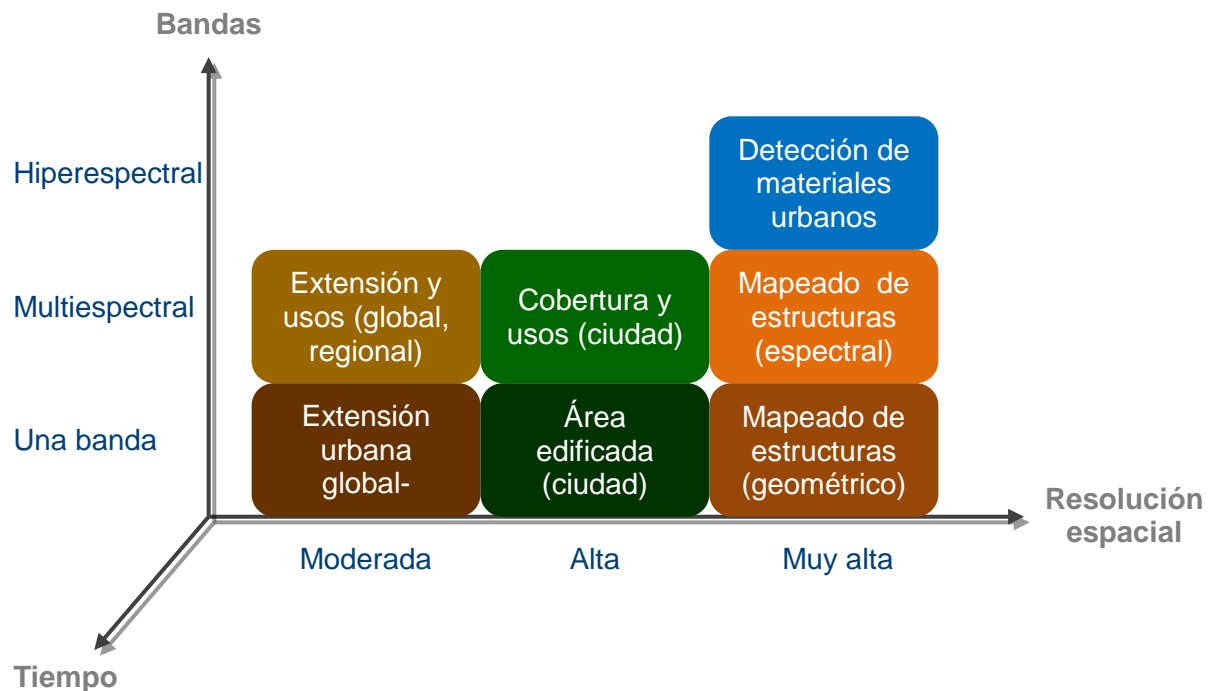
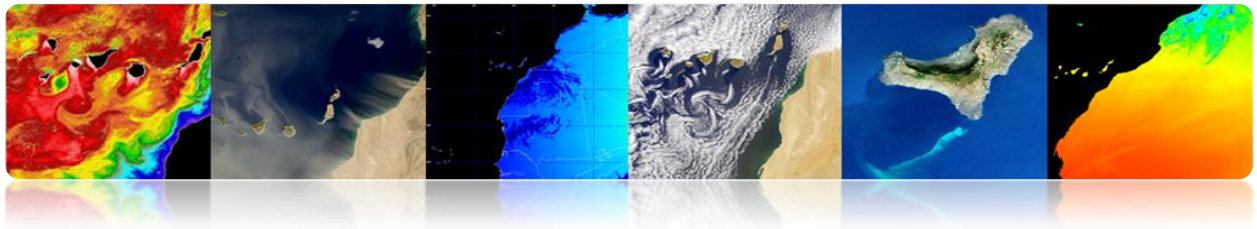


□ MONITORIZACIÓN URBANA

▪ Aplicaciones urbanas de la teledetección

Las aplicaciones de la teledetección en el ámbito urbano dependerán principalmente del número de bandas disponibles y de la resolución espacial del sensor.

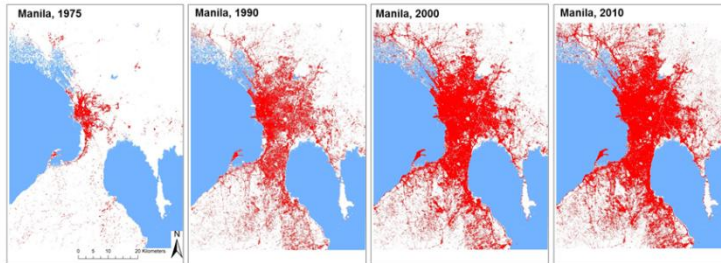
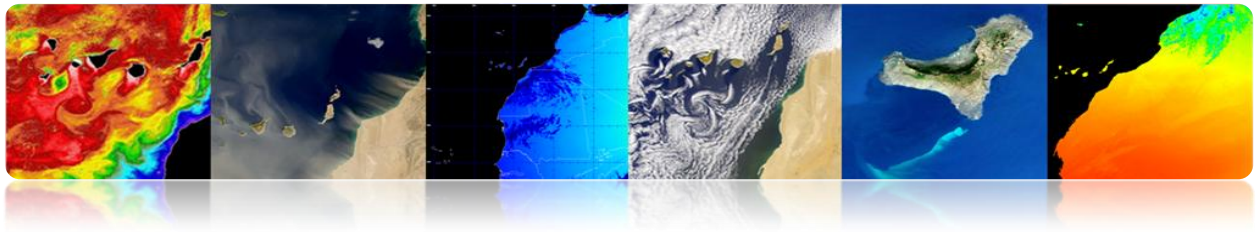




A continuación se presentan diferentes ejemplos.

▪ Extensión y crecimiento urbano a nivel global y regional

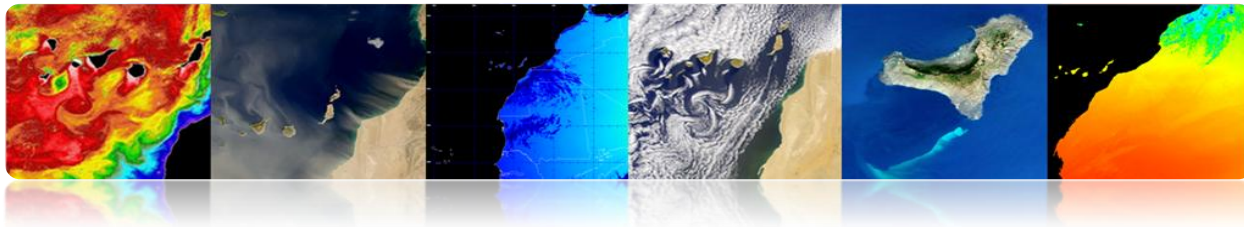
- Mapear zonas urbanas
- Entender proceso de urbanización
- Analizar y prever tendencias de crecimiento y transformación usos del suelo
- Prevenir la degradación y polución medioambiental
- Análisis económico global (población, pérdida actividad agrícola, actividad industrial, comercial, etc.)



▪ Extensión y crecimiento urbano y rural a nivel local

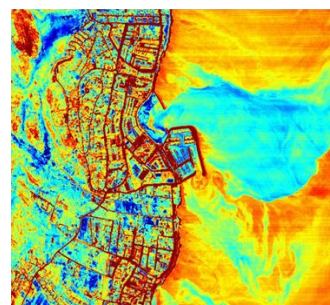
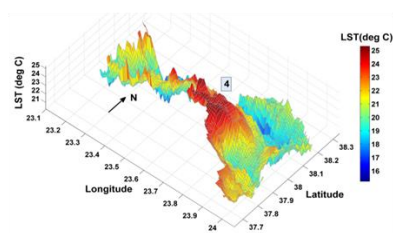
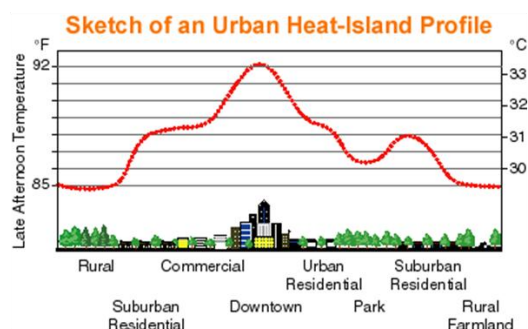
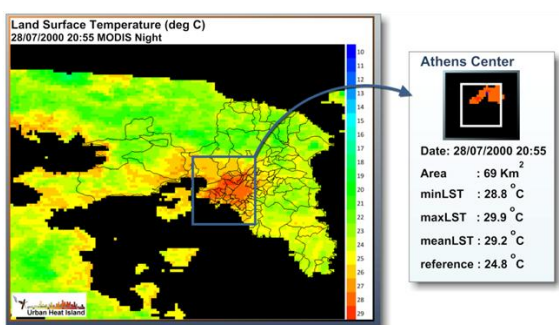
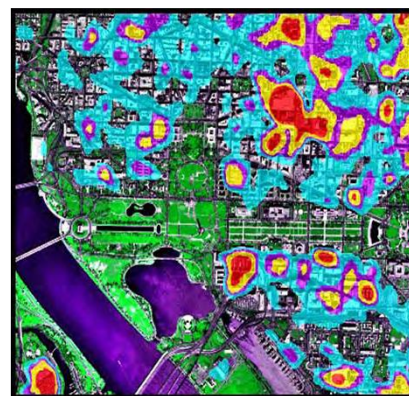
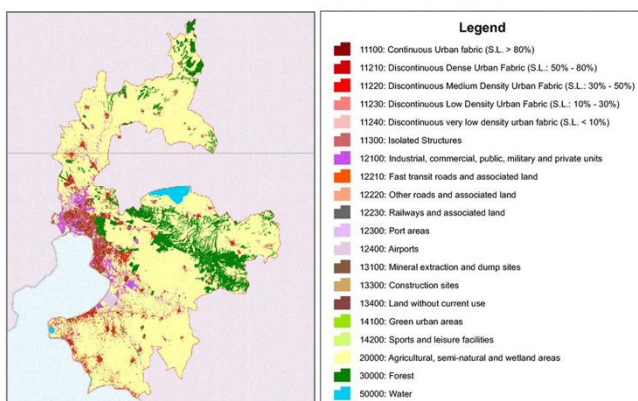
- Mapear zonas urbanas a nivel de ciudad
- Estimar población
- Entender proceso de urbanización (bloques, etc.)
- Planificación (puertos, aeropuertos, carreteras, etc.)
- Detección construcciones clandestinas
- Analizar vulnerabilidades y riesgos
- Monitorizar desastres
- Análisis económico regional (población, pérdida actividad agrícola, actividad industrial, comercial, etc.)

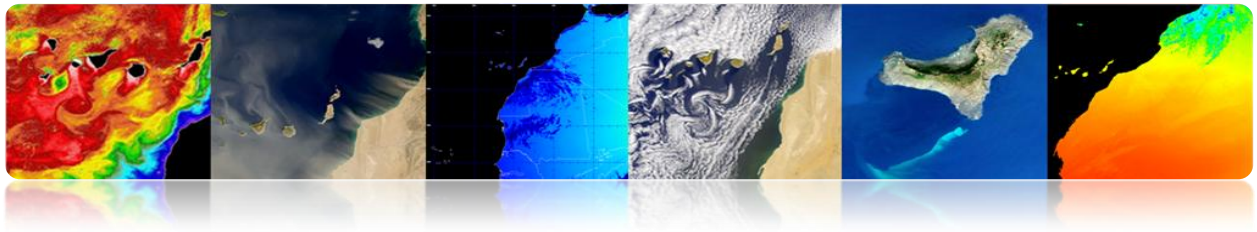




■ Usos del suelo e indicadores ambientales

- Mapear coberturas del suelo a nivel regional, local o de ciudad
- Cartografía de zonas verdes urbanas (parques, bosques, etc.)
- Caracterizar y estimar zonas selladas y de drenaje (inundaciones, etc.)
- Estudiar islas de calor urbano: el confort de las ciudades depende de la estructura 3D de los edificios, su geometría, materiales de construcción, áreas verdes, etc.





▪ **Vulnerabilidad ante desastres**

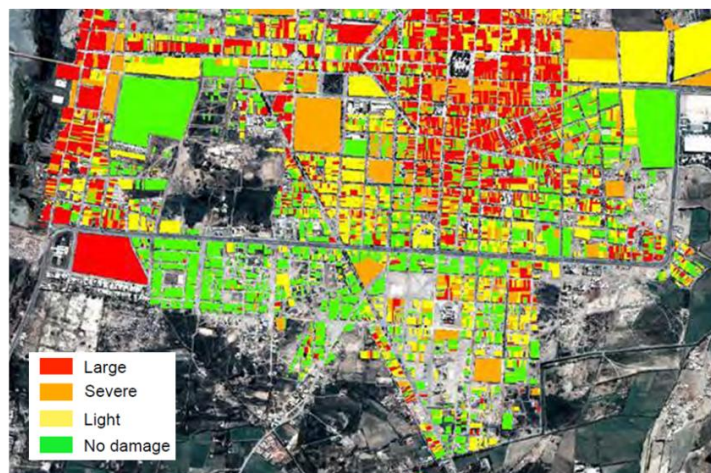
- Mapas de vulnerabilidad a nivel local
- Usar sensores ópticos hiperespectrales (se puede combinar con Lidar (altura), SAR, etc.)



▪ **Evaluación de daños tras catástrofes**

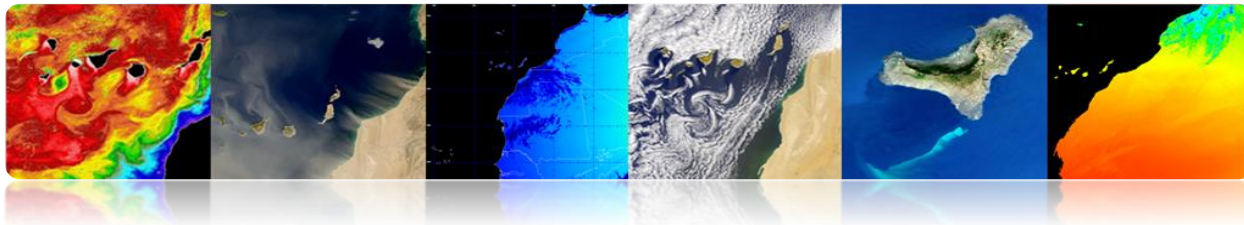
Perú: terremoto (7.9 grados)

Estudio de detección de cambios usando SPOT-5



Tutorial TELECAN

Aplicaciones de la Teledetección



▪ Teledetección urbana a muy alta resolución

- Análisis a nivel de objeto (edificio, carretera, puente, etc.)
- Detección y modelado de estructuras
- Modelado 3D de edificios.
- Catástrofes, etc.



□ COBERTURA Y USOS DEL SUELO

- El desarrollo económico, el crecimiento de población y la variabilidad climática han provocado rápidos cambios en las últimas décadas.
- Nuestra vida está ligada a las diferentes cubiertas terrestres (agua, bosques, desiertos, etc.) que nos rodean. Cuando éstas cambian, nuestra salud, economía y medio ambiente pueden verse afectados.
- La teledetección permite la obtención de mapas de uso y coberturas terrestres (LULC: *Land Use Land Cover Maps*), cada vez más fiables y con mejor resolución espacial.

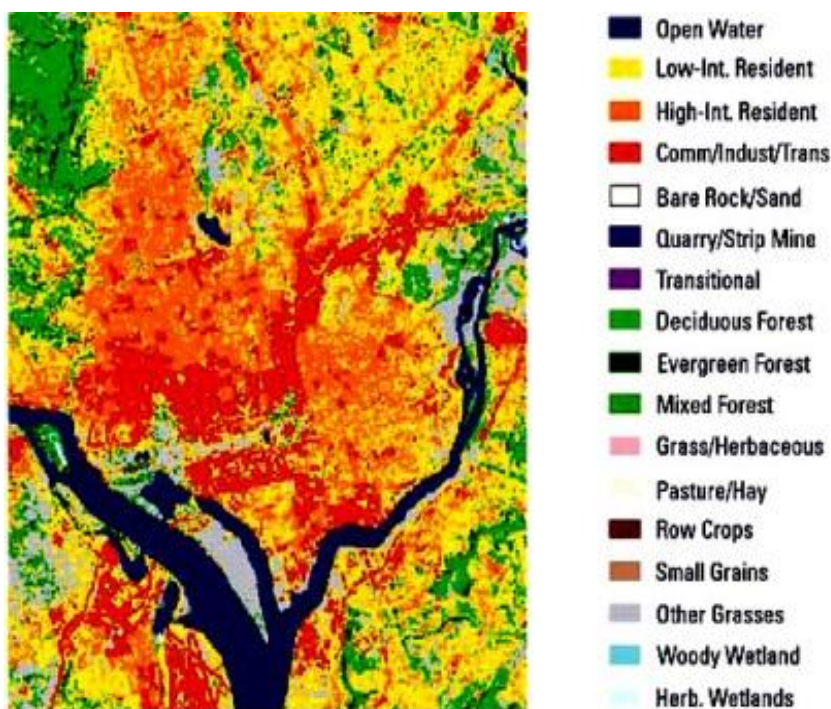


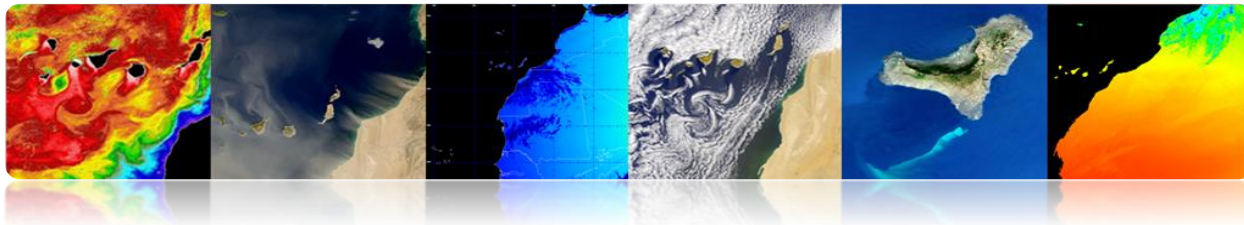
▪ Selección de Clases

- No existe ningún estándar único para mapas LULC a nivel global. Los más usados son: CORINE, LCCS (Globcover, GLC2000), Anderson, IGBP, etc.

DATOS	SENSOR	FECHA	RESOLUCION	TÉCNICA CLASIFICACIÓN	ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN
GLC2000	VEGETATION /SPOT4	Nov 1999 Dic 2000	1 km	Supervisada- No supervisada	LCCS (Nivel: regional y global)
CORINE	Landsat TM /SPOT	1999-2000	1:100.000 250 m	Fotointerpretación	Sistema jerárquico (44 clases)
GLOBAL-COVER	MERIS	Ene 2005 Jun 2006	300 m	Cluster no supervisado- Supervisada	LCCS (Nivel: regional y global)

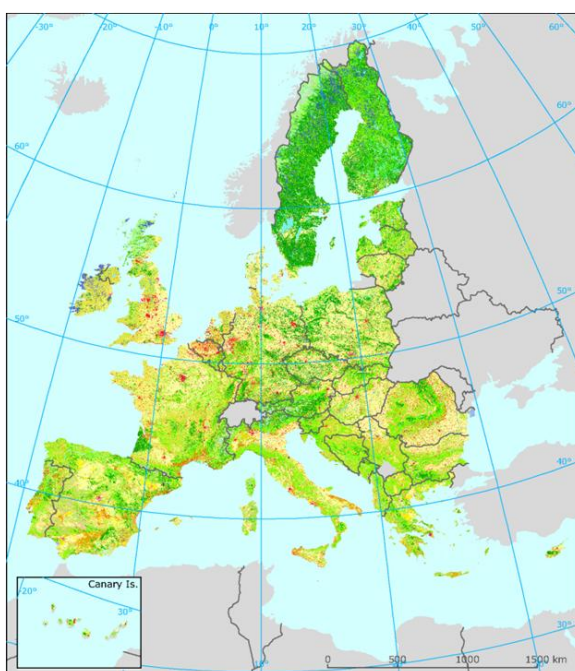
- Para análisis regionales lo lógico es seleccionar las clases adecuadas para la zona de estudio.





▪ CORINE LAND COVER

CORINE (*Coordination of Information on the Environment*) supuso la creación de una base de datos de ocupación del suelo en la Unión Europea. Está dirigido por la Agencia Europea de Medioambiente.

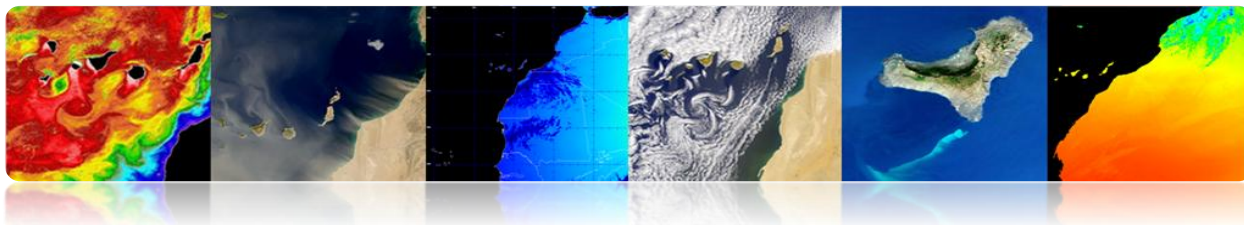


Corine land cover classes	
1. Artificial surfaces	3. Forest and seminatural areas
1.1 Urban fabric	3.1 Forests
1.1.1. Continuous urban fabric	3.1.1. Broad-leaved forest
1.1.2. Discontinuous urban fabric	3.1.2. Coniferous forest
1.2 Industrial, commercial and transport units	3.1.3. Mixed forest
1.2.1. Industrial or commercial units	3.2 Shrub and/or herbaceous vegetation associations
1.2.2. Road and rail networks and associated land	3.2.1. Natural grassland
1.2.3. Port areas	3.2.2. Moors and heathland
1.2.4. Airports	3.2.3. Sclerophyllous vegetation
1.3 Mine, dump and construction sites	3.2.4. Transitional woodland shrub
1.3.1. Mineral extraction sites	3.3 Open spaces with little or no vegetation
1.3.2. Dump sites	3.3.1. Beaches, dunes, and sand plains
1.3.3. Construction sites	3.3.2. Bare rock
1.4 Artificial, non-agricultural vegetated areas	3.3.3. Sparsely vegetated areas
1.4.1. Green urban areas	3.3.4. Burnt areas
1.4.2. Sport and leisure facilities	3.3.5. Glaciers and perpetual snow
2. Agricultural areas	4. Wetlands
2.1 Arable land	4.1 Inland wetlands
2.1.1. Non-irrigated arable land	4.1.1. Inland marshes
2.1.2. Permanently irrigated land	4.1.2. Peat bogs
2.1.3. Rice fields	4.2 Coastal wetlands
2.2 Permanent crops	4.2.1. Salt marshes
2.2.1. Vineyards	4.2.2. Salines
2.2.2. Fruit trees and berry plantations	4.2.3. Intertidal flats
2.2.3. Olive groves	5. Water bodies
2.3 Pastures	5.1 Inland waters
2.3.1. Pastures	5.1.1. Water courses
2.4 Heterogeneous agricultural areas	5.1.2. Water bodies
2.4.1. Annual crops associated with permanent crops	5.2 Marine waters
2.4.2. Complex cultivation patterns	5.2.1. Coastal lagoons
2.4.3. Land principally occupied by agriculture	5.2.2. Estuaries
2.4.4. Agro-forestry areas	5.2.3. Sea and ocean

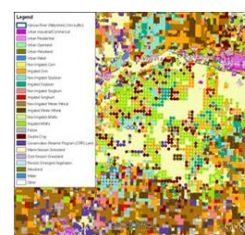
▪ ANDERSON

Anderson desarrolló en 1972 un sistema de clases multinivel de coberturas terrestre.

Es utilizado principalmente por el USGS usando datos Landsat.

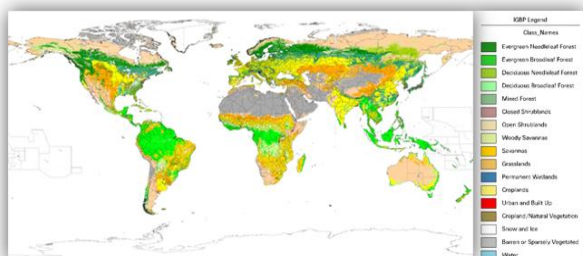


Level I	Level II		
1 Urban or Built-up Land	11 Residential	6 Wetland	61 Forested Wetland
	12 Commercial and Services		62 Nonforested Wetland
	13 Industrial	7 Barren Land	71 Dry Salt Flats
	14 Transportation, Communications, and Utilities		72 Beaches
	15 Industrial and Commercial Complexes		73 Sandy Areas other than Beaches
	16 Mixed Urban or Built-up Land		74 Bare Exposed Rock
	17 Other Urban or Built-up Land		75 Strip Mines Quarries, and Gravel Pits
2 Agricultural Land	21 Cropland and Pasture		76 Transitional Areas
	22 Orchards, Groves, Vineyards, Nurseries, and Ornamental Horticultural Areas		77 Mixed Barren Land
	23 Confined Feeding Operations	8 Tundra	81 Shrub and Brush Tundra
	24 Other Agricultural Land		82 Herbaceous Tundra
3 Rangeland	31 Herbaceous Rangeland		83 Bare Ground Tundra
	32 Shrub and Brush Rangeland		84 Wet Tundra
	33 Mixed Rangeland		85 Mixed Tundra
4 Forest Land	41 Deciduous Forest Land	9 Perennial Snow or Ice	91 Perennial Snowfields
	42 Evergreen Forest Land		92 Glaciers
	43 Mixed Forest Land		
5 Water	51 Streams and Canals		
	52 Lakes		
	53 Reservoirs		
	54 Bays and Estuaries		



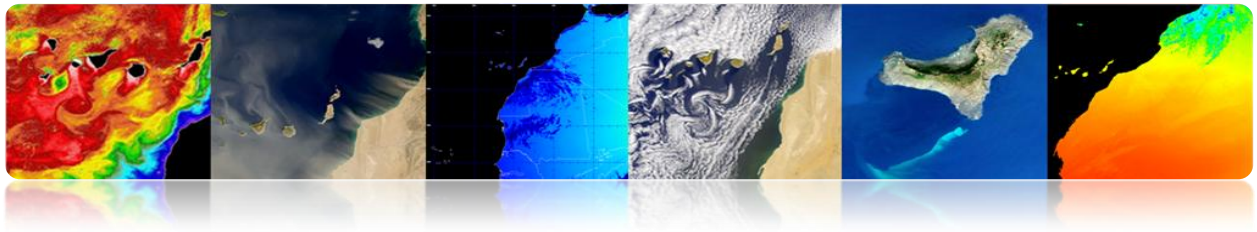
IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme)

Programa internacional para coordinar las interacciones entre los procesos biológicos, químicos y físicos terrestres y los sistemas humanos, a nivel global y regional (MODIS 500m).



Tutorial TELECAN

Aplicaciones de la Teledetección

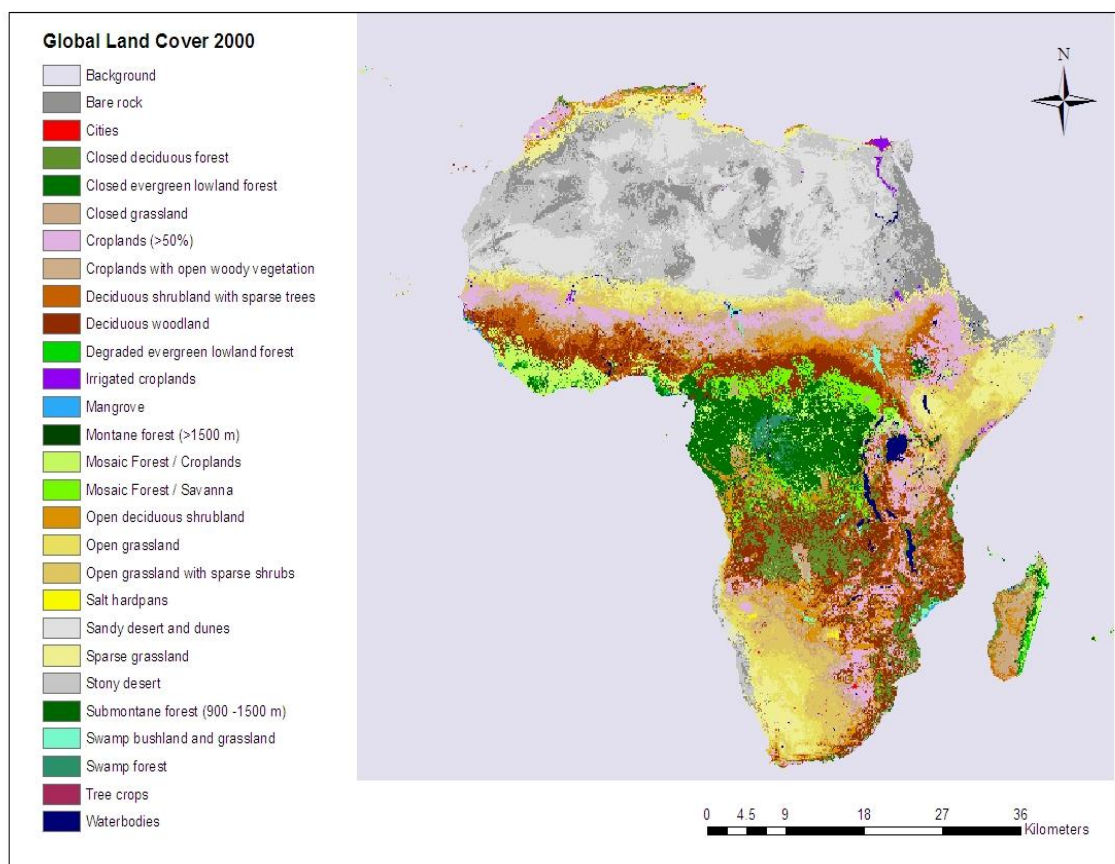


▪ **LCCS (*Land Cover Classification System*)**

Desarrollado por la FAO y la UNEP (*United Nations Environment Programme*)

✓ GLC2000

Mapa de cobertura terrestre global del año 2000 generado por más de 30 instituciones usando datos SPOT-Vegetation (1 km)

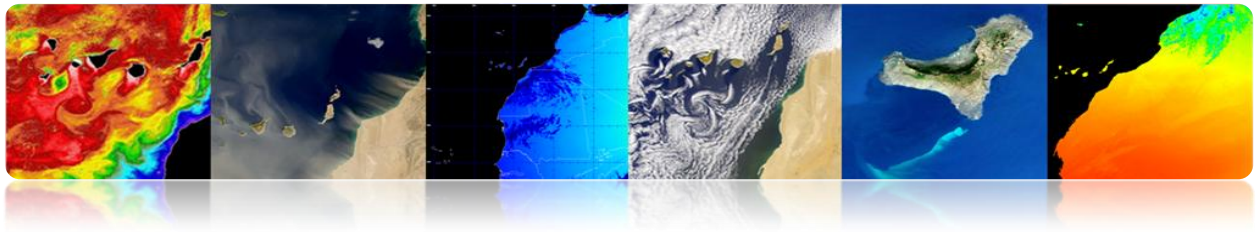


✓ GLOBCOVER

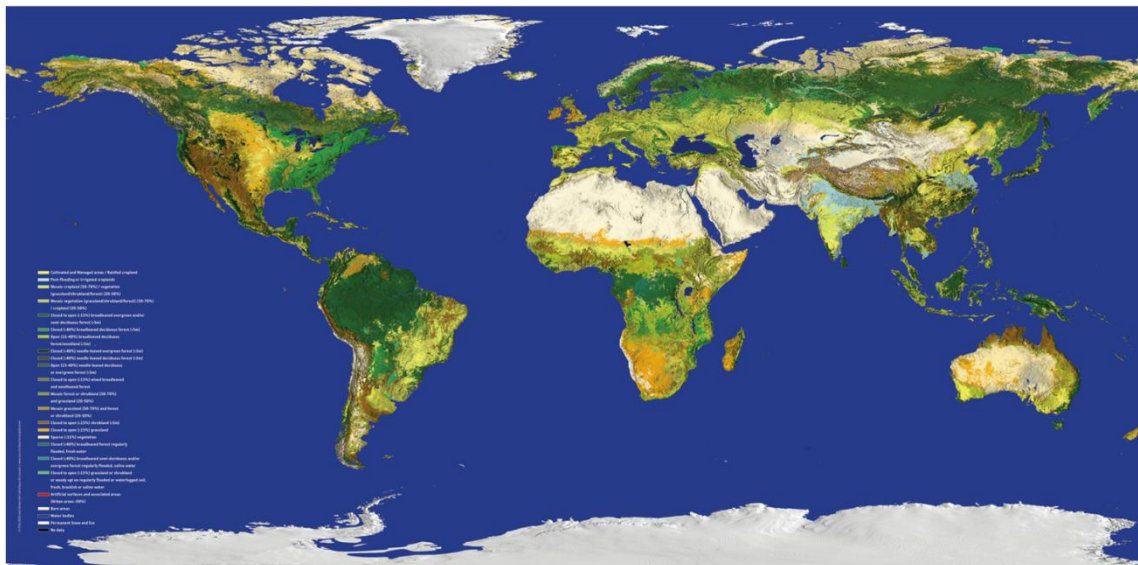
Mapa de cobertura terrestre global de la ESA en colaboración con EEA, FAO, GOFC-GOLD, IGBP, JRC y UNEP y usando datos MERIS (300 m)

Tutorial TELECAN

Aplicaciones de la Teledetección

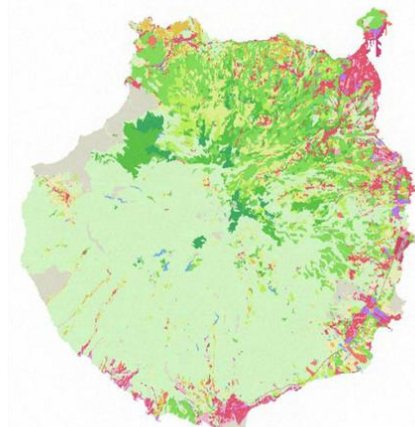


Globcover 2009 (ESA-Meris 300m)



■ SIOSE

Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, cuyo objetivo es integrar la información de las Bases de datos de coberturas y usos del suelo de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado. Usa multitud de fuentes de información, entre otras datos SPOT y Landsat.

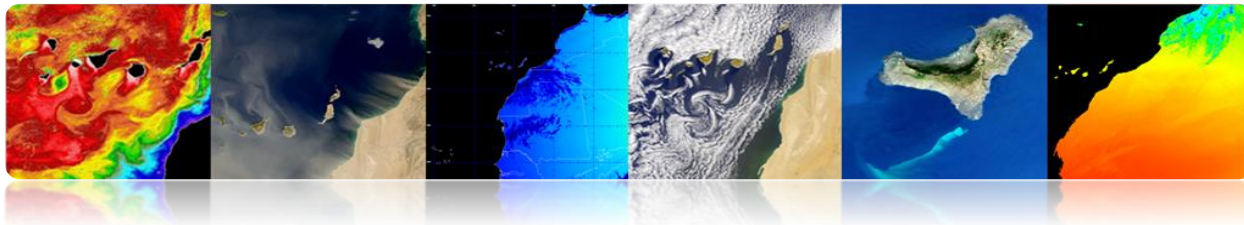


LEYENDA

■	Cultivos herbáceos
■	Combinaciones de cultivos
■	Cultivos leñosos
■	Dehesas
■	Prados
■	Combinaciones de cultivos y vegetación
■	Pastizal
■	Matorral
■	Combinaciones de arbolado, matorral y pastizal
■	Arbolado forestal
■	Terrenos con escasa vegetación
■	Terrenos sin vegetación
■	Coberturas húmedas
■	Coberturas de agua
■	Coberturas de agua con vegetación asociada
■	Urbano
■	Primario
■	Industrial
■	Terciario
■	Equipamientos
■	Infraestructuras de transporte
■	Infraestructuras de suministro
■	Infraestructuras de gestión de residuos

Tutorial TELECAN

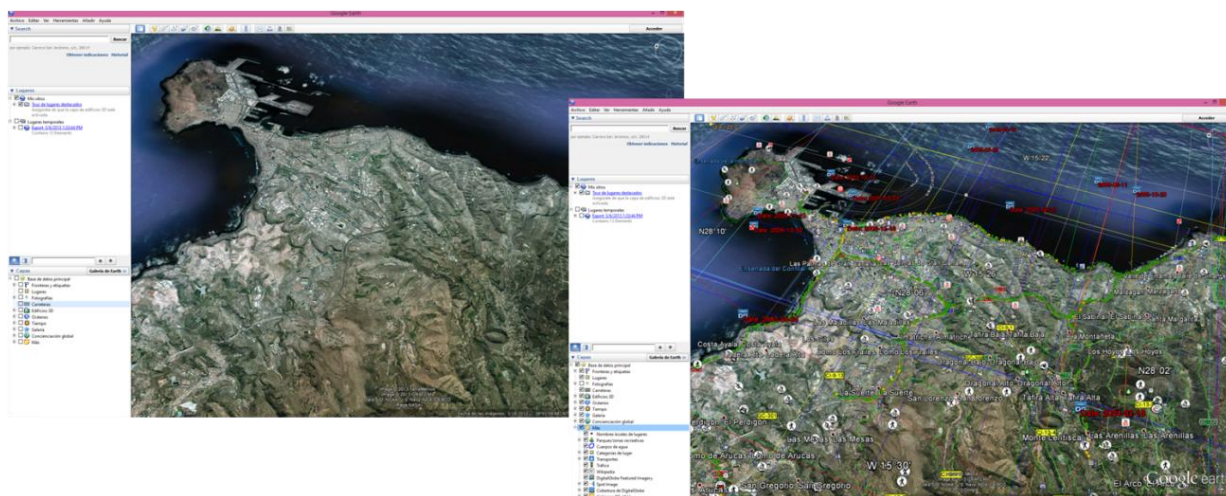
Aplicaciones de la Teledetección



❑ CARTOGRAFÍA Y SIG

Con el aumento de la resolución espacial, la teledetección es muy útil en aplicaciones de cartografía y en los sistemas de información geográfica.

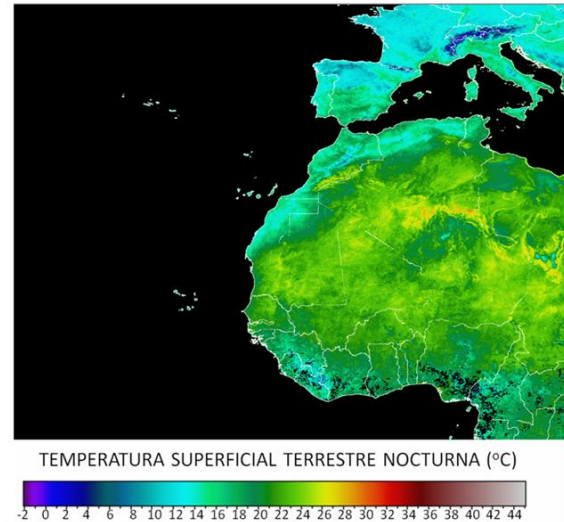
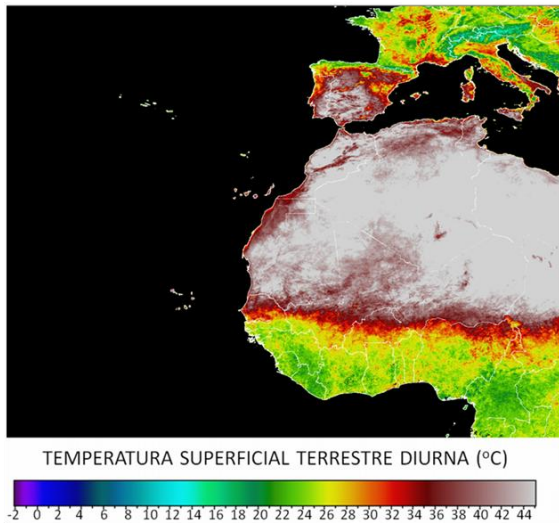
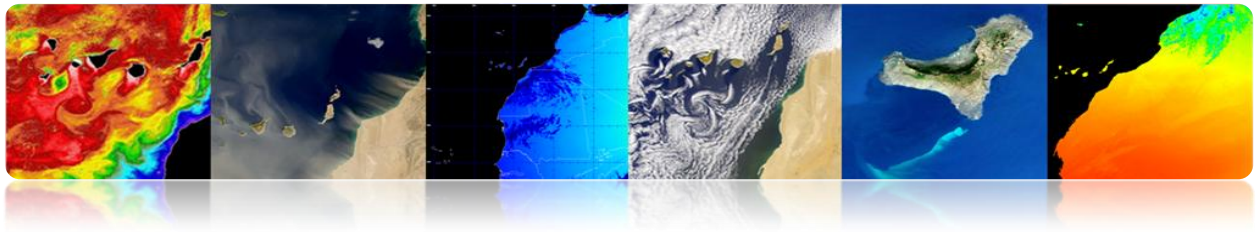
Ejemplo de Google Earth.



❑ TEMPERATURA SUPERFICIAL TERRESTRE

La Temperatura Superficial Terrestre (LST) es un parámetro que sirve como indicador del balance de energía y agua en la superficie terrestre, para la detección del cambio climático, para supervisar el estado de salud de la vegetación o el análisis de los procesos de desertización o como dato de entrada en modelo de predicción numérica del tiempo.





❑ DESASTRES NATURALES

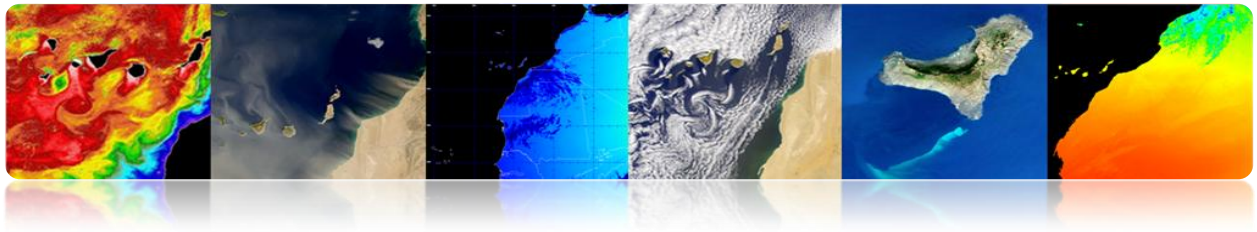
La teledetección ha permitido a la humanidad comprender con más claridad los peligros que amenazan a nuestro planeta.

Su uso es fundamental para la gestión de los desastres: desde el diseño de modelos del riesgo y análisis de la vulnerabilidad, hasta la alerta temprana y la evaluación de daños:

- Prevención de catástrofes (vidas, recursos materiales y naturales)
- Seguimiento en tiempo real del desastre
- Análisis de los efectos tras desastre natural
- Seguimiento de las actividades de recuperación

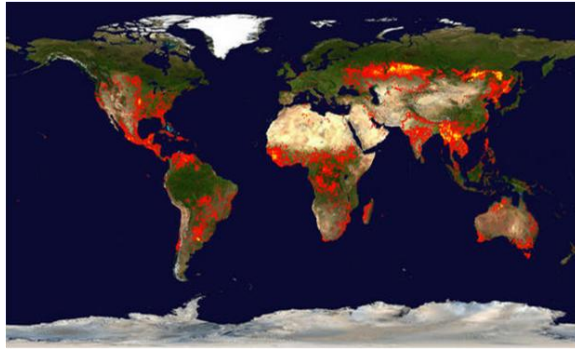
Tipos de desastres naturales:

- Incendios
- Inundaciones
- Terremotos, fallas, etc.
- Volcanes
- Sequías

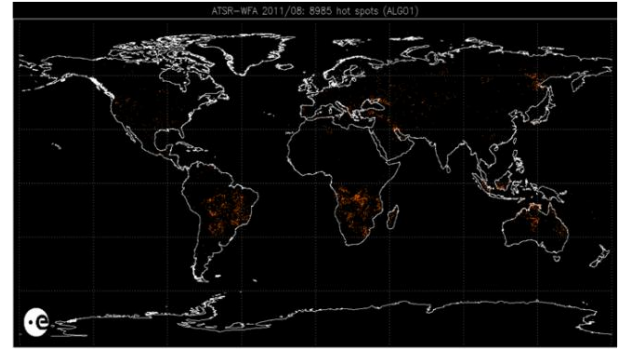


■ Incendios

Mapas globales de incendios a partir de sensores de baja resolución con bandas en el IR térmico



MODIS Rapid Response System Global Fire Maps
<http://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/rapid-response>

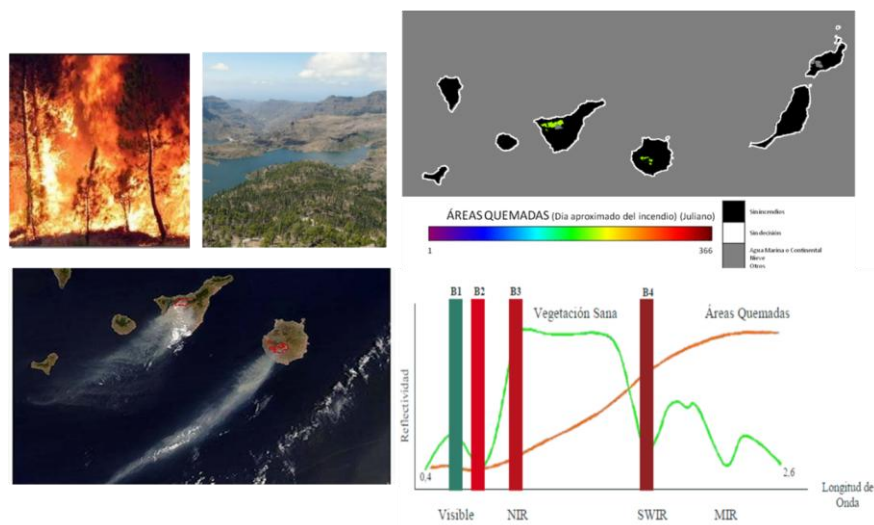


AATSR Global Fire Atlas
<http://due.esrin.esa.int/wfa/>

■ Incendios en Canarias (verano 2007)

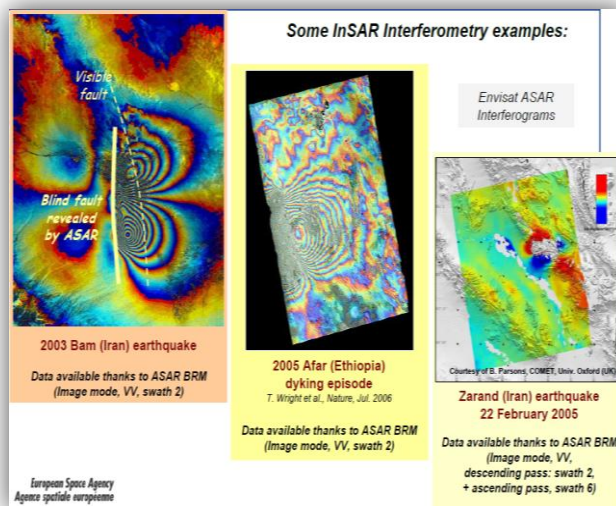
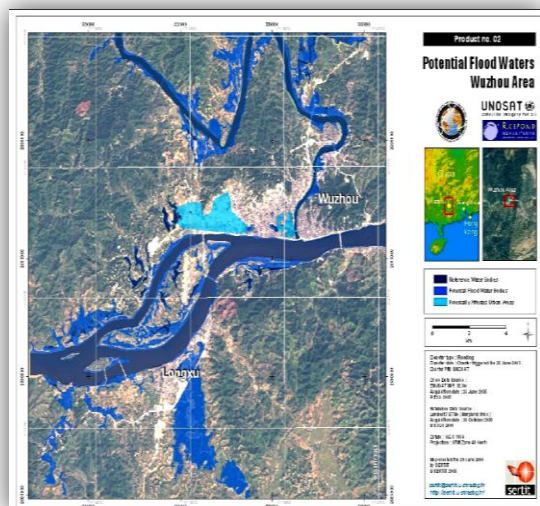
Las principales estrategias para detectar el área quemada es usar:

- 1 imagen post-incendio: índice NBR (Normalized Burnt Ratio) ó Tasseled-Caps (Landsat)
- Imágenes antes y después del incendio: técnicas de detección de cambios (NDVI, NBR, PC, Clasificación).





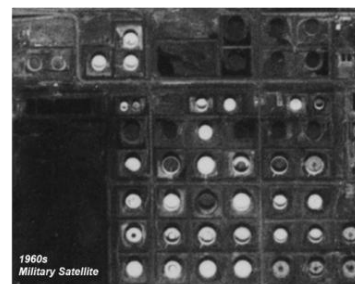
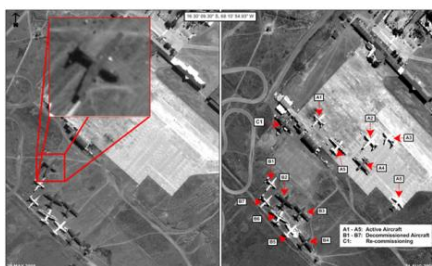
■ Inundaciones y Terremotos



□ DEFENSA

La teledetección ha sido usada desde hace décadas en áreas como:

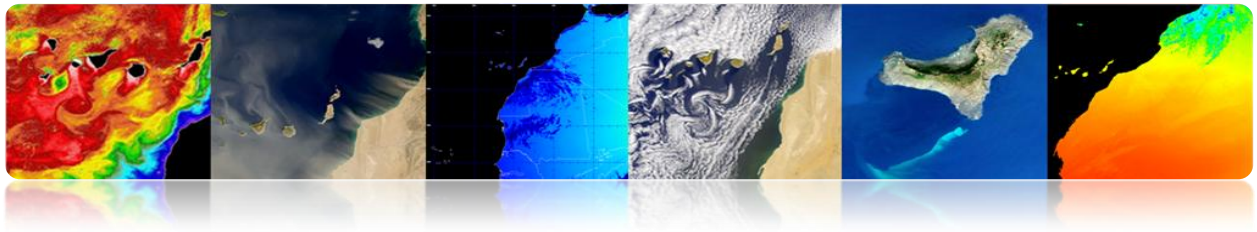
- Seguridad e Inteligencia
- Cartografía de alta resolución
- Verificación de tratados internacionales
- Control de fronteras
- Gestión de emergencias
- Monitorización de desastres naturales



Tutorial TELECAN

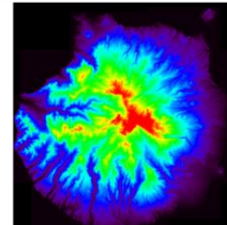
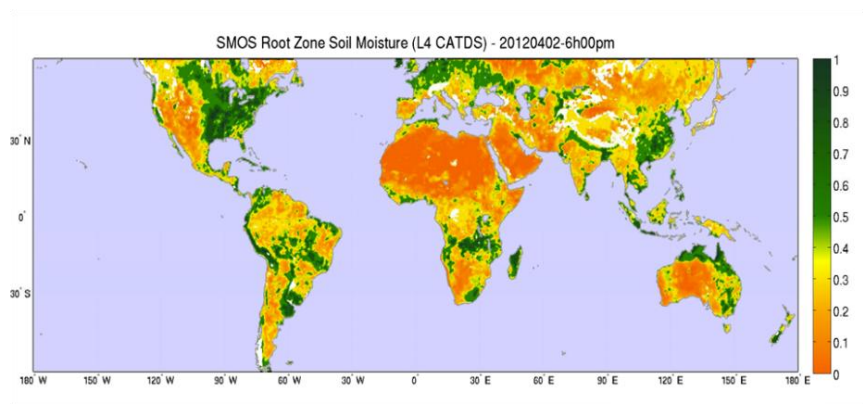
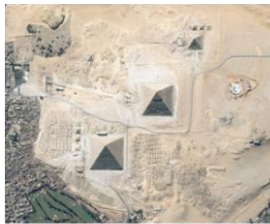
Aplicaciones de la Teledetección





❑ OTRAS APLICACIONES

- Geología (minerales, sedimentación, erosión, etc.)
- Humedad del terreno
- Topografía (Modelos digitales de elevación del terreno)
- Arqueología
- Geodesia

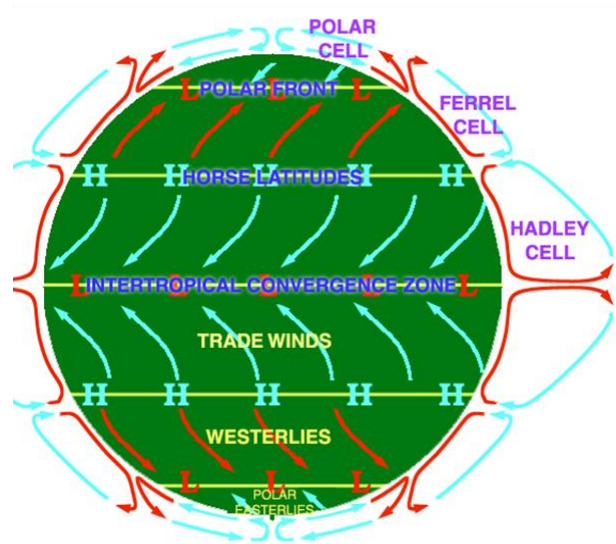
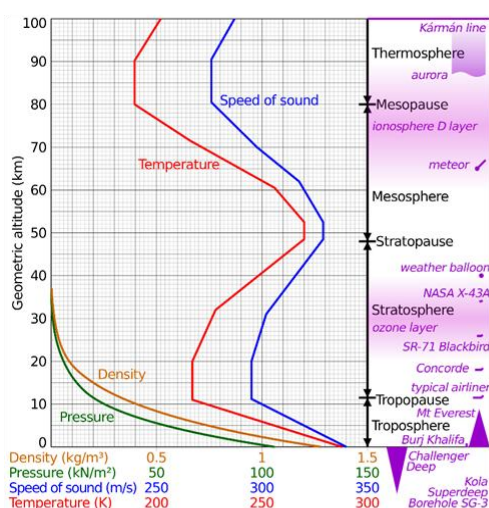


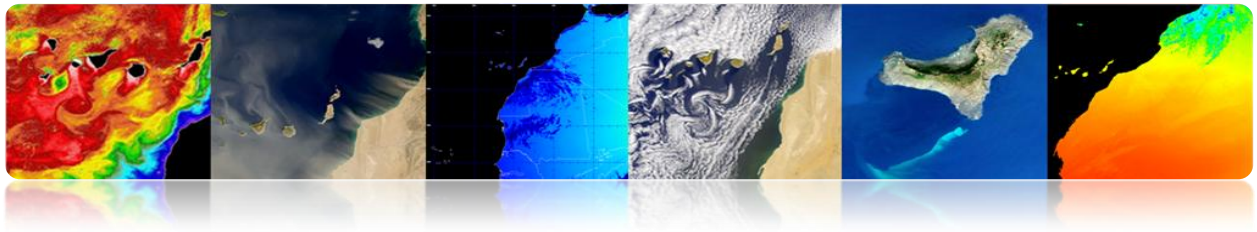


3.3 APLICACIONES ATMOSFÉRICAS DE LA TELEDETECCIÓN.

❑ INTRODUCCIÓN

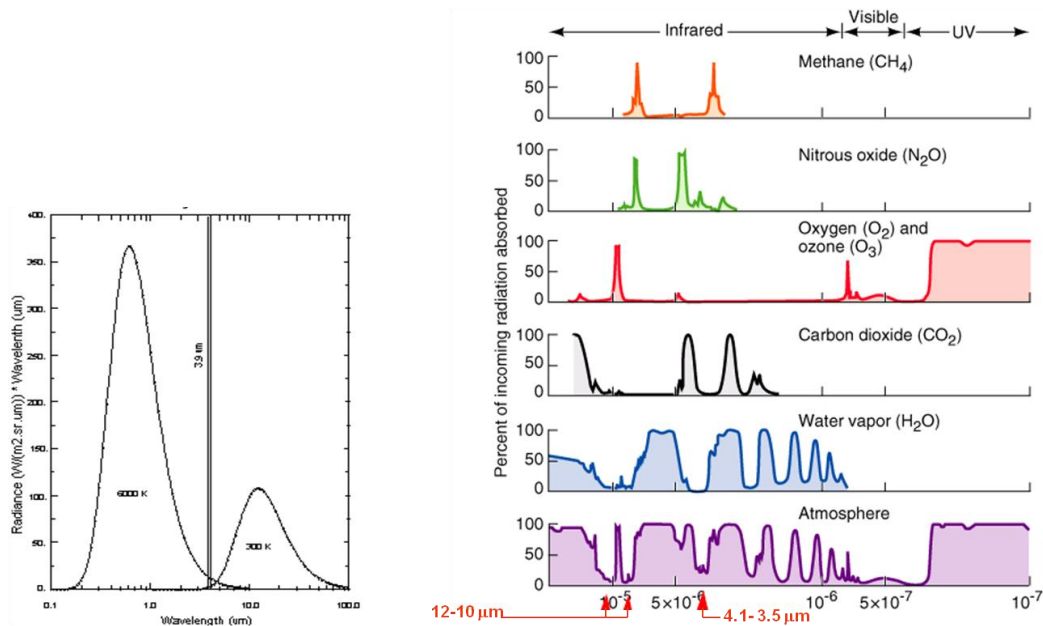
- La atmósfera es una mezcla de gases.
- Tiene diferentes capas.
- Los primeros 80 kilómetros contienen más de 99% de la masa total de la atmósfera de la Tierra.
- La circulación atmosférica es el movimiento a gran escala de aire a través de la troposfera, y es el mecanismo por el cual el calor se distribuye alrededor de la Tierra.
- La estructura a gran escala de la circulación atmosférica varía de año en año, pero la estructura básica se mantiene bastante constante, ya que está determinada por la velocidad de rotación de la Tierra y por la diferencia de radiación solar entre el ecuador y los polos





■ Interacciones de la atmósfera

- Cuando la radiación EM viaja a través de la atmósfera: absorbida o dispersada por las partículas de la atmósfera.
- La atmósfera también emite → IR térmico



Las principales aplicaciones de la teledetección en el ámbito atmosférico son:

- Predicción meteorológica
- Estudio de los gases de la atmósfera
- Prevención de catástrofes (tormentas, vientos, etc.)
- Energías renovables (eólica, solar)
- Calidad del aire: Contaminación, aerosoles, calimas, etc.
- Gases de efecto invernadero
- Cambio climático





Las principales misiones de la teledetección en el ámbito atmosférico son:

- Satélites geoestacionarios (MSG): Predicciones en tiempo real (*nowcasting*)
- Satélites polares (ESA, NASA): Mejor resolución espacial

A continuación se presentan los productos atmosféricos generados por diferentes agencias o centros de teledetección:

❑ EUMETSAT

La principal misión de la EUMETSAT en la actualidad es el satélite Meteosat de Segunda Generación y concreto su sensor SEVIRI, aunque también se usan datos de otros sensores en órbita polar.

A continuación se presentarán y describirán algunos de los productos suministrados por EUMETSAT, que pueden dividirse en:

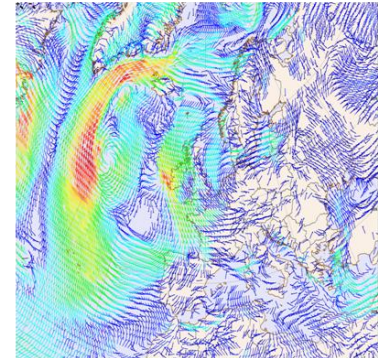
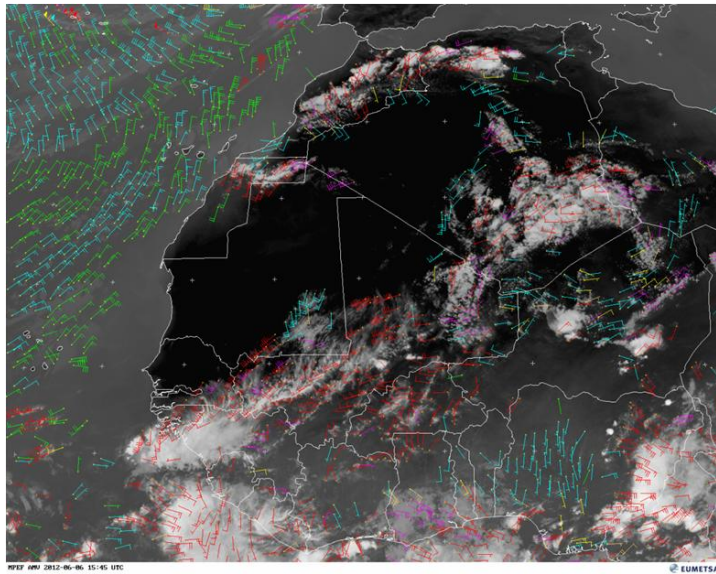
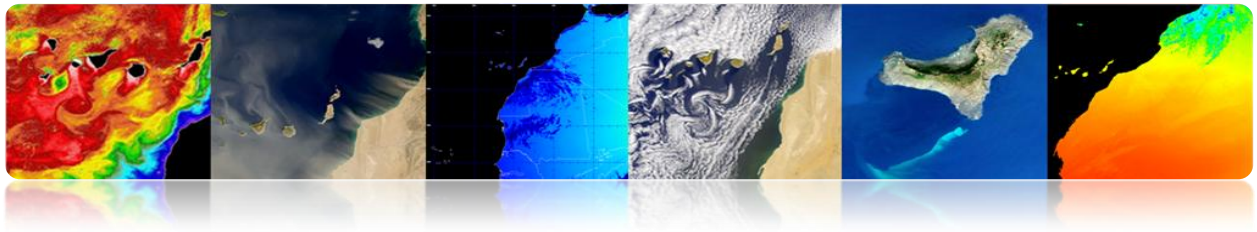
- Productos meteorológicos en tiempo casi-real
<http://oiswww.eumetsat.org/IPPS/html/MSG/PRODUCTS/>
- Productos atmosféricos
<http://www.eumetsat.int/Home/Main/DataProducts/Atmosphere/index.htm?l=en>

▪ Productos Meteorológicos en tiempo casi-real

▪ Vientos MSG (Seviri)

El producto *Atmospheric Motion Vectors* (AMV) consiste vectores de viento estimados a diferentes alturas mediante el seguimiento del movimiento de las nubes y otros componentes atmosféricos (por ejemplo, patrones de vapor de agua y ozono).





- Los vientos se originan por los cambios en la presión atmosférica (masa de aire que empujada hacia abajo por la gravedad) que conducen a movimientos de aire.
- Los gradientes de presión impulsan los vientos con aire que se mueve de las zonas de mayor presión a zonas de baja presión.
- El rozamiento en la superficie hace que los vientos a muy baja altura se muevan más lentamente y, a menudo, en direcciones distintas a las de niveles altos de la atmósfera.
- La circulación atmosférica también se ve afectada por el calentamiento del sol.
- Las técnicas para la teledetección de los vientos son las siguientes:

- **Vientos de nubes:** a partir del seguimiento de las nubes y vapor de agua en las bandas de VIS o IR (MSG).



- El seguimiento del movimiento de las nubes en las imágenes de satélites geoestacionarios es el método más antiguo para calcular los vectores de viento.
- La dirección y velocidad se estima mediante la medición de la diferencia vectorial en la ubicación de una nube particular en 2 imágenes consecutivas, dividido por el intervalo de tiempo entre ambas imágenes (típicamente 15 o 30 min).
- Para estimar los vientos con precisión lo mejor es usar nubes que se muevan pasivamente con los vientos: cirros de alto nivel y nubes de bajo nivel (los alto cumulonimbus y las nubes orográficas son malos candidatos).
- Problema: la dependencia de la presencia de nubes en la imagen (grid no uniforme).
- Solución: para las áreas libres de nubes, las imágenes de vapor de agua (6.5 a 7.5 micras) permiten el seguimiento de los vientos mediante el movimiento del vapor de agua.



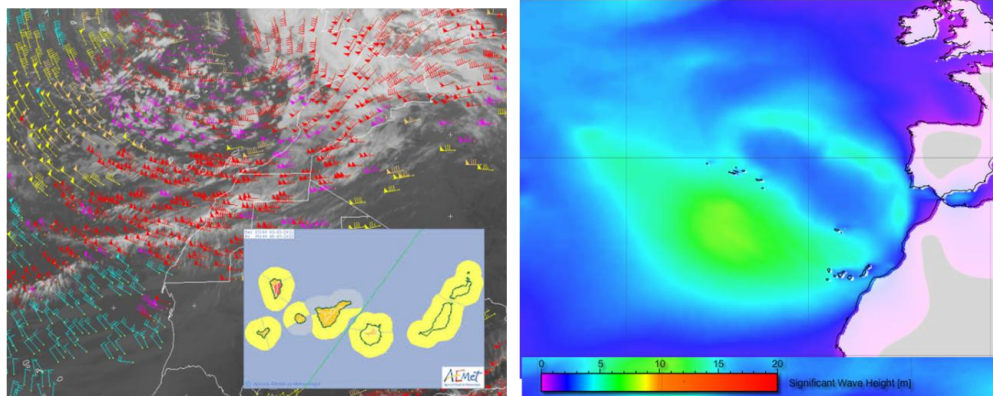
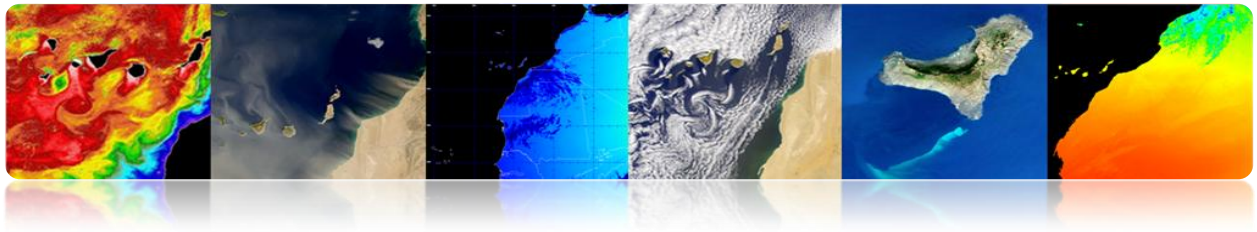
Procedimiento de obtención de los vectores AMV

- **Vientos de la superficie del mar:** a partir del análisis de la rugosidad de la superficie de los océanos, con sensores de microondas activos o pasivos.

▪ Prevención de catástrofes: Alerta por vientos

Producto de vientos AMV correlado con los de la altura de las olas del mar del día 4 de marzo de 2013.

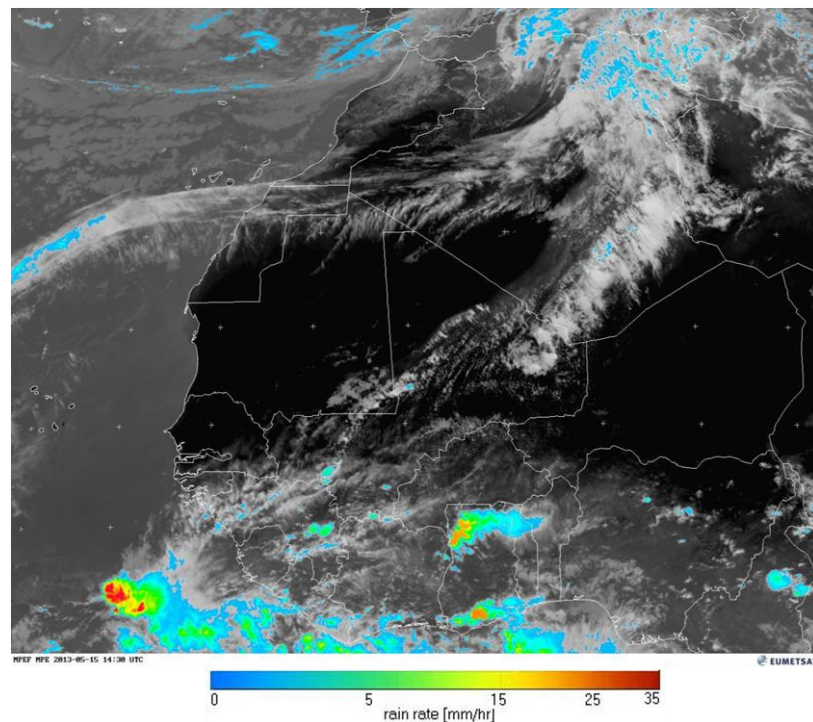




■ Precipitación

El producto *Precipitation Multi-Sensor Estimate (MPE)* se compone de las tasas de lluvia casi en tiempo real en mm/hr para cada imagen Meteosat en su resolución de píxel original. El algoritmo se basa en la combinación de las mediciones de microondas de satélites polares y las imágenes en el canal IR del Meteosat.

Aplicaciones: predicción meteorológica operativa en áreas con poca o ninguna cobertura de radar, especialmente en África y Asia

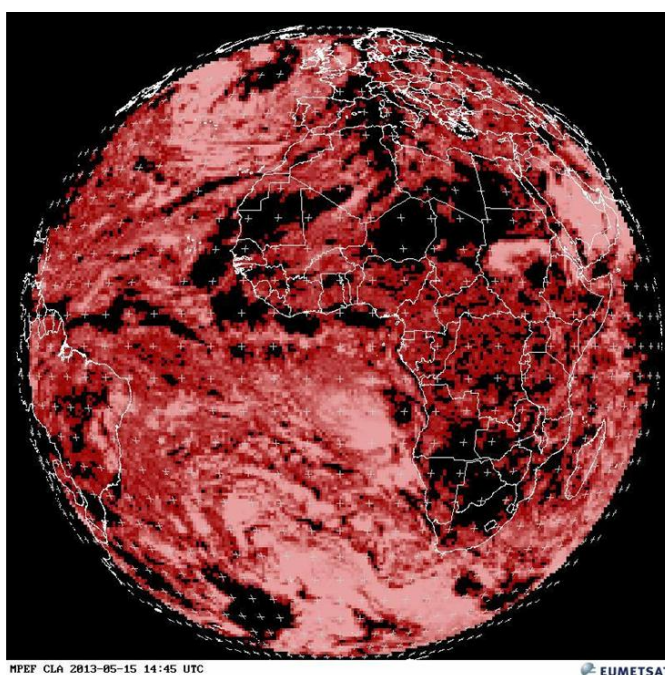
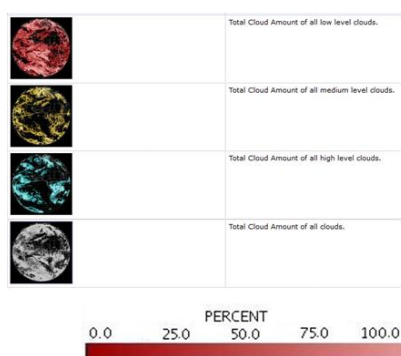




▪ Nubes MSG (Seviri)

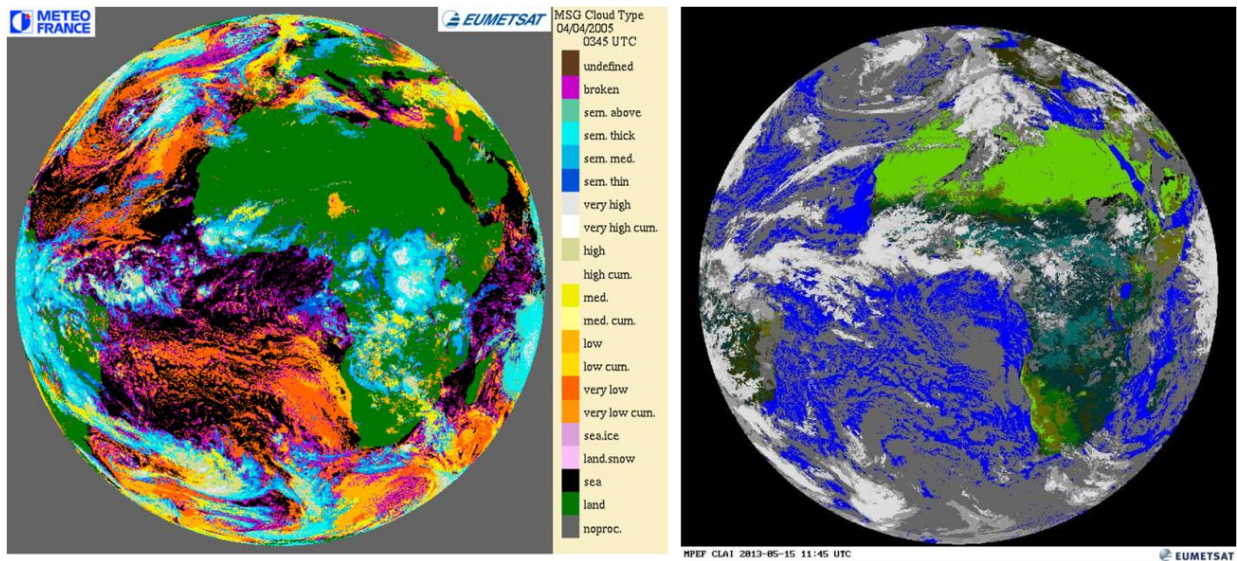
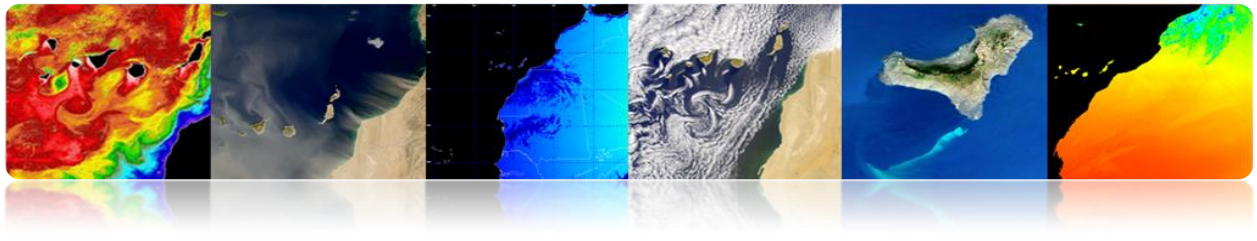
El producto *Cloud Analysis (CLA)* proporciona una identificación de las capas de nubes especificando el tipo de nubes, la cobertura, altura y temperatura.

Aplicaciones: previsión del tiempo, predicción numérica del tiempo, investigación y monitoreo del clima.



El producto Cloud Analysis Image (CLAI) proporciona una identificación del tipo de nubes. Esta es una imagen del producto obtenido junto con CLA.

Aplicaciones: previsión del tiempo, predicción numérica, investigación y vigilancia del clima.

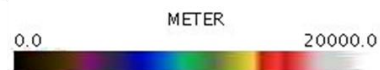
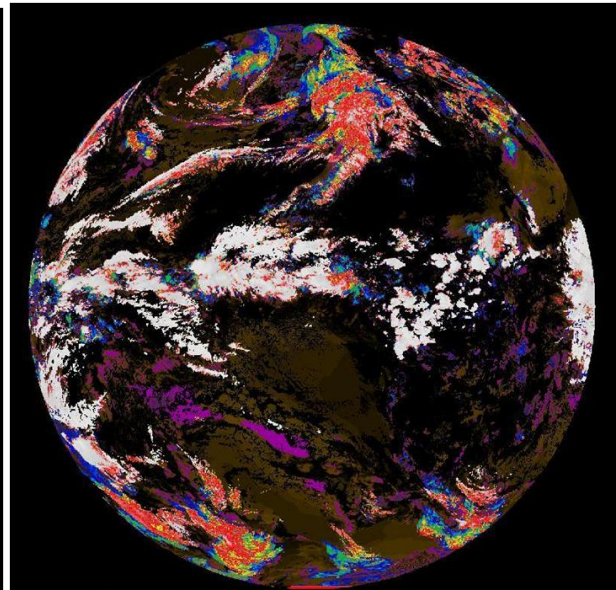
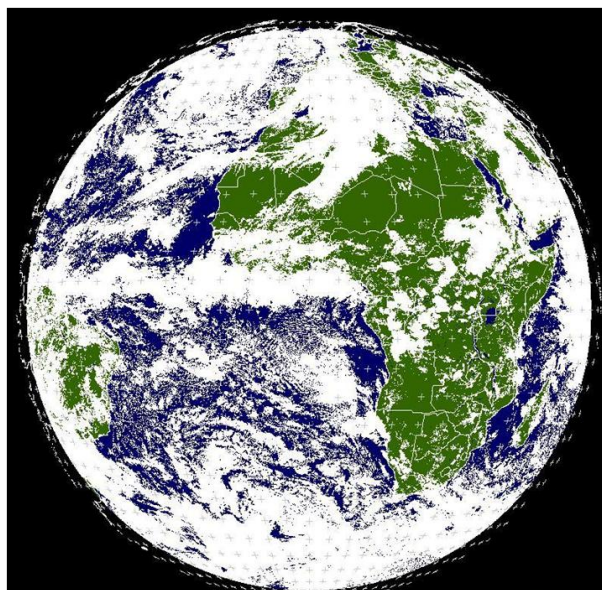
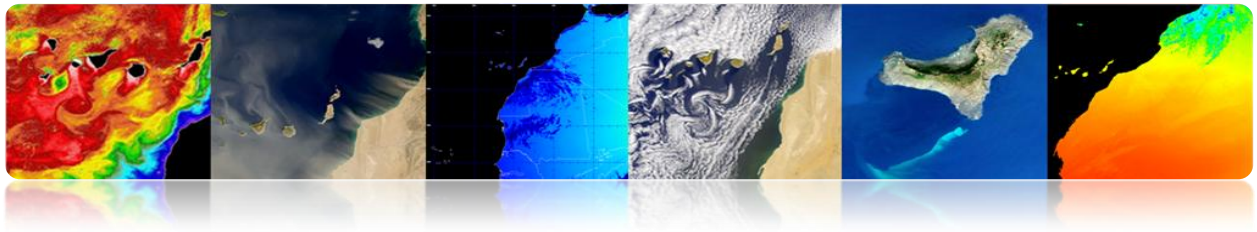


El producto *Cloud Mask* (CLM) es una máscara que indica la presencia o ausencia de nube en cada píxel. Específicamente cada píxel se clasifica como: cielo claro sobre el agua, cielo claro sobre tierra, nube o no procesada (fuera del disco de la Tierra).

Aplicaciones: El uso principal es en apoyo de las aplicaciones de predicción a corto plazo y para la teledetección de superficies continentales y oceánicas.

El producto *Cloud Top Height* (CTH) indica la altura de las nubes más altas. Se obtiene a partir de la información obtenida de las imágenes y datos de análisis de la nube, pero también hace uso de otros datos meteorológicos externos.

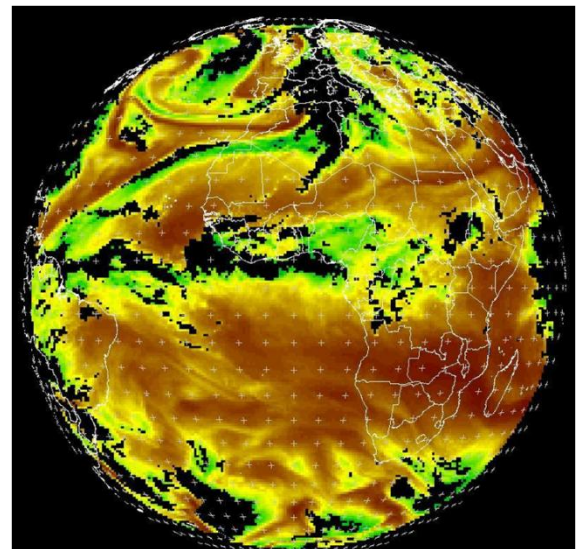
Aplicaciones: meteorología aeronáutica.

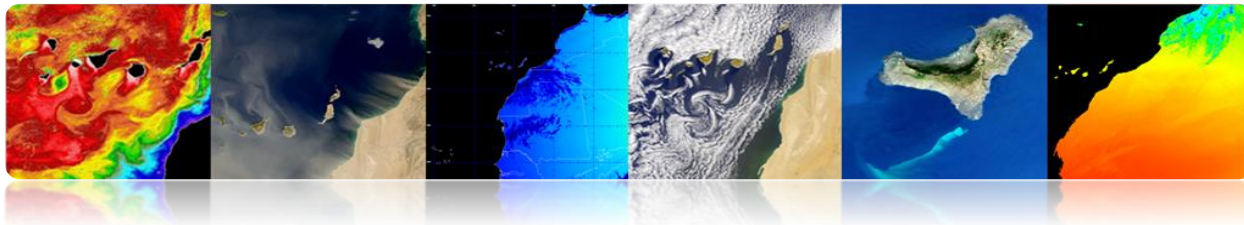


▪ **Humedad MSG (Seviri)**

El producto *Tropospheric Humidity Product (TH)* proporciona la humedad relativa tanto en capas medias como altas de la troposfera.

El nivel superior se obtiene a partir de la humedad relativa capa media entre aproximadamente 600 hPa y 300 hPa utilizando el canal de WV6.2 micrómetros, mientras que la humedad en la troposfera media representa el valor medio entre el 850 hPa y 600 hPa utilizando el canal de WV7.3 micras





■ Productos Atmosféricos

La información atmosférica disponible de los satélites tiene beneficios más amplios que su contribución a la predicción del tiempo. Los datos acumulados en los archivos EUMETSAT ayudan a detectar y comprender los procesos que afectan al cambio climático. La información sobre la composición de la atmósfera, obtenida de las mediciones por satélite, juega un papel vital en el conocimiento del medio ambiente, y en la evaluación de los riesgos ambientales, tales como la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera y la acumulación de contaminantes en la atmósfera.

Algunos productos meteorológicos de EUMETSAT son los siguientes:

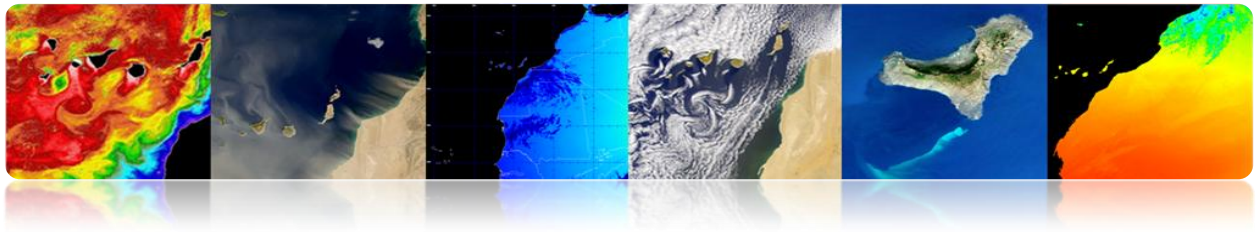
- *ASCAT Coastal Winds at 12.5 km Swath Grid – Metop*
- *Aerosol Properties over Sea - MSG - 0 degree*
- *All Sky Radiances - MSG - 0 degree*
- *Atmospheric Motion Vectors - MSG - 0 degree*
- *Cloud Analysis - MSG - 0 degree*
- *Cloud Analysis Image - MSG - 0 degree*
- *Cloud Mask - MSG - 0 degree*
- *Cloud Top Height - MSG - 0 degree*
- *High Resolution Precipitation Index - MSG - 0 degree*
- *Total Ozone - MSG - 0 degree*
- *Tropospheric Humidity - MSG - 0 degree*
- *Volcanic Ash Detection (CAP) - MSG - 0 degree*

<http://www.eumetsat.int/Home/Main/DataProducts/Atmosphere/index.htm?l=en>

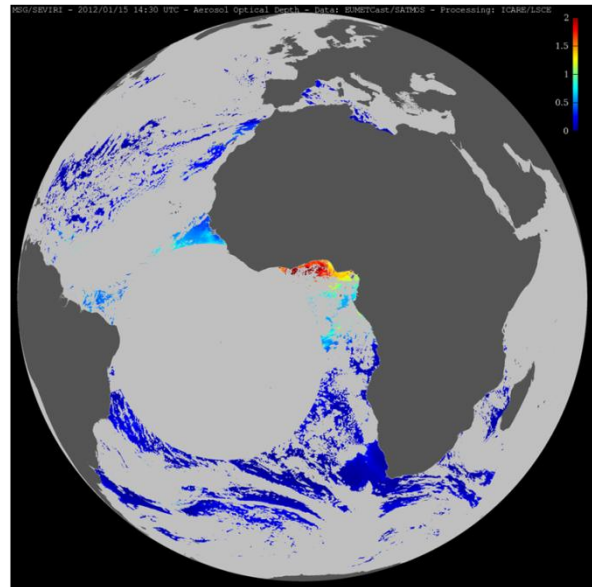
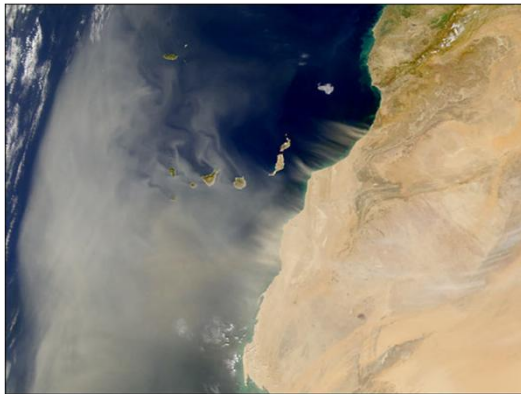
■ Aerosoles MSG (Seviri)

El producto AES estima el espesor óptico de los aerosoles en píxeles de cielo despejado sobre el mar en los canales VIS0.6, VIS0.8 y NIR1.6. Además, se determina el coeficiente de Angstrom. El producto difundido es un promedio diario.

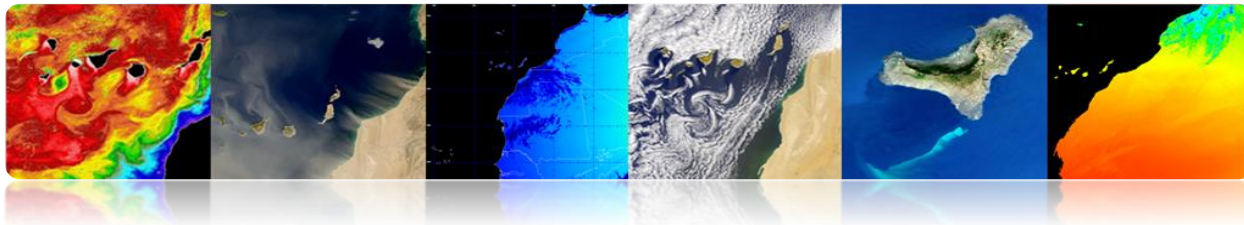




Las aplicaciones incluyen la predicción numérica del tiempo, la investigación y la vigilancia del clima.



- Los aerosoles son partículas suspendidas en la atmósfera de origen natural o antropogénico con tamaños entre 2 nm y 1 mm.
- Fuentes de aerosoles: polvo del suelo, sal del mar, emisiones volcánicas, polen, quemaduras de biomasa o la combustión industrial.
- Geográficamente, uno de los mayores focos generadores de este polvo atmosférico, también llamado calima, es el desierto del Sáhara y la región del Sahel.
- La calima tiene efectos, principalmente, sobre el clima (temperatura y precipitación), sobre la productividad marina y sobre la salud.
- La calima afecta directa e indirectamente al balance de radiación terrestre. De una parte, al dispersar hacia el exterior la radiación solar incidente provoca un enfriamiento de la superficie del planeta, y de otra impidiendo que las radiaciones emitidas por la superficie terrestre pueda escapar lo que provoca un calentamiento.

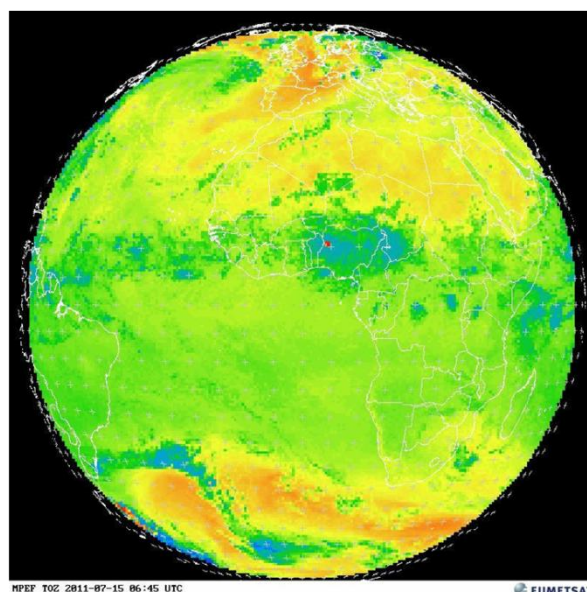


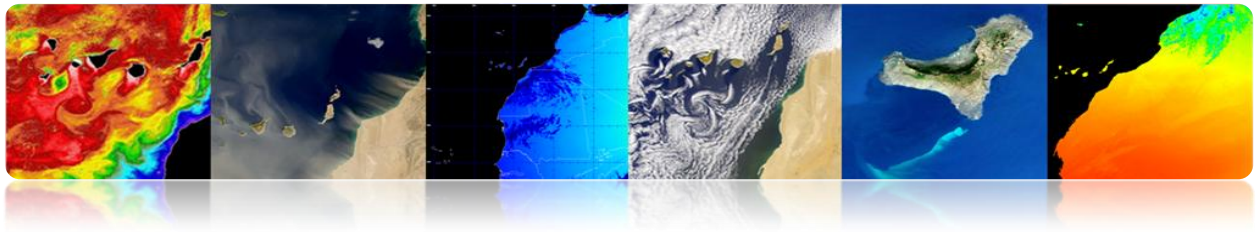
- Incluyen nutrientes, como hierro, fosfatos o detritus orgánicos, que tienen un efecto positivo en el mar al fertilizar las regiones de baja productividad marina.
- De otra parte, las calimas afectan a la calidad del aire y por tanto tienen un pernicioso efecto sobre la salud a causa del transporte de esporas, hongos, bacterias o pesticidas.

▪ Ozono MSG (Seviri)

La densidad total de la capa de ozono en la columna atmosférica para cada segmento de imagen se basa en el canal 9,7 micrómetros (canal de ozono SEVIRI) y otros canales IR y WV.

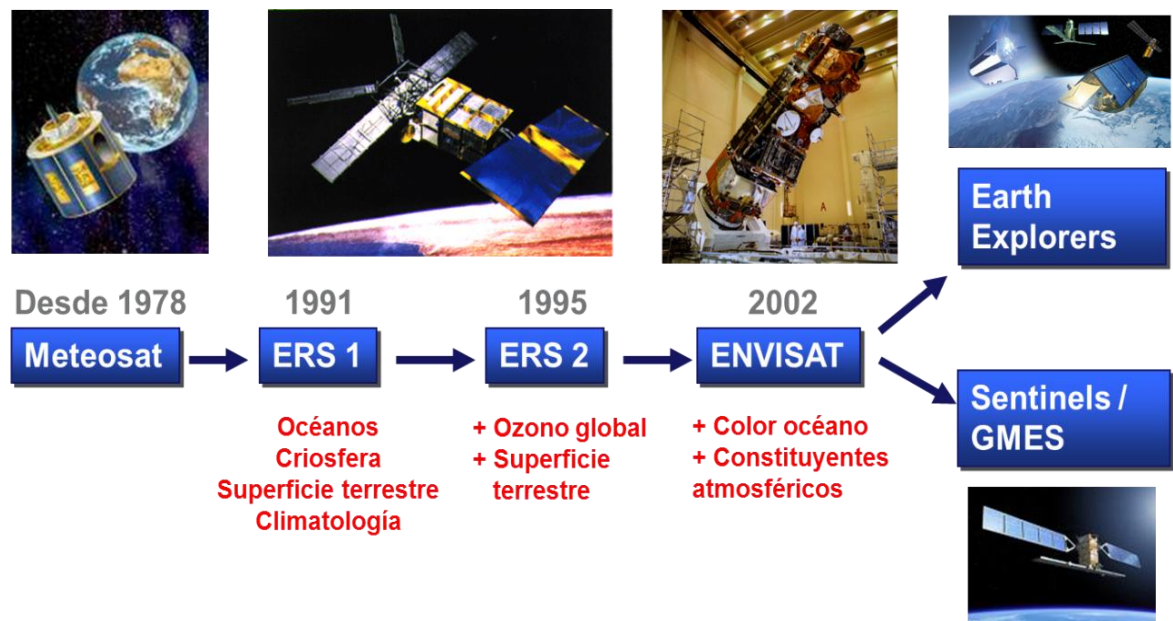
Este producto se usa por lo centros de predicción numérica del tiempo, servicios de monitoreo de ozono e Institutos de Investigación.





❑ AGENCIA EUROPEA DEL ESPACIO (ESA)

La ESA también ha lanzado diversos satélites para el estudio de la atmósfera, aunque desde la creación de EUMETSAT, el objetivo se orienta en mayor medida a estudios científicos que a servicios operacionales.



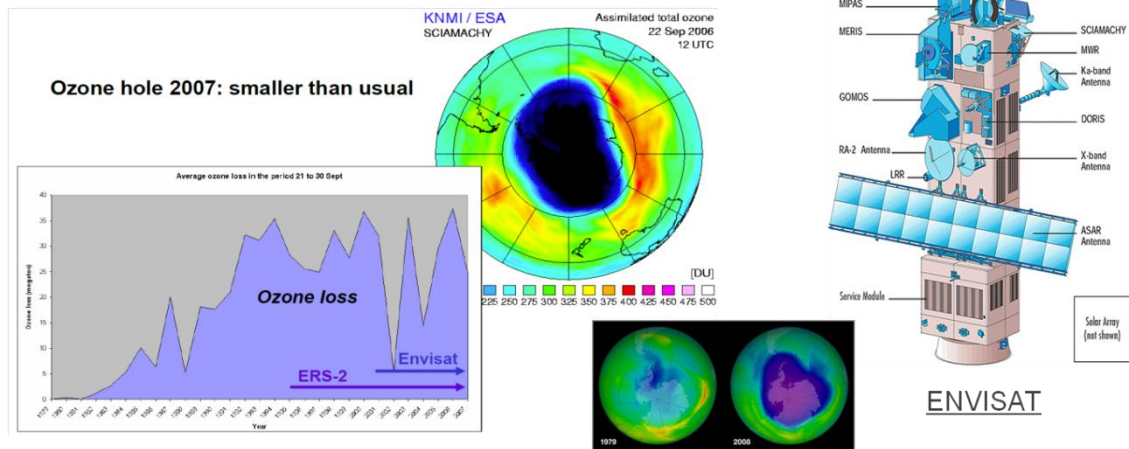
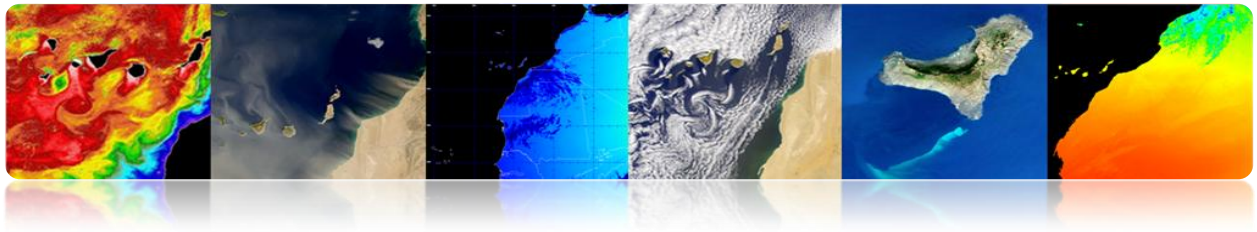
A continuación se describen algunos de los parámetros atmosféricos.

▪ Ozono

Agujero de la capa de ozono: zona de la estratósfera donde se producen reducciones anormales de la capa de ozono. Fenómeno anual observado durante la primavera en las regiones polares y que es seguido de una recuperación durante el verano.

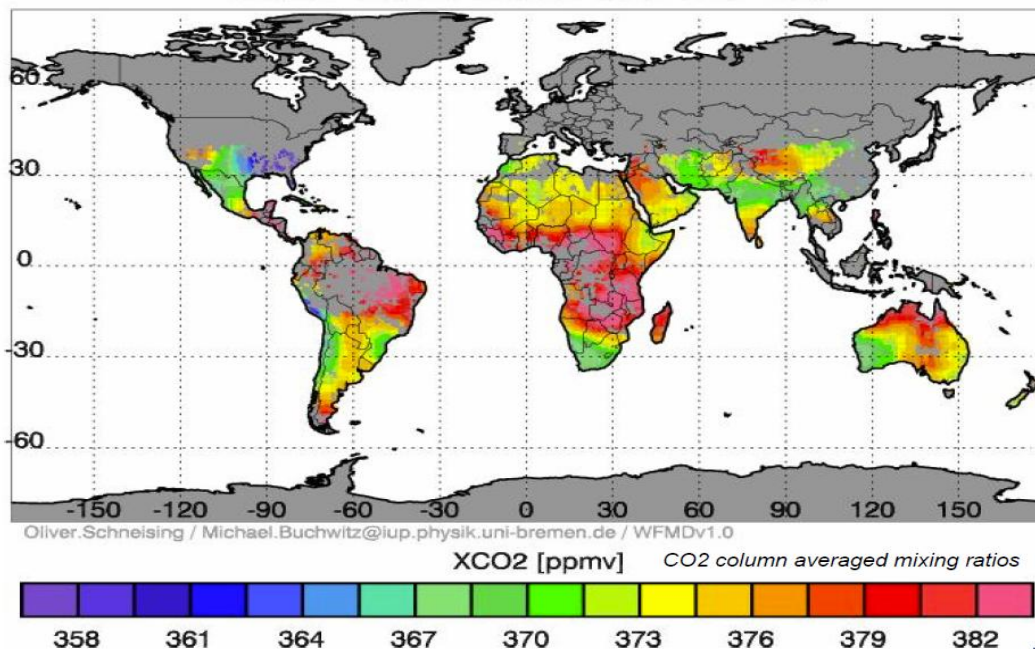
En tiempos recientes se descubrieron importantes reducciones en dicha capa, especialmente en la Antártida. Se atribuyó al aumento de la concentración de compuestos químicos, destacan como los clorofluorocarbonados (CFC) utilizados como fluido refrigerante y propelente de aerosoles.





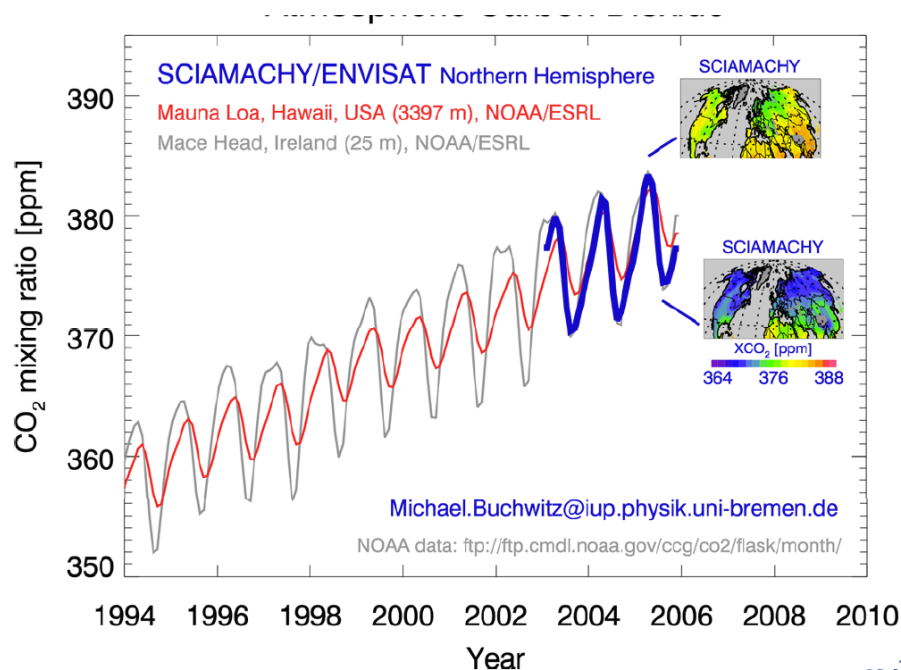
■ Dióxido de Carbono

Es el gas de efecto invernadero más importante que contribuye al calentamiento global. A pesar de la importancia del CO_2 , nuestro conocimiento actual (principalmente naturales) de sus fuentes y sumideros tiene todavía carencias.





ENVISAT SCIAMACHY es el primer instrumento satélite el cual puede medir la distribución global del CO₂ con gran sensibilidad sobre la superficie terrestre donde se encuentran las fuentes y sumideros de CO₂. Proporciona una confirmación global a las medidas basadas hasta ahora en algunos lugares.



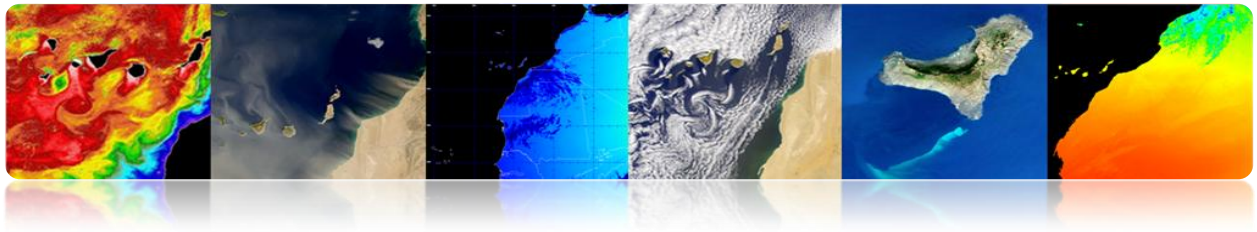
■ Metano

Es el segundo gas de efecto invernadero más importante que contribuye al calentamiento global.

A pesar de la importancia de este gas, nuestro conocimiento actual de sus fuentes tiene todavía grandes lagunas. Mediante SCIAMACHY se ha descubierto recientemente grandes cantidades de metano sobre las selvas tropicales apuntando a la posibilidad de la existencia de fuentes de metano aún no conocidas o a una subestimación significativa de las ya conocidas.

Fuentes importantes de metano son los arrozales, los rumiantes (vacas y ovejas), humedales y las emisiones de metano de las plantas, posiblemente, una nueva y gran fuente de metano la cual podría explicar el alto nivel de metano descubierto por SCIAMACHY.

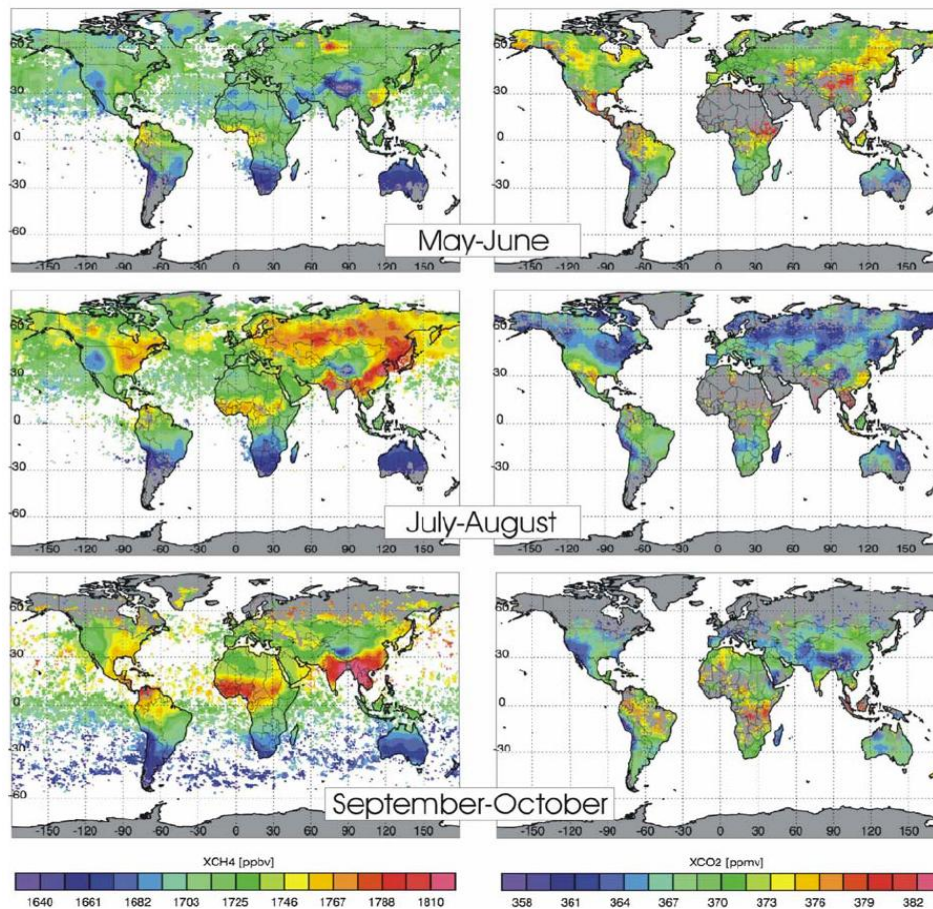




Methane

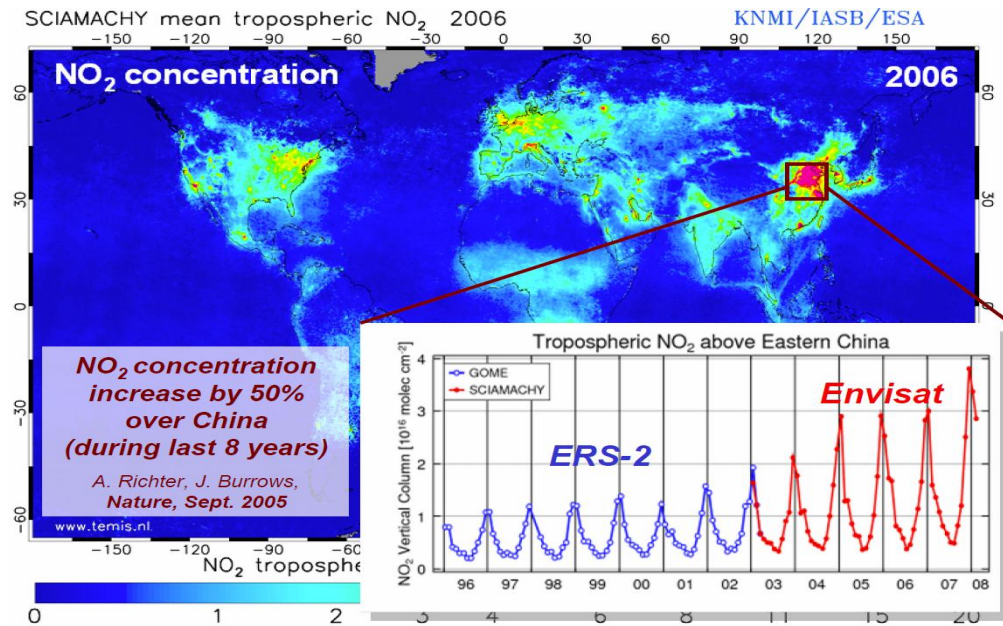
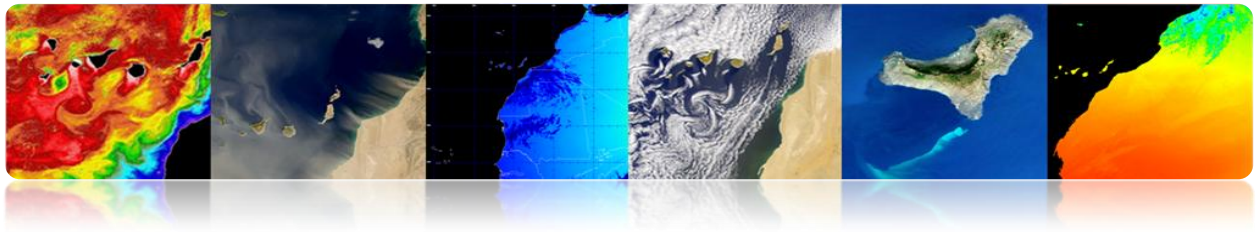
SCIAMACHY

Carbon Dioxide



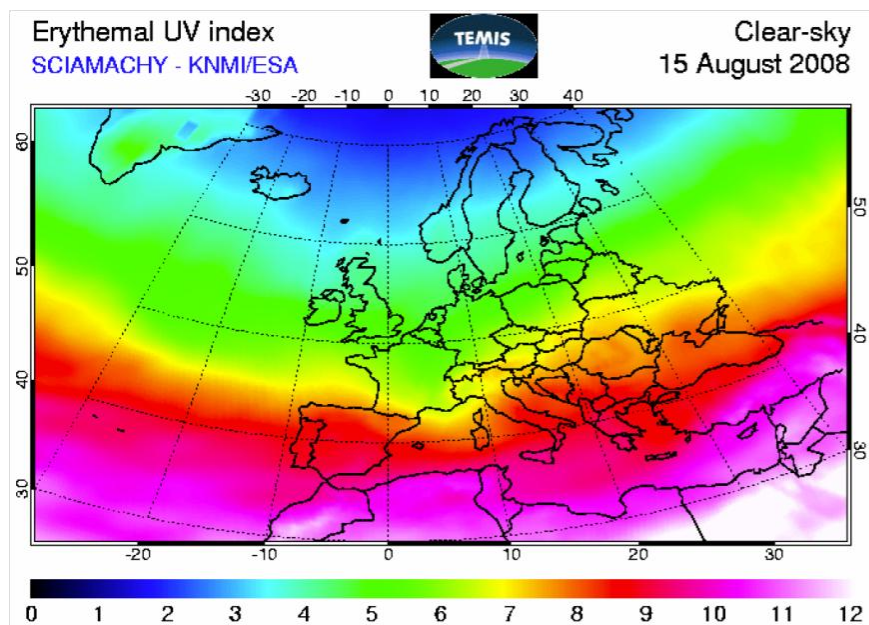
■ Dióxido de Nitrógeno

El NO_2 es uno de los principales contaminantes. Es de color marrón-amarillento. Se forma en los procesos de combustión a altas temperaturas (vehículos motorizados, plantas eléctricas). Por eso es un gas tóxico e irritante frecuente en zonas urbanas. Afecta principalmente al sistema respiratorio.

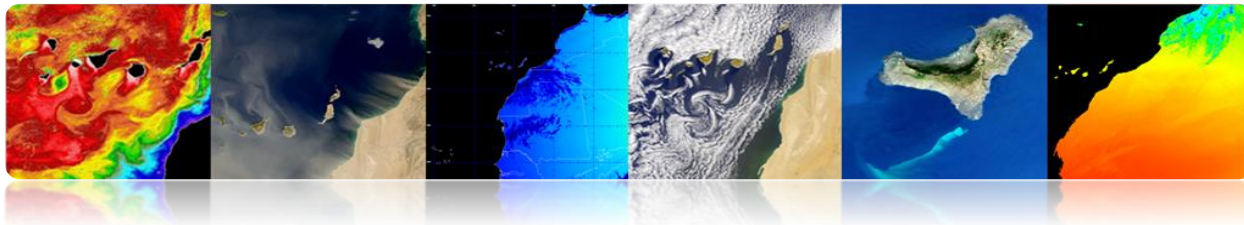


■ Índice Ultravioleta

El **índice UV** es un indicador de la intensidad de radiación ultravioleta proveniente del Sol en la superficie terrestre. El índice UV también señala la capacidad de la radiación UV solar de producir lesiones en la piel.

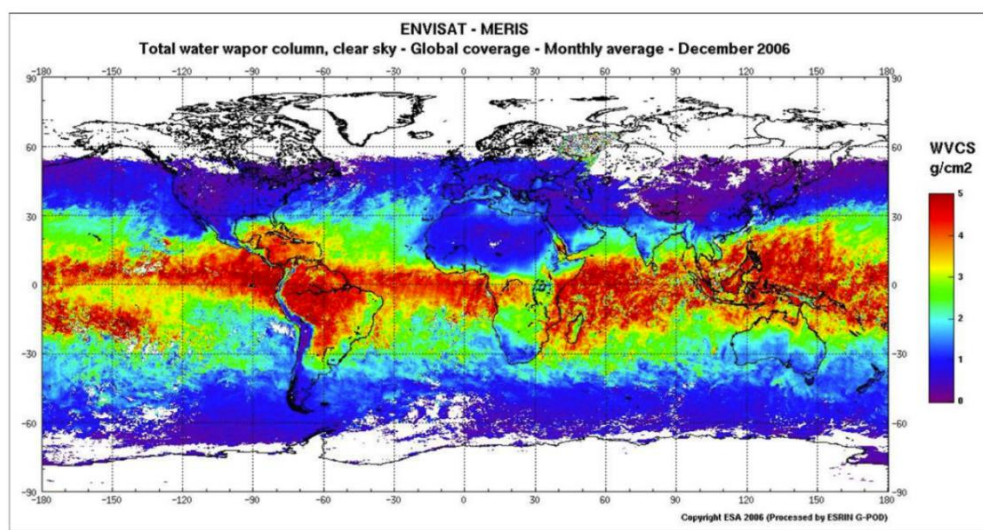


Riesgo	Índice UV
Bajo	<0-2
Moderado	3-5
Alto	6-7
Muy Alto	8-10
Extremadamente alto	> 11

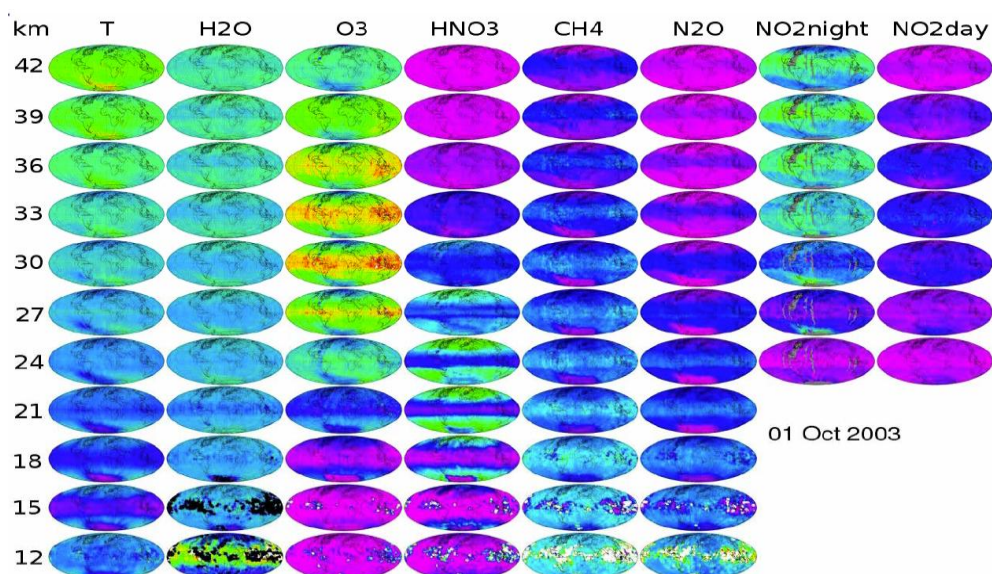


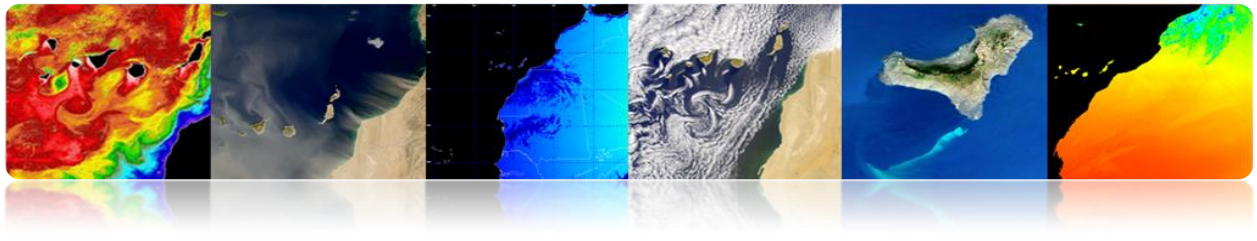
■ Vapor de agua

El **vapor de agua** es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es inodoro e incoloro. Es responsable de la humedad ambiental y a alta concentración se condensa y se forma niebla o, en concentraciones mayores, nubes.



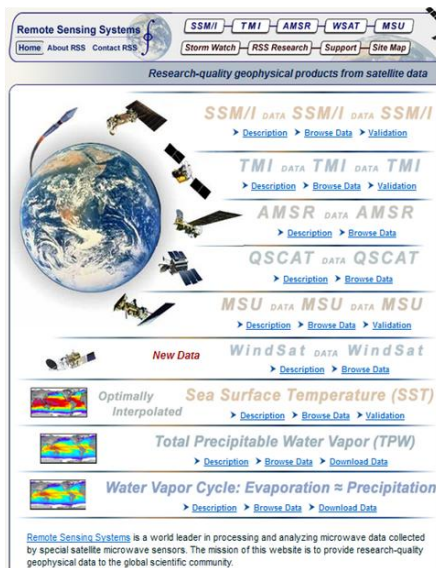
■ Sensor MIPAS (ENVISAT): permite estudios 3D



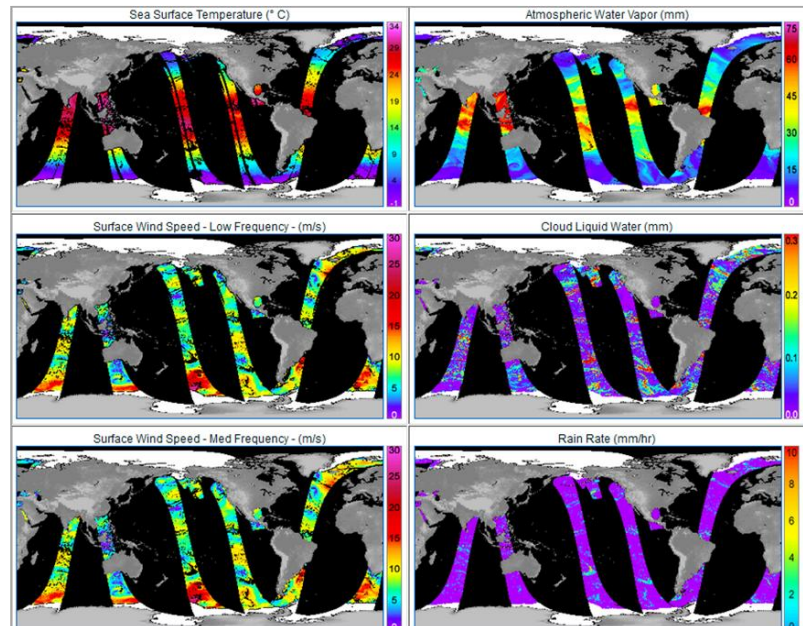


❑ REMOTE SENSING SYSTEMS (RSS – NASA)

Remote Sensing Systems es un centro de investigación soportado principalmente por la NASA y que se centra en la generación de productos a partir de sensores de microondas.



<http://www.ssmi.com/>



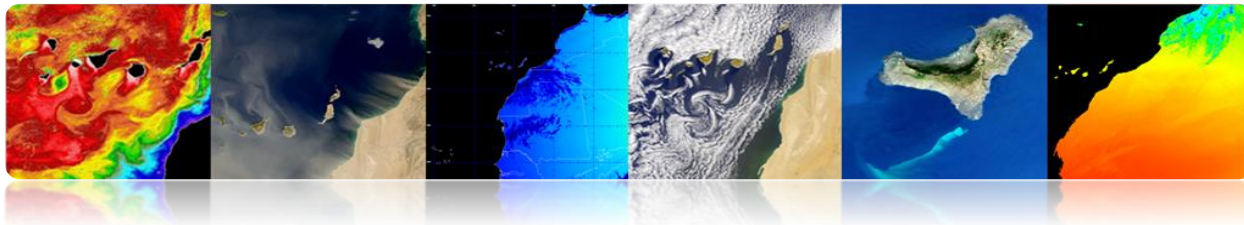
2013/05/16, UTC AM, WindSat

❑ AGENCIA AEROESPACIAL ALEMANA (DLR)

World Data Center for Remote Sensing of the Atmosphere (WDC-RSAT)

Desde 2003 el Centro de Teledetección Aleman DFD de la Agencia alemana DLR opera el WDC-RSAT, que ofrece a los científicos y público en general datos libre de multitud de parámetros y misiones atmosféricas usando datos de satélites.





The World Data Center
for Remote Sensing of the Atmosphere

Map Viewer
Data & Products
Services
Trace Gases
Aerosols
Clouds
Solar Radiation
Surface Parameters
Bio-Energy
Meteorology
Dynamics
Spectroscopy Data
Missions & Sensors
About WDC
User Account
Contact

NDMC
WDC Home

Local Weather
Oberpfaffenhofen

Trace Gases

Ozone			
O ₃	Daily Vertical Column (near real time) foot prints	GOME-2	Data access
O ₃	Assimilated Daily Vertical Column (forecast / near real time) maps	GOME-2	Data access
O ₃	Daily 4DVAR Analysis at 55.4 hPa (SACADA-17)	GOME-2 / SCIAMACHY	Data Access
O ₃	Total Ozone Column (Nadir)	SCIAMACHY	Data Access
O ₃	Ozone VMR (Limb)	SCIAMACHY	Data Access
O ₃	Daily Vertical Column (near-real time)	GOME	Data Access
O ₃	GDP 4.0 Total Ozone Record (1995-2005)	GOME	Data Access
O ₃	GDP 4.0 Total Ozone Monthly Means and Statistics (1995-2005)	GOME	Data Access
O ₃	Level 2 Profiles (NNORSY)	GOME	Data Access
O ₃	Daily Vertical Column (near-real time)	TOMS	Data Access
O ₃	Daily 3-D Stratospheric Distributions (Global Analysis)	ROSE-CTM	Data Access
O ₃	Vertical Profiles	CRISTA-2	Data Access
Nitrogen Compounds			
NO ₂	Daily Vertical Column (near real time)	GOME-2	Data access
tropNO ₂	Tropospheric Vertical Column	GOME-2	Data Access

The World Data Center
for Remote Sensing of the Atmosphere

Map Viewer
Data & Products
Missions & Sensors

AATSR
ACE
AIRS
AMSR
AMSU
ATMOS
ATOVS/TOVS
AVHRR
AVHRR3
CALPSO
CRISTA
GOME
GOME-2
GOMOS
HALOE
HIRLS
IASI
MAS
MERIS
MHS
MPAS
MSR
MLS
MODIS
MOPITT
OMI
POAM
SABER
SAGE
SBUV
SCIAMACHY
SEVIRI
TES
TMI
TOMS
VIRS
WINDI

Missions & Sensors

This section of the WDC-RSAT website covers the sources (sensors and missions) of satellite data used for remote sensing of the atmosphere and which form the basis of many of the available products and services.

AATSR	Advanced Along-Track Scanning Radiometer This sensor is one of the Announcement of Opportunity (AO) instruments on board the European Space Agency (ESA) satellite ENVISAT. It is the most recent in a series of instruments designed primarily to measure Sea Surface Temperature (SST), following on from ATSR-1 and ATSR-2 on board ERS-1 and ERS-2.
ACE	Atmospheric Chemistry Experiment is a Canadian satellite mission on board the Canadian satellite SCISAT-1 for remote sensing of the Earth's atmosphere. ACE was launched on August 13, 2003. The measurements consist of spectra and images that are used to investigate chemical and dynamical processes in our atmosphere, with a particular emphasis on ozone depletion in the Arctic stratosphere.
AIRS	Atmospheric Infrared Sounder This atmospheric sensor is one of six instruments on board the Aqua satellite, part of NASA's Earth Observing System. Together these instruments observe the global water and energy cycles, climate variation and trends, and the response of the climate system to increased greenhouse gases. AIRS measures the atmospheric temperature and humidity profiles.
AMSR	Advanced Microwave Scanning Radiometer AMSR was launched on board the Advanced Earth Observing Satellite-II (ADEOS-II) in June, 2002. AMSR measures geophysical variables related to the earth's water cycle, including: precipitation rate, cloud water, water vapor, sea surface winds, sea surface temperature, sea ice concentration, snow water equivalent, and soil moisture.
AMSU	Advanced Microwave Sounding Unit A / B The first AMSU was launched in May 1998 on board the National Oceanic and Atmospheric Administration's NOAA 15 satellite. This sensor

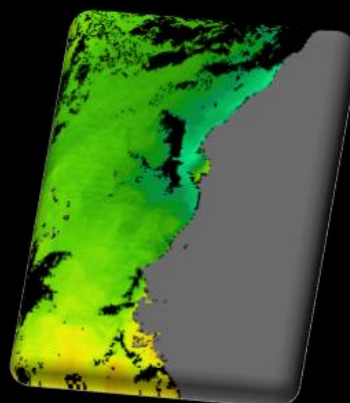
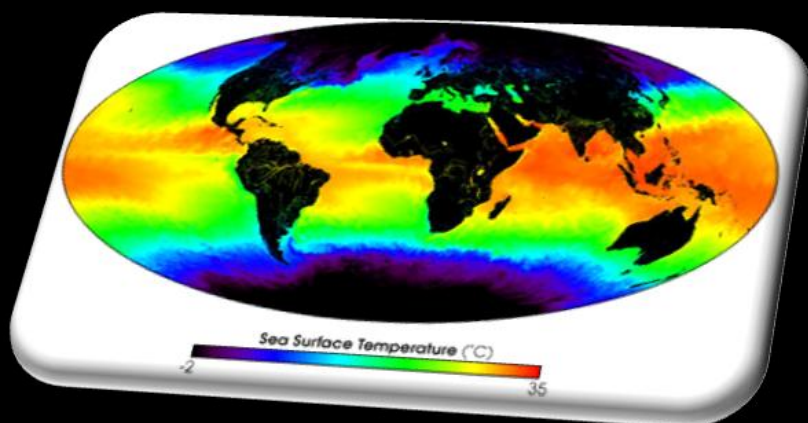
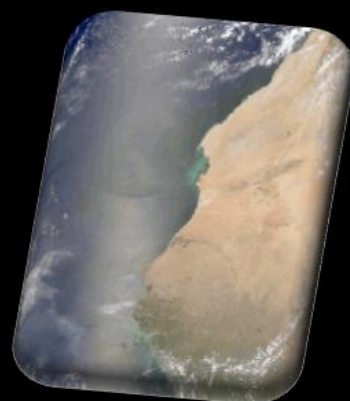
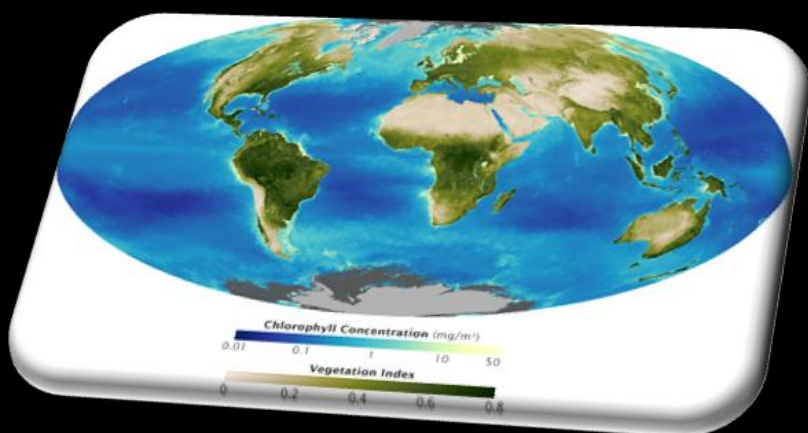
<http://wdc.dlr.de/sensors/>

Tutorial TELECAN

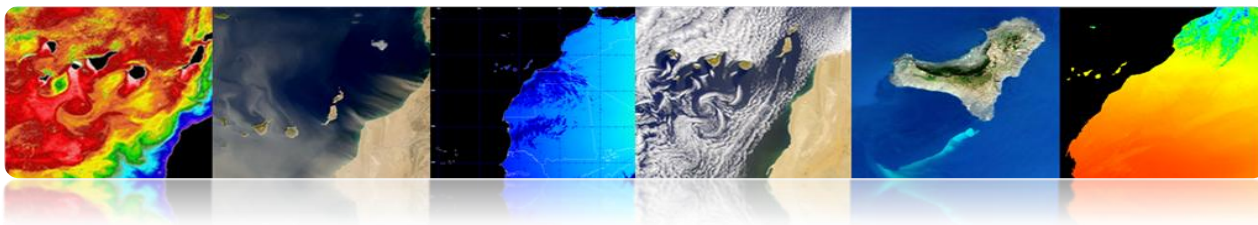
Aplicaciones de la Teledetección

3.76





4. Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico



Introducción

La complejidad técnica de los sistemas actuales de teledetección, el volumen de datos disponibles y los diferentes niveles de procesamiento involucrados en la obtención de parámetros geofísicos, requieren el establecimiento de una jerarquía de procesos que permitan la generación de productos operacionales (alto nivel), de utilidad tanto para usuarios finales específicos como para la comunidad científica en general. Típicamente, solo una pequeña relación del total de datos disponibles se procesa al nivel más alto (nivel usuarios) incrementándose, generalmente, el costo de los datos con el nivel de procesamiento.

‘Cada nivel de procesamiento, dentro de la jerarquía establecida, requiere más datos auxiliares y son más complejos que los niveles precedentes.’

El tipo y número de niveles jerárquicos de procesamiento depende, obviamente, del sistema de teledetección considerado. Una adecuada estructuración de los niveles jerárquicos en los principales sistemas de teledetección (Landsat, Spot, NOAA, EOS-NASA, ERS-ESA) ha permitido la creación de bases de datos de imágenes consistentes y fidedignas.

Las capacidades, altamente cambiantes, de los ordenadores y las redes de ordenadores de alta velocidad, permiten que las imágenes puedan ser adquiridas, procesadas en sus diferentes niveles y distribuidas a la comunidad científica, según sus requerimientos y aplicaciones operacionales, prácticamente en tiempo real.

Ilustrativamente, en la figura se muestra el diagrama de flujo de los niveles jerárquicos de procesamiento aplicados a los datos NOAA-AVHRR/SeaStar-SeaWiFS y que genéricamente son utilizados en los principales sistemas de teledetección.



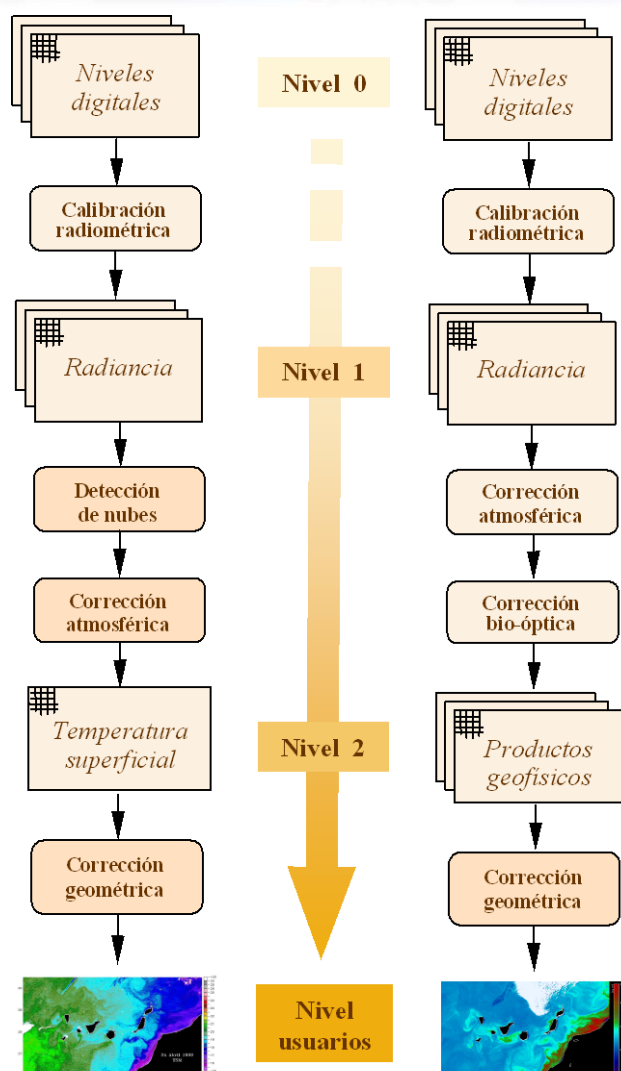
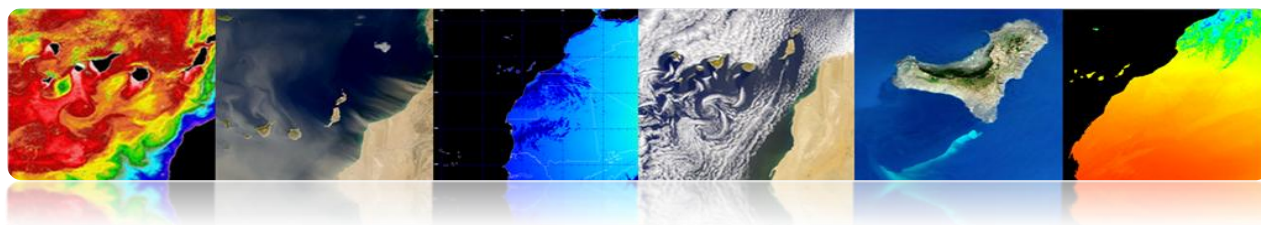
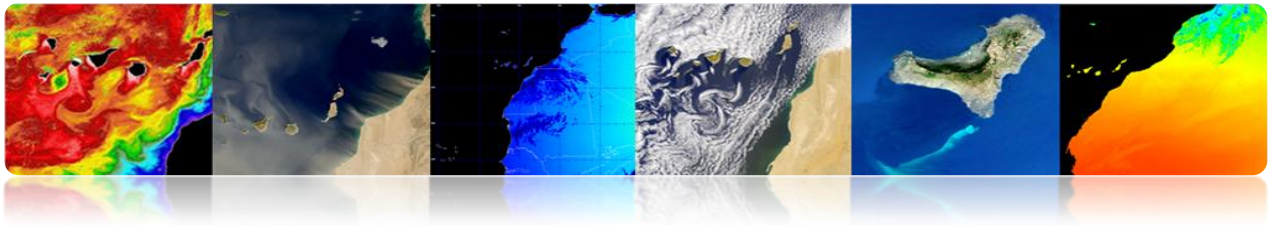


Fig.1.- Jerarquía genérica de niveles de procesamiento aplicada a datos NOAA-AVHRR.

En los primeros apartados de este capítulo se analizarán las características del sensor que afectan a la calidad radiométrica de las imágenes y al modelado atmosférico aplicado a los datos observados por el sensor, que es importante para contestar a “Que estamos observando?”. Otra pregunta relevante es “Donde estamos mirando?”. La respuesta a esta cuestión viene determinada por las características geométricas de las imágenes.



Las imágenes adquiridas por los sensores ubicados a bordos de satélites contienen, además de los errores radiométricos relacionados con las características del instrumento y de la presencia de la atmósfera, distorsiones geométricas. Éstas pueden producirse por muchos motivos. El movimiento relativo entre el satélite, el sensor de exploración y la Tierra originan errores de desplazamientos de los píxeles en la imagen obtenida. Las características de exploración del sensor, curvatura de la Tierra y variaciones, no controladas, en la posición y orientación de la plataforma producen errores geométricos de diferentes naturaleza y complejidad.

Seguidamente se analizarán las principales fuentes de distorsión radiométrica, atmosférica y geométrica y sus efectos sobre la imagen, así como las técnicas básicas de detección de nubes, revisando los procedimientos utilizados para su compensación y aplicándolo a la corrección de imágenes de diferentes sensores.

Los objetivos de este capítulo son:

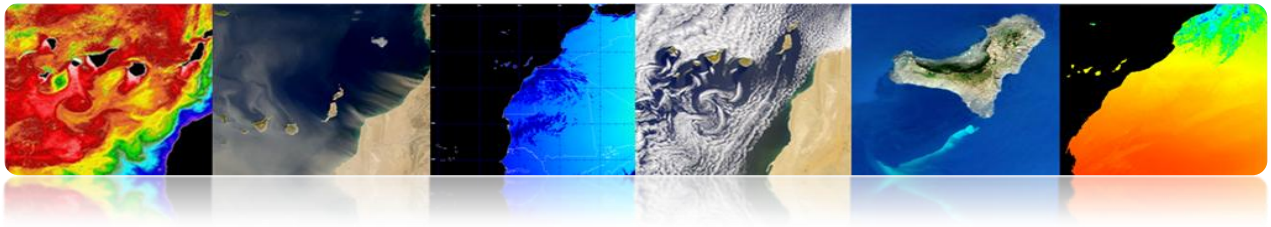
- Distinguir entre las principales fuentes de error en las imágenes procedentes de satélites de observación de la Tierra;
- Conocer los factores de distorsión radiométrica originadas por la plataforma espacial;
- Entender la influencia atmosférica en la radiancia espectral captada por el sensor de teledetección;
- Estudiar las principales fuentes de distorsión geométricas y los procedimientos de restauración de las imágenes espaciales;
- Conocer las técnicas de detección de nubes.

CONTENIDOS

Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico

- 4.1. FUENTES DE ERRORES EN LA OBSERVACIÓN ESPACIAL
- 4.2. MODELADO RADIOMÉTRICO
- 4.3. MODELADO ATMOSFÉRICO
- 4.4. MODELADO GEOMÉTRICO
- 4.5. DETECCIÓN DE NUBES

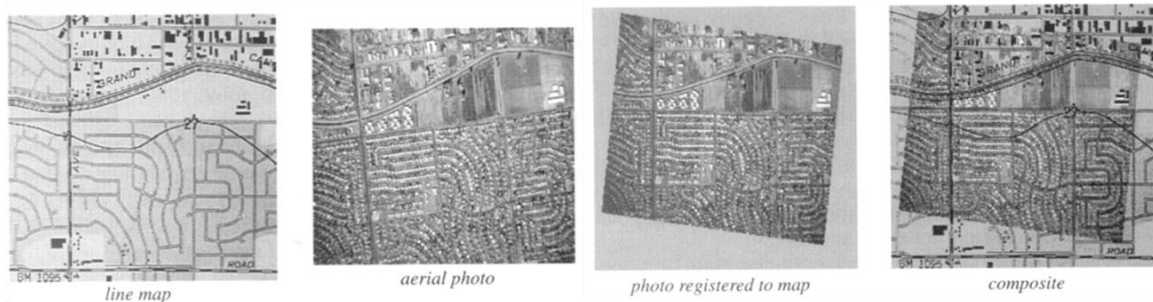




4.1 FUENTES DE ERRORES EN LA OBSERVACIÓN ESPACIAL

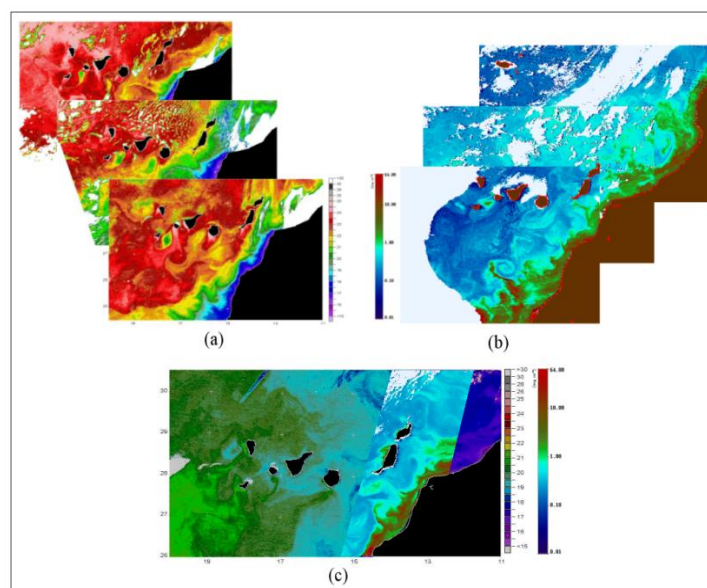
❑ ENFOQUES EN LA UTILIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN

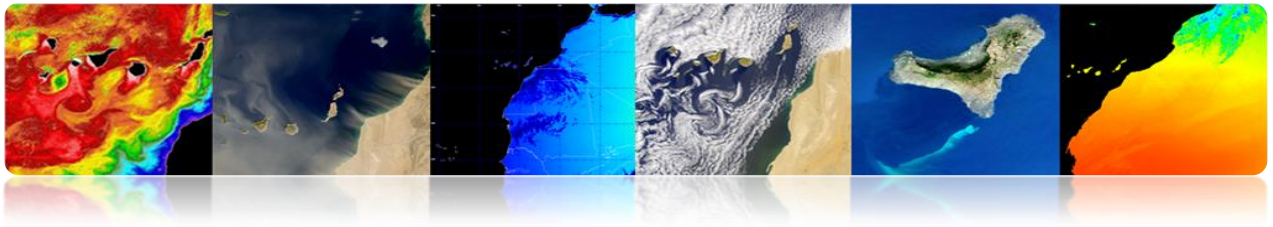
- **Centrado en la Imagen:** Relación espacial entre diferentes características sobre la superficie de la Tierra → Creación de Mapas: Fotogrametría



- **Centrado en los Datos:** Elevadas precisiones en las calibraciones espectro-temporales.

Integración y comparación de datos multitemporales y multisensoriales





❑ FUENTES DE ERROR EN UNA IMAGEN ESPACIAL

¿Qué estamos observando?

Propiedades radiométricas y atmosféricas.

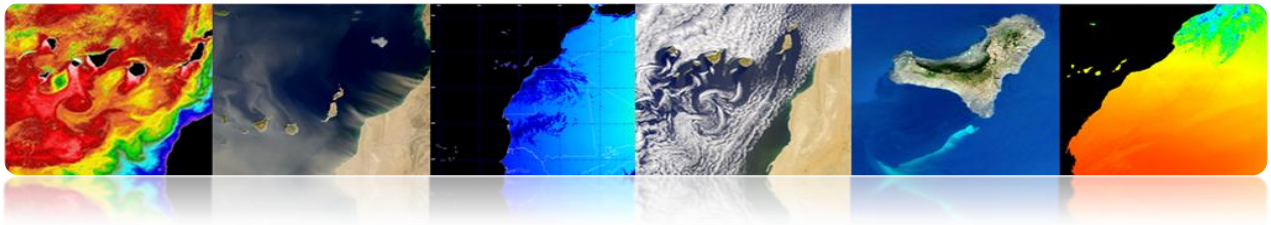
¿Dónde estamos mirando?

Características geométricas de las imágenes.

Las imágenes adquiridas por los sensores ubicados a bordo de satélites contienen:

- **Errores radiométricos:** Instrumento (sensor) y presencia atmósfera.
- **Errores geométricos:** Movimiento relativo entre el satélite, el sensor de exploración y la Tierra, exploración del sensor, curvatura de la Tierra, variaciones plataforma.





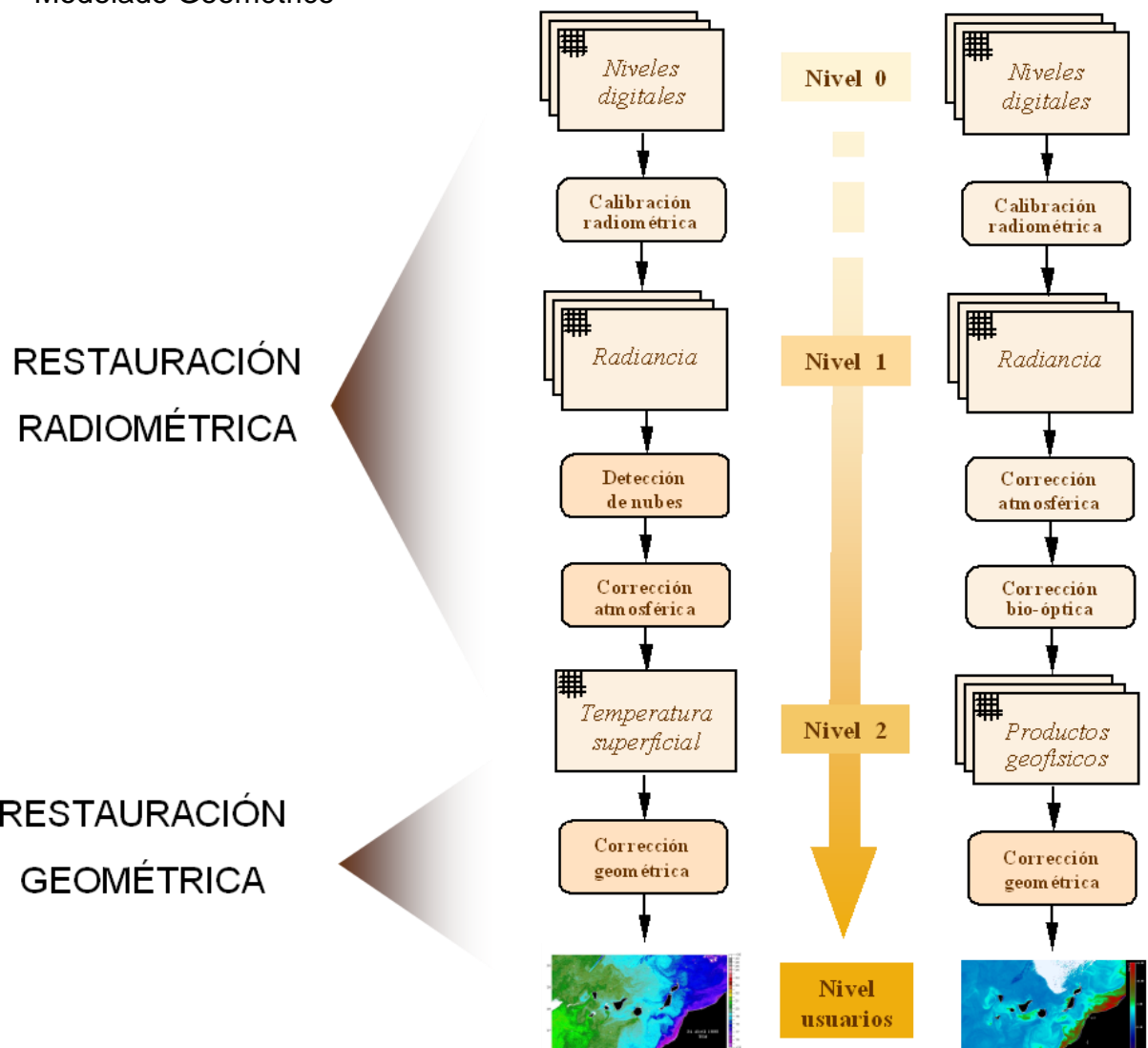
❑ JERARQUÍA DE PROCESADO IMÁGENES SATÉLITES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

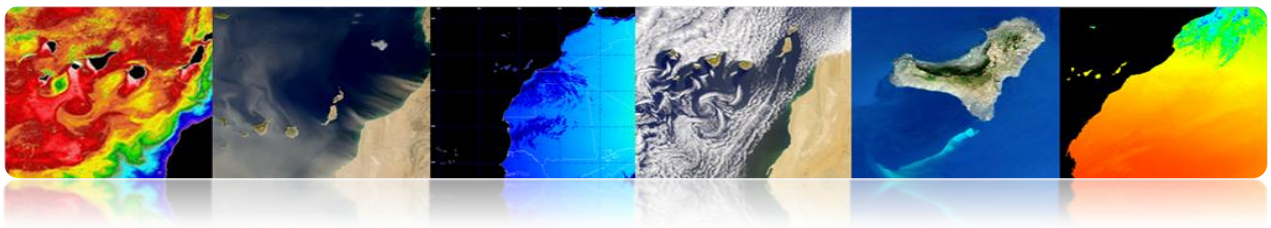
¿Qué estamos observando?

Modelado Radiométrico
Modelado Atmosférico

¿Dónde estamos mirando?

Modelado Geométrico

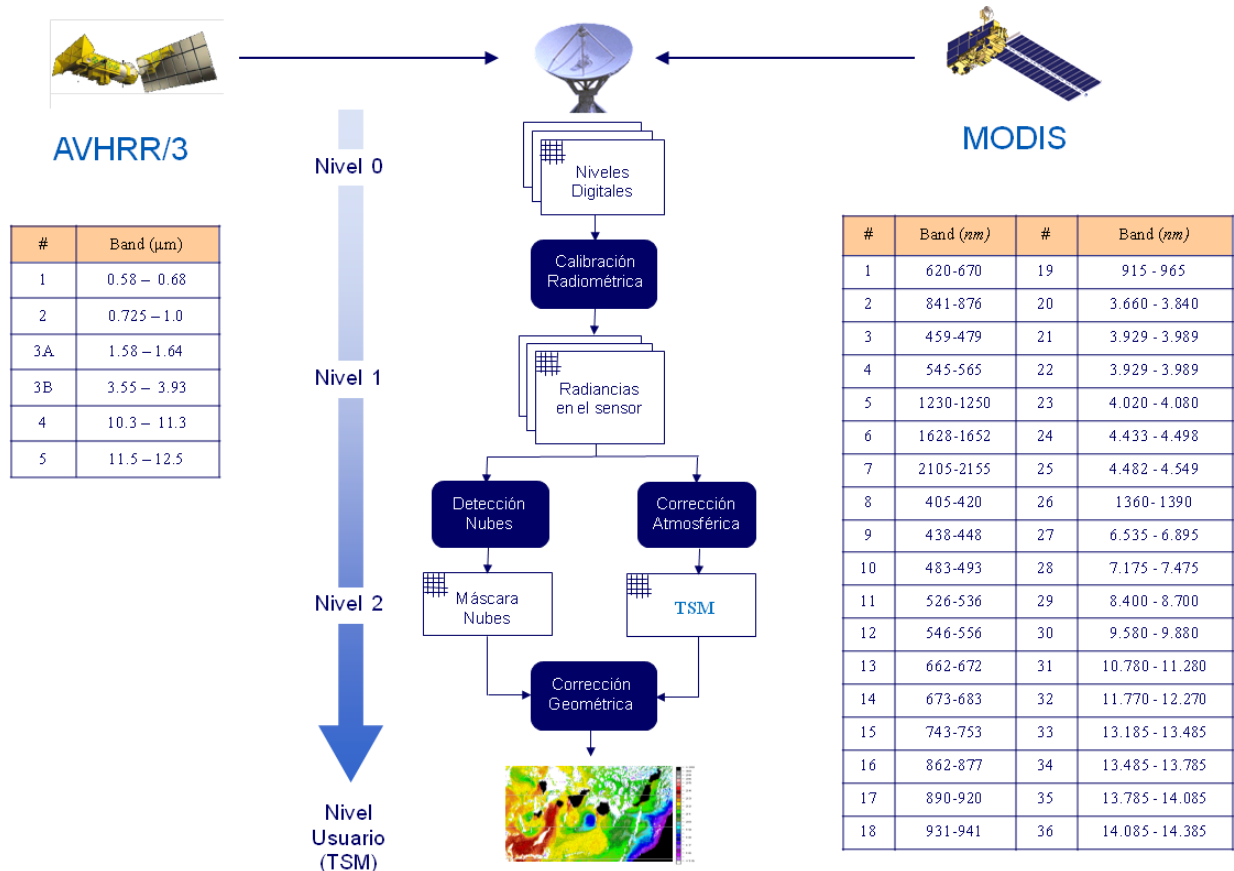


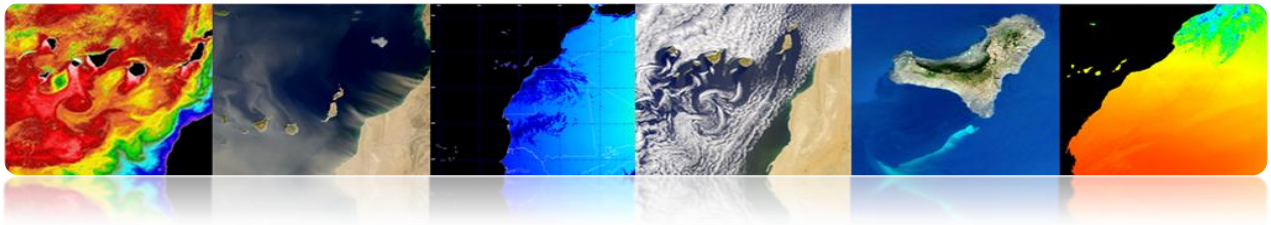


❑ JERARQUÍA DE PROCESADO IMÁGENES DE SATÉLITES: TAREAS PRE-PROCESADO IMÁGENES.

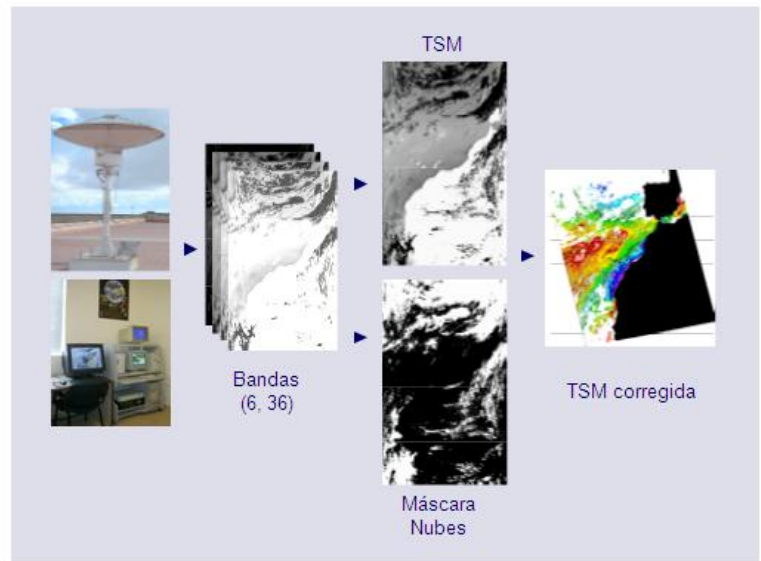
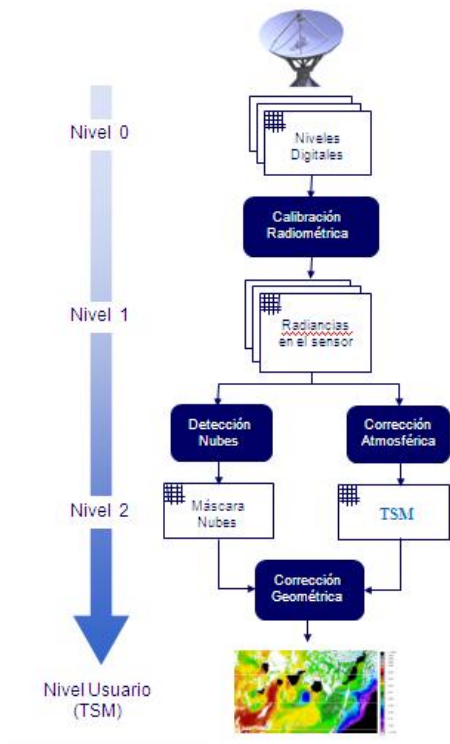
- **Calibración radiométrica:** Convertir los niveles digitales a valores de radiancia o valores de temperatura de brillo.
- **Corrección atmosférica:** Tener en cuenta la contribución de la radiación atmosférica que llega al sensor (recuperación de SST o NDVI).
- **Corrección geométrica:** Corregir las distorsiones en las imágenes recibidas relacionadas con la curvatura y la rotación de la Tierra, la exploración del sensor y de las variaciones de la plataforma.
- **Detección de nubes:** Enmascarar correctamente pixeles nubosos para asegurar que los parámetros geofísicos obtenidos son representativos de la superficie de la Tierra.

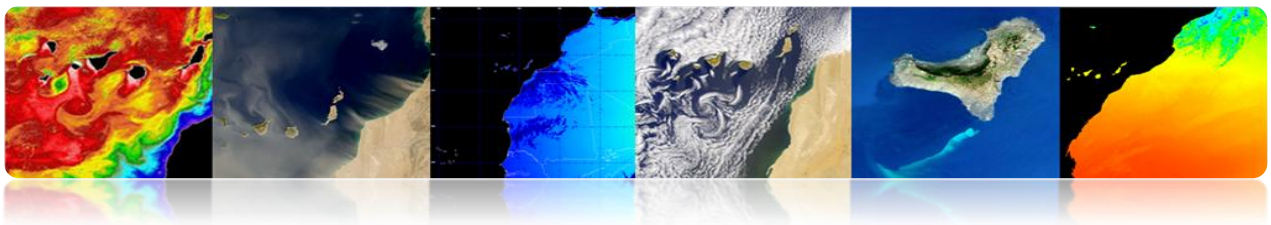
❑ JERARQUÍA DE PROCESADO IMÁGENES DE SATÉLITES: OBTENCIÓN TSM





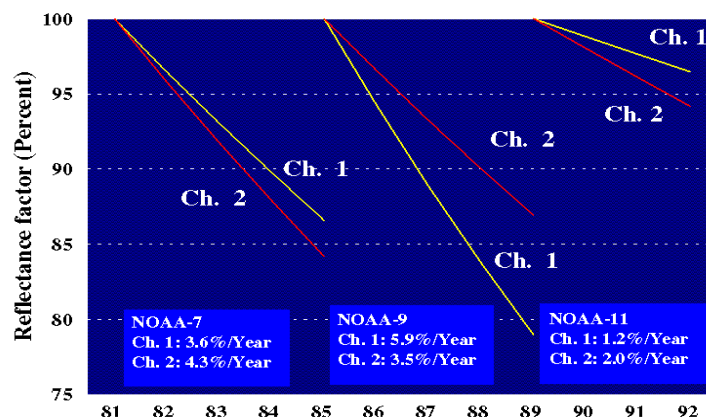
❑ JERARQUÍA DE PROCESADO IMÁGENES DE SATÉLITES: OBTENCIÓN TSM





4.2 MODELADO RADIOMÉTRICO

- Convertir los ND a valores de radiancia: necesaria para obtener parámetros geofísicos o para comparar imágenes de diferentes sensores.
 - Si el sensor fuera totalmente estable: Calibración pre-lanzamiento suficiente.
 - Las variaciones en las condiciones térmicas y la degradación del instrumento (la respuesta y la sensibilidad de los detectores del sensor a través del tiempo) requiere la incorporación de un sistema de calibración dinámica en vuelo.



Ejemplo Modelado Radiométrico WV2

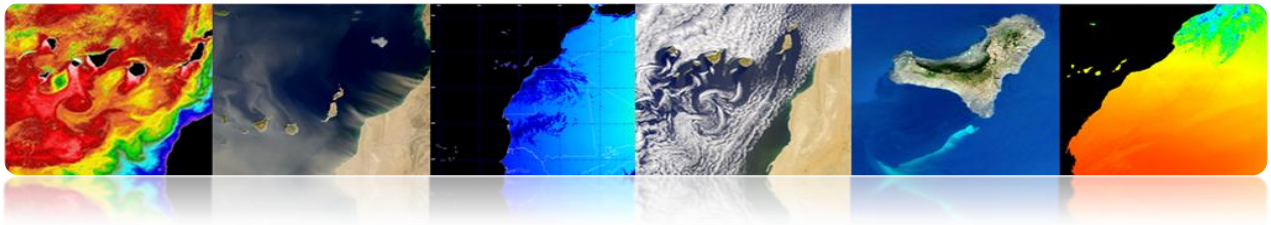
$$L_{\lambda \text{ Pixel, Banda}} = \frac{K_{\text{Banda}} \cdot q_{\text{Pixel, Banda}}}{\Delta \lambda_{\text{Banda}}}$$

Banda espectral	$\Delta \lambda_{\text{Banda}}$ Ancho de banda efectivo [μm]	Factor de calibración
Pancromática	0.2846	3.788831e-02
Costera	0.0473	9.295654e-03
Azul	0.0543	1.260825e-02
Verde	0.0630	9.713071e-03
Amarillo	0.0374	5.101088e-03
Rojo	0.0574	1.103623e-02
Rojo extremo	0.0393	4.539619e-03
Infrarrojo cercano 1	0.0989	1.224380e-02
Infrarrojo cercano 2	0.0996	9.042234e-03

Tutorial TELECAN

Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico

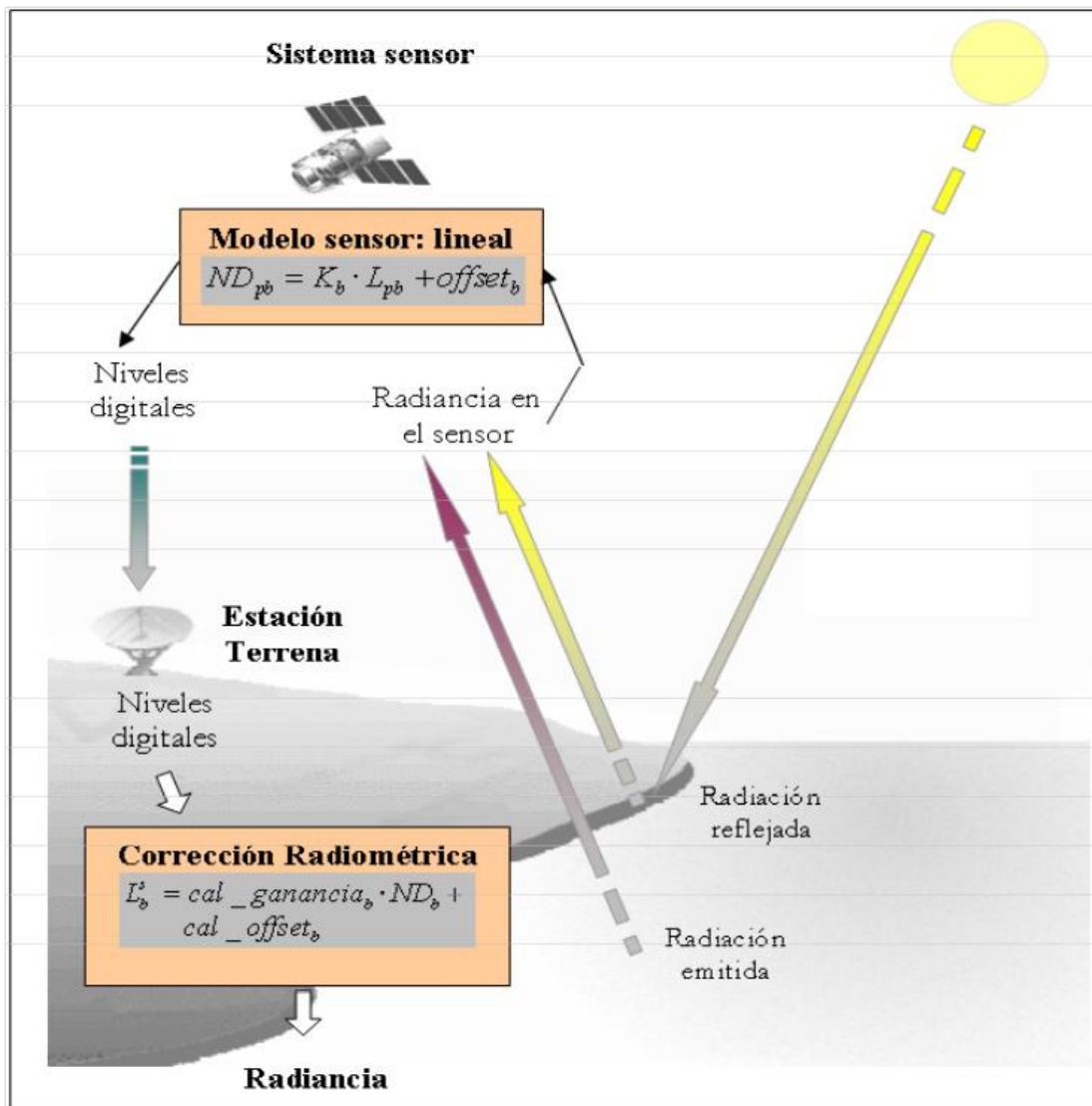


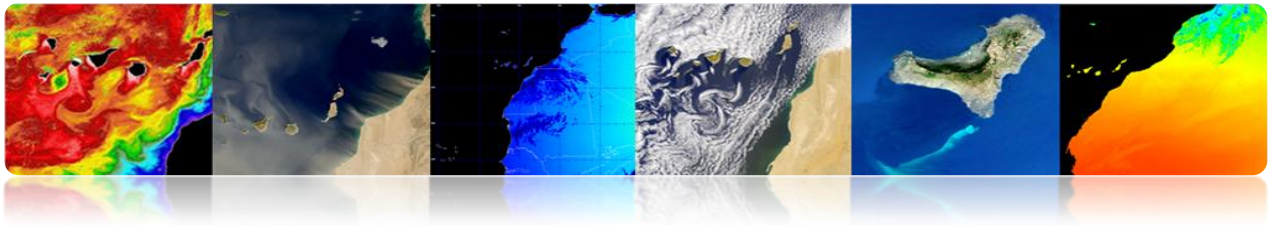


Ejemplo Modelado Radiométrico WV2

Ejemplo Modelado Radiométrico AVHRR: Modelo Lineal

$$L = gain \cdot DN + offset$$

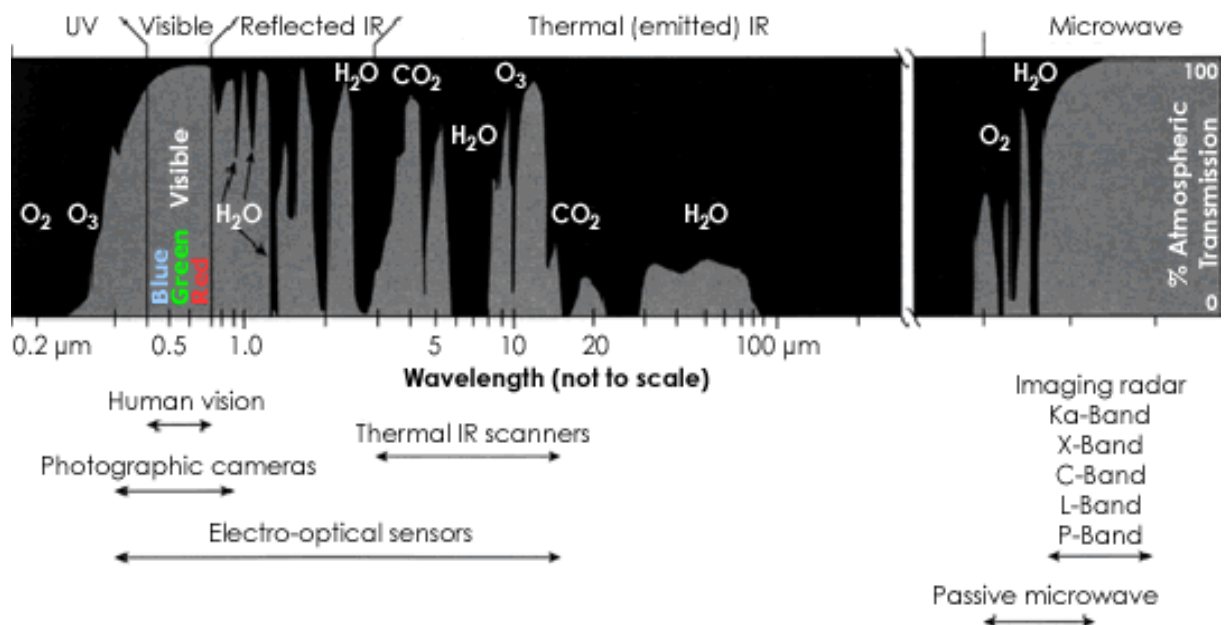




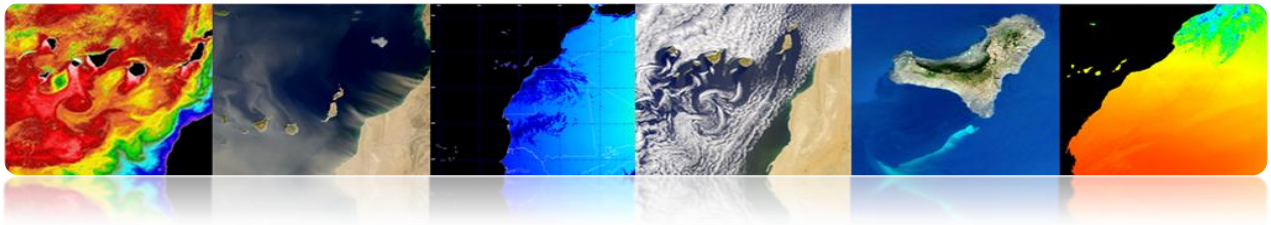
4.3 MODELADO ATMOSFÉRICO

- Desventaja Teledetección: sensor recibe datos de la superficie terrestre a través de la atmósfera.
- Los efectos atmósfera son **absorción y dispersión**, pero es casi transparente a la radiación electromagnética en muchas longitudes de onda.

Ventanas atmosféricas



Transmitancia Atmósfera: Opacidad de la Atmósfera



❑ CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA: EFECTOS SOBRE EL CÁLCULO DE LA REFLECTIVIDAD.

- Radiancia que recibe el satélite:

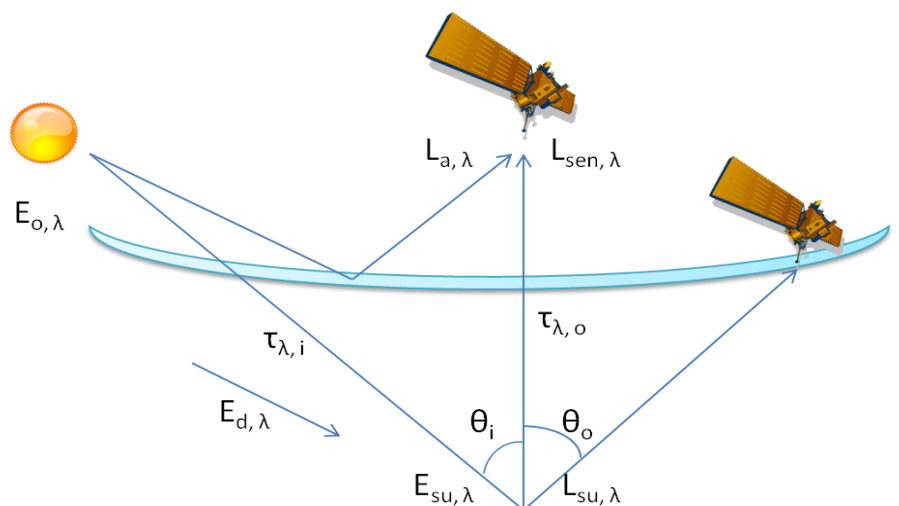
$$L_{sen,\lambda} = L_{su,\lambda} \cdot \tau_{\lambda,o} + L_{a,\lambda}$$

- La transmisividad en la dirección ascendente

$$\tau_{\lambda,o} = \exp\left(\frac{-\tau_{oz,\lambda} - \tau_{a,\lambda} - \tau_{r,\lambda}}{\cos \theta_o}\right)$$

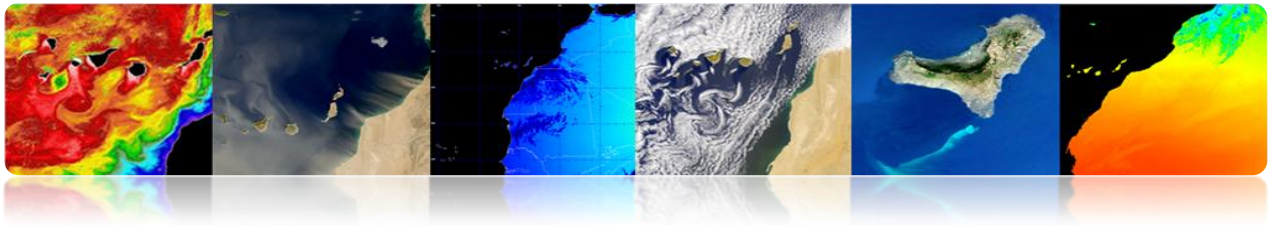
- La reflectividad real de una cubierta terrestre

$$\rho_\lambda = \frac{(L_{sen,\lambda} - L_{a,\lambda}) \cdot d_{ES}^2 \cdot \pi}{\tau_{\lambda,o} (E_{o,\lambda} \cdot \cos \theta_i \cdot \tau_{\lambda,i} + E_{d,\lambda})}$$



- Para calcular la reflectividad de la superficie (estimar la transmisividad de la atmósfera, la irradiación difusa y radiancia debida a la dispersión atmosférica)
→ **CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA**





❑ CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA: METODOLOGÍAS.

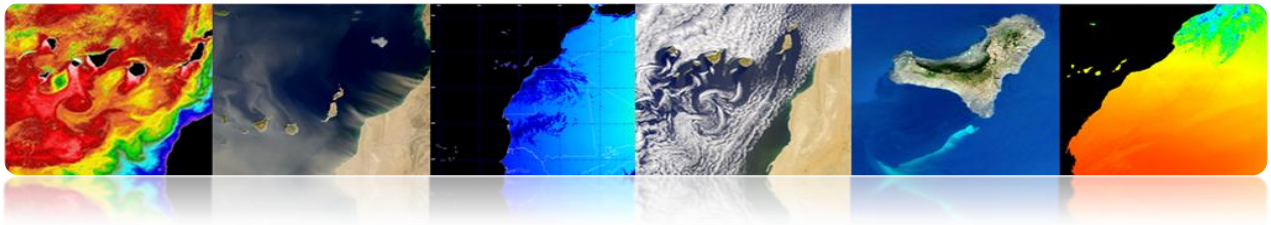
- Procedimientos laboriosos y complejos que requieren *múltiples inputs* sobre las condiciones de la atmósfera al tomar la imagen.
 - Modelo atmosférico basado en **datos in-situ** y **datos de otros sensores** (método multimirada).
 - Modelo **físico** basado en la **Ecuación de Transferencia Radiativa**.

Usuales: MODTRAN4, 6S, FLAASH (SW ENVI)
y ATCOR (SW ERDAS)

- Modelo atmosférico basado en **datos de la propia imagen**.

Usuales: DOS y COST





❑ CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA: MÉTODO MULTIBANDA PARA RECUPERAR LA TSM.

- Una simple combinación lineal de radiancias medidas en 2 longitudes de onda proporciona una buena estimación de la radiación emitida por la superficie.

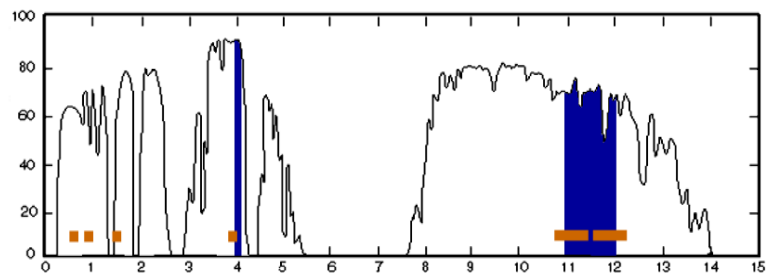
$$T_s = a_0 T_{11} + a_1 \cdot (T_{11} - T_{12}) + a_2 \quad (\text{Linear split-window equation})$$

T_s : Sea Surface Temperature

T_{11} : Brightness temperature channel 4

T_{12} : Brightness temperature channel 5

a_i : Coefficients



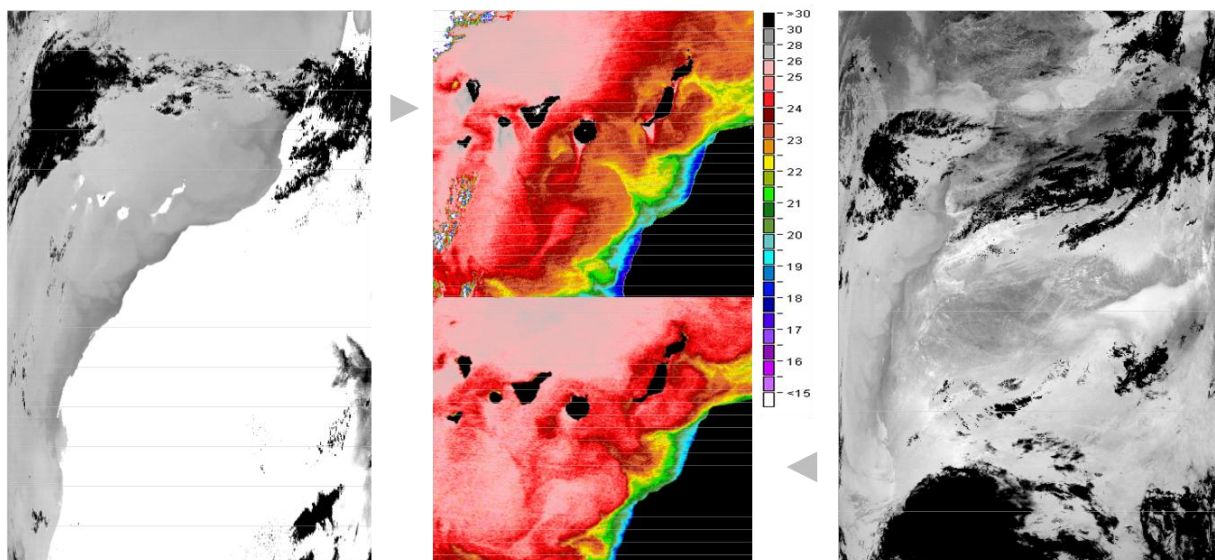
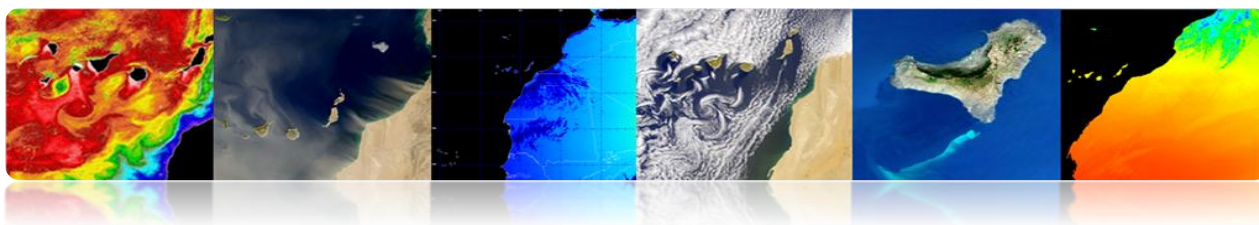
▪ Coeficientes:

- Teóricos, utilizando un modelo de transferencia radiativa.
- Regresión entre los datos de temperatura in situ y la temperatura de brillo.

La gran variabilidad del ángulo de observación (ángulo cenital satélite) provoca un cambio en el camino óptico de la atmósfera:

$$T_s = a_0 \cdot T_{11} + a_1 \cdot (T_{11} - T_{12}) + a_2 \cdot (\sec \theta - 1) + a_3$$





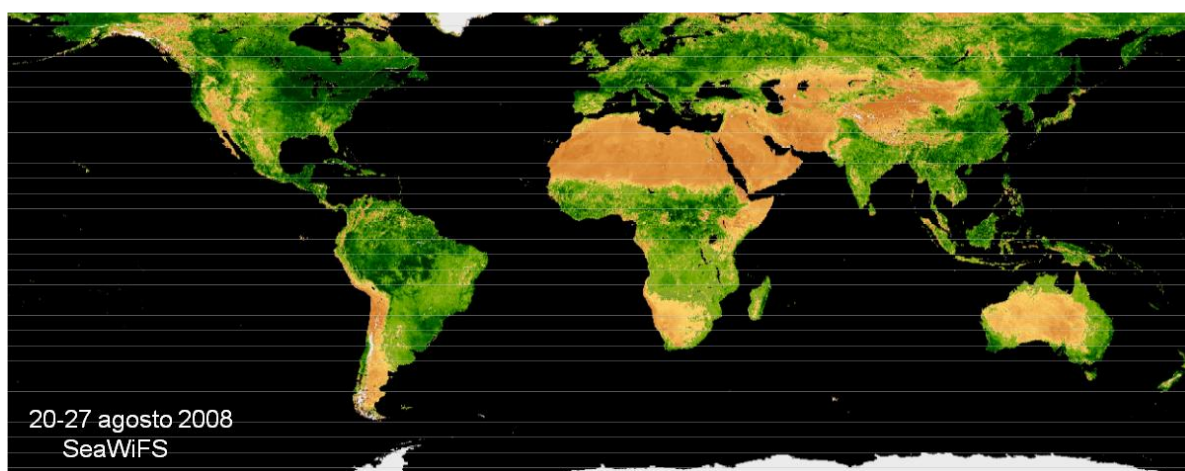
MODIS-AQUA

AVHRR-NOAA 16

❑ CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA: ÍNDICES DE VEGETACIÓN

- Basado en la relación entre las bandas NIR y R.
- Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es muy utilizado. Los valores comprendidos entre -1 a 1.
- NDVI es un mal indicador de las regiones áridas o semiáridas.

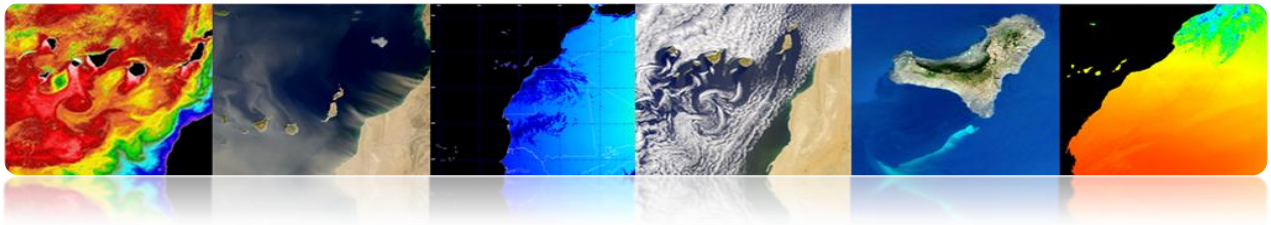
$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}}$$



20-27 agosto 2008
SeaWiFS

Tutorial TELECAN

Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico



❑ **CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA: SECOND SIMULATION OF A SATELLITE SIGNAL IN THE SOLAR SPECTRUM (6S) RECUPERAR LA REFLECTIVIDAD EN IMÁGENES WORLDVIEW 2 (Y MODIS).**

El modelo se divide en 5 partes principales:

- Condiciones geométricas
- Modelado atmosférico
- Definición de las alturas del área de estudio y del satélite
- Condiciones espectrales
- Definición del tipo de suelo

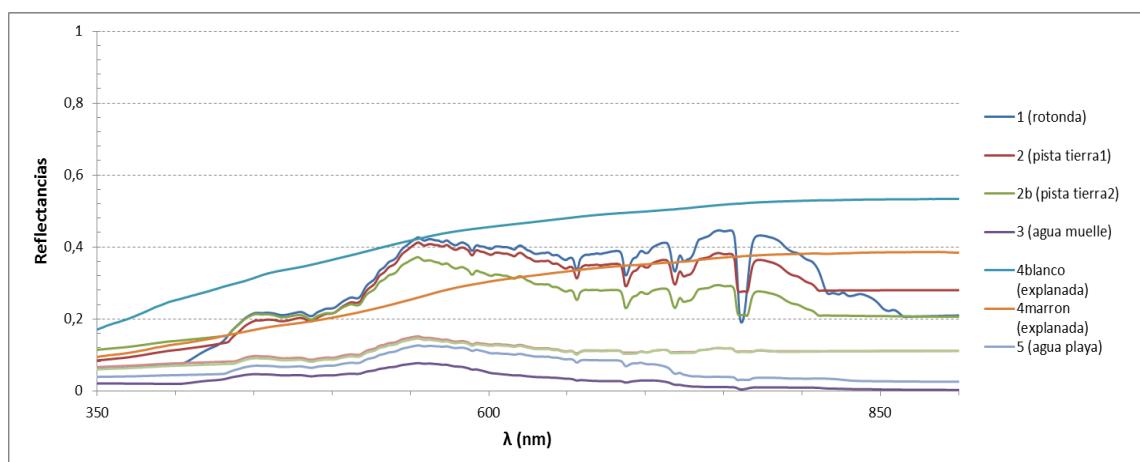
Configuración fija:

- Modelo atmosférico
- Alturas del terreno y del satélite. Bandas del satélite
- Definición del tipo de superficie

Configuración para cada imagen:

- Modelo geométrico (ángulos del sol y el satélite)
- Profundidad óptica de la atmosfera (base de datos NASA)

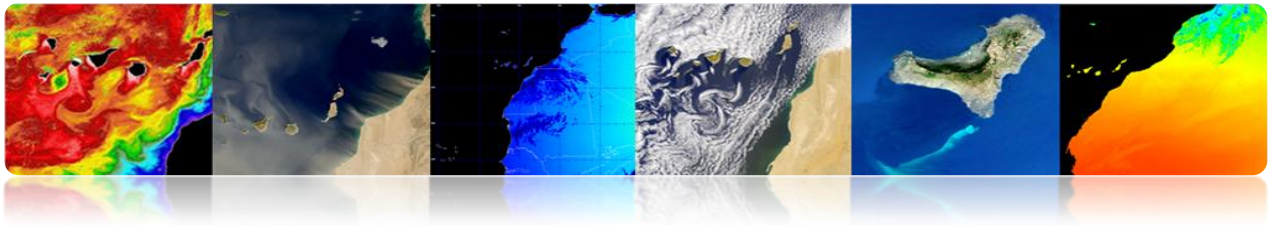
Medidas Radiómetro



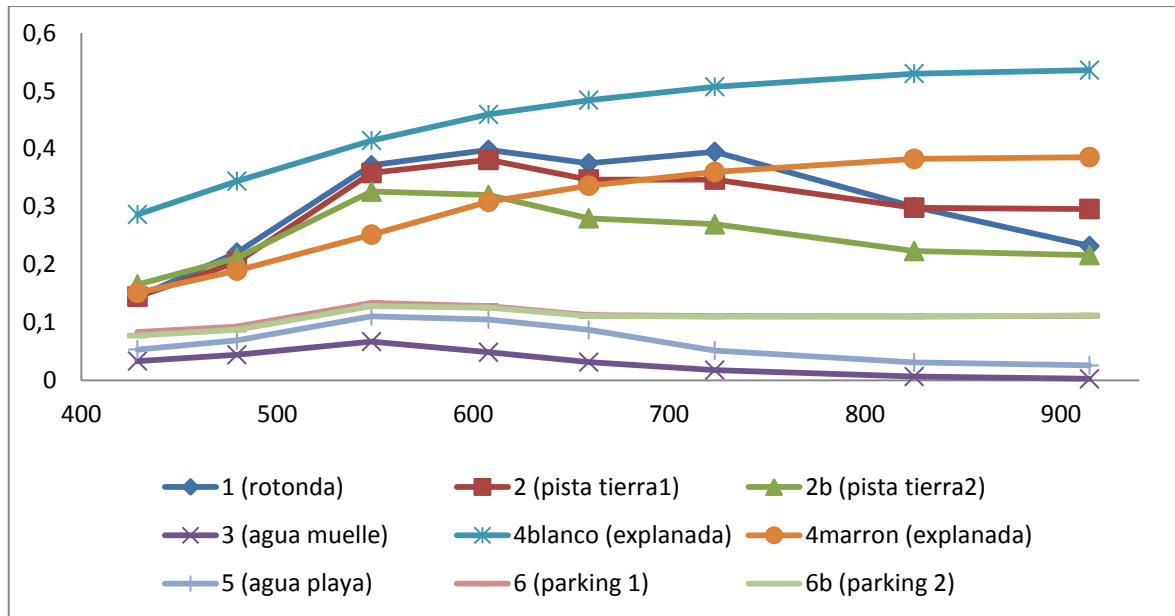
Tutorial TELECAN

Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico

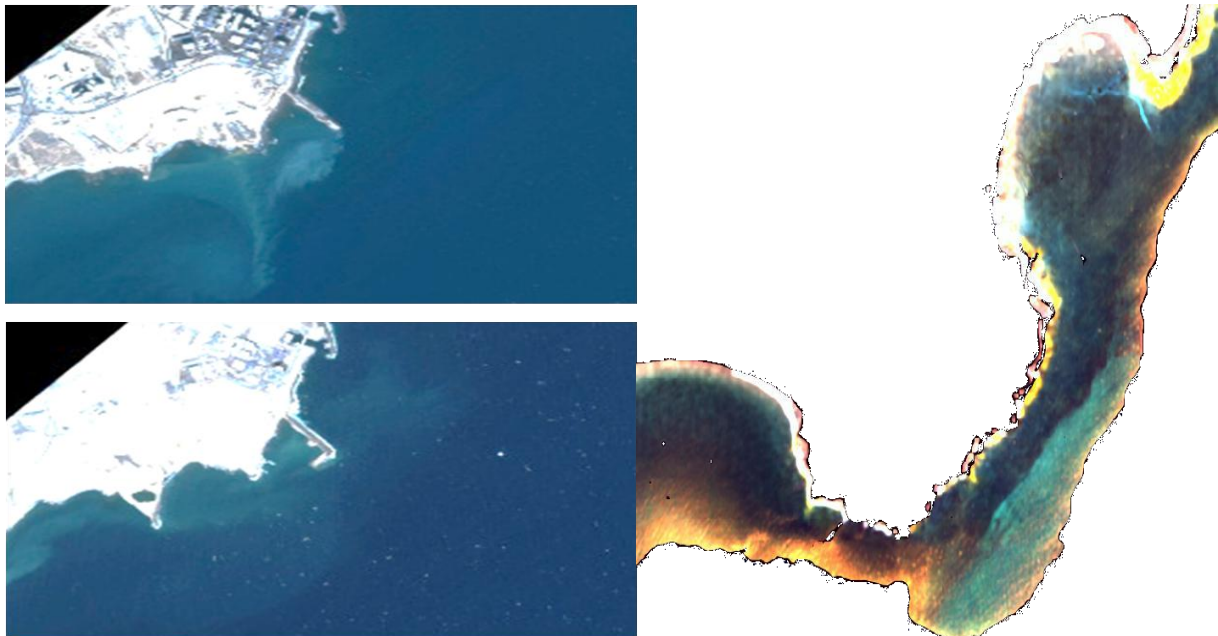




Firmas WorldView-2

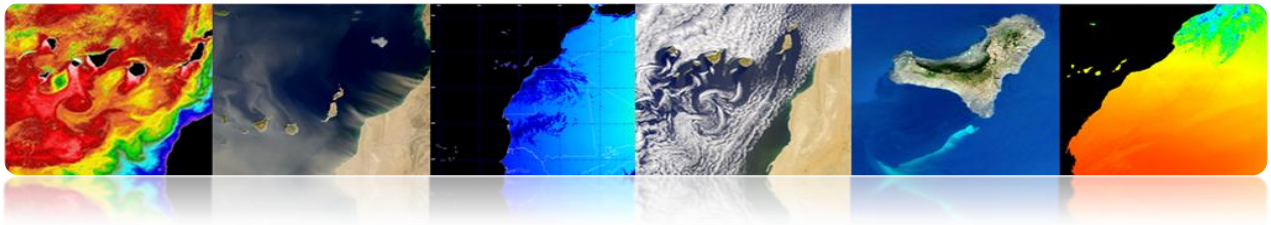


Imágenes Granadilla-WV2 corregidas atmosféricamente



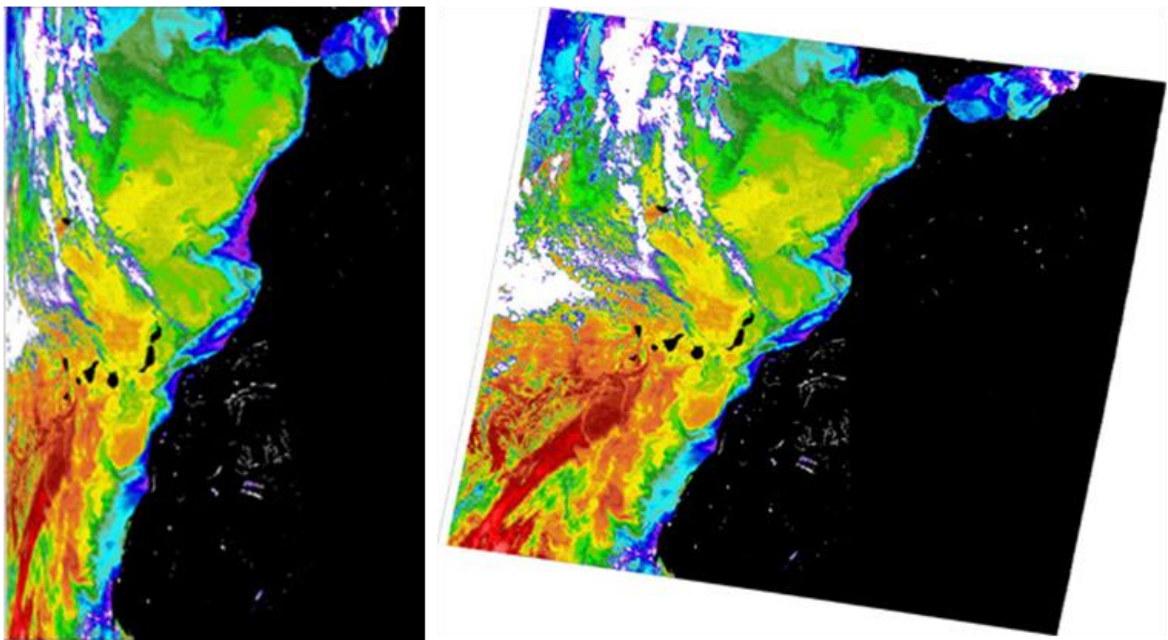
Tutorial TELECAN

Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico



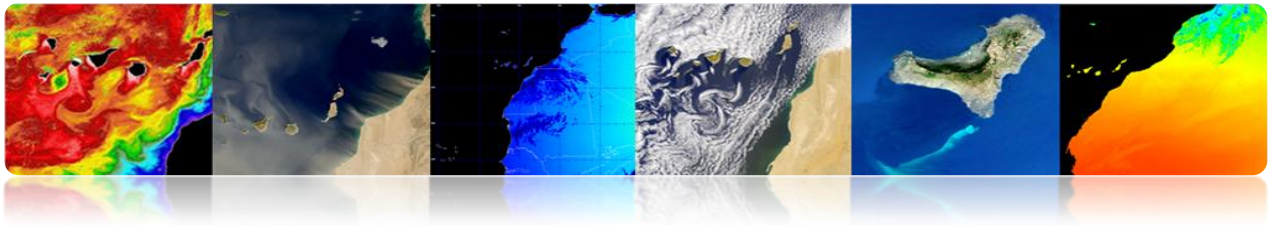
4.4 MODELADO GEOMÉTRICO

- Las imágenes digitales procedentes de sensores espaciales contienen errores geométricos.
- Fuentes de distorsión geométrica:
 - Rotación Tierra
 - Distorsión panorámica
 - Curvatura exploración
 - Curvatura Tierra
 - Variaciones plataforma



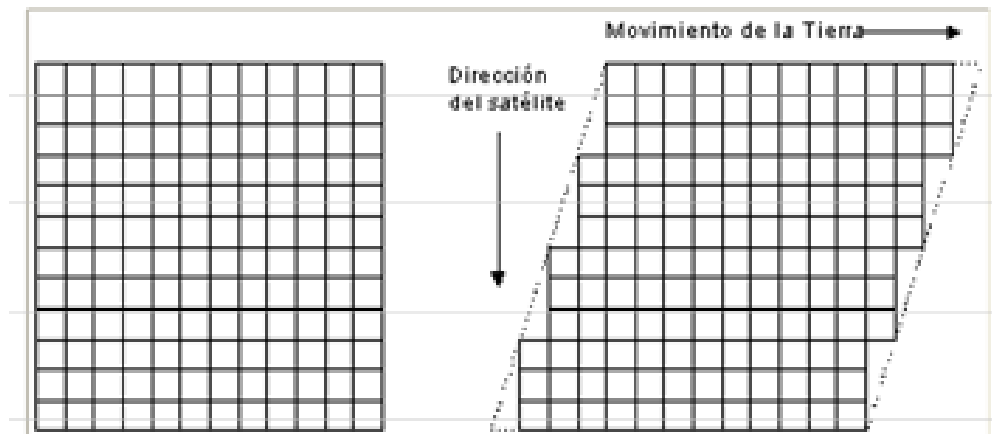
Para comparar imágenes (análisis multitemporal o multisensor) o para validar los datos de satélite con las medidas in situ, es esencial contar con la ubicación exacta de cualquier pixel → **CORRECCIÓN GEOMÉTRICA**





❑ CORRECCIÓN GEOMÉTRICA: ROTACIÓN DE LA TIERRA.

Los sensores de exploración requieren un tiempo finito para adquirir una escena de la superficie de la Tierra: Las últimas líneas estarán, erróneamente, desplazadas al este en términos de lo que representan sobre la Tierra (rota de oeste a este).



❖ **Ejemplo:** *Imágenes procedentes de los satélites Landsat, tomadas en Sidney.*

* Velocidad angular del satélite es $w_0 = 1.014 \text{ mrad/seg}$ y la longitud de la imagen $L = 185 \text{ Km.}$,

El tiempo de exploración de los 185 Km es:

$$ts = L / (Re \cdot w_0) = 28.6 \text{ seg} \quad (Re = 6378 \text{ Km})$$

* Velocidad de la superficie de la tierra:

$$Ve = Re \cdot w_e \cdot \cos(lat) \quad (w_e = 72.72 \text{ } \mu\text{rad/seg})$$

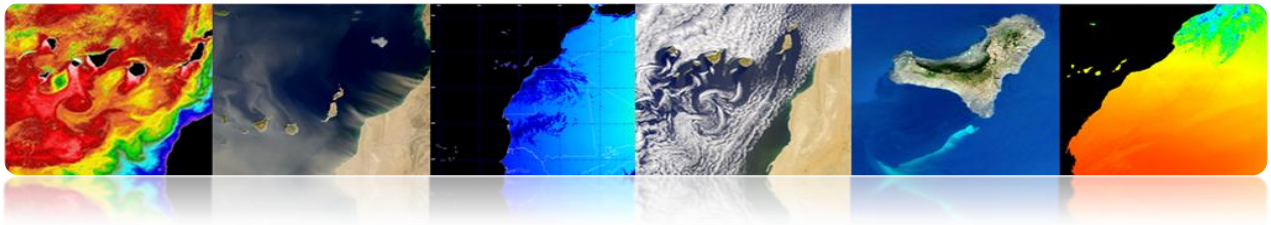
En Sydney, $lat = 33.8^\circ$, tal que: $Ve = 385.4 \text{ m/seg.}$

* Durante el tiempo de adquisición la tierra se mueve al E:

$$\Delta Xe = Ve \cdot ts = 11.02 \text{ Km en } 33.8^\circ \text{ de Latitud}$$

(La imagen tendrá un 6% de distorsión al E).





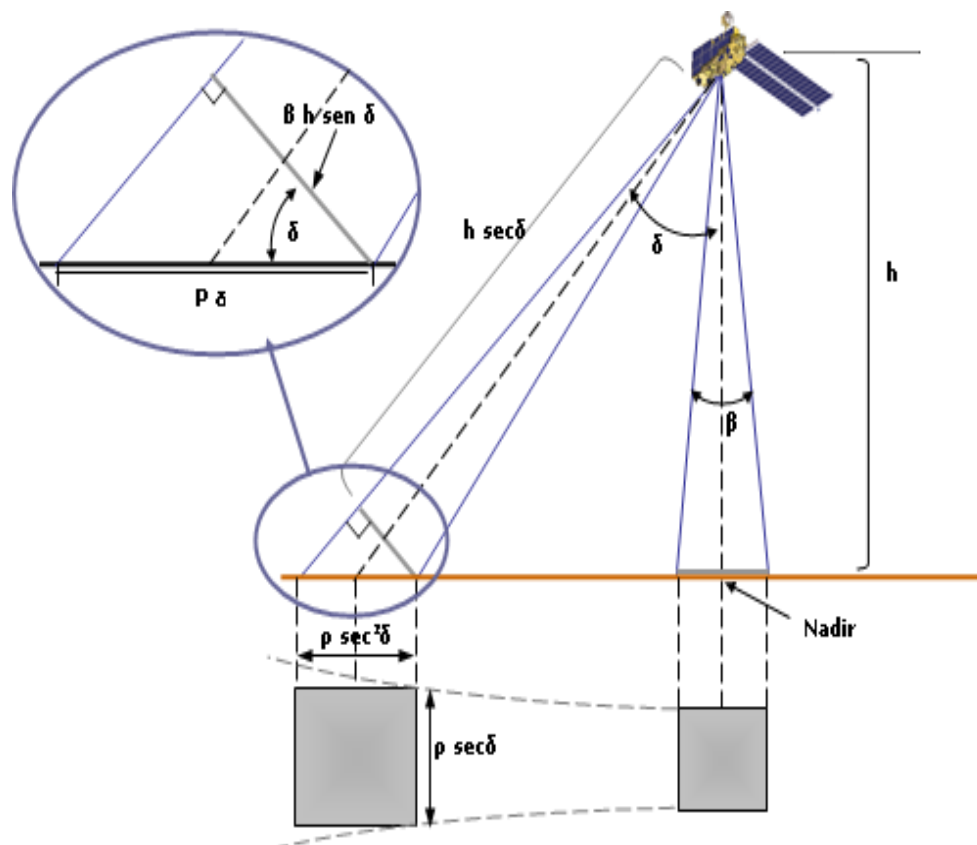
❑ CORRECCIÓN GEOMÉTRICA: DISTORSIÓN PANORÁMICA.

Como el campo instantáneo de visión (IFOV) de los sensores ubicados a bordo de satélites es constante: Tamaño efectivo del pixel sobre la Tierra (GIFOV) es mayor en las extremidades del campo de visión que en el nadir

$$P_{\alpha} = \beta \cdot h \cdot \sec^2 \alpha = p \cdot \sec^2 \alpha$$

Consecuencias:

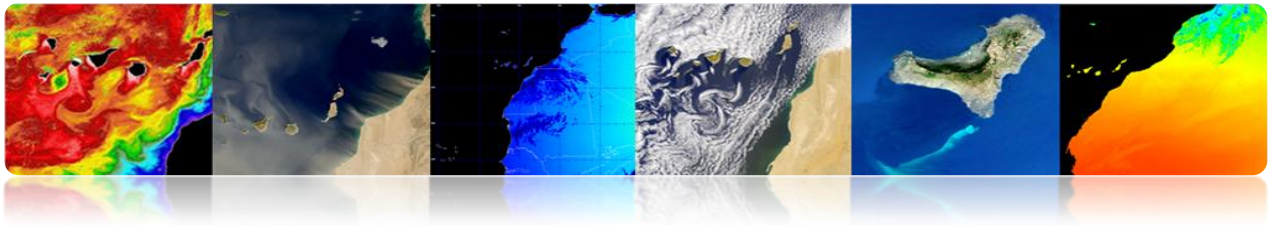
- Compresión de la escena, que aumenta hacia los extremos de la zona explorada.
- Espaciado efectivo de los pixeles sobre la Tierra aumenta con el ángulo de exploración: error en la posición de los pixeles en la dirección transversal.



Tutorial TELECAN

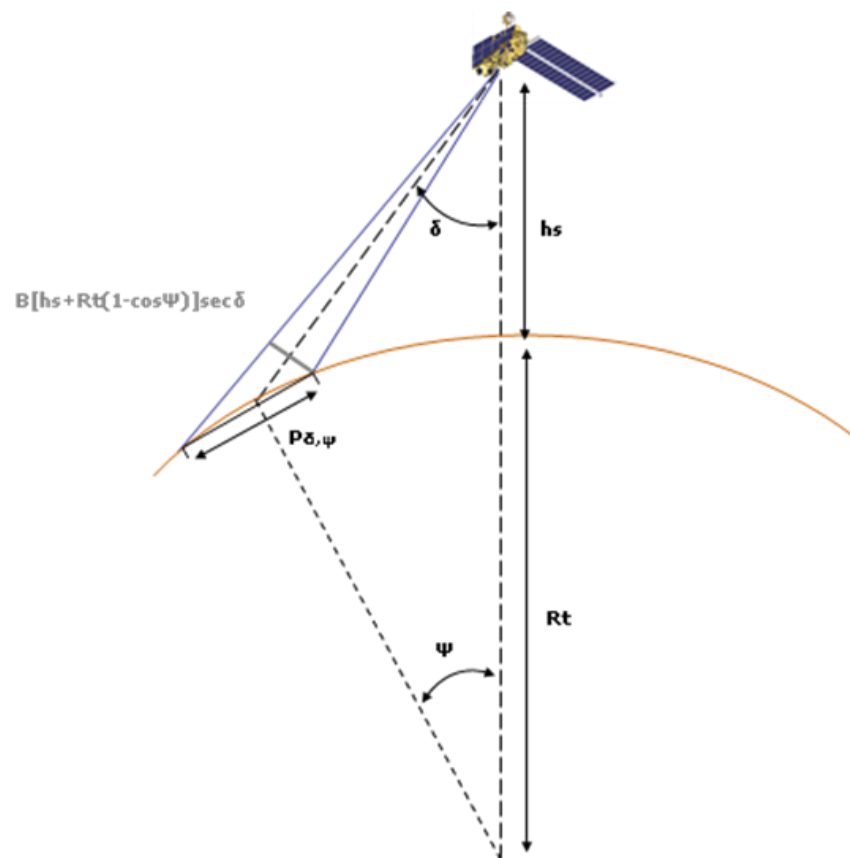
Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico





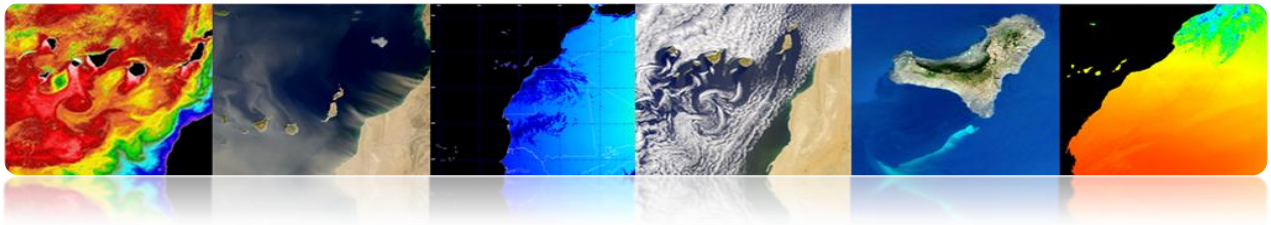
❑ CORRECCIÓN GEOMÉTRICA: CURVATURA TIERRA Y DE EXPLORACIÓN.

- i. **Satélites con un elevado campo de visión (FOV):** Es importante el efecto de la curvatura de la Tierra para elevados ángulos de exploración.

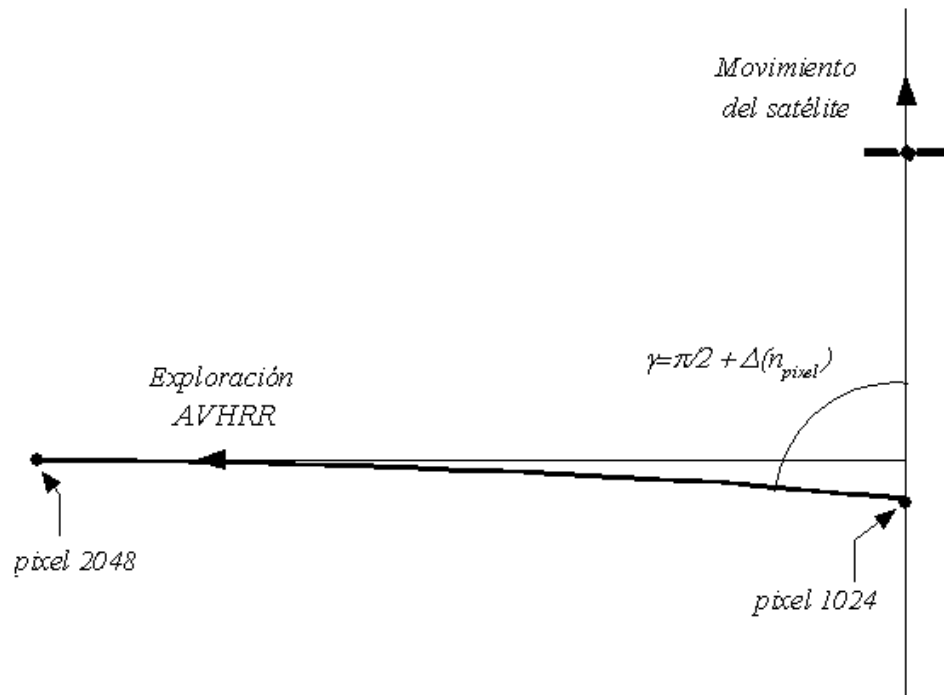


Curvatura Tierra





- ii. **El espejo rotatorio de los sensores requieren un tiempo finito para explorar una línea completa):** Durante este tiempo el satélite continúa moviéndose → Curvatura de la línea explorada sobre la Tierra.

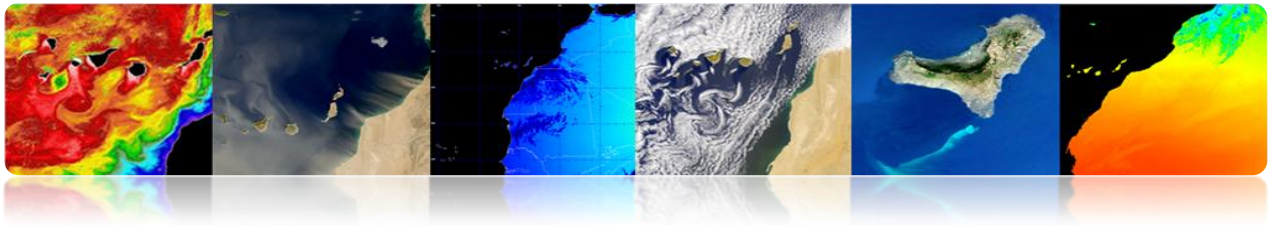


Curvatura Exploración

Tutorial TELECAN

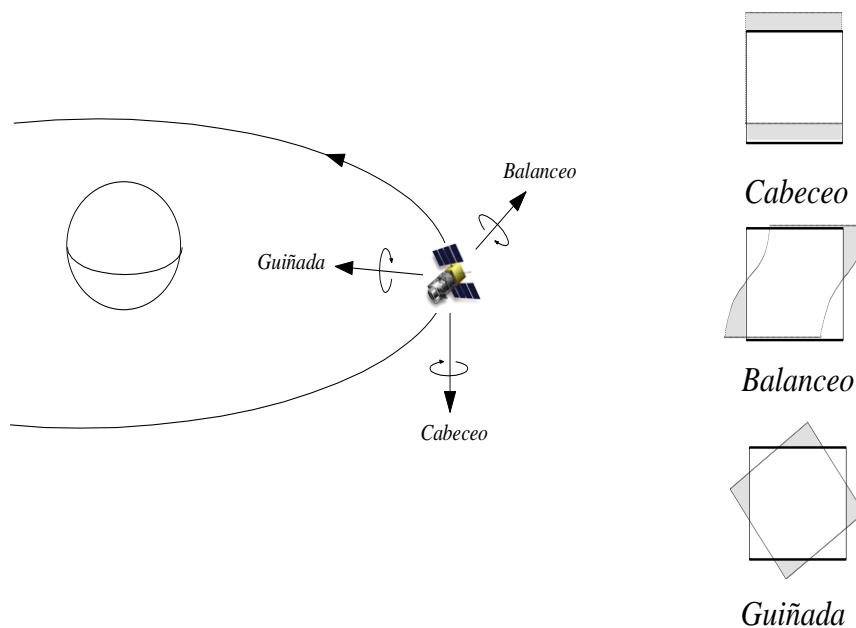
Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico



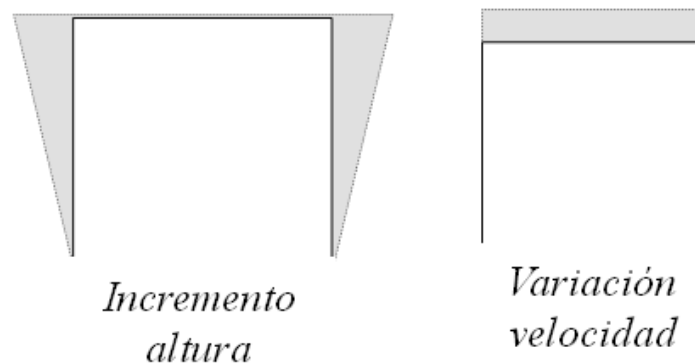


❑ CORRECCIÓN GEOMÉTRICA: VARIACIONES PLATAFORMA.

Una orientación invariable de la plataforma es fundamental en relación con la precisión geométrica: Pequeño cambio en el ángulo de apuntamiento origina una gran variación en los puntos observados sobre la Tierra.



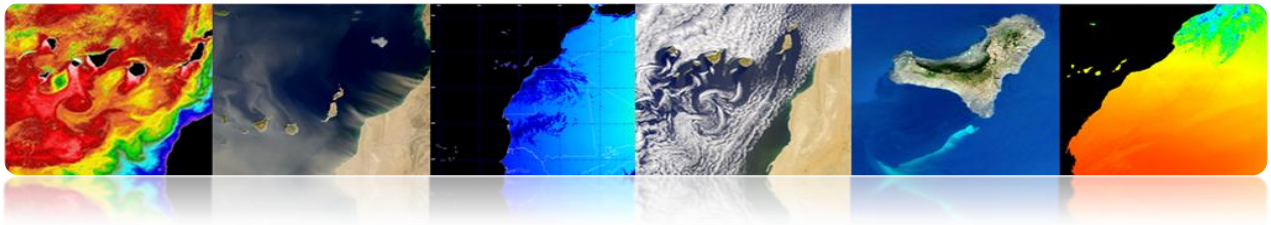
Variaciones en la altura y/o velocidad de la plataforma producen, para un IFOV constante: Cambios de escala en las direcciones longitudinales y transversales a la de exploración.



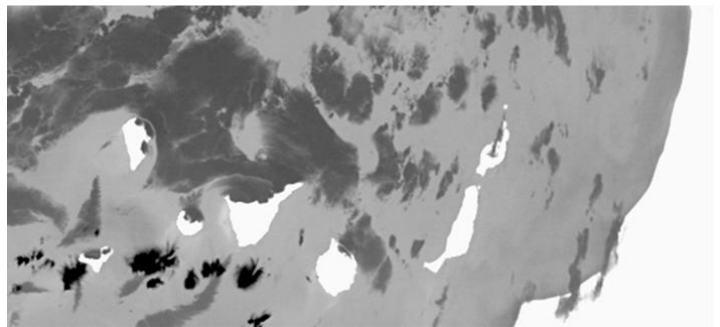
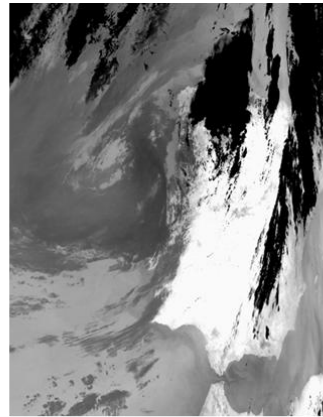
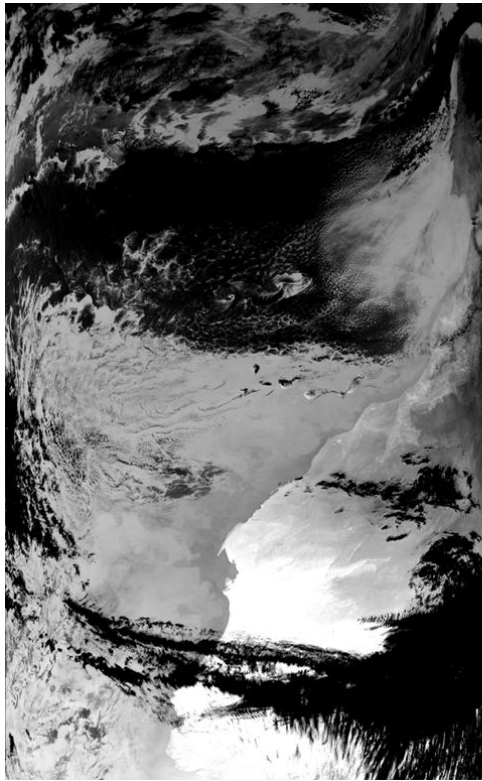
Tutorial TELECAN

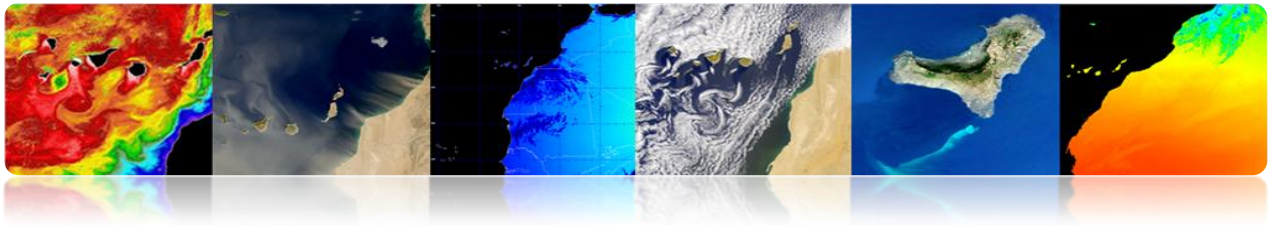
Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico





❑ CORRECCIÓN GEOMÉTRICA: EJEMPLO DISTORSIONES GEOMÉTRICAS NOAA-AVHRR





❑ CORRECCIÓN GEOMÉTRICA: METODOLOGÍAS

- **Modelo orbital:** Parámetros orbitales utilizados para modelar la naturaleza y la magnitud de la fuentes de distorsión, sobre la base de la geometría de la órbita del satélite y el ángulo de visión del sensor.
- **Puntos de Control terrestre (GCP):** Utiliza funciones de mapeo (polinomio general) obtenidas entre GCP en ambas imágenes.

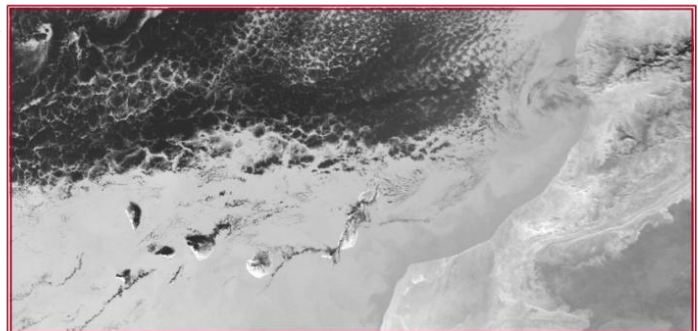
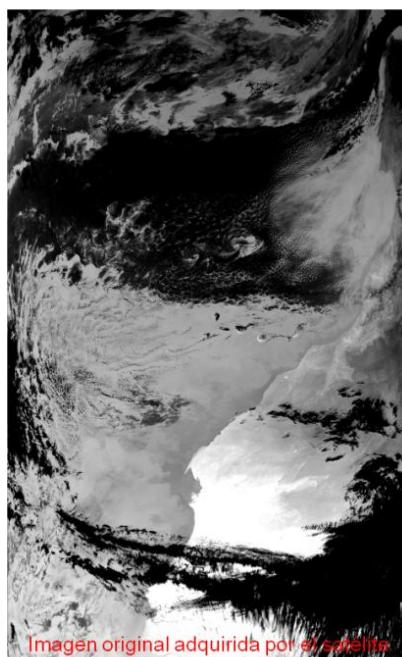
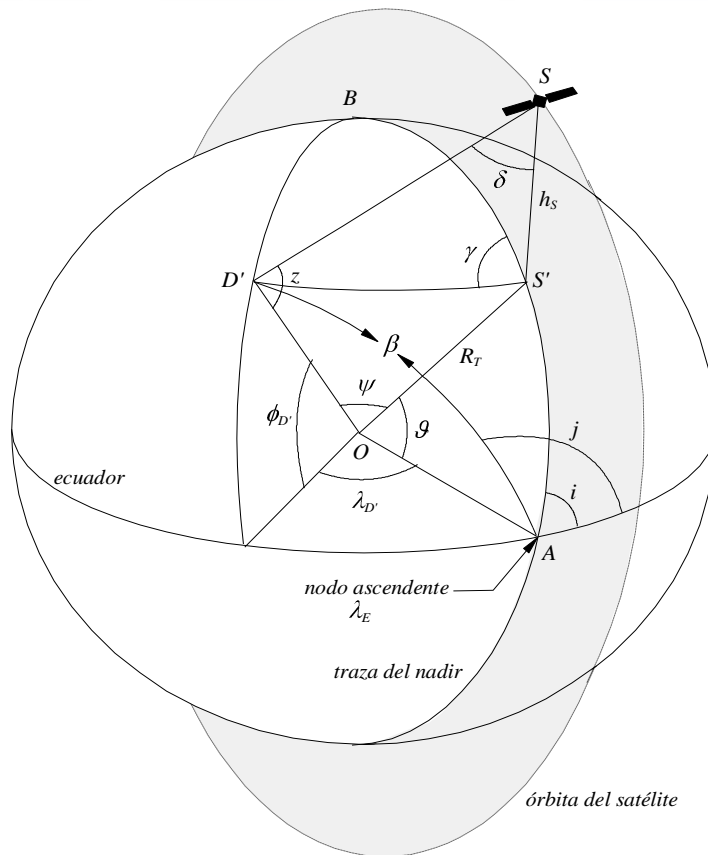
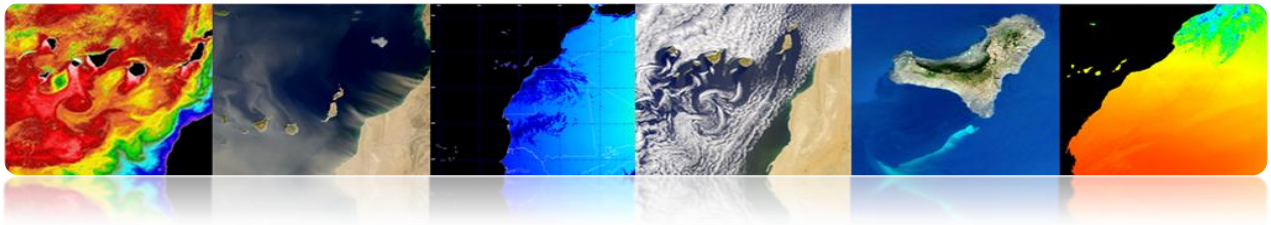
GCP son ubicaciones en la superficie de la Tierra que se pueden identificar en la imagen de entrada y cuya posición se conoce en la imagen o mapa (referencia).

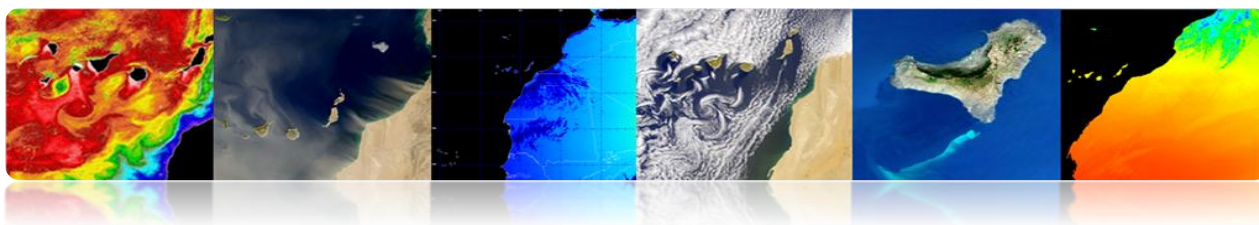
- **Modelo Orbital + GCP:** Utiliza un pequeño número de puntos de control para reubicar los píxeles que han sido corregidos previamente por un modelo geométrico orbital.

❑ CORRECCIÓN GEOMÉTRICA: MODELO ORBITAL.

- **Modela la naturaleza y magnitud de la distorsiones geométricas sistemáticas:**
 - ✓ Geometría de la órbita del satélite.
 - ✓ Geometría de exploración del sensor.
 - ✓ Geometría de la Tierra.
- Método adecuado para sensores de baja resolución utilizados en aplicaciones marinas (difícil conseguir GCP).
- Suele utilizarse para corregir los errores sistemáticos: Productos que muchos usuarios obtienen desde EOSAT, USGS o ESA.





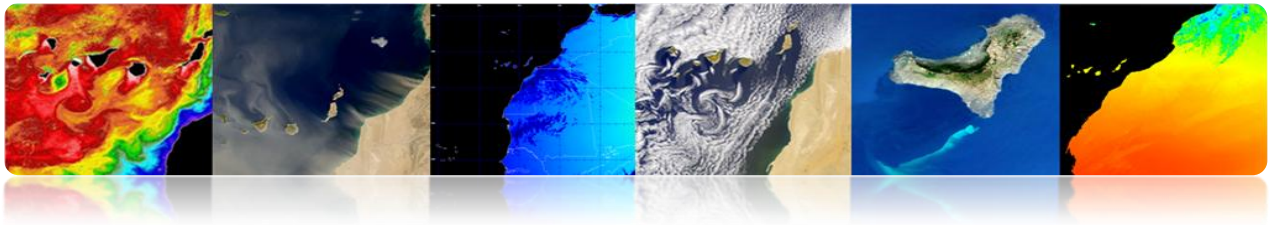


Problemas

Desconocimiento precisión magnitudes involucradas en la posición del satélite en el espacio (exactitud de los elementos orbitales, ángulos de orientación o altitud, desplazamientos en el reloj interno del satélite).

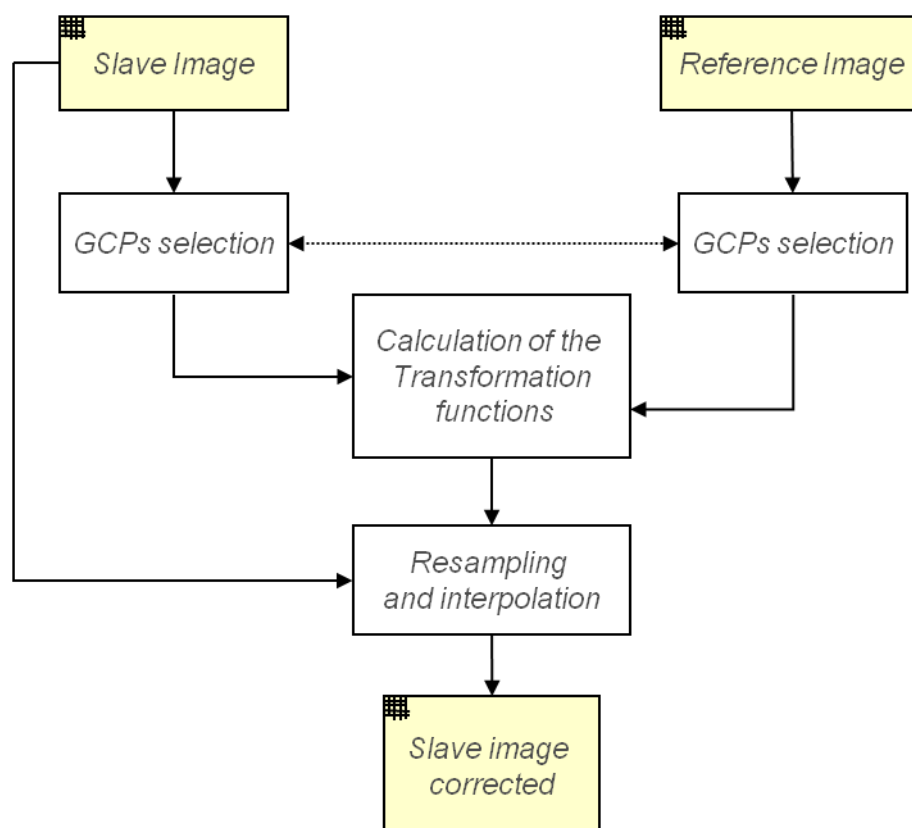
Nº	Fuente de error	Dirección X = dir. de exploración Y = dir. de vuelo	Tipo / Origen	Comentario
1	Elementos orbitales	X, Y	BF / Orb	Parámetros nominales
2	Órbita circular y tierra esférica	X, Y	BF / Orb	Aproximación orbital
3	Errores de tiempo	Y	BF / H	Reloj del satélite y valor nominal de tiempo nodal
4	Parámetros de orientación - Balanceo - Cabeceo - Guiñada	X Y X, Y	AF / H AF / H AF / H	Desviación de los ángulos de orientación
5	Altura	X, Y	AF / Orb	Perturbaciones gravitatorias
6	Remuestreo	X, Y	BF / G	Redondeo ($\pm 1/2$ pixel de error)

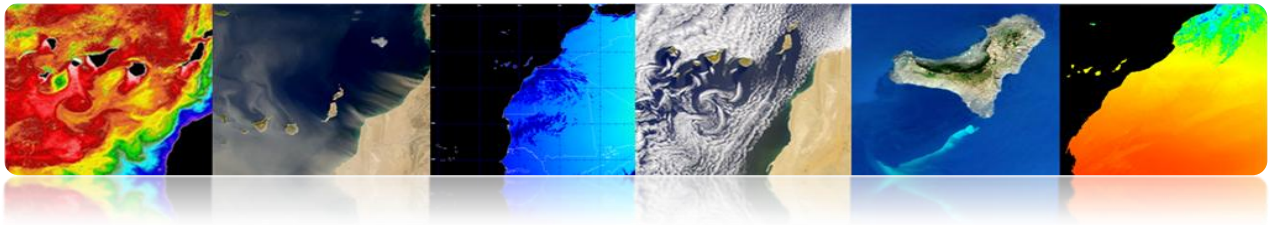




❑ CORRECCIÓN GEOMÉTRICA: PUNTOS DE CONTROL TERRESTRES (GCPs).

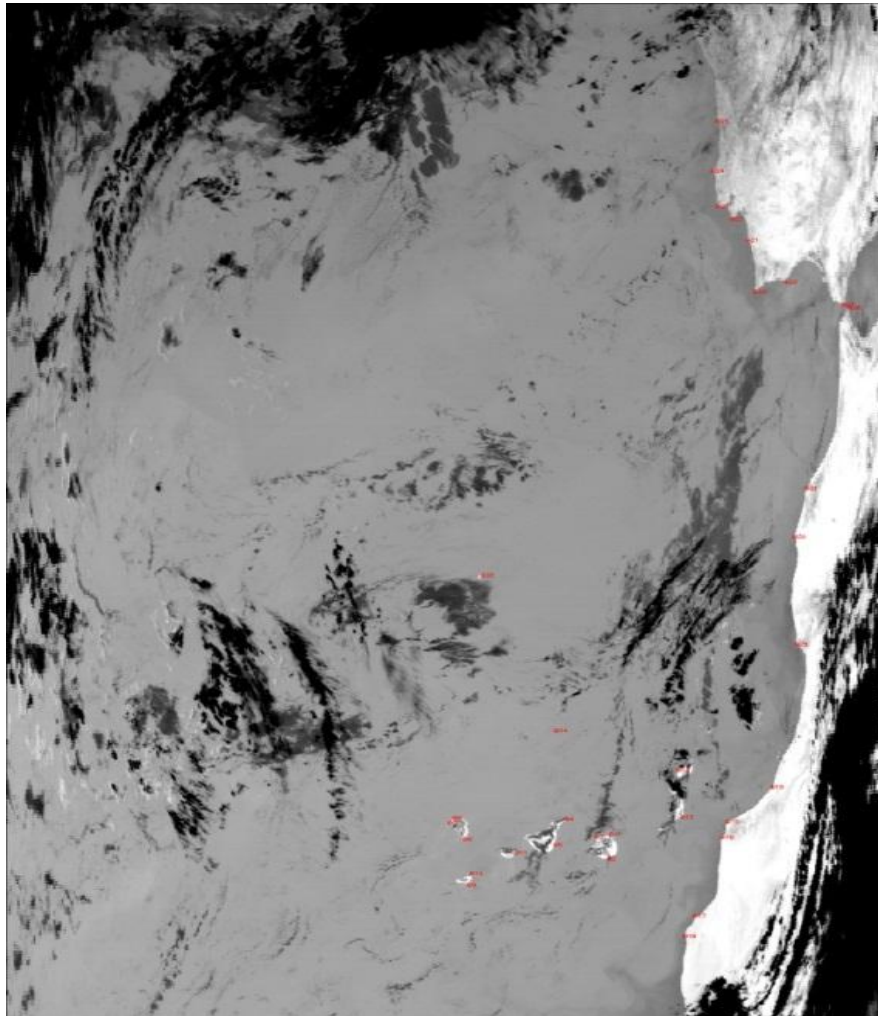
- Modela las correcciones directamente en el dominio de la imagen, sin una identificación explícita de las fuentes de distorsión.
- Conocida la **correspondencia entre un número de puntos** (GCPs), se determina la **función de transformación** (típicamente afin) para **mapear** la imagen 'slave' a la imagen o mapa de referencia (correspondencia entre las dos imágenes).

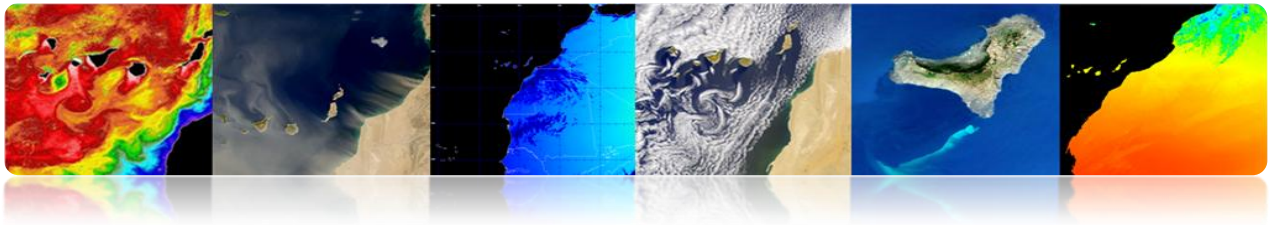




Problemas

- Identificar un conjunto elevado y, espacialmente, bien distribuidos de GCPs.
- Consume mucho tiempo del operador (area-based or feature-based methods).
- En muchos casos es imposible debido a la oclusión por las nubes.
- Incertidumbre en la localización exacta de una región.

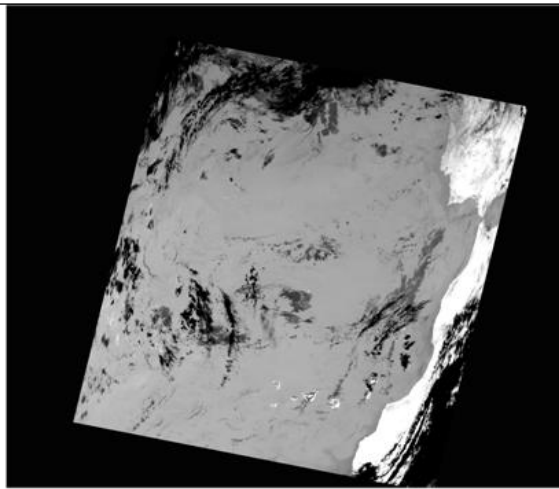




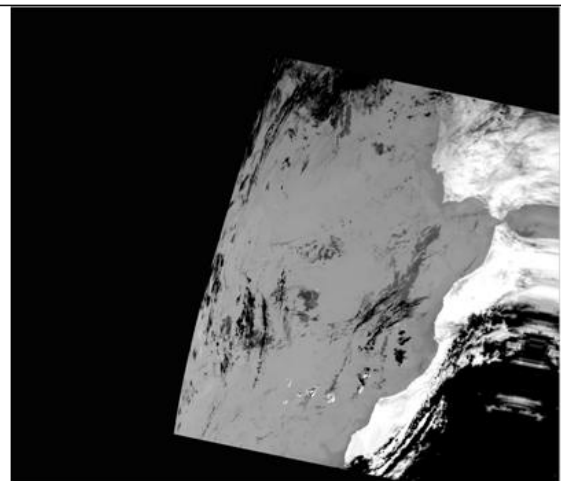
Ejemplo de corrección geométrica basada en puntos de control:
Imágenes de baja resolución multisensoriales (sensor MODIS):

(a) Modelo polinómico lineal.

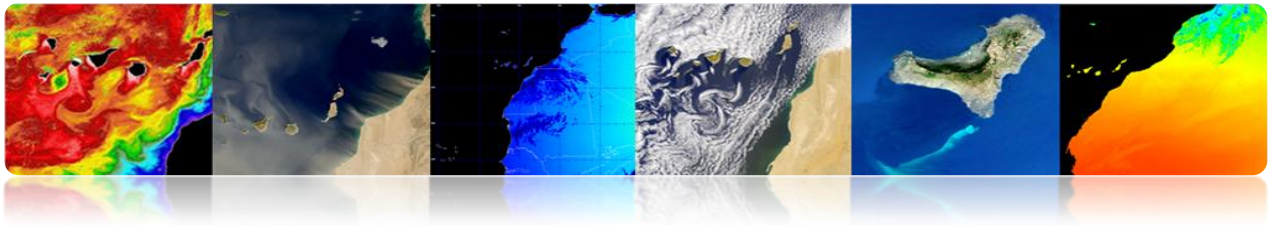
(b) Modelo polinómico cuadrático.



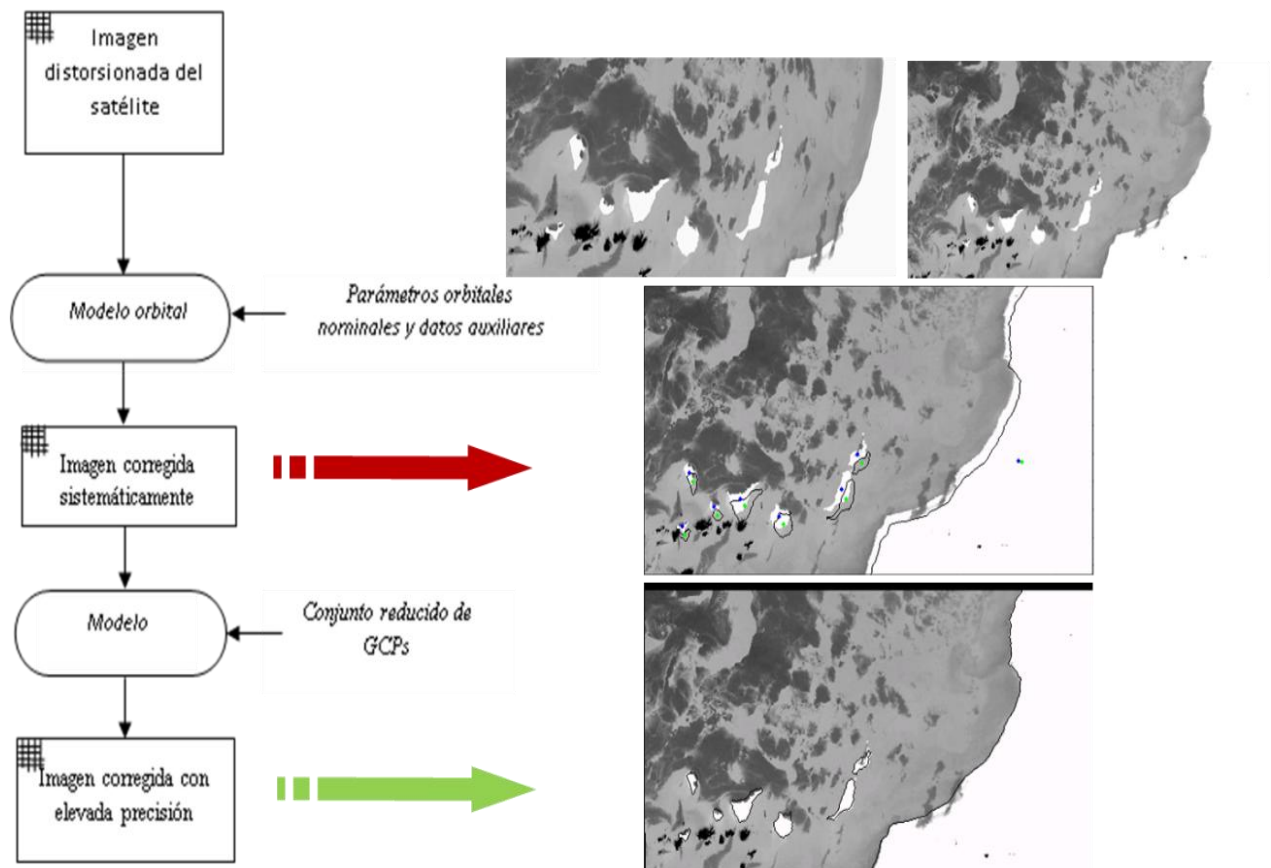
(a)

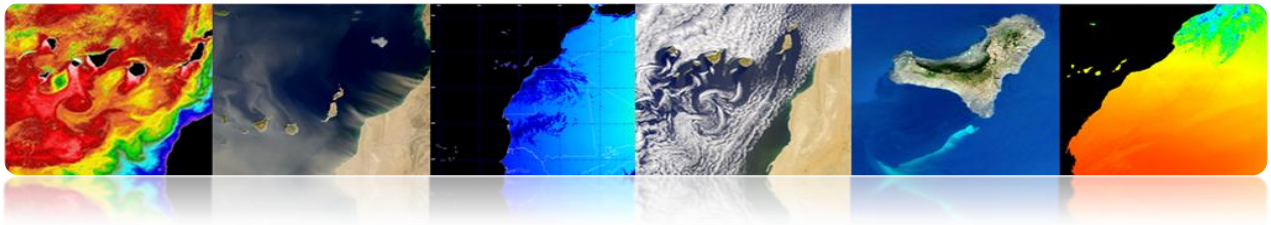


(b)



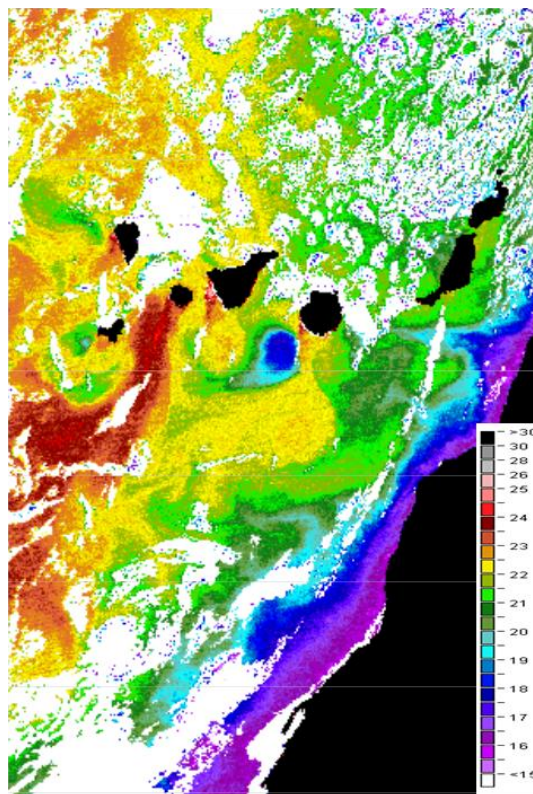
❑ CORRECCIÓN GEOMÉTRICA: MODELO ORBITAL + CONJUNTO REDUCIDO (GCPs).



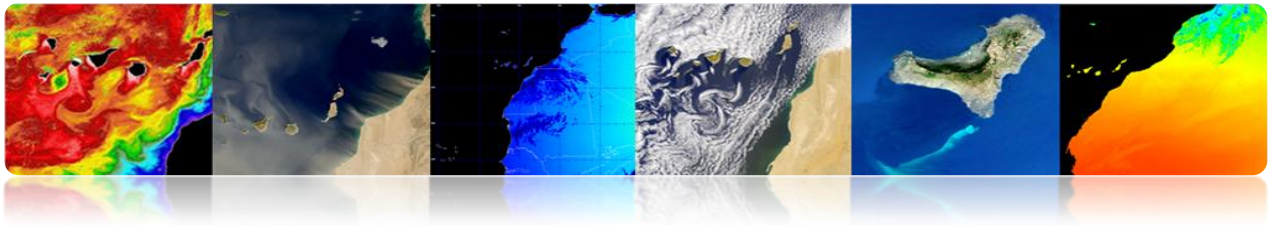


4.5 DETECCIÓN NUBES

- **Objetivo:** Enmascarar adecuadamente todos los píxeles nubosos.
- **Las nubes son de interés:**
 - Estudios sobre el clima.
 - Previsión meteorológica.
- **Las nubes están enmascarando la señal de interés:**
 - Color del océano, TSM ...
 - Propiedades de la superficie terrestre ...



TSM MODIS-AQUA



❑ DETECCIÓN DE NUBES: ALGORITMOS.

✓ Métodos de umbral multibanda

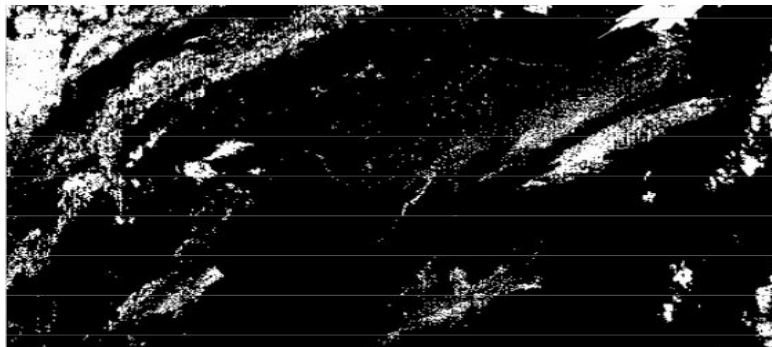
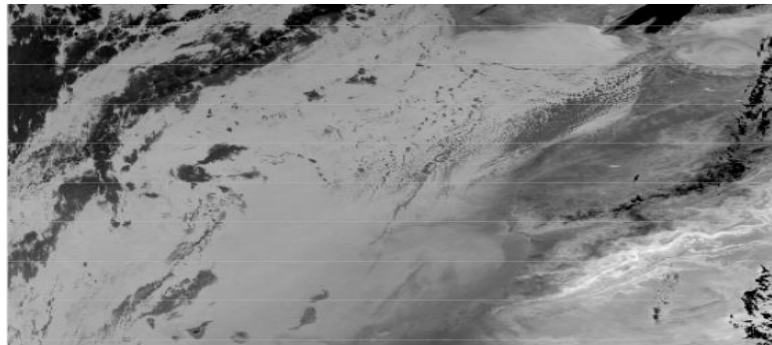
- Explotar las características espectrales.
- Brillo, temperatura.
- Problemas: umbrales variables (área, día/noche, bandas del sensor, estación,...)

(Saunders y Kriebel 1988, CLA VR 1991)

Extracción de características y clasificación

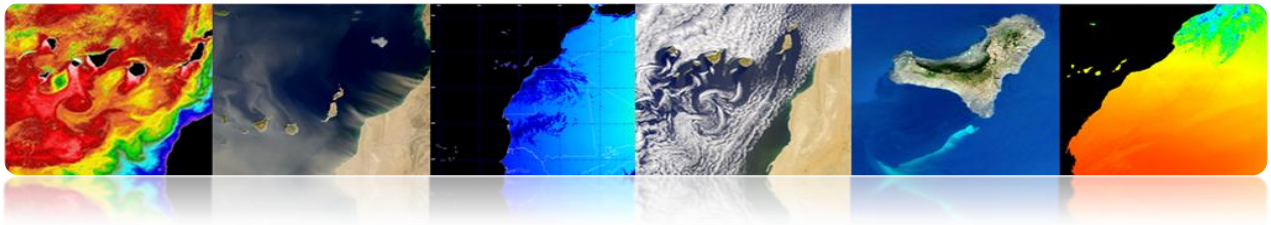
- Características espectrales (clustering).
- Características espaciales (texturas, DWT).
- Redes neuronales artificiales.
- Problemas: tiempos de cálculo.

✓ Análisis multitemporal

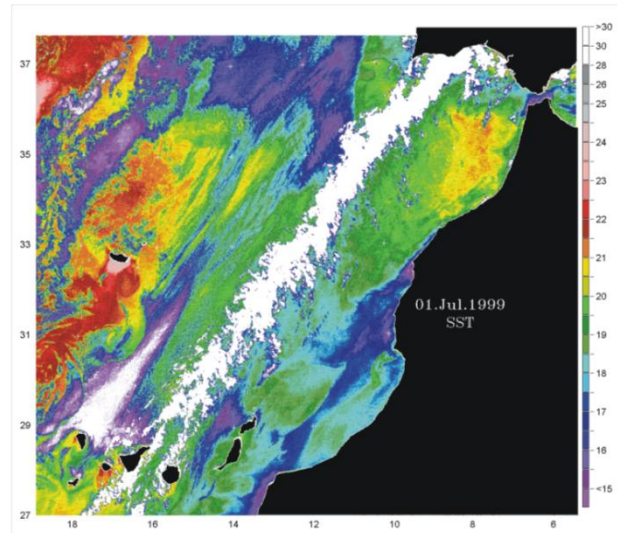
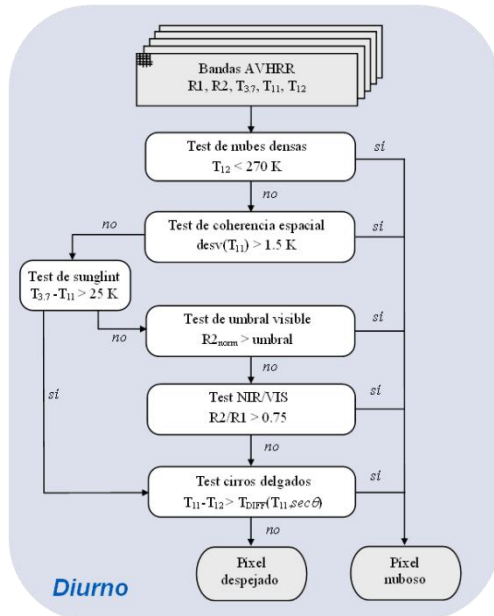


Tutorial TELECAN

Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico



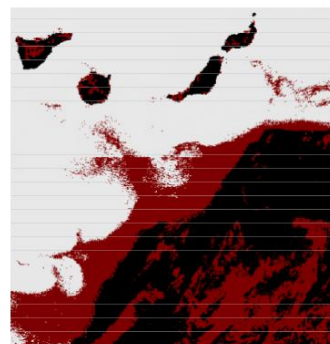
Algoritmo Multiumbral Saunders & Kriebel



Algoritmo AATSR 'Cloud Screening'



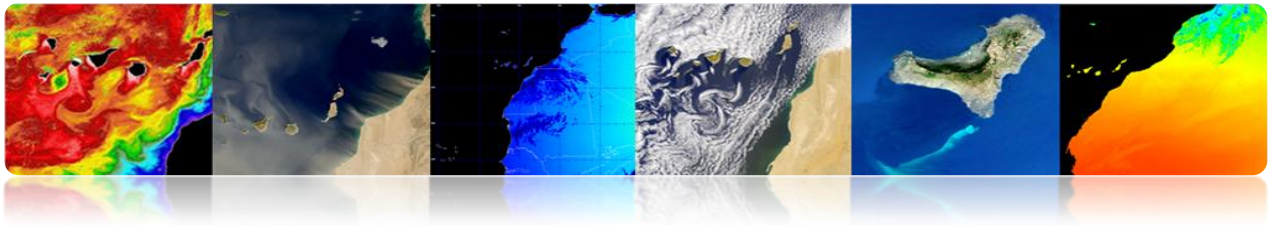
Test	Land/Sea	Day/Night
gross cloud test	Sea only	Day/Night
thin cirrus test	Land/Sea	Day/Night
medium/high level cloud test	Land/Sea	Night
fog/low stratus test	Land/Sea	Night
11 micron spatial coherence test	Land/Sea	Day/Night
1.6 micron histogram test	Sea only	Day
11/12 micron nadir/forward test	Sea only	Day/Night
11/3.7 micron nadir/forward test	Sea only	Night
infra-red histogram test	Sea only	Day/Night



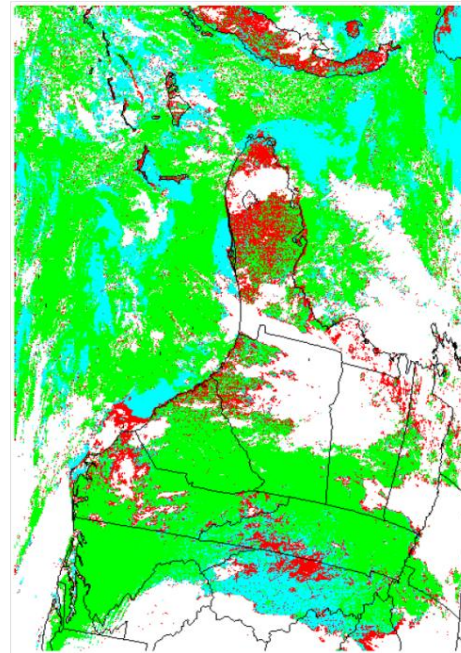
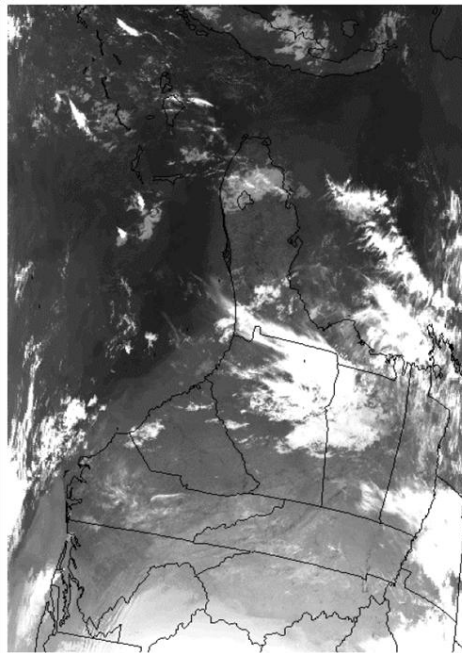
•ENVISAT AATSR SST (August, 29th 2004 – 22:37 hr)

Tutorial TELECAN

Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico



Algoritmo MODIS 'Cloud Masking'



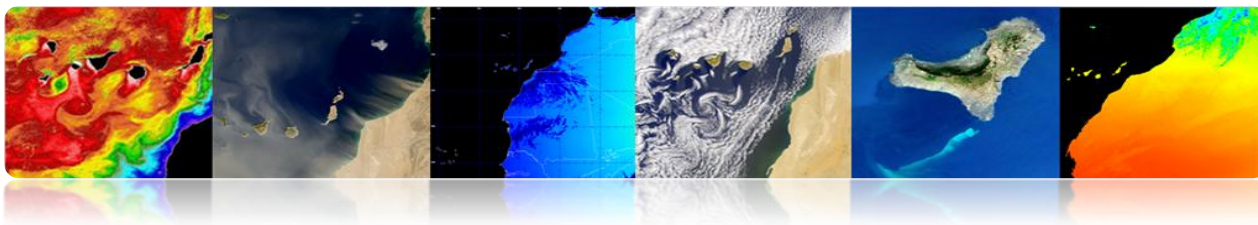
MODIS Cloud Mask

Green	Confident Clear
Cyan	Probably Clear
Red	Uncertain
White	Cloudy

Terra MODIS data from April 6, 2003.

Tutorial TELECAN

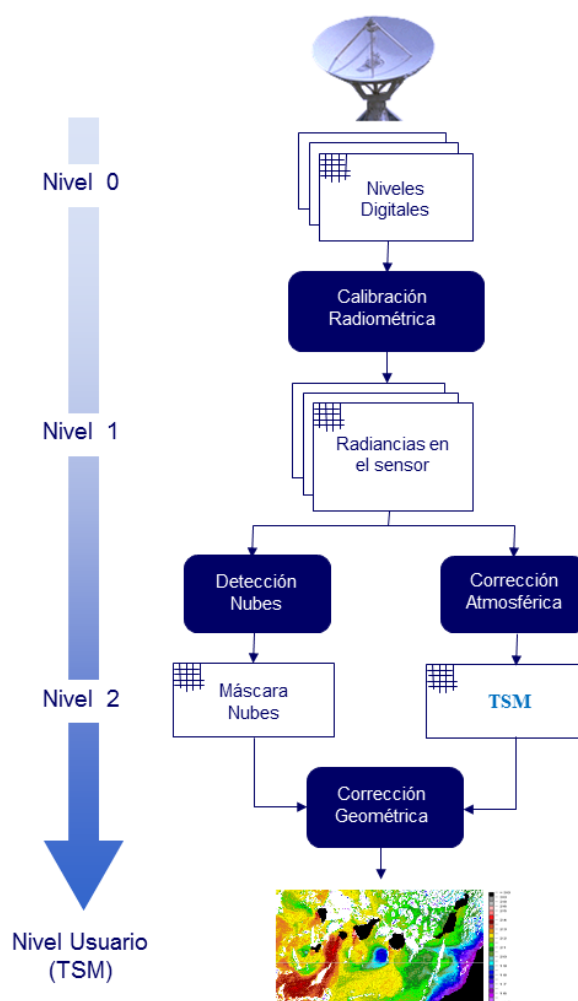
Modelado Radiométrico, Atmosférico y Geométrico

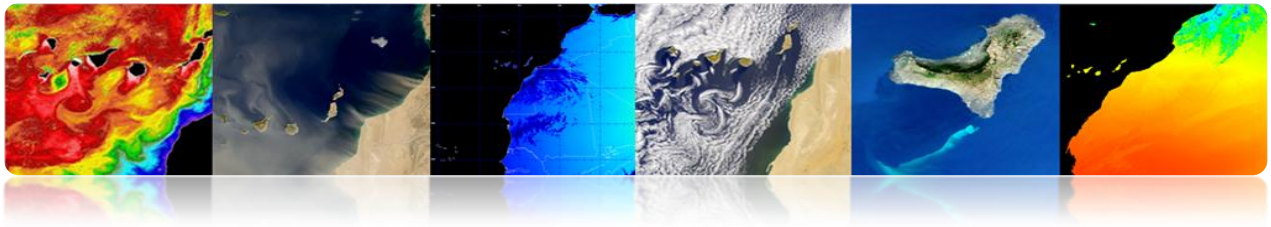


❑ JERARQUÍA PROCESADO DE IMÁGENES DE SATÉLITES

Ejemplo 1: AVHRR

- Procedimiento Completo de Pre-procesado de Imágenes Satélites de Observación de la Tierra.
 - Calibración Radiométrica
 - Corrección Atmosférica
 - Corrección Geométrica
 - Detección Nubes

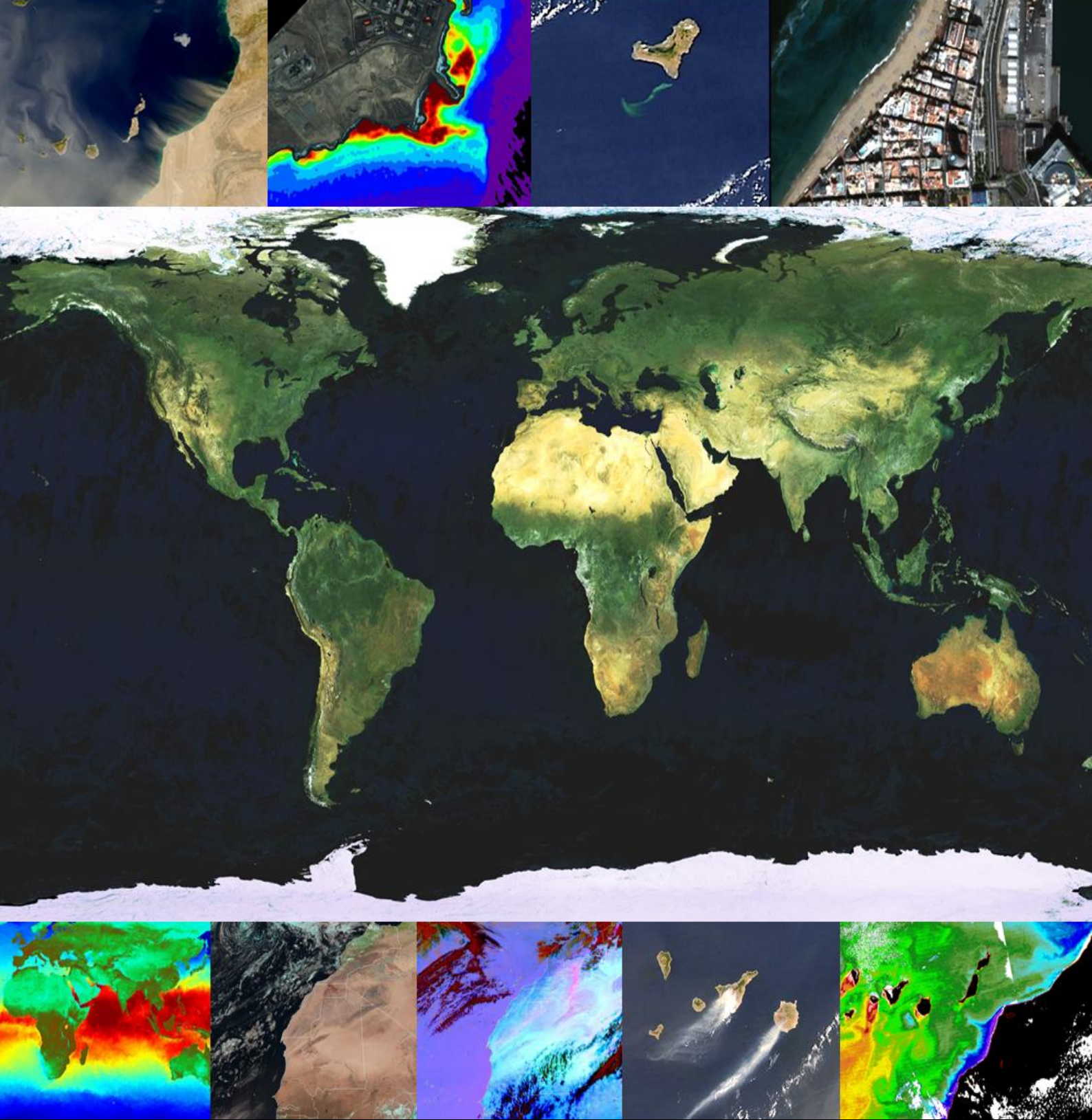




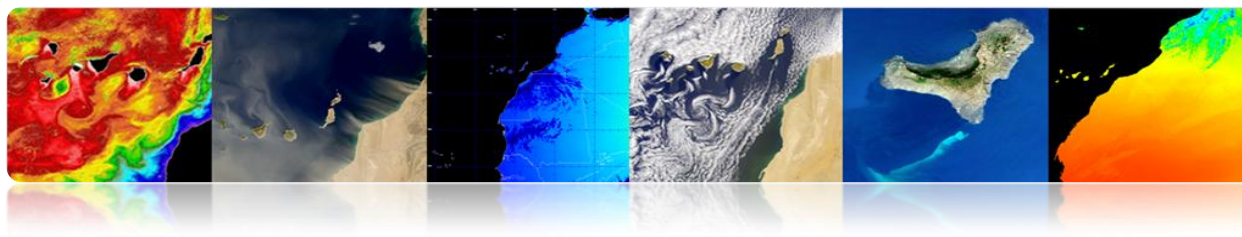
Ejemplo 2: WorldView 2

- Procedimiento Completo de Pre-procesado de Imágenes Satélites de Observación de la Tierra.
 - Calibración Radiométrica
 - Corrección Atmosférica
 - Corrección Reflejo Solar





5. Procesado de Imágenes de Teledetección



Introducción

El procesamiento digital de imágenes es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar su calidad visual o facilitar la búsqueda o extracción de información.

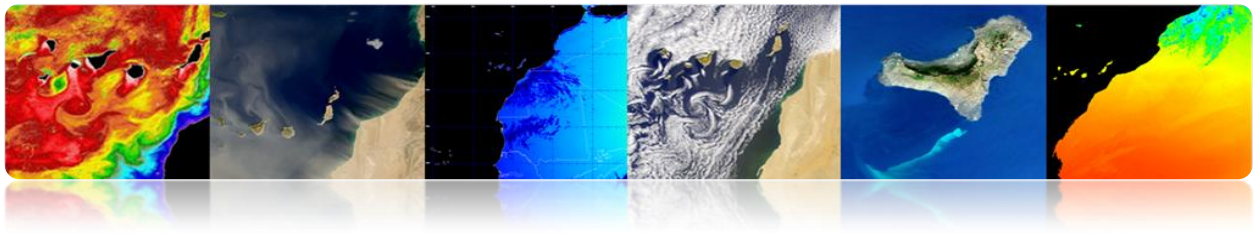
El interés de los métodos de procesamiento digital de imágenes radica en dos áreas principales de aplicación: la reconstrucción o mejora de la información que proporciona la imagen para su interpretación por un ser humano y el procesamiento de información de una escena para permitir el análisis automático por parte de una máquina.

Estas técnicas han experimentado un crecimiento importante, siendo usadas hoy en día para una gran variedad de problemas en diversos campos como la medicina, geografía, arqueología, física, astronomía, biología y, por supuesto, la teledetección.

A lo largo del presente capítulo se van a detallar la mayoría de técnicas de procesamiento de imágenes. Así, para facilitar la interpretación visual podemos destacar el realce del contraste o la representación en color de las diferentes bandas espectrales. Otras técnicas de procesamiento descritas para la mejora de la imagen son: la generación de índices espectrales principalmente aplicados a la detección de vegetación, técnicas de filtrado de convolución, técnicas en el dominio de Fourier o la fusión a nivel de píxel muy útil para mejorar el detalle espacial de las imágenes multispectrales de los satélites de alta resolución. Respecto al análisis de las imágenes, de una parte se describen técnicas orientadas a la detección automática de estructuras en la imagen, como es el caso de la transformada de Hough, la morfología matemática y otros algoritmos de segmentación; de otra parte se analiza en detalle el proceso de clasificación para la generación de mapas temáticos y finalmente se presentan diversas técnicas de estimación del movimiento en secuencias de imágenes.

Además de la explicación de cada técnica de procesamiento de imagen, también se incluyen ejemplos representativos para apreciar los efectos que produce en la imagen y de esta forma facilitar la comprensión y utilidad de las mismas.





Los objetivos de este capítulo son:

- Conocer las características de una imagen digital y sus principales parámetros.
- Describir las diversas técnicas que permiten la mejora de la calidad de la imagen para su posterior análisis.
- Presentar las principales técnicas de análisis de imágenes, detallando las orientadas a la detección de estructuras, la clasificación temática y la estimación del movimiento.

CONTENIDOS

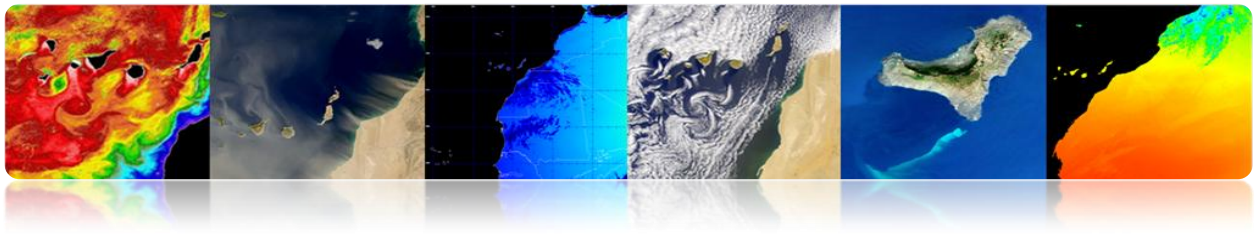
Procesado de Imágenes de Teledetección

5.1. INTRODUCCIÓN AL PROCESADO DE IMÁGENES

5.2. LA IMAGEN DIGITAL

5.3. MEJORAS DE LA IMAGEN

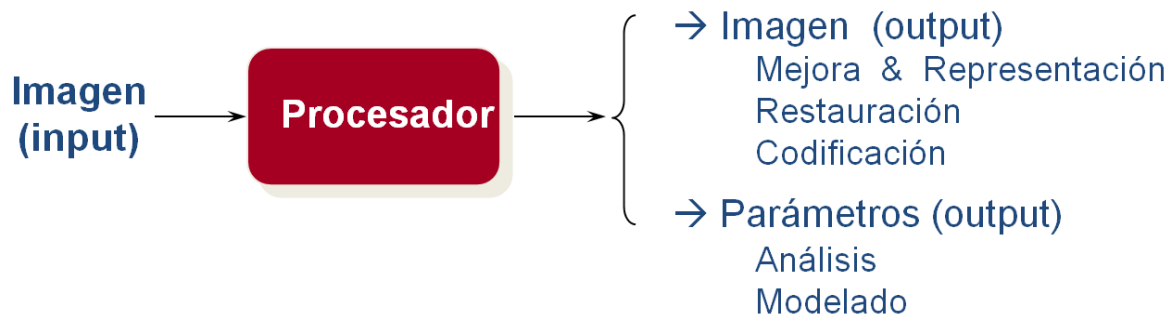
5.4. ANÁLISIS DE LA IMAGEN



5.1. INTRODUCCIÓN AL PROCESADO DE IMÁGENES

El procesado digital de imágenes abarca el conjunto de técnicas para el tratamiento y análisis de las imágenes mediante ordenadores.

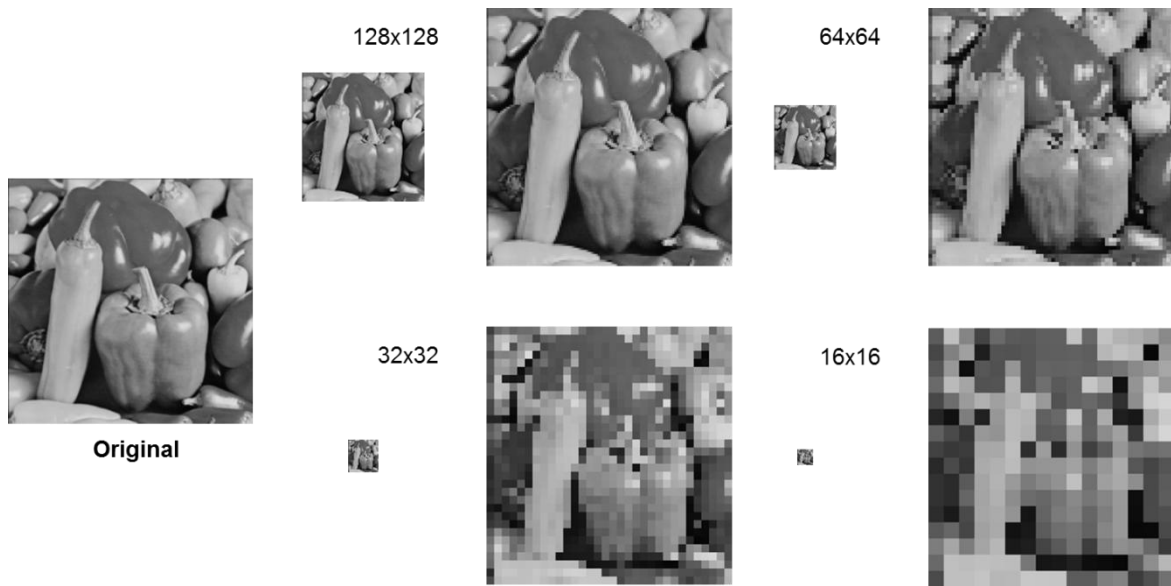
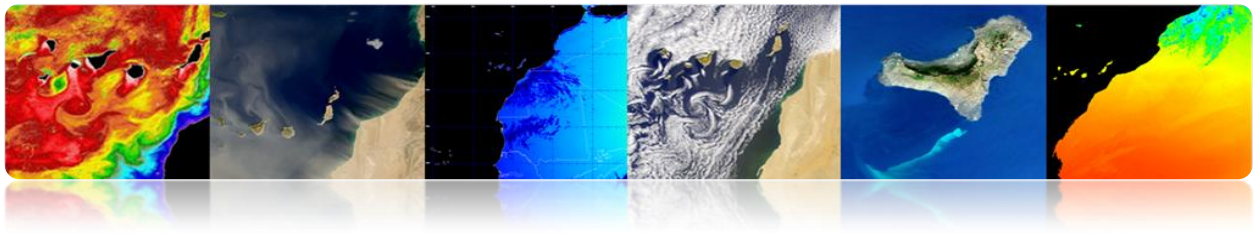
Sistema de Procesado de Imagen



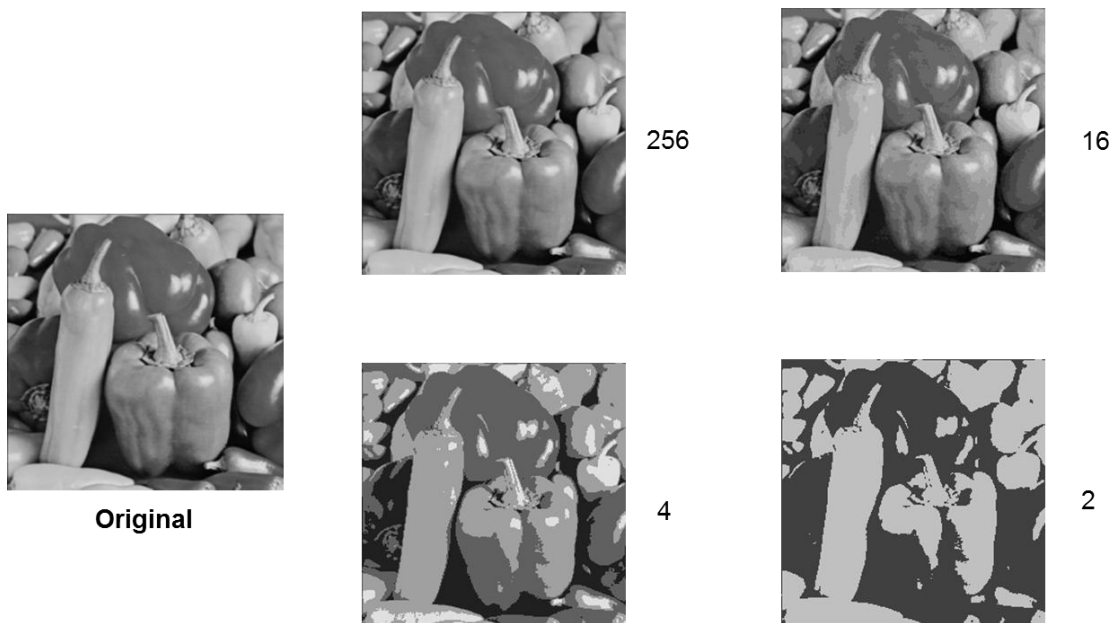
5.2. LA IMAGEN DIGITAL

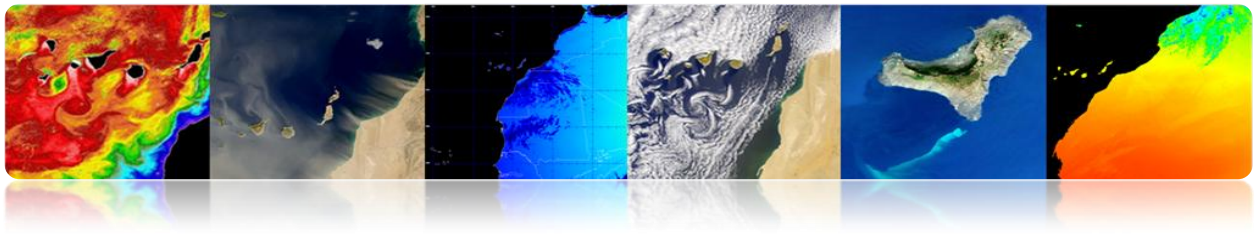
❑ CONVERSIÓN A/D: IMÁGENES DISCRETAS

Muestreo: El muestreo es la parte encargada de integrar en puntos la información que se halla en un área determinada. Estos puntos son los elementos más pequeños en que se divide una imagen y se llaman píxeles.

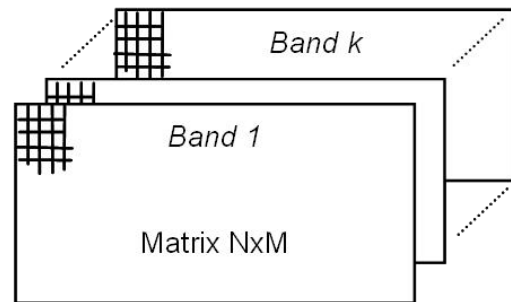
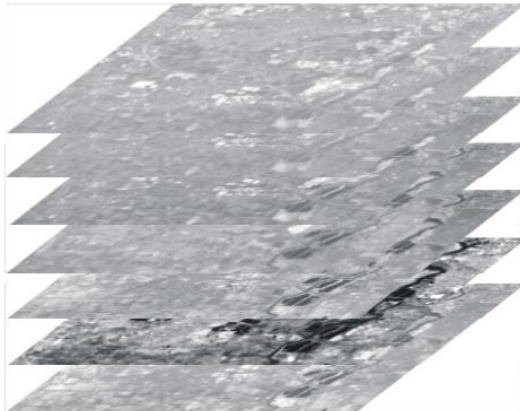


Cuantificación: Una vez muestreada la imagen, será necesario codificar digitalmente el valor de cada píxel. Este proceso de asignar un número de niveles o bits a cada píxel se denomina 'cuantificación' de la imagen.





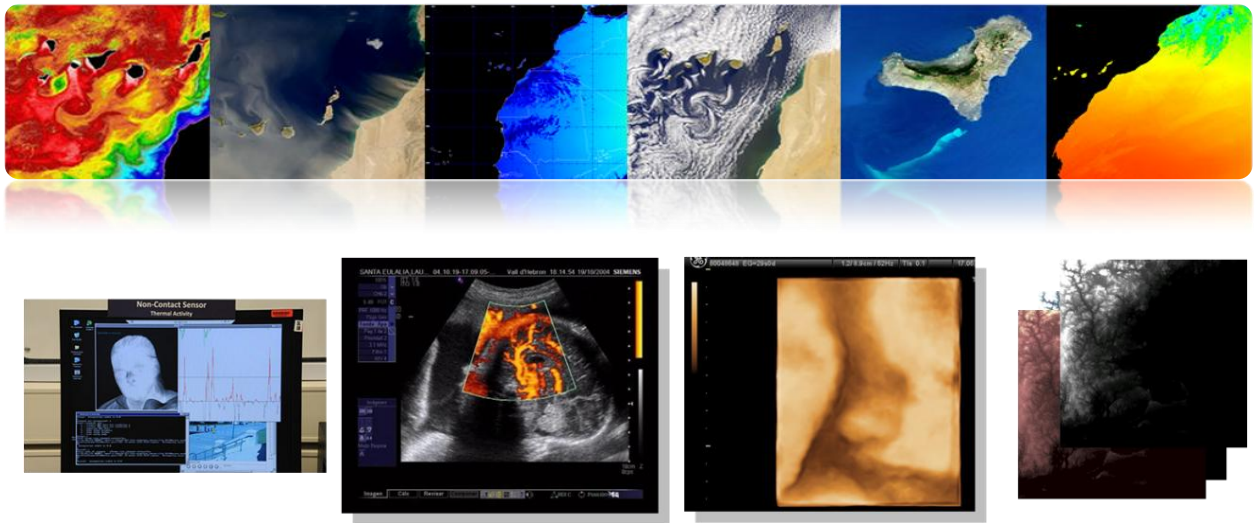
La imagen digital está formada por una o varias matrices (p.e. bandas del sensor) de números (ND: niveles digitales). Es decir, en general son funciones multidimensionales.



■ Tipos de imágenes digitales

Valores representados por una imagen digital

- Intensidad : escalar (1 banda)
- Color: vector R,G,B (3 bandas)
- Propiedades de los materiales: (1 o varias bandas)
 - Imágenes de rayos-X: absorción
 - Imágenes de ultra-sonidos: densidad
 - Imágenes infrarrojas: temperatura
 - Imágenes de teledetección: reflectividad

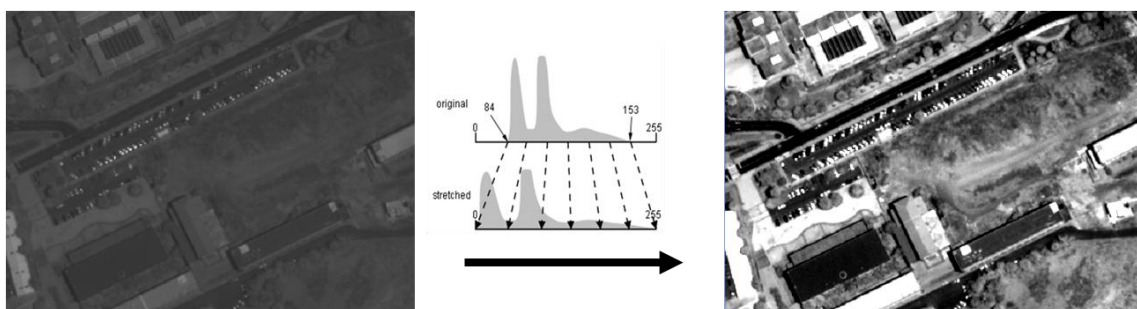


5.3. MEJORAS DE LA IMAGEN

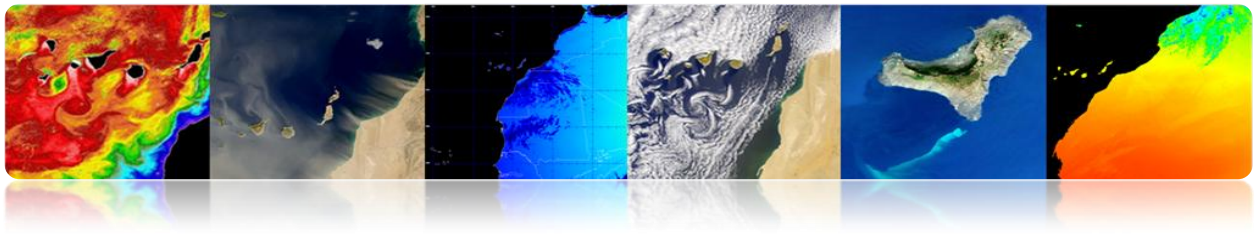
□ MEJORA DEL CONTRASTE

El sensor tiene que ser capaz de detectar un elevado rango dinámico de valores, aunque una escena en particular tiene un contraste muy bajo al abarcar sólo unos valores limitados de radiancia.

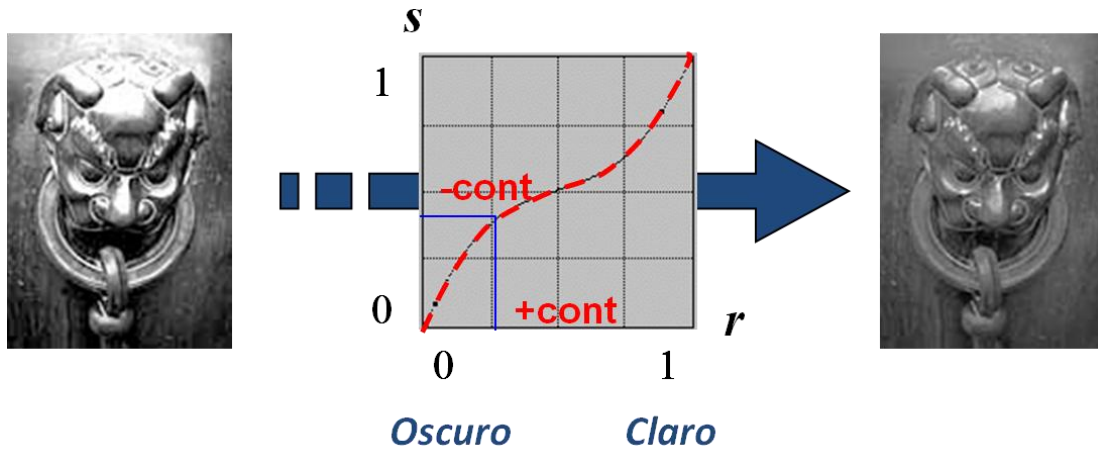
El objetivo es mejorar la calidad visual de la imagen. Para ello se hacen diferentes transformaciones (min-max, por saturación, ecualización, etc.) al histograma de la imagen.



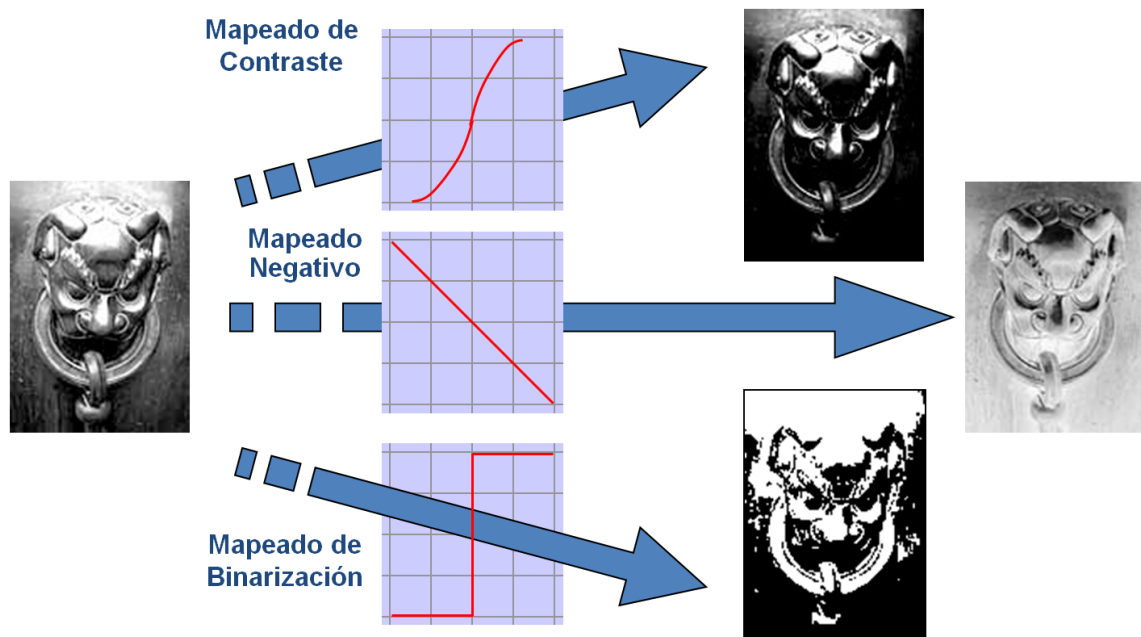
Se trata de aplicar una transformación que mapee los niveles digitales originales (ND) en niveles de gris (NG):



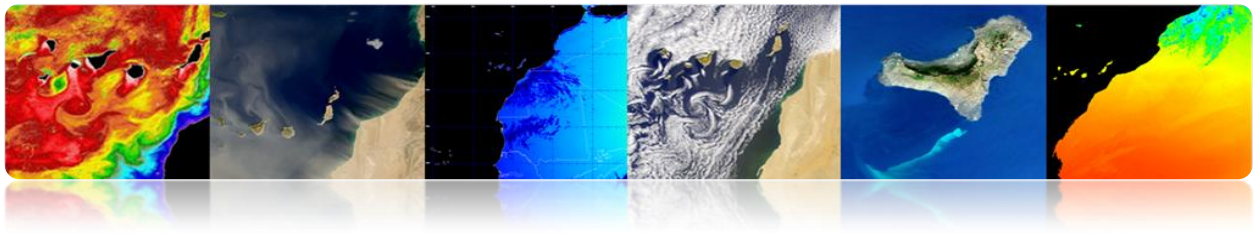
$$NG=T(ND)$$



Existen diversas posibilidades de transformación de los niveles.

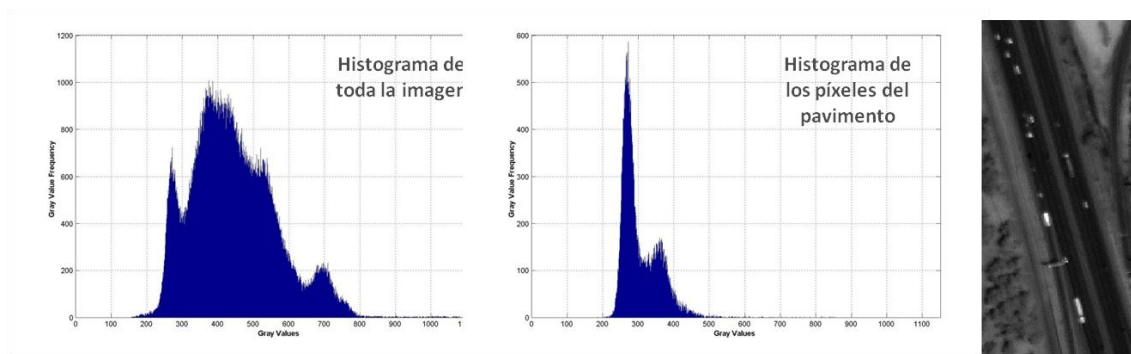


Estas transformaciones se hacen para cada píxel de la imagen como un elemento separado e independiente de su posición en la imagen usando el histograma de la imagen.



- El Histograma es la distribución estadística de los píxeles de una imagen en términos de número de píxeles por cada valor (ND) posible.
- No contiene información sobre la distribución espacial de los píxeles en la imagen.

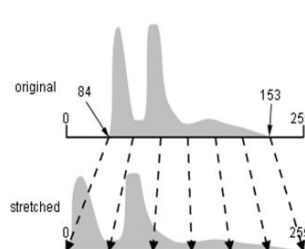
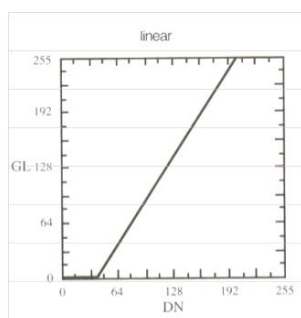
$$hist_{ND} = \frac{count(ND)}{N \times M}$$



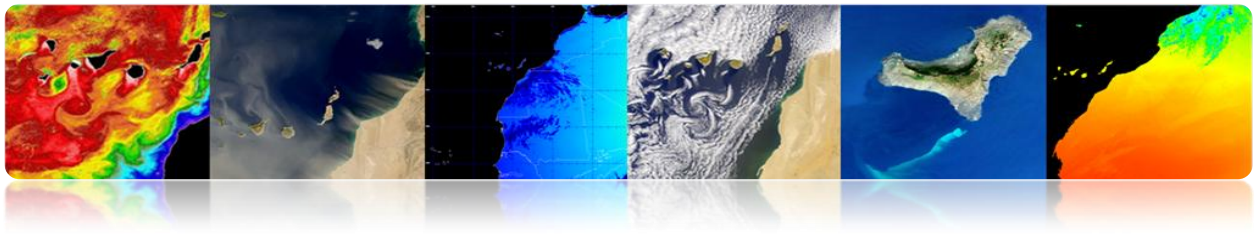
A modo de ejemplo, a continuación se verán algunas transformaciones posibles.

- **Expansión lineal**

Min-Max Stretch: Expande el rango dinámico de los valores hasta ocupar el rango completo de reproducción. GL: niveles de gris y ND: niveles digitales.



$$GL = \frac{255}{ND_{max} - ND_{min}} (ND - ND_{min})$$



Usa el valor mínimo y máximo de la señal → Sensible a casos extremos (outliers) .
Solución: *Saturation stretch*

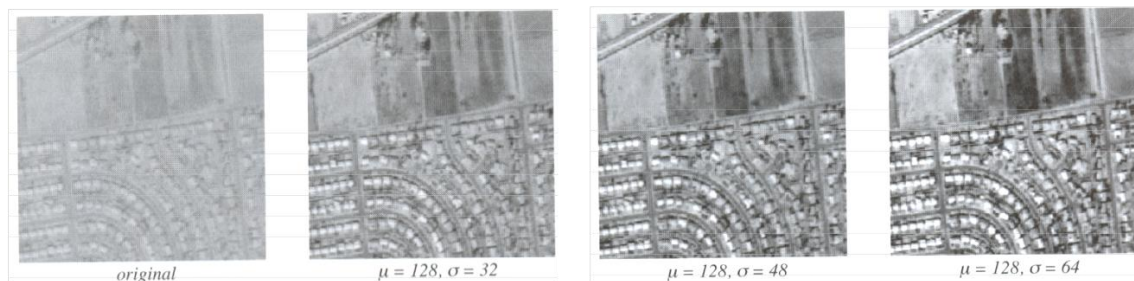
Trata igual todo el rango → Sensible a histogramas poco simétricos. Solución: *Non-linear stretch* o *Ecualización del histograma*.

- **Expansión por normalización**

- Algoritmo robusto (adaptación del *saturation stretch*).
- Es una expansión lineal a una señal con una media y varianza determinada que recorta los extremos del rango dinámico.
- Permite controlar el valor medio de la imagen de salida y variar el contraste ajustando la varianza

$$GL = \frac{\sigma_{ref}}{\sigma} (ND - \mu) + \mu_{ref}$$

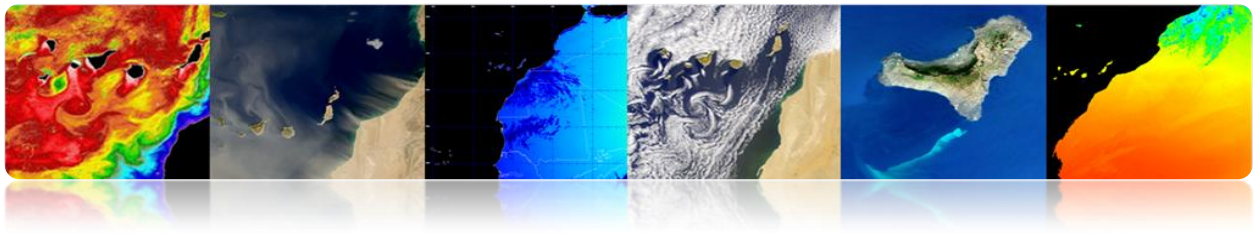
$$\begin{aligned} GL &= 255, & GL > 255 \\ GL &= 0, & GL < 0 \end{aligned}$$



La media se mantiene constante y se varía el contraste cambiando la varianza

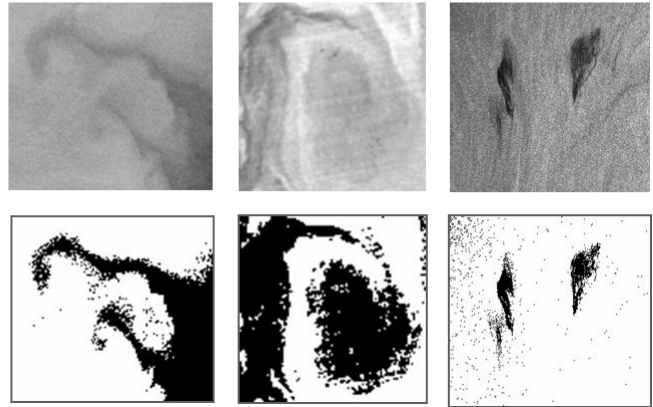
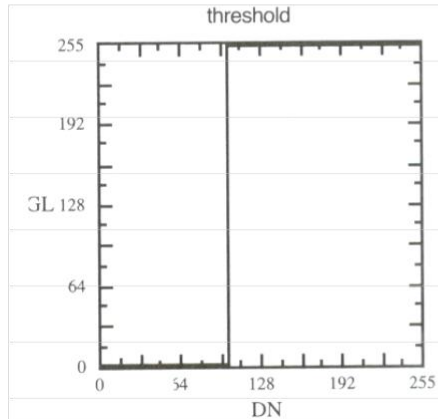
- **Umbralización**

- Transformación que clasifica la imagen en dos categorías (binariza) en base a un umbral sobre los valores originales de la imagen.
- Para un mayor número de clases se requiere un mayor número de umbrales



$$GL = 255, \quad ND \geq ND_T$$

$$GL = 0, \quad ND < ND_T$$

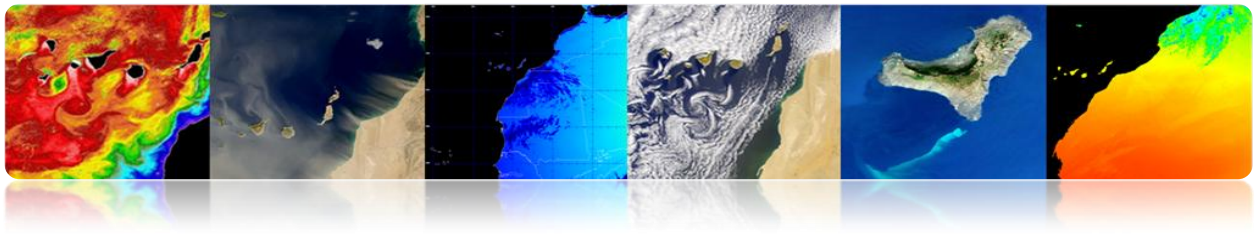


□ REPRESENTACIÓN EN COLOR

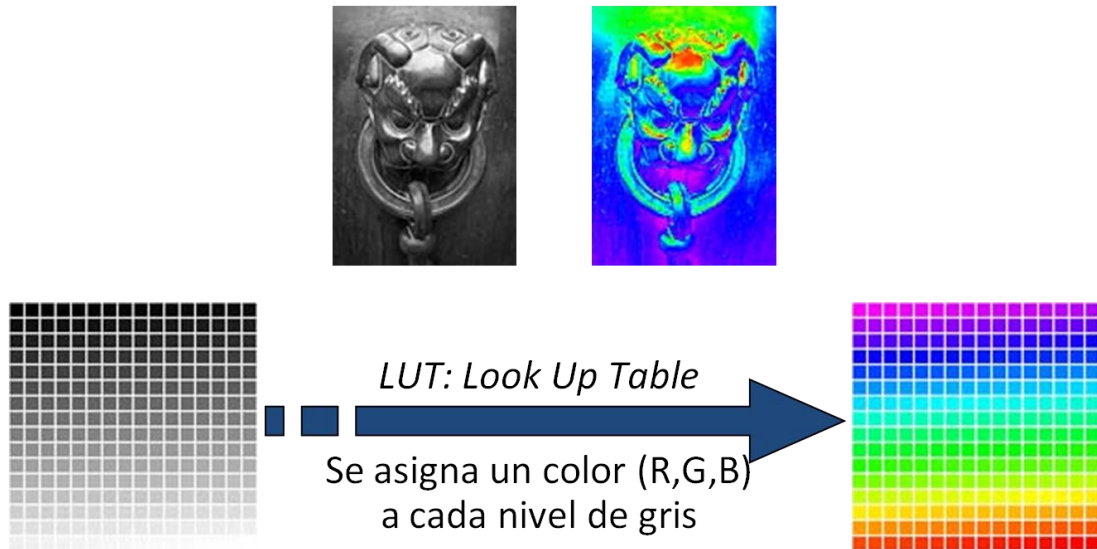
El ojo humano es más sensible a los colores que a los niveles de gris por lo que es importante para un análisis visual la representación en color de las imágenes.

Esta representación puede hacerse de dos maneras:

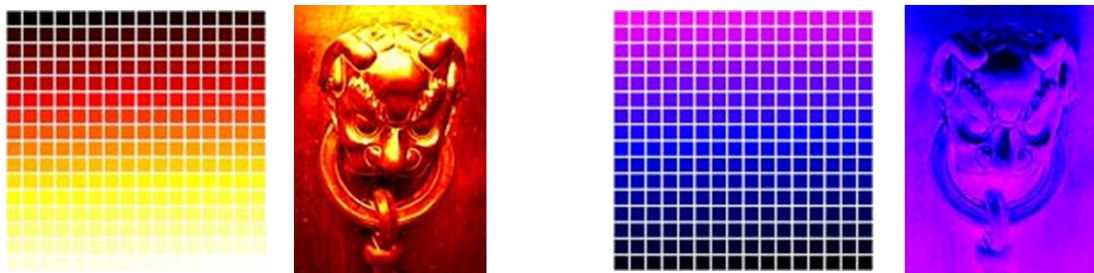
- Representación en falso color (pseudocolor): cuando a una banda en escala de grises se le aplica una tabla de color (LUT: *Look-up table*) o cuando a varias bandas que no se corresponden con las del color verdadero se les asigna el color rojo, verde o azul.
- Representación en color verdadero: cuando la imagen es adquirida mediante un sensor que capta las 3 bandas del color verdadero (rojo, verde y azul)



- **Pseudocolor 1 banda**

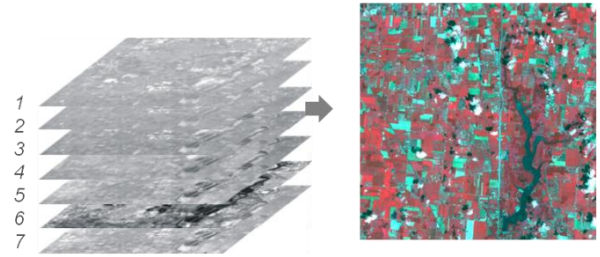
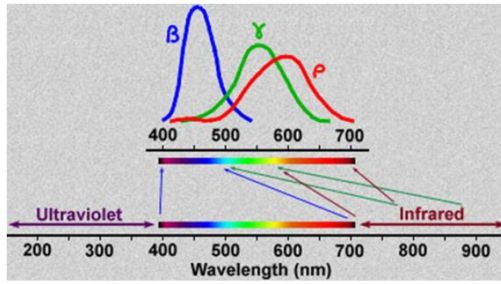
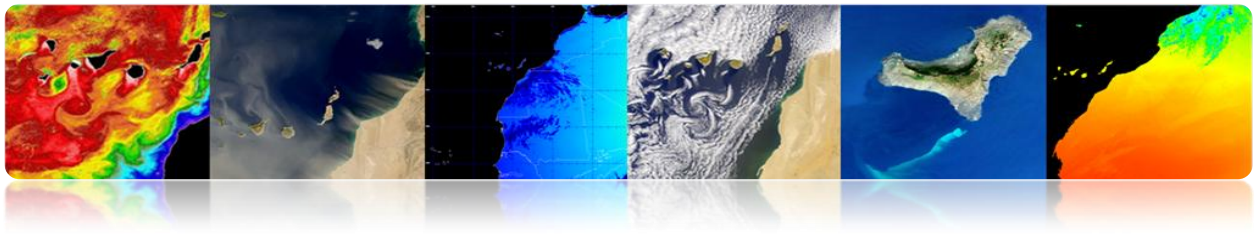


Otros ejemplos de LUT



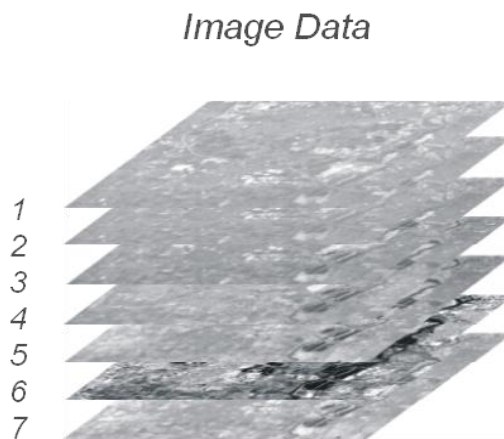
- **Pseudocolor varias bandas**

Canales con valores en el espectro no visible son desplazados al visible.



Composición:
Rojo: banda 4
Verde: banda 3
Azul: banda 1

▪ Color Verdadero

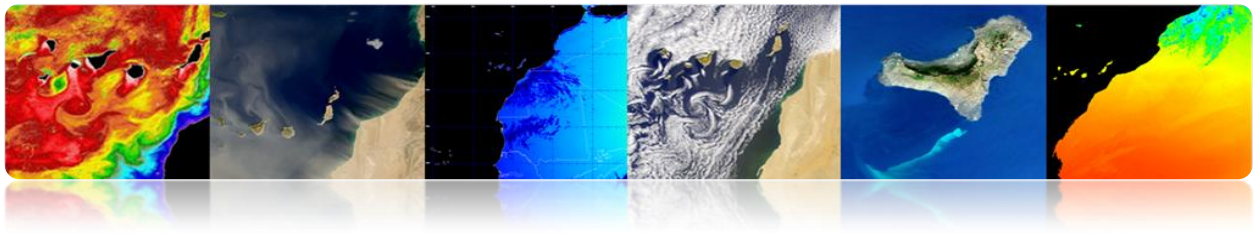


Composición:
Rojo: banda 3
Verde: banda 2
Azul: banda 1

□ ÍNDICES ESPECTRALES

Son combinaciones entre bandas para obtener un parámetro de interés sobre el cual clasificar (vegetación, agua, minerales..).

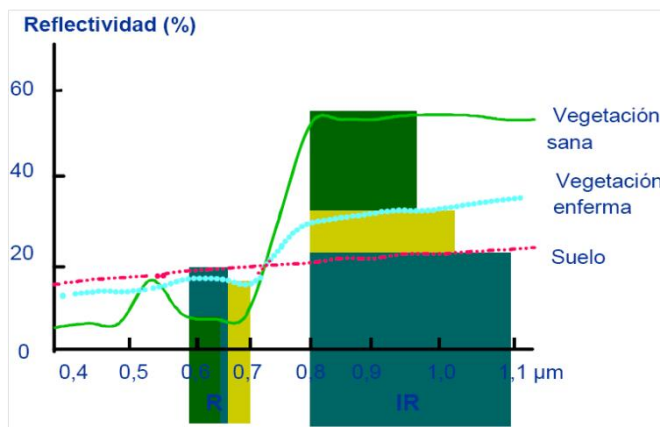
Están basados en el comportamiento del parámetro de reflectividad para maximizar su discriminación.



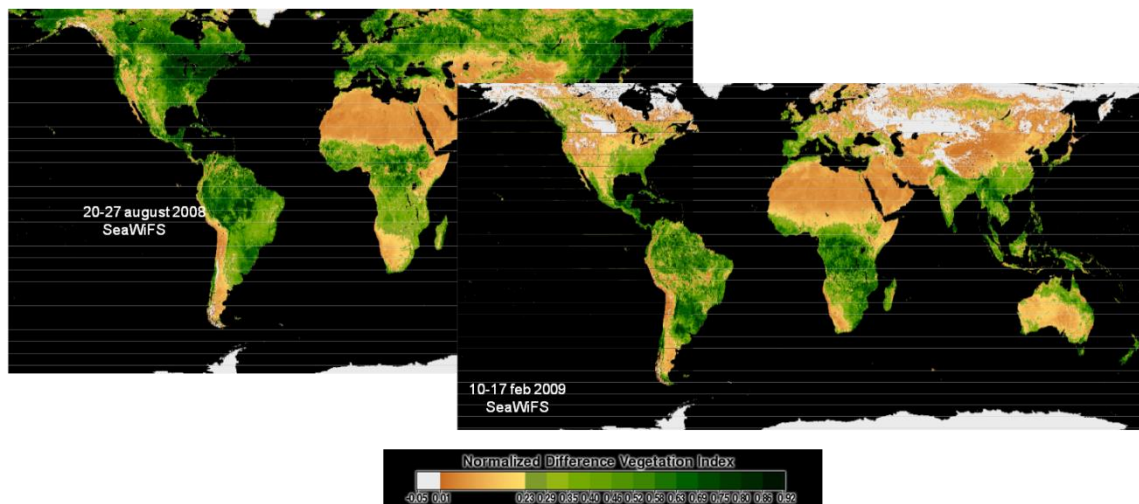
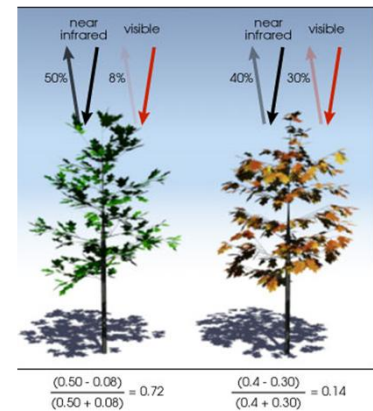
■ Índices de vegetación

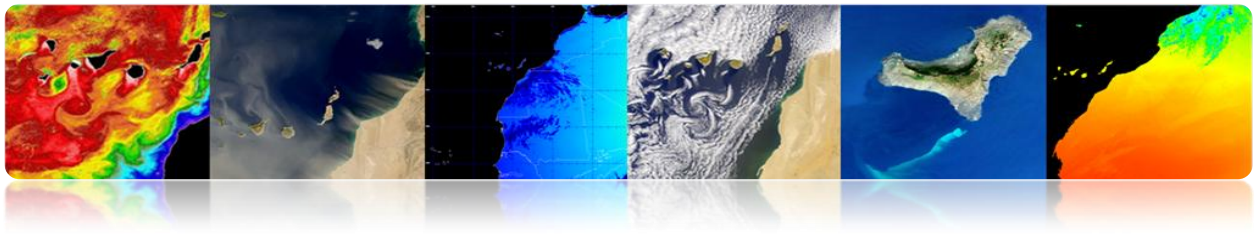
Se basan principalmente en relaciones entre las bandas NIR y R.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) es muy usado. Genera valores entre -1 y +1. NDVI es un indicador poco válido en regiones áridas



$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}}$$



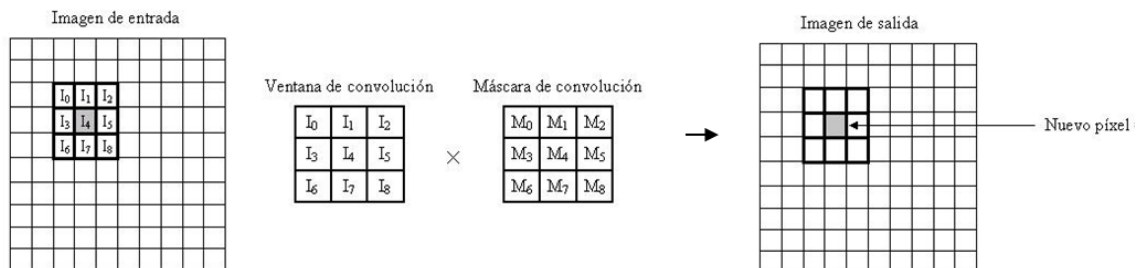


❑ FILTRADO DE CONVOLUCIÓN

Técnica para modificar la información espacial de la imagen usando los valores digitales de la vecindad (filtrado local).

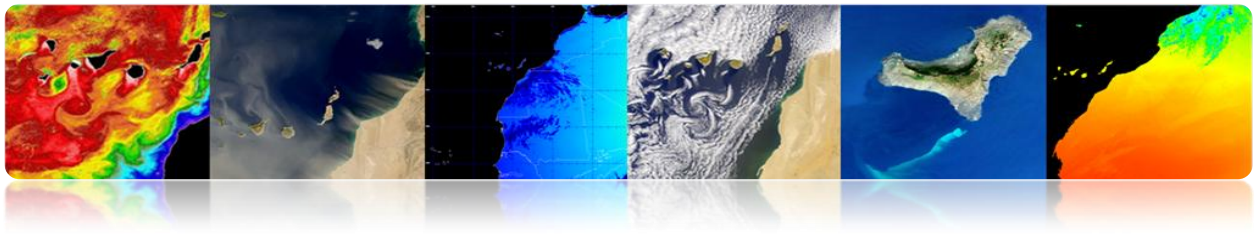
- Se utiliza una ventana que se mueve a lo largo de filas y columnas.
- Se hace una operación con los píxeles de la imagen de entrada que caen dentro de la ventana y el resultado es el nuevo pixel de la imagen en la posición del centro de la ventana.

type	output	examples	applications
linear	weighted sum	Low-Pass Filter (LPF) High-Pass Filter (HPF) High-Band Filter (HBF) Band-Pass Filter (BPF)	enhancement, sensor simulation, noise removal
statistical	given statistic	minimum, maximum median standard deviation mode	noise removal, feature extraction, <i>SNR</i> measurement
gradient	vector gradient	Sobel, Roberts	edge detection



Ejemplo con imagen original, filtrada paso bajo y paso alto.





▪ **Máscara de convolución (respuesta impulsional)**

Filtros promediadores: reducen el ruido por promediado espacial

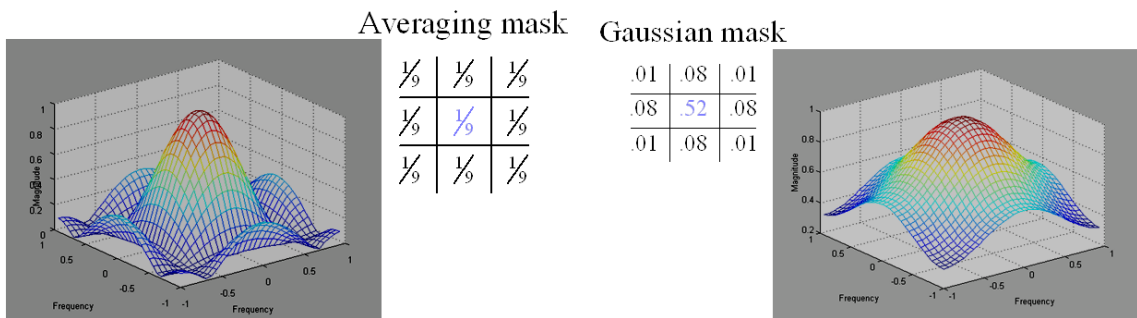
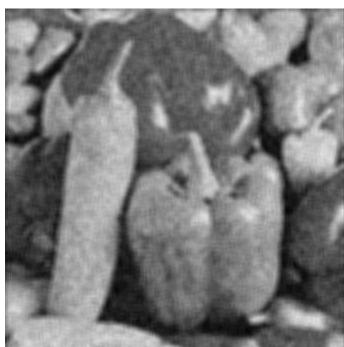


Imagen Original



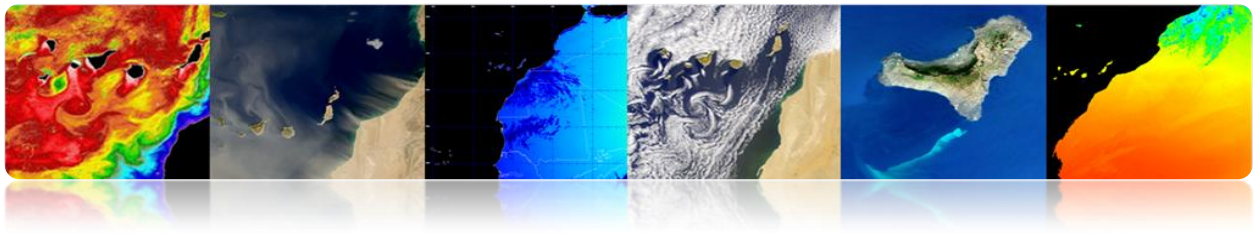
... con ruido añadido (uniforme)



Filtro de promedio



Gaussiano



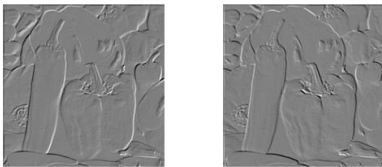
Filtros de gradiente: detector de contornos (aproximación de la derivada)

$$\begin{aligned}
 f(x, y) & \quad f[m, n] \\
 \nabla f &= \begin{pmatrix} \partial f / \partial x \\ \partial f / \partial y \end{pmatrix} \quad \nabla f \cong \begin{pmatrix} g_1[m, n] \\ g_2[m, n] \end{pmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{directional} \\ \text{detection} \end{array} \\
 |\nabla f| &= \sqrt{(\partial f / \partial x)^2 + (\partial f / \partial y)^2} \quad |\nabla f| \cong \sqrt{g_1^2[m, n] + g_2^2[m, n]} \\
 \text{direction of max change} & \quad \theta_{\nabla f} \cong \arctg(g_2[m, n] / g_1[m, n])
 \end{aligned}$$

▪ Detector de bordes

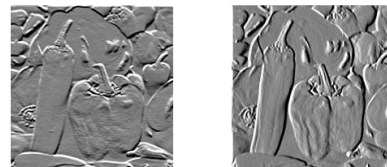
Roberts: Simple, No simétrico

$$\begin{array}{c|c} 1 & 0 \\ \hline 0 & -1 \end{array} \quad \begin{array}{c|c} 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 \end{array}$$



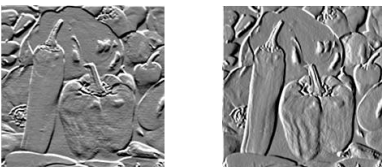
Prewitt: Mayor ganancia, Sensible al ruido

$$\begin{array}{c|c|c} -1 & -1 & -1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 1 & 1 \end{array} \quad \begin{array}{c|c|c} -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 & 1 \\ \hline -1 & 0 & 1 \end{array}$$



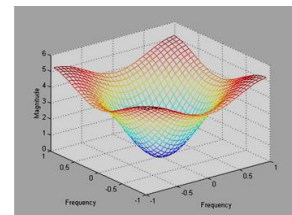
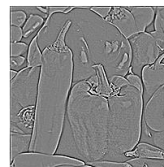
Sobel: Suavizado local

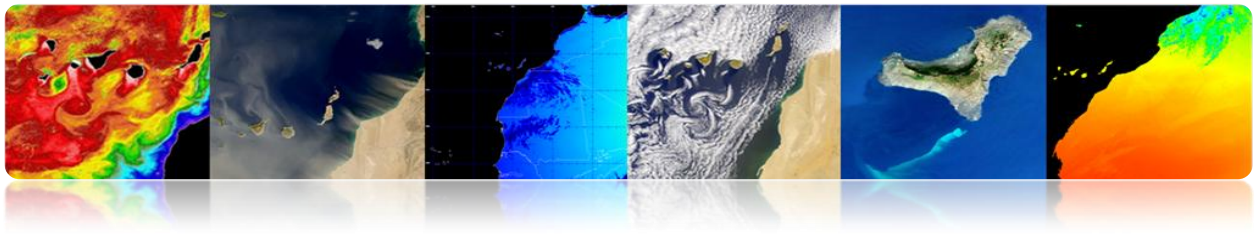
$$\begin{array}{c|c|c} -1 & -2 & -1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 2 & 1 \end{array} \quad \begin{array}{c|c|c} -1 & 0 & 1 \\ \hline -2 & 0 & 2 \\ \hline -1 & 0 & 1 \end{array}$$



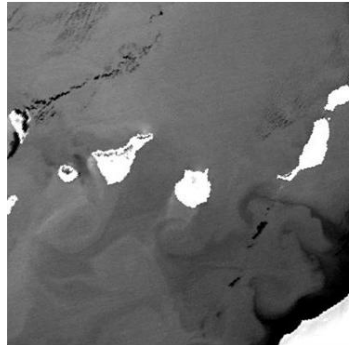
Laplacian: Aproximación segunda derivada

$$\begin{array}{c|c|c} 0 & -1 & 0 \\ \hline -1 & 4 & -1 \\ \hline 0 & -1 & 0 \end{array}$$

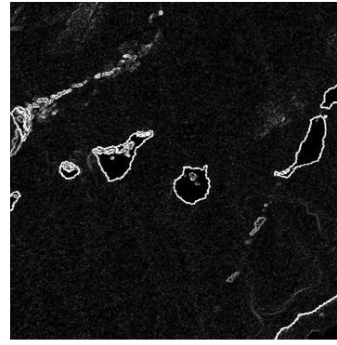




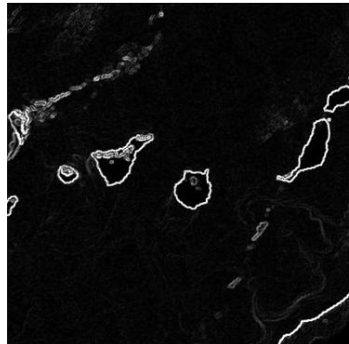
SST AVHRR



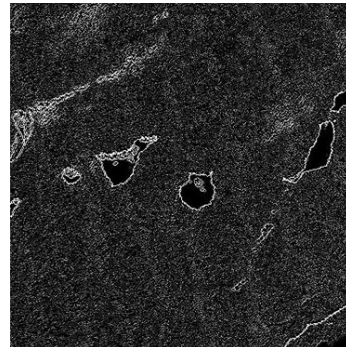
Roberts



Sobel



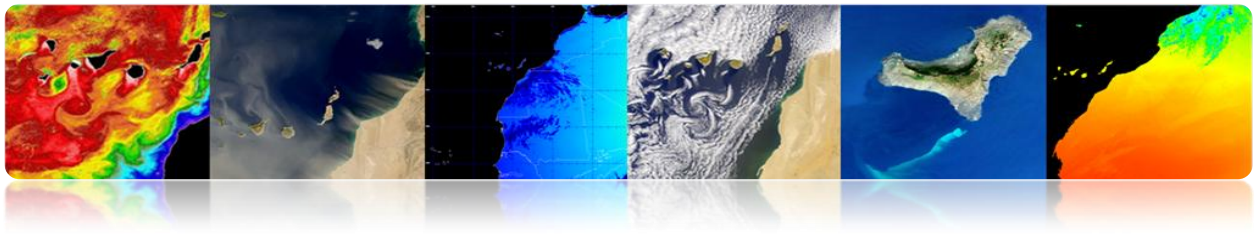
Laplacian



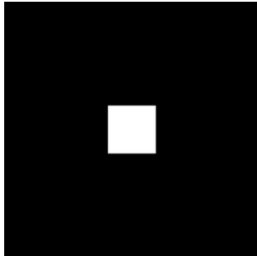
❑ TRANSFORMADA DE FOURIER

La transformada de Fourier, aplicada sobre imágenes permite obtener información sobre las estructuras presentes en la imagen y puede usarse para filtrar las frecuencias no deseadas.

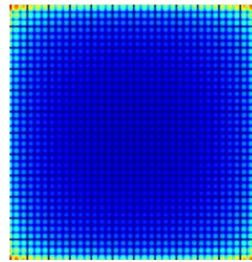
La transformada de Fourier de una imagen está compuesta por 2 tipos de información: la amplitud y la fase.



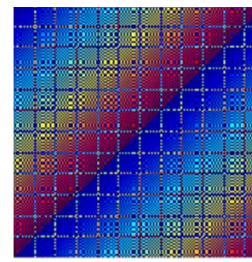
Representación No
centrada
 $(0, 2\pi) \times (0, 2\pi)$



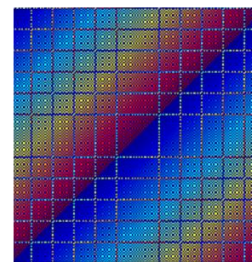
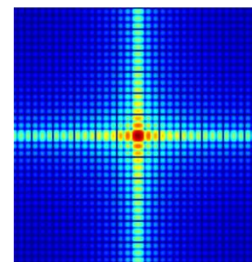
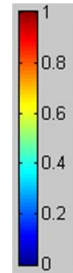
Representación
Centrada
 $(-\pi, \pi) \times (-\pi, \pi)$



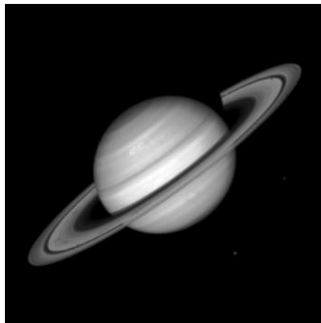
Módulo DFT



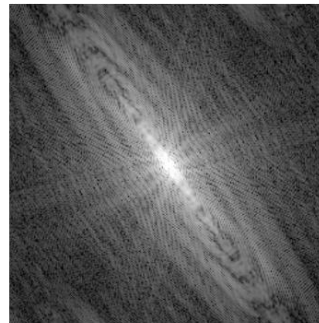
Fase DFT



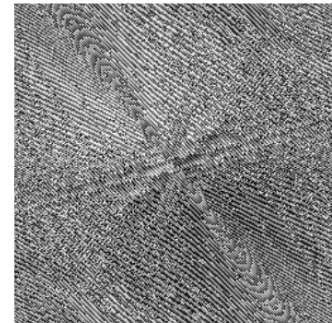
Ejemplos



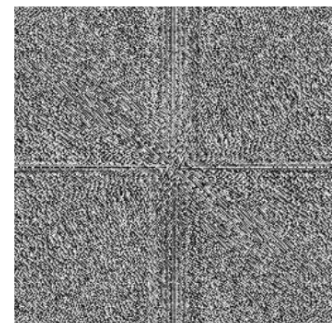
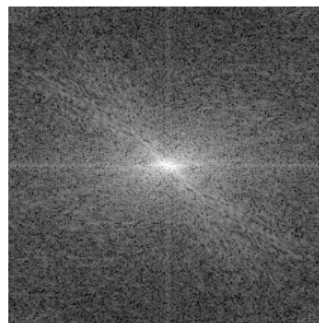
Señal



Módulo DFT

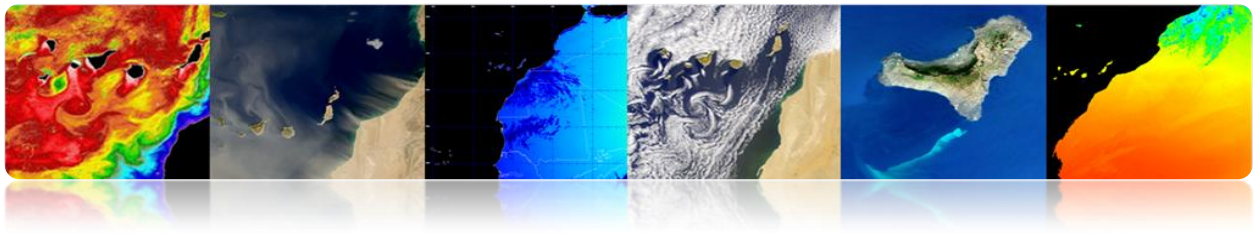


Fase DFT

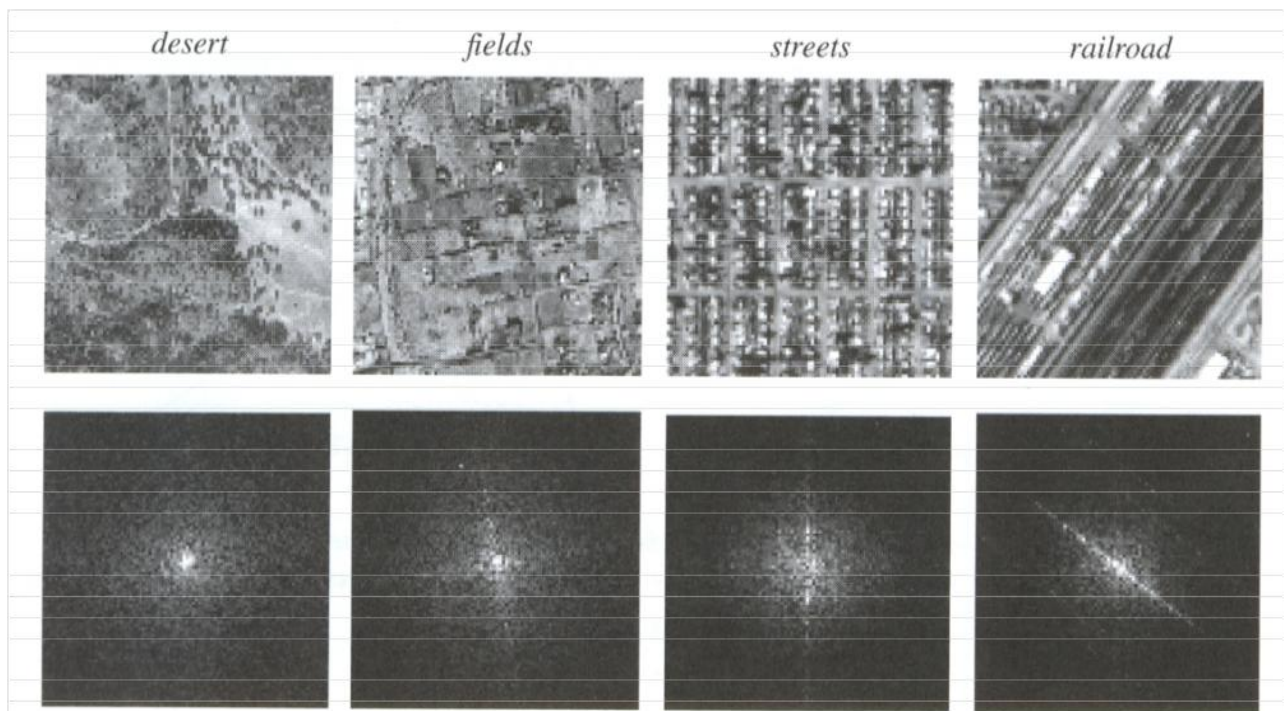


Tutorial TELECAN

Procesado de Imágenes de Teledetección



El espectro de potencia (cuadrado del módulo del espectro) se usa en el reconocimiento de patrones espaciales globales en la imagen.

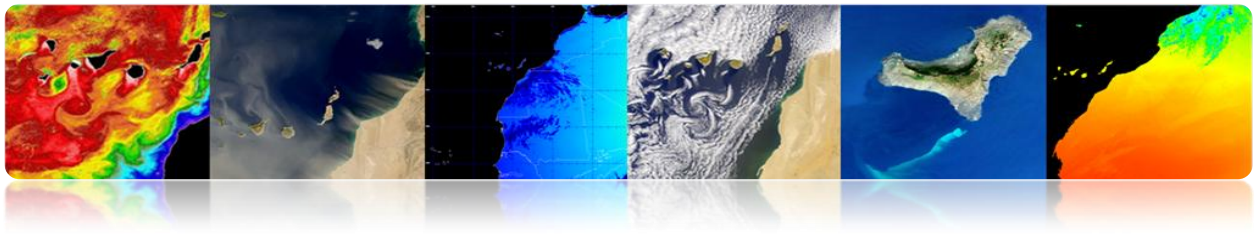


❑ FUSIÓN DE IMÁGENES

Se pretende mejorar la calidad espacial de la imagen multiespectral (MS) usando el detalle que proporciona la banda pancromática de alta resolución (PAN), pero preservando la información espectral

Objetivo:

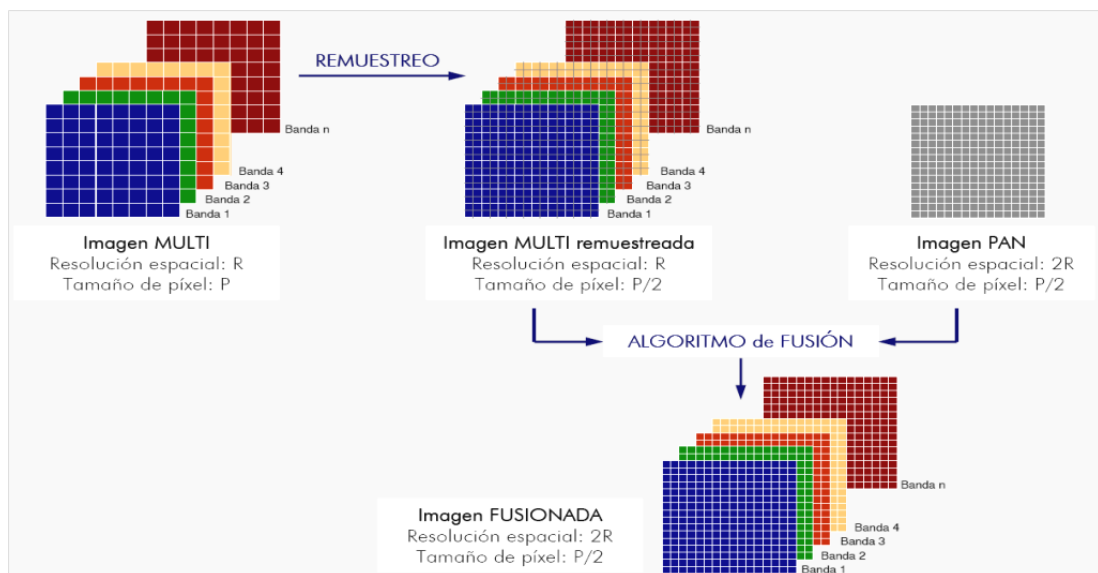
- Obtener imágenes con alta resolución espacial y espectral, a partir de la imagen PAN (alta espacial, baja espectral) y de las bandas multiespectrales (alta espectral, baja espacial)

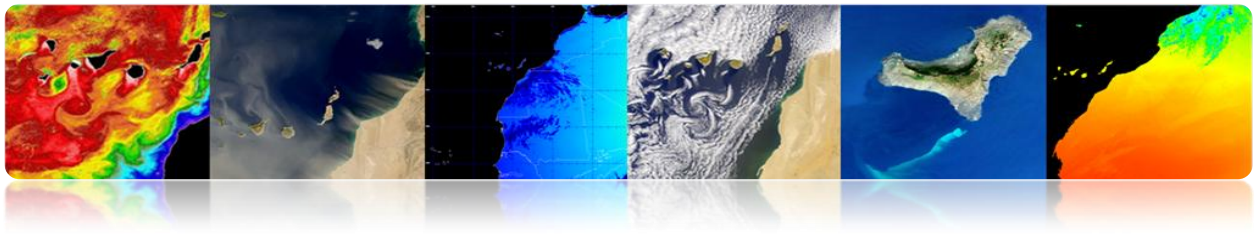


- Mejorar la calidad visual para facilitar fotointerpretación o calidad de los SIG.
- Mejorar la detección y extracción de objetos y características.
- Mejorar la clasificación temática.
- Mejorar la detección de cambios en las imágenes multitemporales.

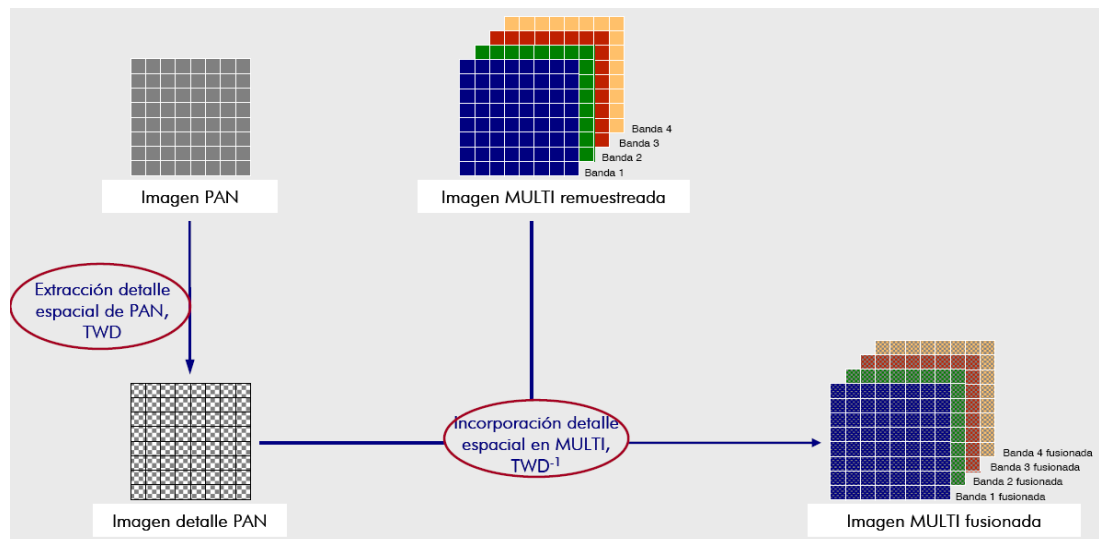


■ Marco de trabajo general de Fusión PAN-MS



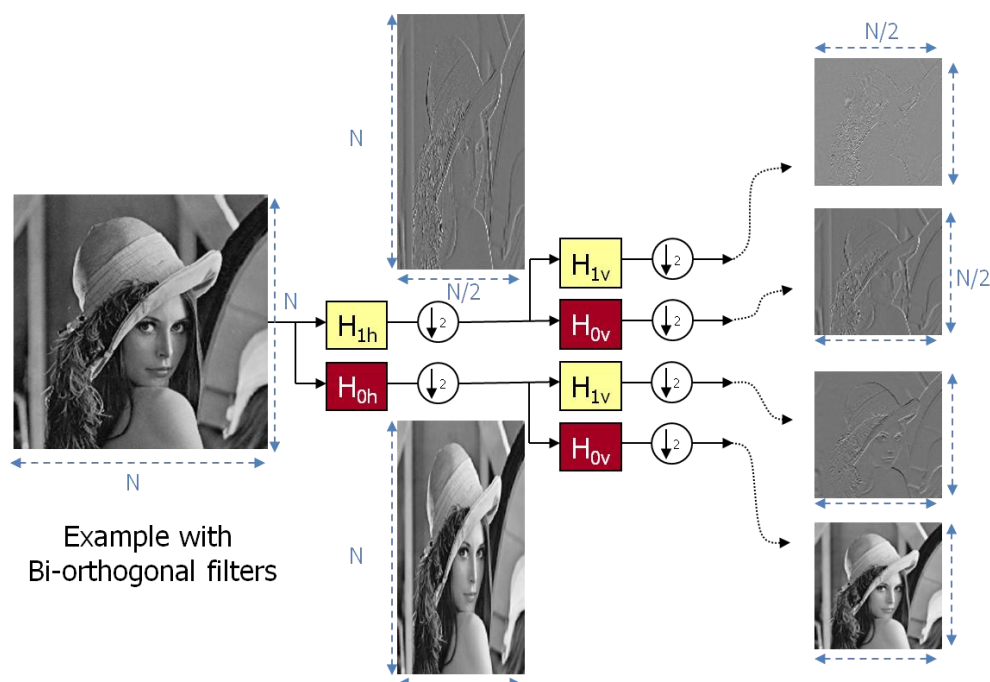


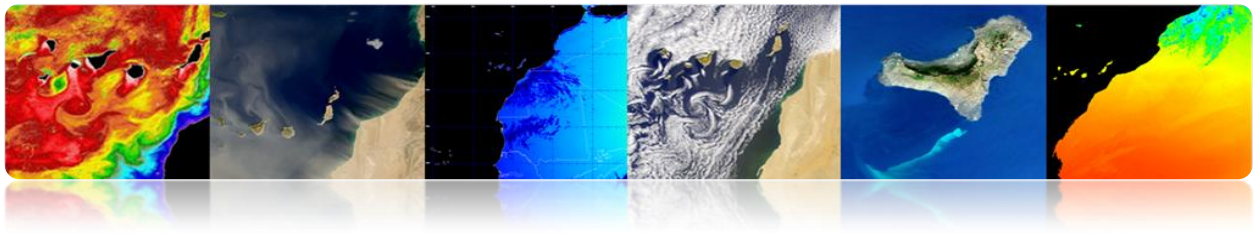
▪ Método basado en la Transformada Wavelet Discreta:



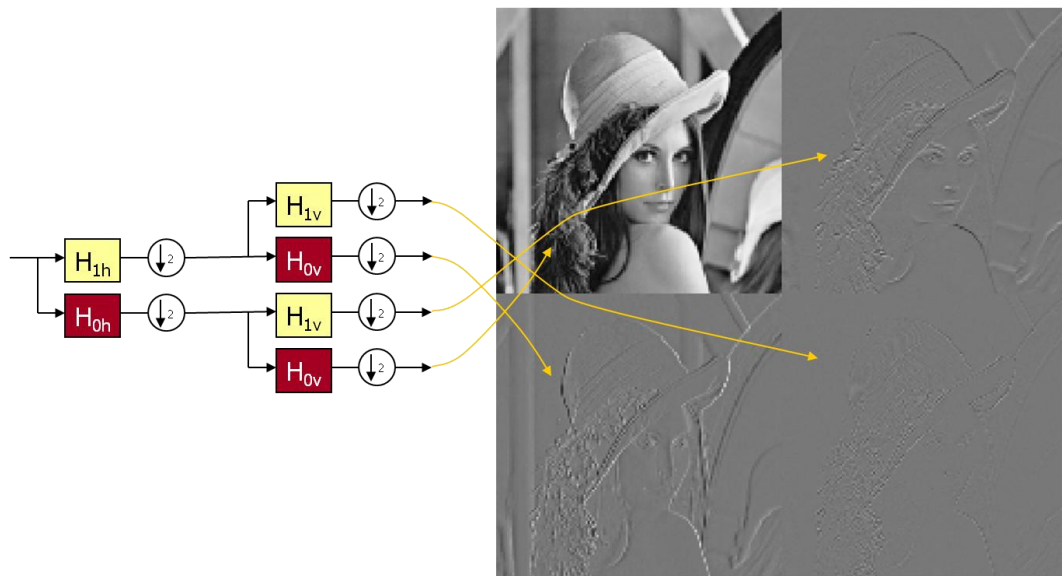
▪ Transformada Wavelet

Proporciona una descomposición de la imagen en sus componentes a diferentes escalas usando filtros. Así cada imagen se descompone en su aproximación y las imágenes de detalle.

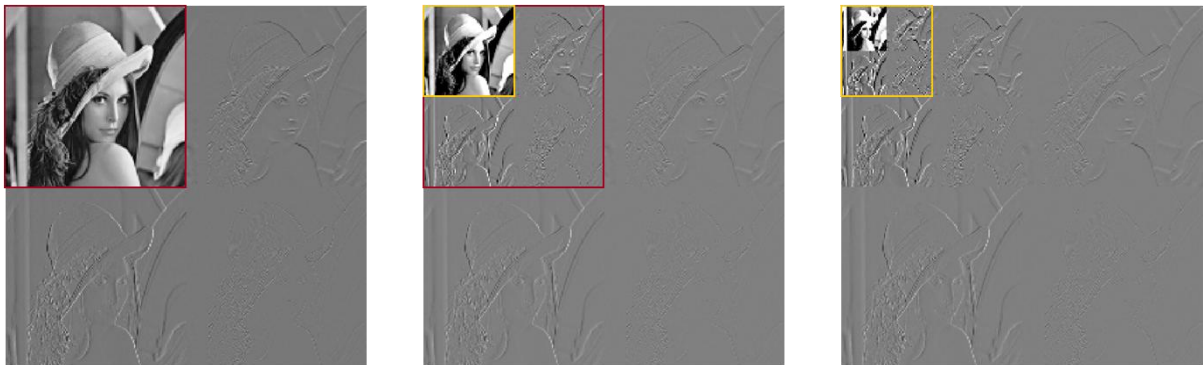


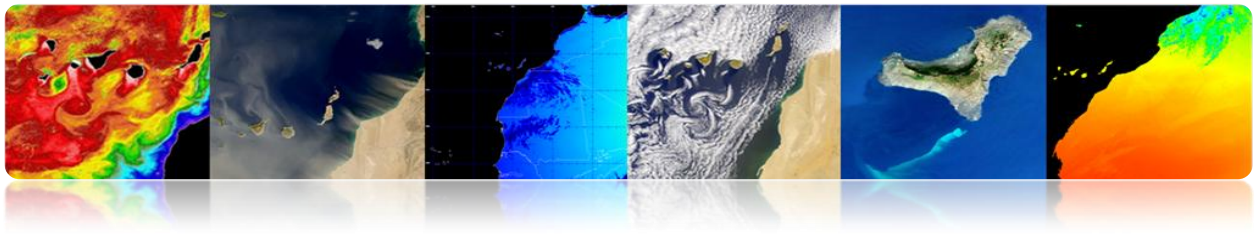


Para su representación se unen las cuatro salidas en una única imagen

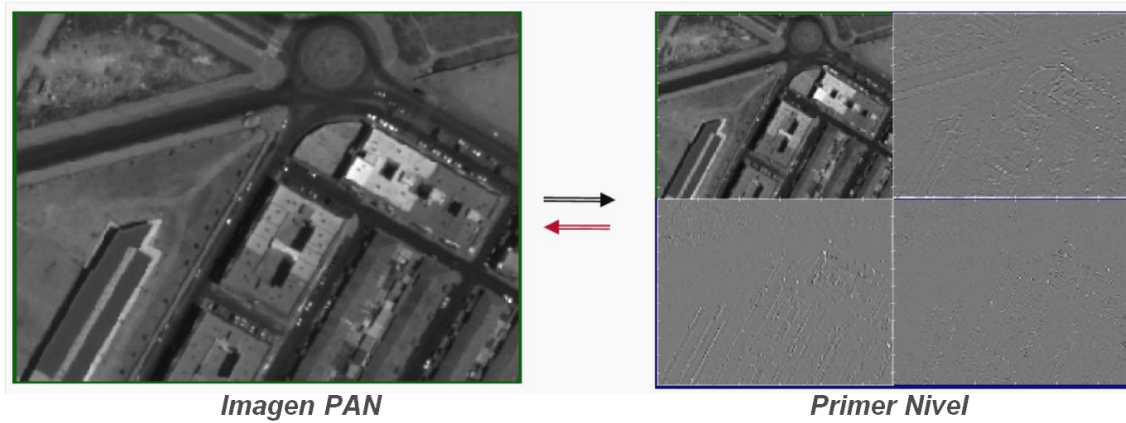


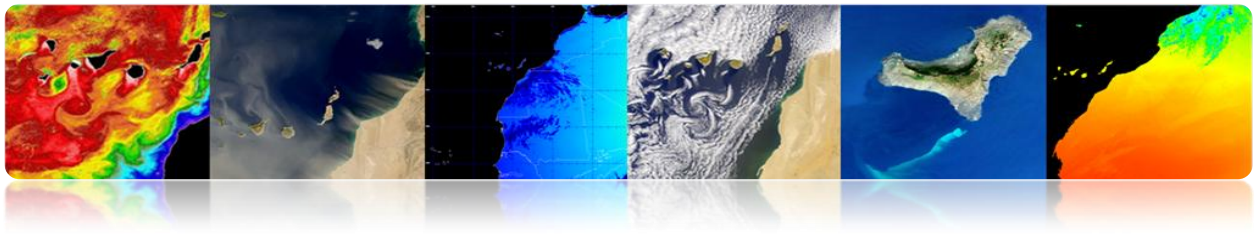
Se puede hacer a diferentes niveles volviendo a descomponer la imagen aproximación





Ejemplo para una imagen Quickbird usando la wavelet de Mallat.





5.4. ANÁLISIS DE LA IMAGEN

□ DETECCIÓN DE ESTRUCTURAS

▪ Segmentación

La segmentación es un primer paso en la mayoría de los problemas de procesamiento de imagen. Se puede definir como encontrar una partición del espacio (imagen I) en n regiones disjuntas tal que se satisfaga un criterio $P(\cdot)$ de homogeneidad:

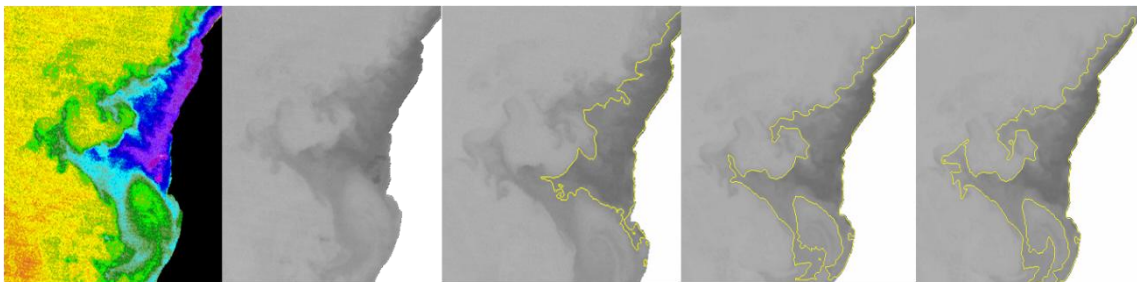
$$\bigcup_{i=1}^n R_i = I$$

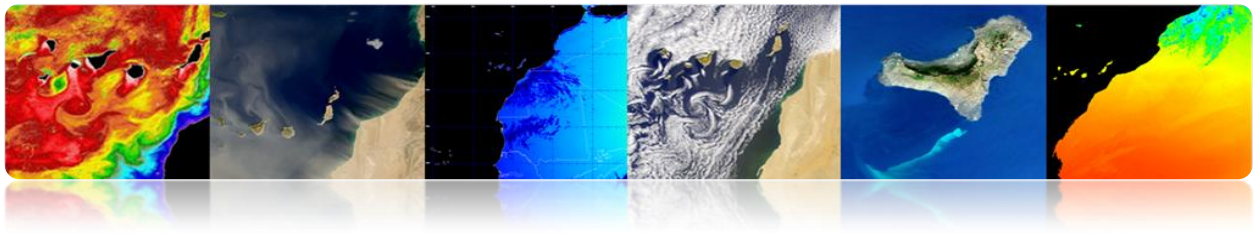
$$P(R_i) = \text{True}$$

$$P(R_i \cup R_j) = \text{False}$$

El criterio de homogeneidad puede ser tan sencillo (o complicado) como se desee. Normalmente, se busca definir criterios que se acerquen a la semántica de la escena.

En este ejemplo de afloramiento costero se aprecia la dificultad de la segmentación ya que los objetos no tienen fronteras definidas y únicas y cada usuario puede estar interesado en una determinada zona y, por tanto, cada segmentación sería diferente. A modo de ejemplo se presentan algunas segmentaciones obtenidas por diferentes algoritmos.





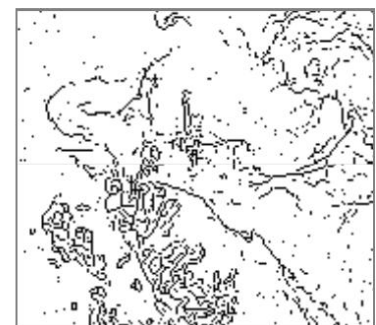
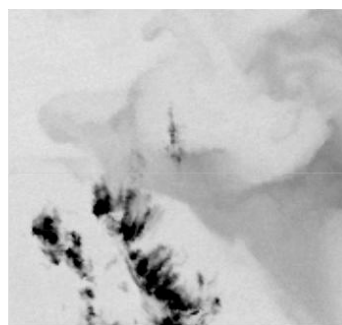
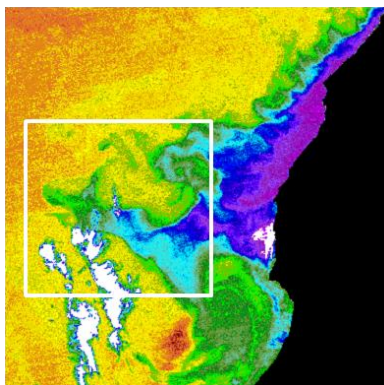
Dos familias básicas de algoritmos de segmentación:

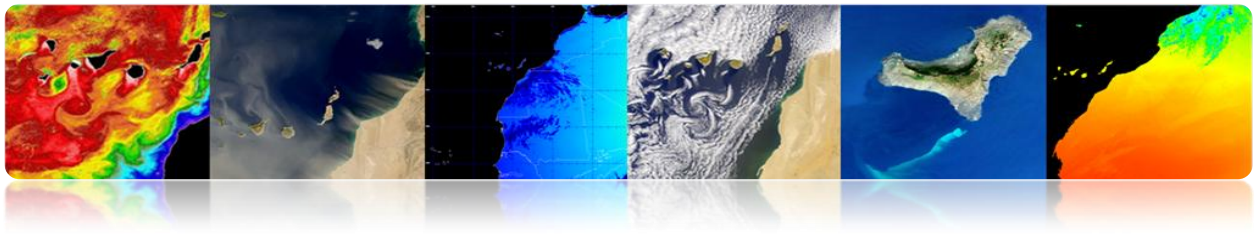
- Detectores de discontinuidades → Detectan cambios abruptos en la señal
- Detectores de homogeneidades → Detectan zonas de características semejantes

El uso de información adicional como movimiento o profundidad mejora los resultados

• Detectores de discontinuidades

- Para detectar discontinuidades habitualmente se usan filtros detectores de bordes a partir de operadores de gradiente o laplaciana. Seguidamente será necesario la unión de los bordes para delimitar correctamente los objetos.
- Es un proceso complejo y no siempre fiable que se ve muy afectado por el ruido.

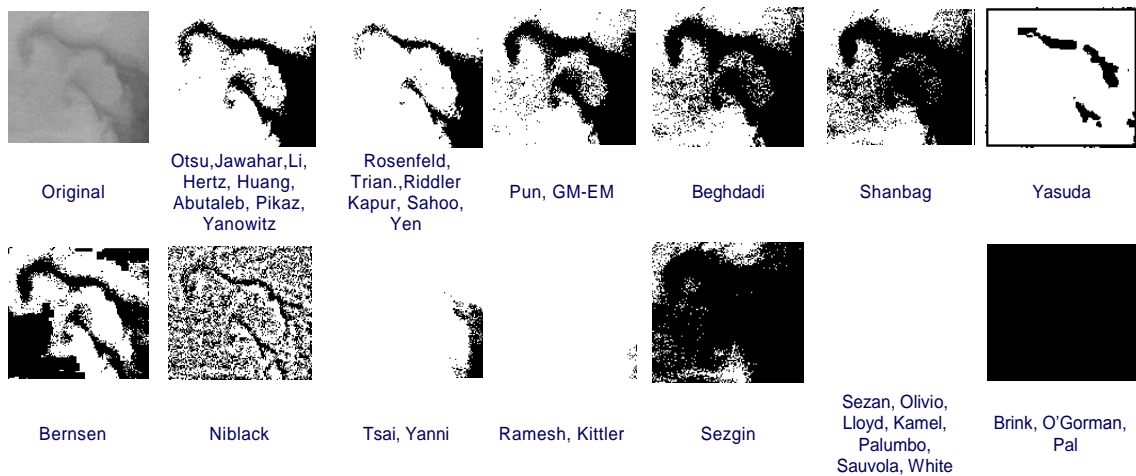




- **Detectores de homogeneidades**

Técnicas basadas en la homogeneidad de los píxeles. Las habituales son:

- **Umbralización:** Detección usando técnicas basadas en umbralización manual o automática. Puede usarse un umbral global para la imagen o umbrales locales.



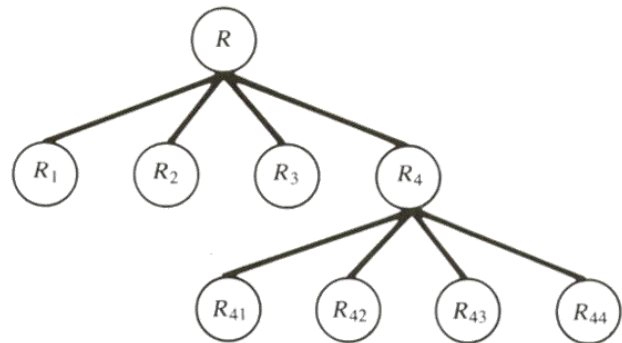
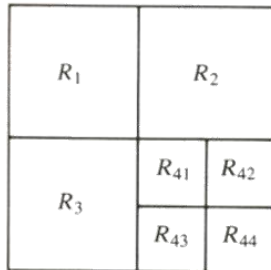
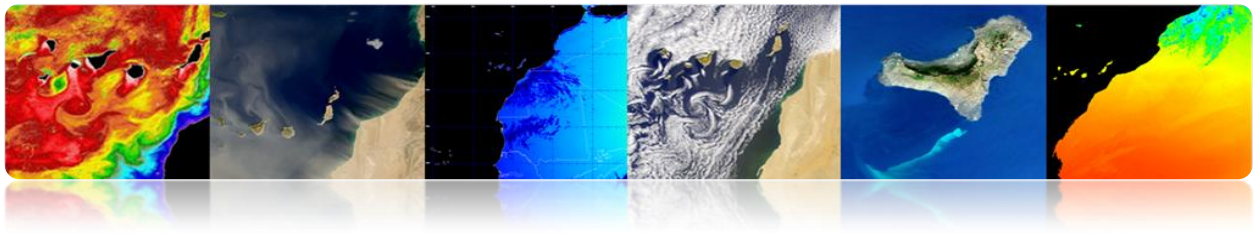
- **Crecimiento de regiones**

Analiza el *Region Adjacency Graph* (RAG), fusiona las regiones más semejantes y actualiza el RAG con los nuevos valores. Este proceso se itera hasta alcanzar un cierto criterio de terminación.

- **Split & merge**

Paso de *split*: Divide la imagen en regiones disjuntas analizando el criterio de similaridad. Este paso se hace siguiendo una estructura de árbol cuaternario (*QuadTree*).

Paso de *merge*: Fusiona hojas del árbol teniendo en cuenta el criterio de similaridad. Este paso no sigue ninguna estructura predeterminada.



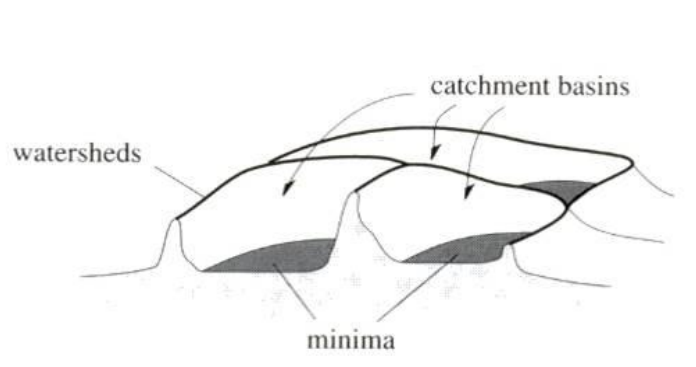
- Watershed

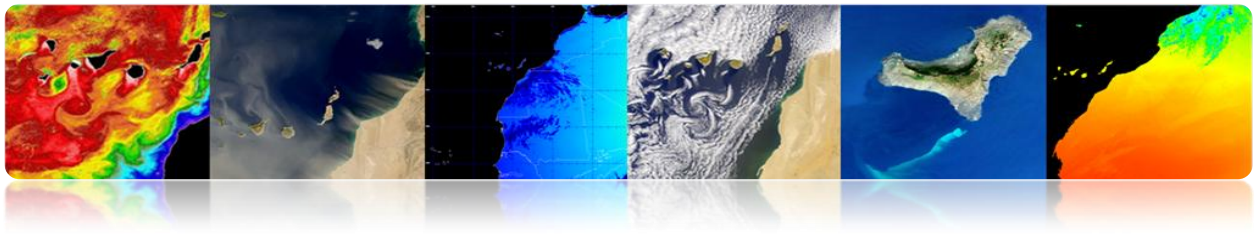
El algoritmo *watershed* es una técnica de segmentación basada en herramientas morfológicas que combina los conceptos de crecimiento de regiones y de detección de contornos:

- Agrupa los píxeles alrededor de los mínimos de la imagen.
- Las fronteras de las regiones se ubican en los puntos (crestas) de máximo gradiente de la imagen.

El proceso se puede entender como el resultado de inundar un relieve topográfico:

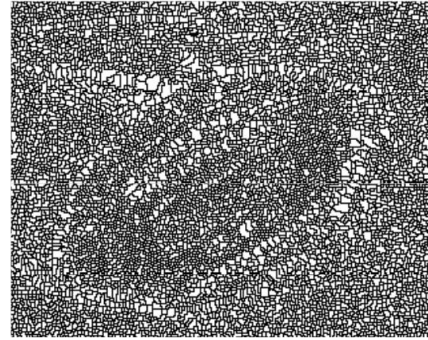
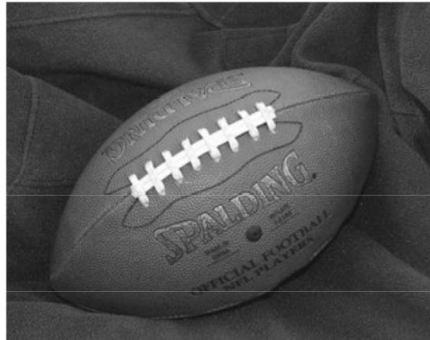
- Se interpreta la imagen como un relieve.
- El agua se introduce por los mínimos del relieve.
- Cuando dos frentes de agua se encuentran, se levanta un dique (contorno)



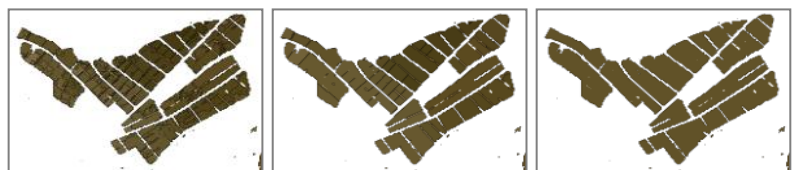
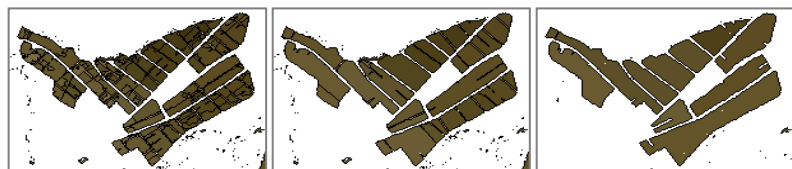
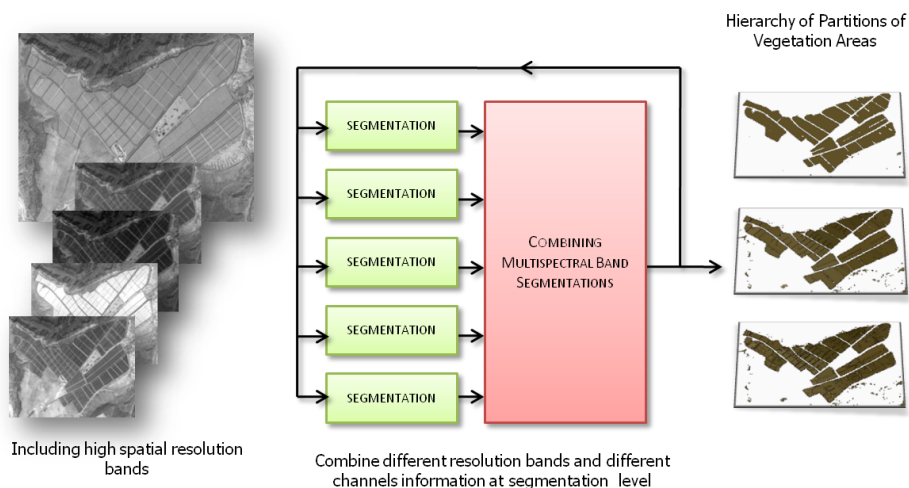


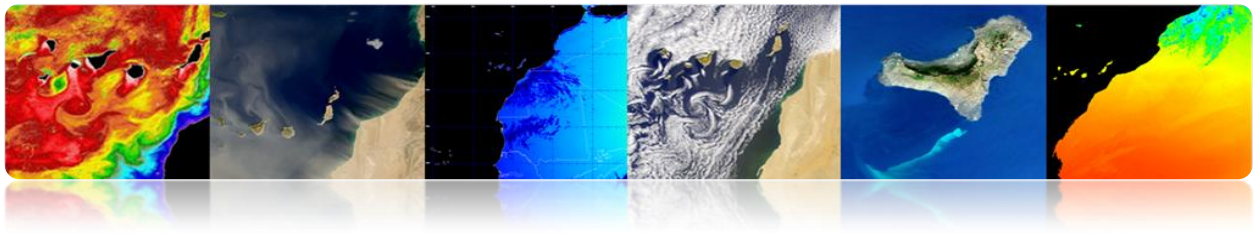
Ventaja: Las fronteras de las regiones están correctamente ubicadas.

Inconveniente: Se tiene sobre-segmentación de la imagen.



Ejemplo: segmentación de vegetación con varios niveles de detalle





- Transformada de Hough

Esta transformada puede servir para localizar objetos cuya forma es conocida. El ejemplo más sencillo es la aplicación de la transformada de Hough para la localización de líneas o de figuras con formas circulares

Rectas

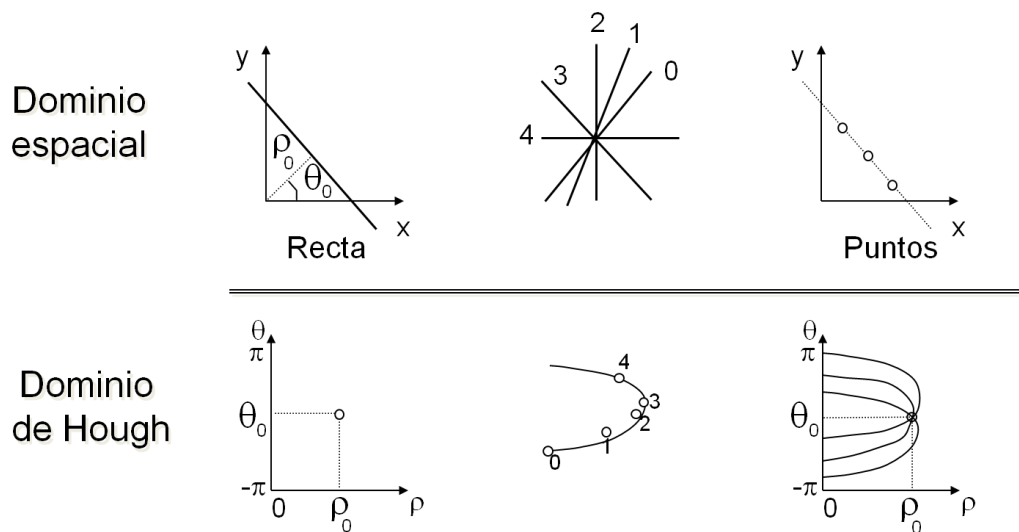
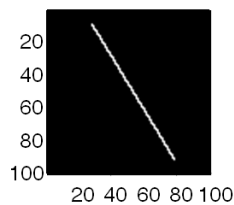
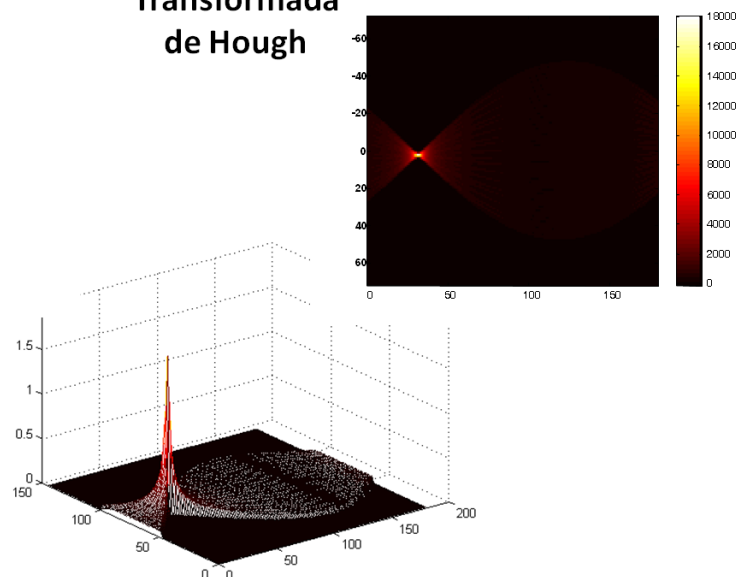
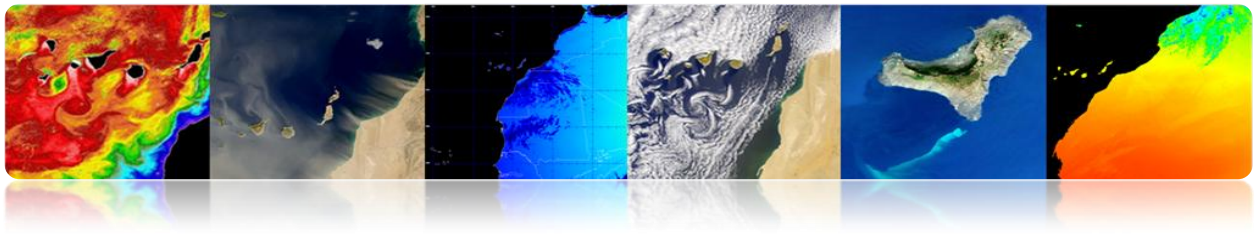


Imagen original



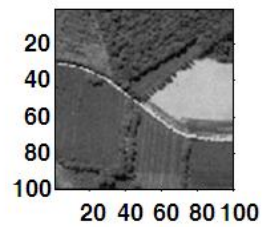
Transformada de Hough



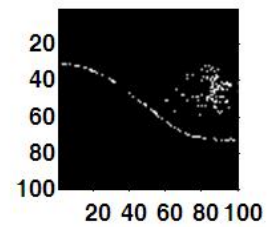


Ejemplos

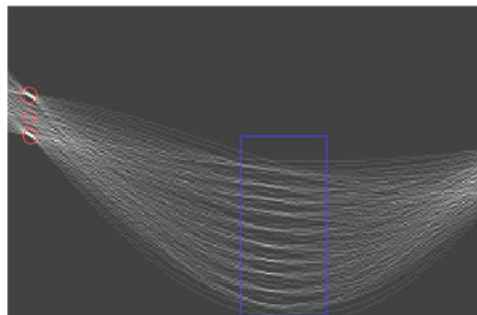
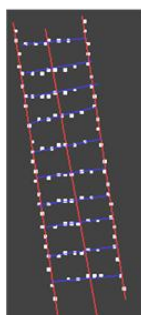
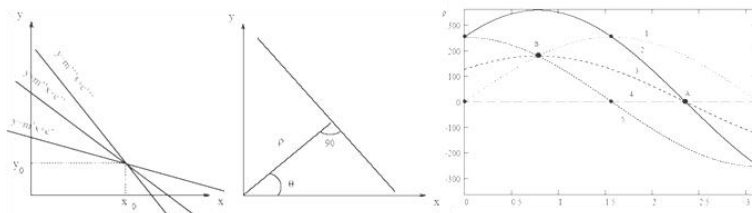
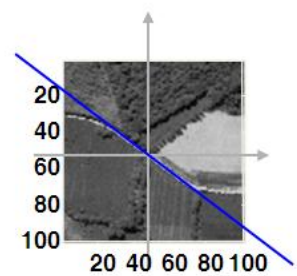
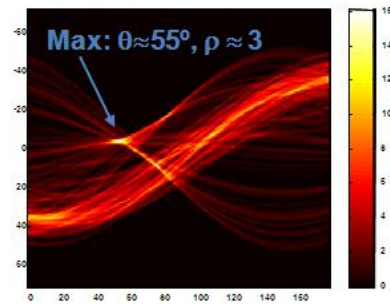
Original

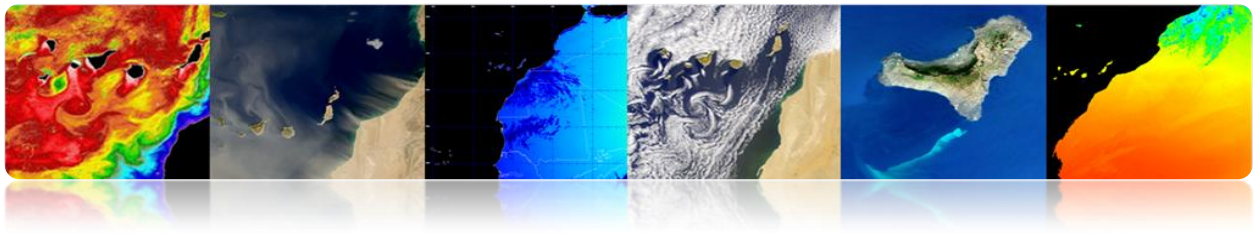


Binaria



Hough

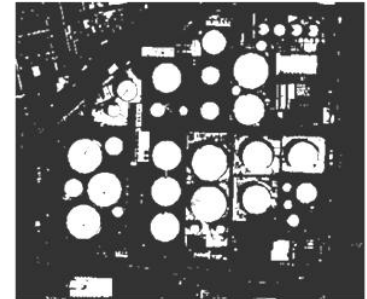




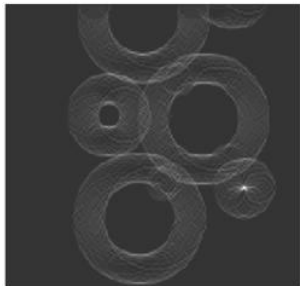
Círculos



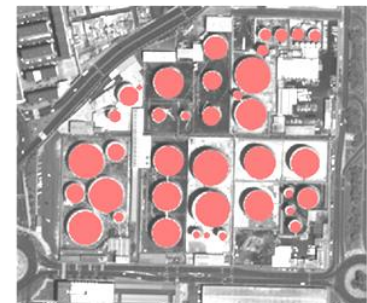
Original



Thresholded



Morphologic op.



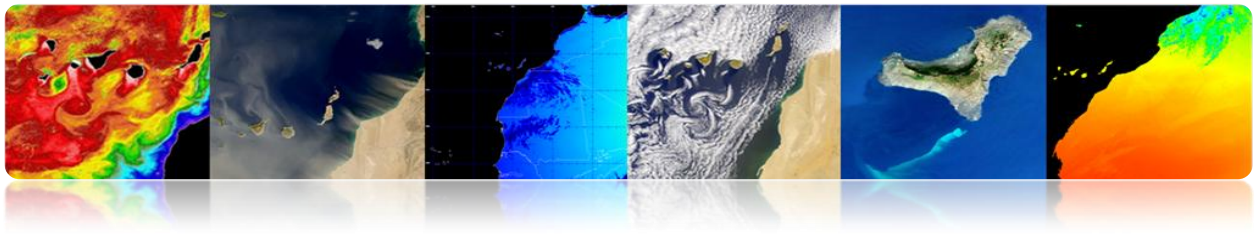
Segmented

▪ Morfología matemática

Herramientas de procesamiento de señal muy potentes que permiten filtrar elementos de características concretas en la escena preservando otros.

La morfología matemática se desarrolló originalmente para imágenes binarias y se extendió más tarde a funciones e imágenes en escala de grises. Son herramientas no lineales que se basan en criterios de Ordenación y no son fácilmente aplicables a imágenes vectoriales.

- Ejemplo de filtros morfológico sobre imágenes binarias:
 - Erosión



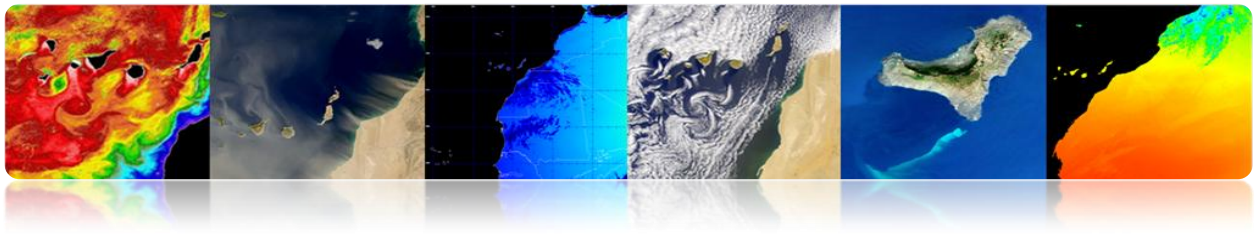
- Dilatación
- Apertura
- Cierre



Tutorial TELECAN

Procesado de Imágenes de Teledetección

5.33

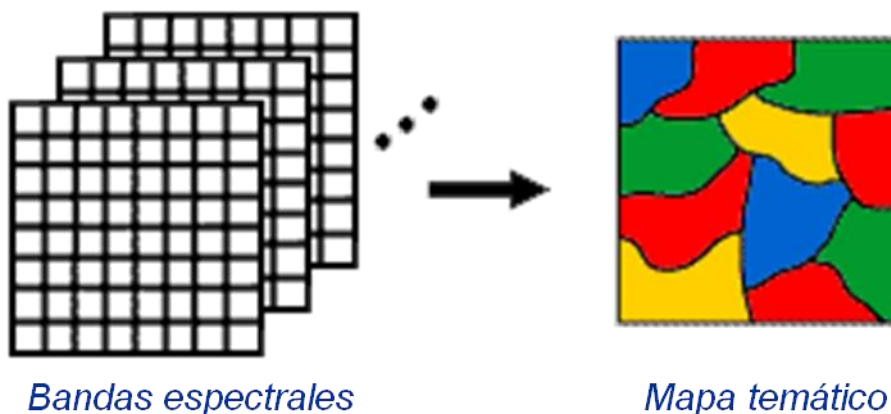


❑ CLASIFICACIÓN TEMÁTICA

Es la etapa de análisis de las imágenes encaminada a la generación de mapas temáticos para el usuario final a partir de la información de entrada.

Es decir, se trata de transformar los datos numéricos de las imágenes en categorías descriptivas que identifican los diferentes elementos de la imagen

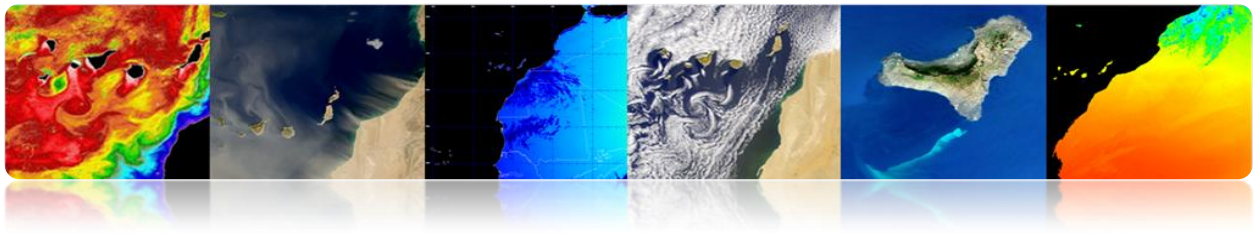
Las categorías o clases seleccionadas para el mapa temático deben poder ser discriminadas a partir de los datos numéricos de la imagen.



Existen diversos tipos de clasificadores en función de la información que usan:

- **Clasificador espectral**

Se basa en el hecho de que las diferentes clases de la imagen poseen diferentes combinaciones de valores digitales en cada banda debido a sus propiedades de reflectancia o emitancia.



- **Clasificador espacial**

Se basa en analizar la relación entre los píxeles vecinos, considerando aspectos como la textura, proximidad, tamaño, forma, repetición, etc.

- **Clasificador temporal**

Utiliza imágenes en diferentes fechas para favorecer el proceso de clasificación (p.e. las cosechas o ciertos tipos de vegetación tienen propiedades espectrales diferentes según la estación del año lo que facilita su identificación).

- **Clasificador orientado a objeto**

Es un clasificador híbrido espacial y espectral que suele incluir etapas de segmentación previas para guiar la clasificación de forma que cada objeto es asignado íntegramente a una clase posible.

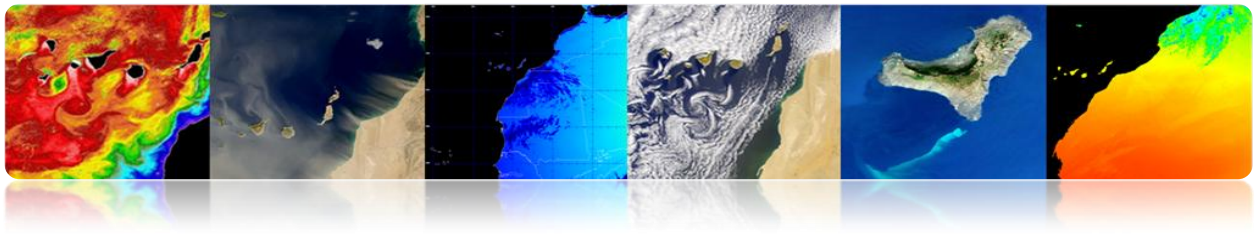
A continuación se va a describir con mayor detalle el clasificador espectral y en concreto cada uno de los pasos habituales en la clasificación.

- **Fase de Extracción de Características (*opcional*)**

Se basa en aplicar una transformación espacial o espectral para conseguir las características más interesantes para la clasificación.

Esta etapa:

- Puede extraer la información de la imagen o bandas originales.
- Puede suprimir la variabilidad no deseada en las firmas espectrales (índices espectrales. Ejemplo: NDVI en la figura).



- Puede mejorar la separabilidad de las clases espectrales.
- Puede reducir el número de bandas (Análisis de Componentes Principales).



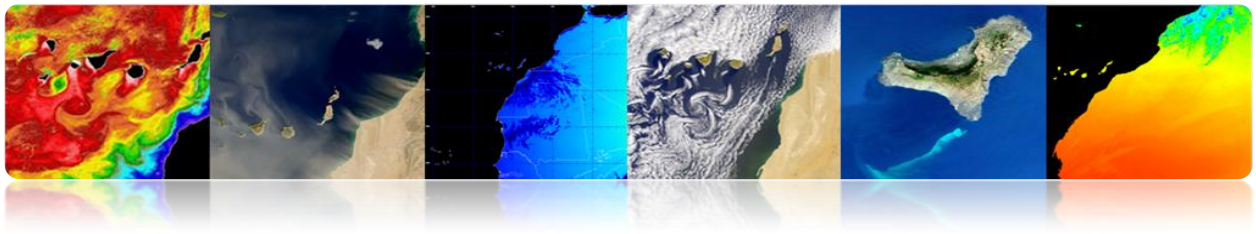
▪ Fase de Entrenamiento

Seleccionar píxeles representativos de las clases deseadas para entrenar el clasificador. Se puede hacer de forma supervisada o no supervisada.

• Separabilidad

Antes de pasar a la fase de entrenamiento es recomendable hacer un análisis de separabilidad de las clases para poder evaluar a priori si la clasificación es posible o si van a existir ciertas clases que no vaya a poder ser discriminadas.

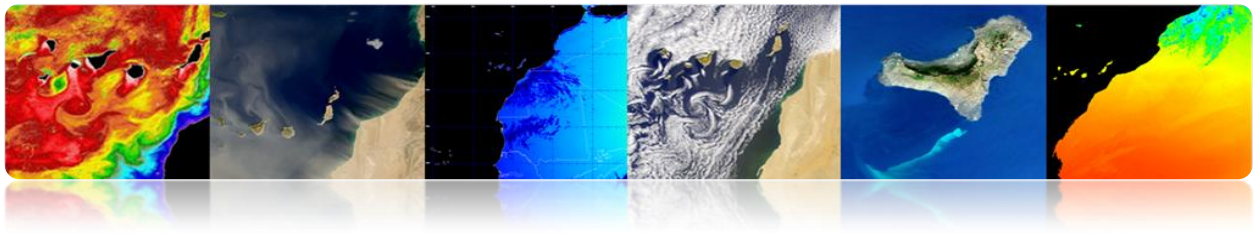
- Usar sólo la distancia entre las medias es insuficiente. También se requiere la desviación estándar o varianza.
- Medidas de separabilidad entre clases:



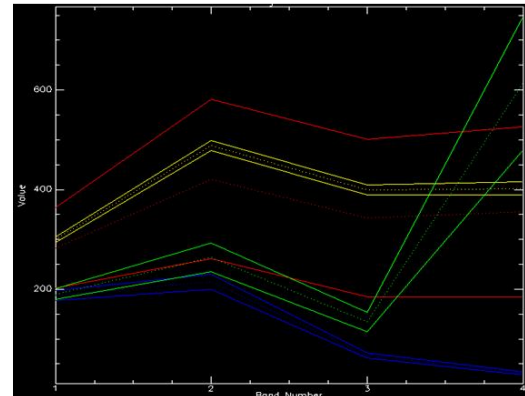
Existen diversas medidas de separabilidad a partir de distancias euclídeas y angulares. Algunas no tienen en cuenta la varianza, es decir el solapamiento espectral entre las clases, y serán menos fiables (en la tabla se ven ejemplos de métricas de separabilidad).

city block	$L_1 = \ \mu_a - \mu_b\ = \sum_{k=1}^K m_{ak} - m_{bk} $
Euclidean	$L_2 = \ \mu_a - \mu_b\ = [(\mu_a - \mu_b)^T (\mu_a - \mu_b)]^{1/2} = \left[\sum_{k=1}^K (m_{ak} - m_{bk})^2 \right]^{1/2}$
angular	$ANG = \arccos \left(\frac{\mu_a^T \mu_b}{\ \mu_a\ \ \mu_b\ } \right)$
normalized city block	$NL_1 = \sum_{k=1}^K \frac{ m_{ak} - m_{bk} }{(\sqrt{c_{ak}} + \sqrt{c_{bk}})/2}$
Mahalanobis	$MH = [(\mu_a - \mu_b)^T \left(\frac{C_a + C_b}{2} \right)^{-1} (\mu_a - \mu_b)]^{1/2}$
divergence	$D = \frac{1}{2} \text{tr}[(C_a - C_b)(C_b^{-1} - C_a^{-1})] + \frac{1}{2} \text{tr}[(C_a^{-1} + C_b^{-1})(\mu_a - \mu_b)(\mu_a - \mu_b)^T]$
transformed divergence	$D^t = 2[1 - e^{-D/8}]$
Bhattacharyya	$B = \frac{1}{8}MH + \frac{1}{2} \ln \left[\frac{C_a + C_b}{2 C_a ^{1/2} C_b ^{1/2}} \right]$
Jeffries-Matusita	$JM = [2(1 - e^{-B})]^{1/2}$

La distancia de Jeffries-Matusita es muy usada. Está acotada a 2 para grandes separaciones de clase.

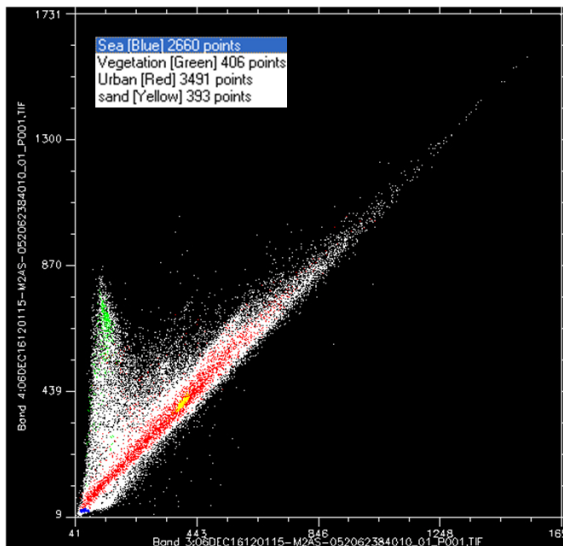


Ejemplo de Separabilidad



Sea [Blue] 2660 points
Vegetation [Green] 406 points
Urban [Red] 3491 points
sand [Yellow] 393 points

Sea: 15,321.600 Meters²
Vegetation: 2,338.560 Meters²
Urban: 20,108.160 Meters²
sand: 2,263.680 Meters²



Input File: 06DEC16120115-M2AS-052062384010_01_P001.TIF
ROI Name: (Jeffries-Matusita, Transformed Divergence)

Sea:
Vegetation: (1.99998464 2.00000000)
Urban: (1.98092992 2.00000000)
sand: (2.00000000 2.00000000)

Vegetation:
Sea: (1.99998464 2.00000000)
Urban: (1.99533321 2.00000000)
sand: (2.00000000 2.00000000)

Urban:
Sea: (1.98092992 2.00000000)
Vegetation: (1.99533321 2.00000000)
sand: (1.94454226 2.00000000)

sand:
Sea: (2.00000000 2.00000000)
Vegetation: (2.00000000 2.00000000)
Urban: (1.94454226 2.00000000)

Pair Separation (least to most):

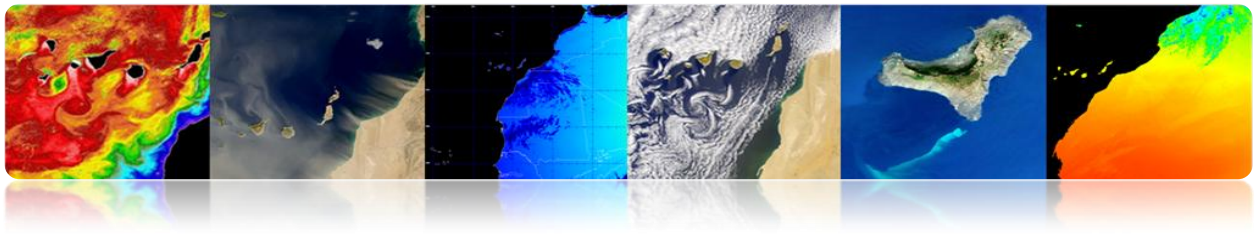
Urban and sand - 1.94454226
Sea and Urban - 1.98092992
Vegetation and Urban - 1.99533321
Sea and Vegetation - 1.99998464
Sea and sand - 2.00000000
Vegetation and sand - 2.00000000

4 bandas

El algoritmo de clasificación debe ser entrenado. Existen diferentes posibilidades:

Tutorial TELECAN

Procesado de Imágenes de Teledetección



• Entrenamiento Supervisado

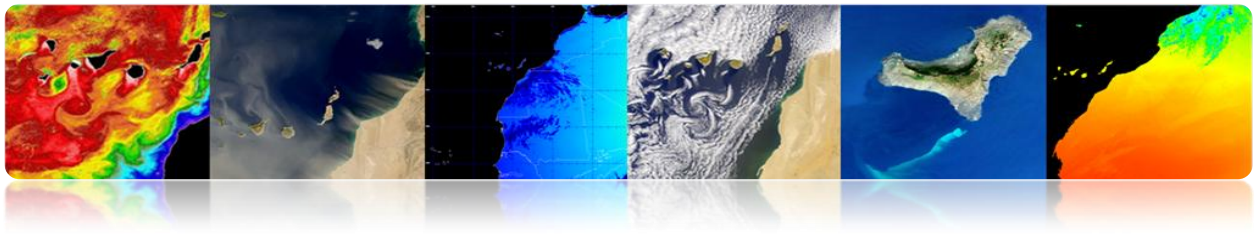
Las muestras de entrenamiento son etiquetadas por el usuario (ejemplo: figura anterior). Implica un conocimiento previo del terreno (datos in-situ, mapas, fotointerpretación).

- Todas las clases en la imagen deben tenerse en cuenta para evitar errores (Solución: aplicar umbrales en la fase de asignación)
- El analista debe seleccionar áreas representativas para cada clase para obtener el rango de niveles digitales correspondientes a cada categoría.
- Las áreas de entrenamiento se pueden establecer mediante visitas de campo, mapas, fotointerpretación, etc.
- Cada área de entrenamiento (ROI) debe incluir el rango de la variabilidad de la clase (Usar más de 1 área de entrenamiento para cada clase).
- Número de píxeles de entrenamiento $> 10 \cdot N$ (N : número de bandas utilizadas). Se recomienda $100 \cdot N$.
- No existen garantías de que las clases serán distinguibles (1 temática \leftrightarrow 1 espectral)

• Entrenamiento No Supervisado

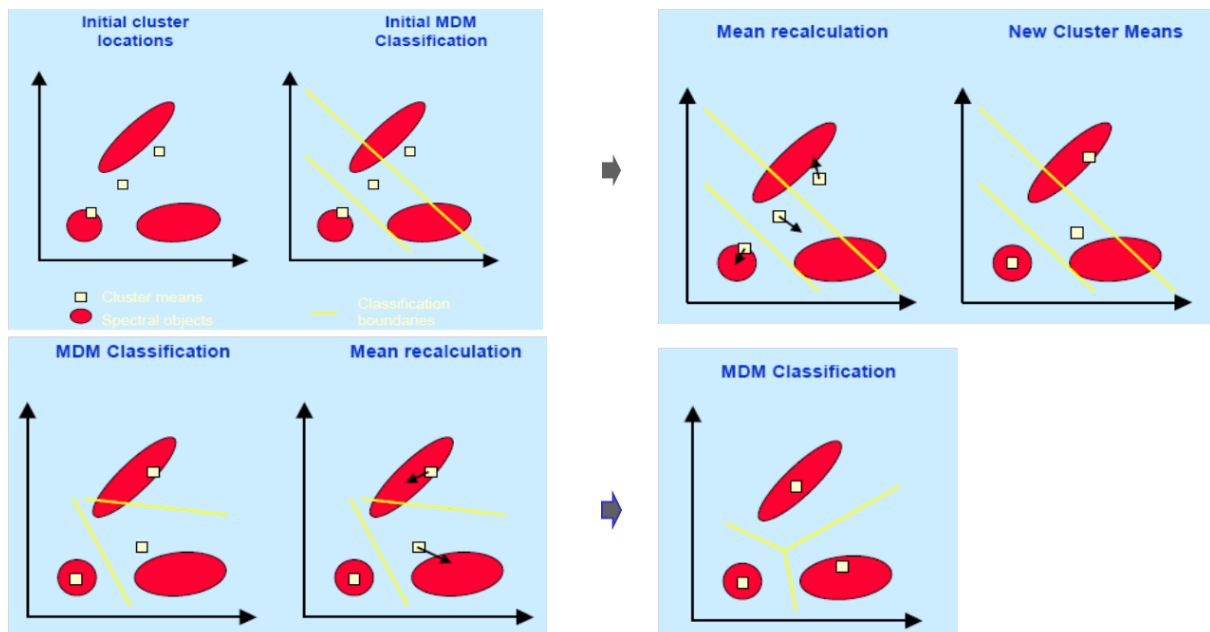
Las muestras de entrenamiento no están etiquetadas. Las clases se determinan automáticamente.

- No requiere el conocimiento previo de la zona.
- El algoritmo localiza concentraciones o grupos (clusters) de píxeles con similares características (se asume que las clases tienen similares valores espectrales).

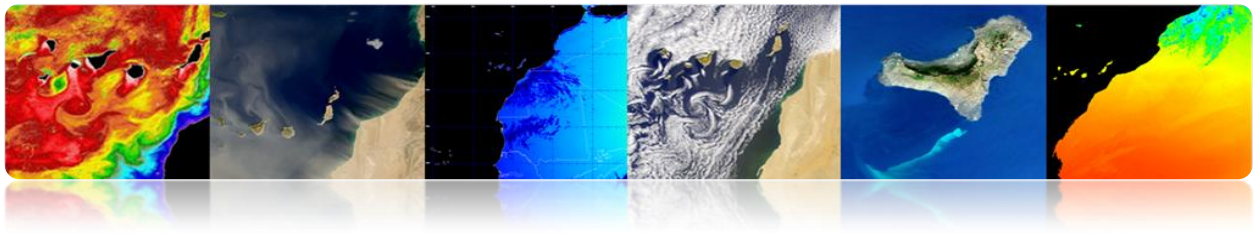


- Los grupos representan clases en la imagen pero luego han de ser etiquetados según nuestras clases de interés.
- No hay garantía de que las clases espectrales obtenidas correspondan con las clases de interés.
- Número de grupos en la imagen no se conoce → usar más que las clases de interés
- Generalmente la imagen completa se clasifica (entrenamiento + asignación) en lugar de utilizar las áreas de imagen para el entrenamiento no supervisado.
- Algoritmos clásicos: K-means e Isodata.

Ejemplo gráfico de funcionamiento del algoritmo K-means sobre 2 bandas



El proceso iterativo se repite hasta que el cambio en los valores medios alcanza un umbral.



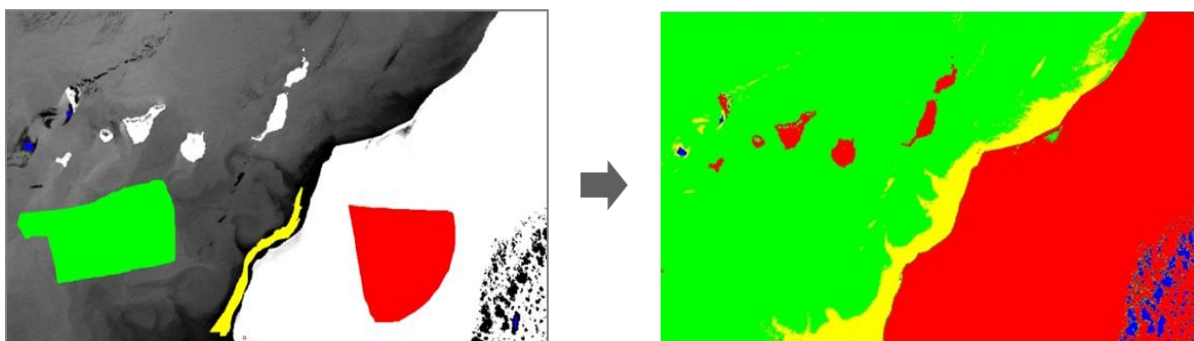
• Entrenamiento Mixto

Combina los dos tipos de entrenamiento. Hay varias posibilidades:

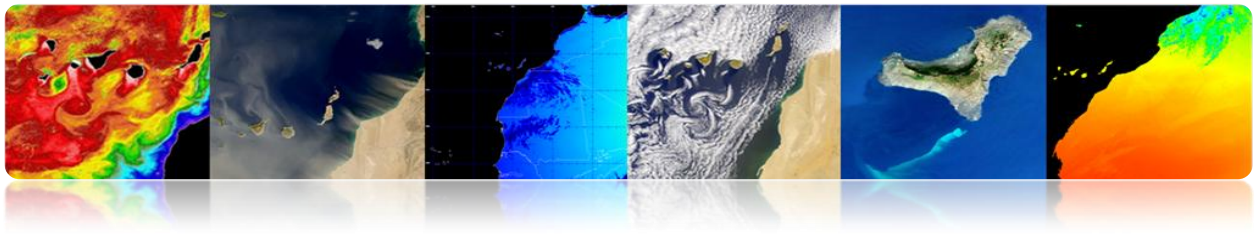
- En primer lugar no supervisado (encontrar clases espectrales representativas en subimágenes) para guiar el supervisado para seleccionar las clases temáticas separables.
- En primer lugar supervisado, etiquetando las clases conocidas, para guiar al no supervisado en la inicialización de los clusters.
- Aplicar los dos métodos por separado y combinar los resultados.

▪ Fase de Asignación o Etiquetado

Esta etapa consiste en asignar cada píxel de la imagen a una de las clases existentes. Se obtiene una imagen temática.



Problema: Establecer los límites estadísticos para cada clase.



Técnicas:

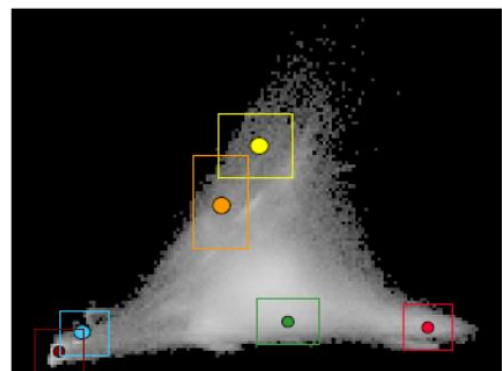
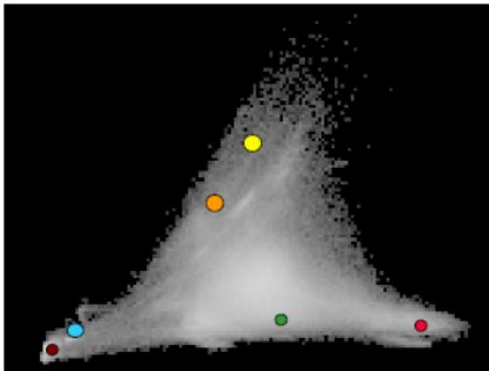
- No paramétricas:
 - Clasificador de paralelepípedos
 - Mínima distancia
- Paramétrico
 - Clasificador de máxima verosimilitud

• Clasificador de paralelepípedos

Todos los píxeles de la imagen con valores dentro del paralelepípedo centrado en el valor medio de una clase de entrenamiento se asignan a esa clase espectral. Es el más rápido de todos.

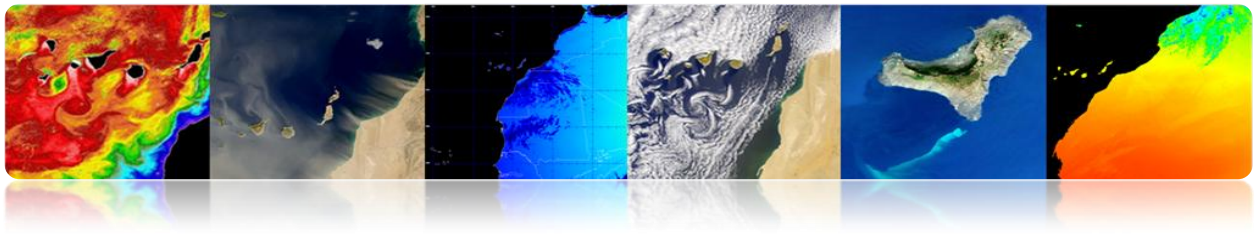
Hay diferentes métodos de determinación de límites de los paralelepípedos.

Problema: Límites solapados y que no todos los píxeles se clasifican



• Clasificador de mínima distancia

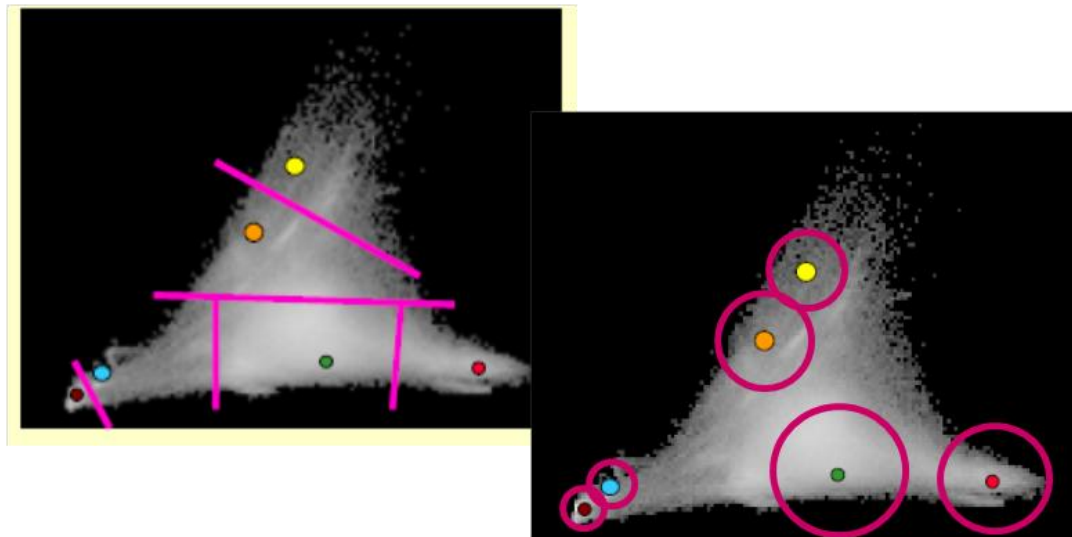
Los píxeles de la escena se clasifican utilizando las distancias a los medias de los datos de entrenamiento. Un píxel se asigna a la clase más cercana.



Las superficies de decisión son lineales y se determinan a partir de los valores medios (no las varianzas) de los datos de entrenamiento (modela las clases como si fueran simétricas en el dominio espectral → a veces problema!).

Es más lento que el clasificador de paralelepípedo.

Error si una clase no se ha considerado ⇒ Todos los píxeles se clasifican, incluso si el valor espectral está lejos de la media. Solución: usar un umbral de forma que las superficies de decisión son círculos centrados en cada clase media.



• Clasificador de máxima verosimilitud

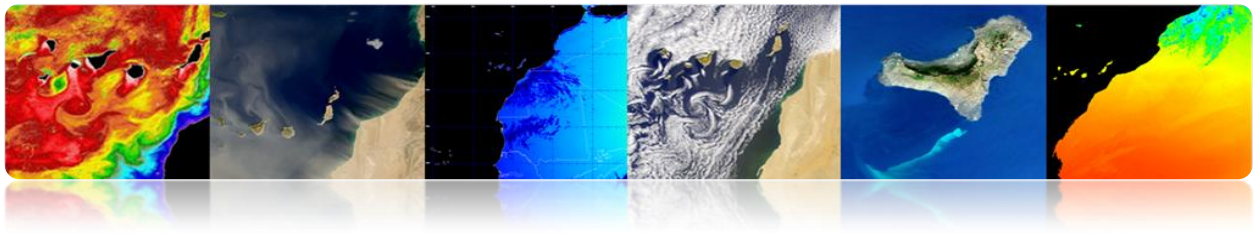
Usa las estadísticas de los conjuntos de entrenamiento (media y covarianza) y los píxeles se asignan a la clase con mayor probabilidad.

Cada clase se considera que tiene un distribución normal.

Al igual que el clasificador de mínima distancia, todos los píxeles de la escena se asignan a alguna de las clases (salvo que se apliquen umbrales como aparece en la figura).

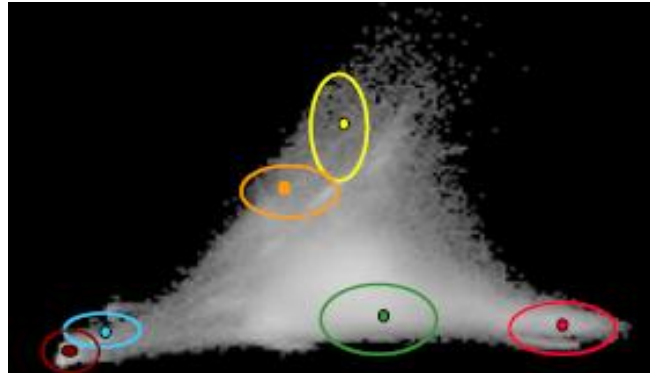
Es más lento que los anteriores.

Teóricamente ofrece la mejor clasificación.



- **Procedimiento**

- La probabilidad de un píxel se calcula para cada clase.
- El píxel se asigna a la clase con la mayor probabilidad.

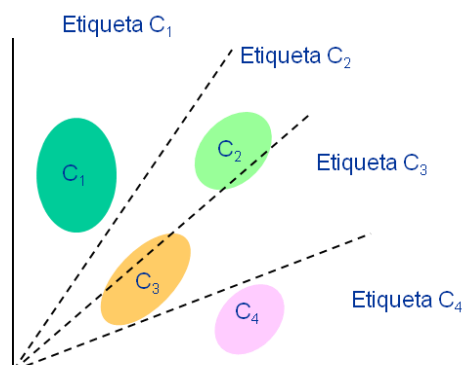


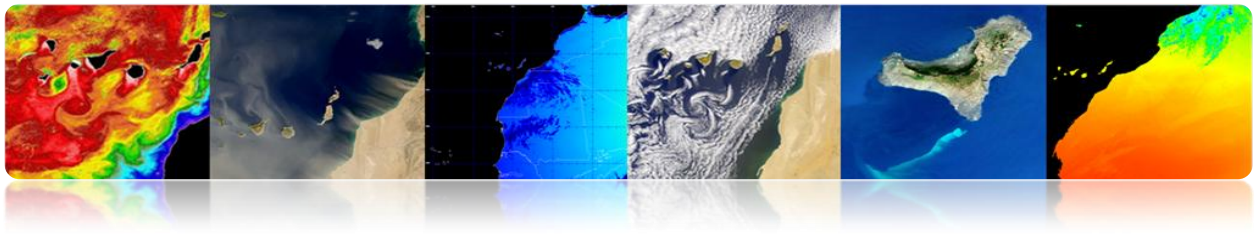
- **Clasificador de distancia angular espectral**

Utiliza el ángulo espectral entre las clases para asignar los píxeles.

Es independiente de la magnitud de los vectores espectrales. Es por tanto más robusto al ser insensible a las variaciones topográficas, de iluminación, etc.

Un umbral de máximo ángulo permitido puede ser especificado y los píxeles a mayor ángulo queda sin clasificar.





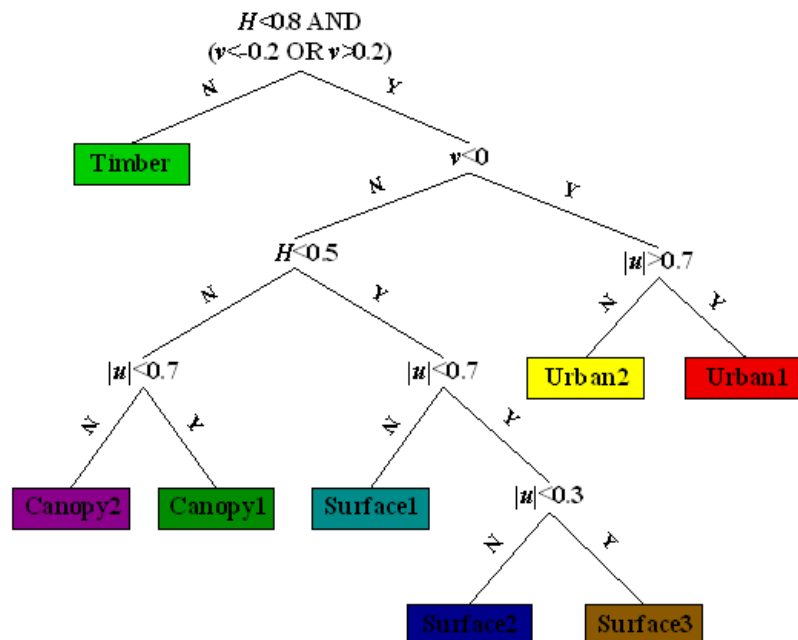
- **Árbol de decisión**

Es uno de los métodos más sencillos pero también más eficientes.

Es bastante laborioso el ajuste de los umbrales.

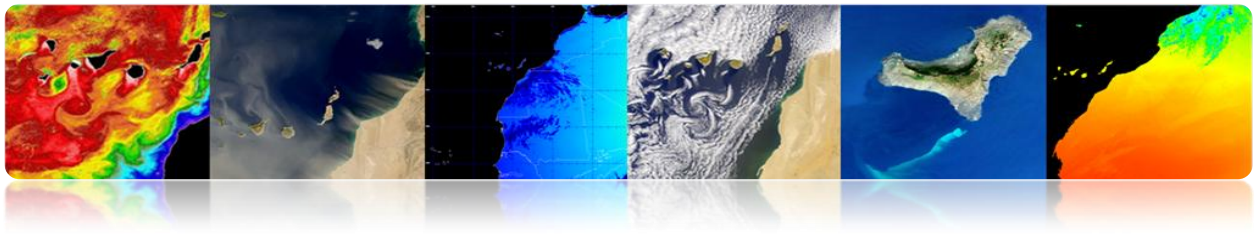
Consiste en discriminar secuencialmente cada una de las categorías, basándose en los valores espectrales, o en la textura o en información auxiliar.

Para cada clase se establecen unas reglas que permiten discriminarla a partir de las variables o bandas en que mejor se discrimina esa clase con respecto al resto.



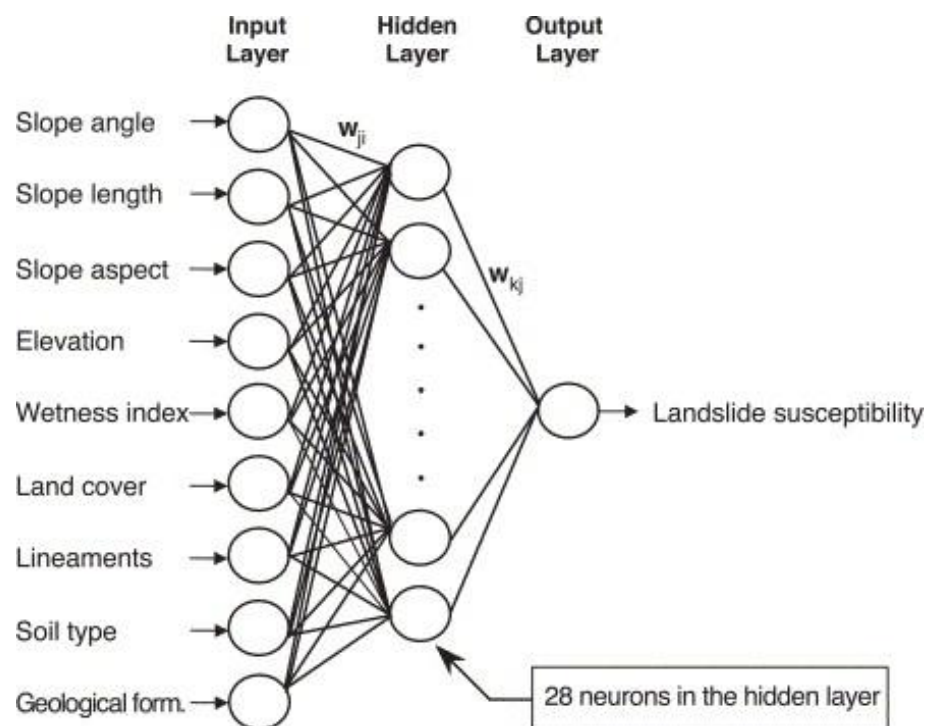
- **Red neuronal**

Las redes neuronales pueden predecir a partir de una muestra de entradas y salidas observadas. El objetivo del aprendizaje es estimar unos resultados conocidos a partir de unos datos de entrada (muestra de entrenamiento), para posteriormente calcular resultados desconocidos a partir del resto de datos de entrada.



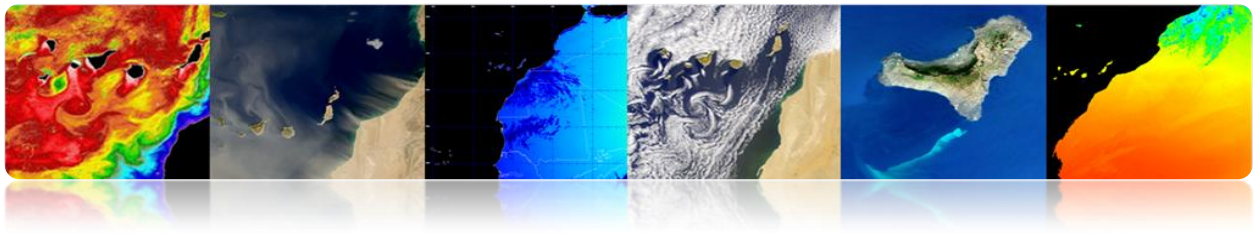
Están formadas por un conjunto de elementos simples (neuronas) distribuidos en capas. Las unidades de cada capa están conectadas con la capa siguiente a través de unas funciones de activación (pesos que se calculan de modo iterativo durante el entrenamiento).

En teledetección es frecuente usar redes de retro-propagación formadas por 3 capas (entrada, oculta y salida).

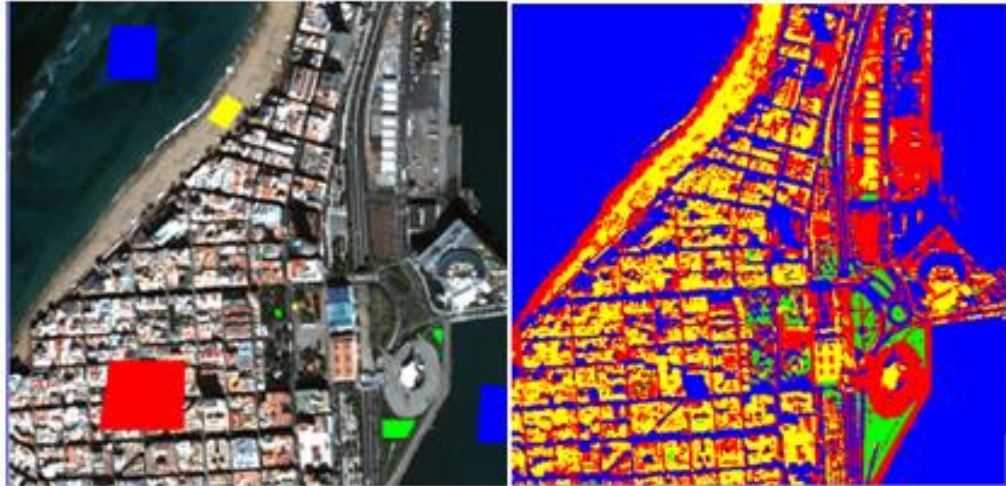


Ventajas: pueden incluir bandas o datos auxiliares de todo tipo, mejorando la robustez y precisión.

Problemas: falta de criterios generales para diseñar la estructura de la red, el tedioso entrenamiento y la clasificación depende en gran medida de la cantidad y calidad del entrenamiento. Por eso hoy se tiende más a usar SVM (*Support Vector Machines*)

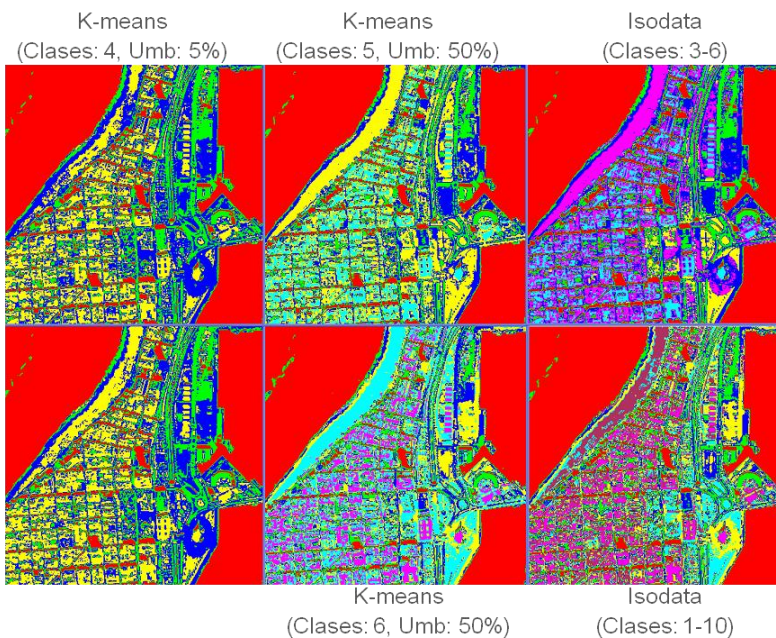
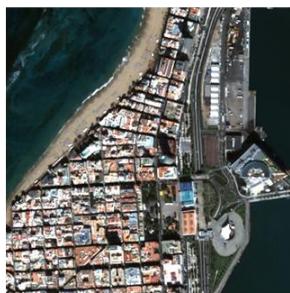


Ejemplo de resultados para un clasificador supervisado

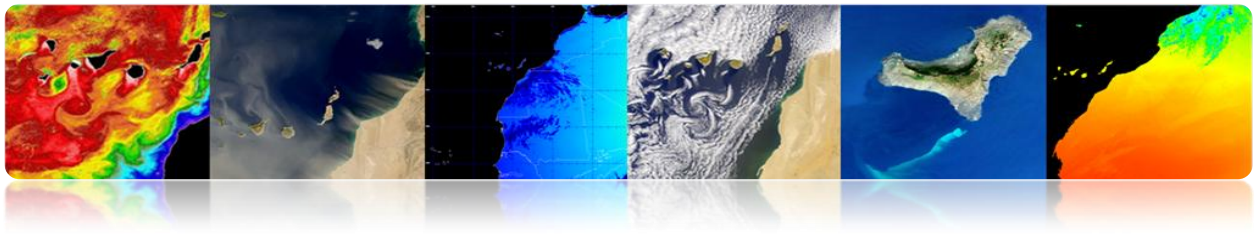


Clasificador de mínima distancia

Ejemplo de resultados para un clasificador no supervisado



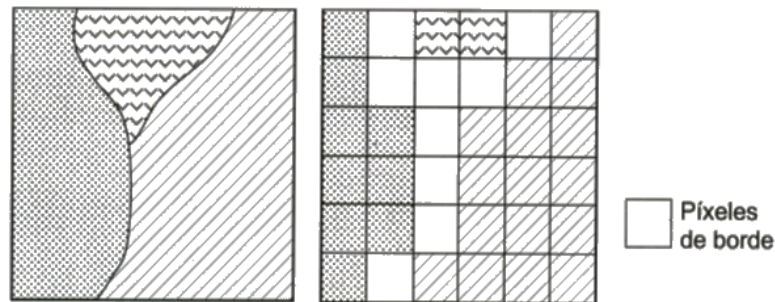
2 bandas
(R, NIR)



▪ Precisión de la clasificación

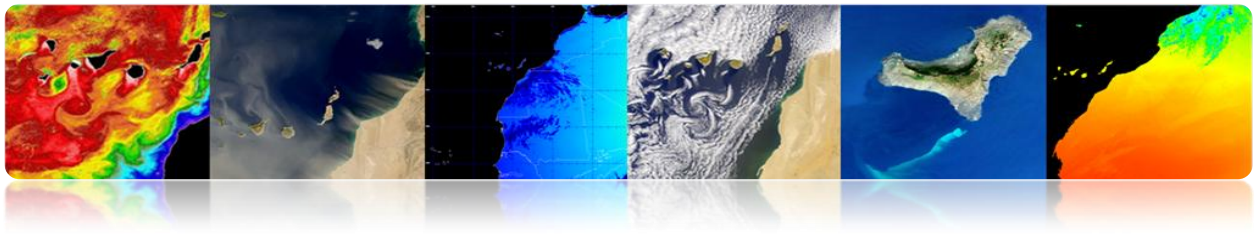
Hay que verificar la precisión de la clasificación. Las principales fuentes de son:

- Estructura del terreno (forma, dirección y el tamaño de los objetos, distribución espacial de las clases, grado de mezcla, pendiente del terreno, etc.)
- Uso de imágenes con resolución espacial o espectral inadecuada.
- Influencias de la atmósfera
- Fechas de adquisición no adecuadas



Los métodos habituales son:

- Visualmente
- Matriz de confusión/error
 - Por lo general se utilizan datos *in-situ* (2 conjuntos independientes, uno para la fase de entrenamiento y otros para la de evaluación).
 - Comprueba el porcentaje de píxeles de cada clase de la imagen clasificados correcta y erróneamente.
- Coeficiente Kappa



• Matriz de confusión

- Método para cuantificar la precisión de una clasificación.
- Matriz cuadrada (filas: clases reales, columnas: clases de clasificación)
- Diagonal indica el número de píxeles clasificados correctamente.
- Los valores fuera de la diagonal corresponden a clasificaciones erróneas.
 - Precisión global (overall accuracy): píxeles correctos/ totales
 - Error de omisión (píxeles de una clase que no se detecta como tal): residuo en filas.
 - Error de comisión (píxeles clasificados de forma incorrecta): residuo en columnas.
- Permite conocer los principales conflictos entre clases → redefinir las clases

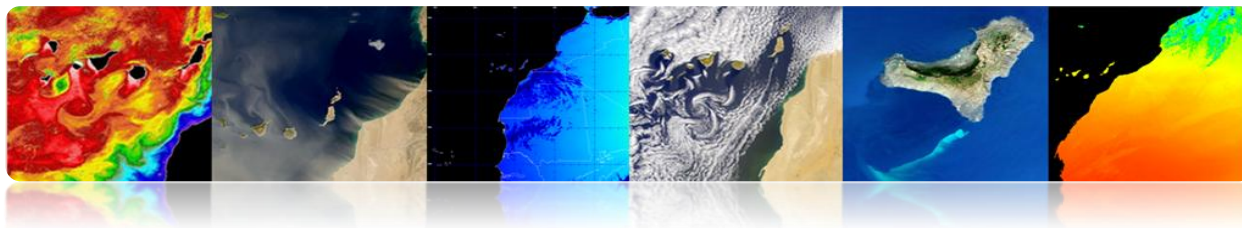
• Coeficiente Kappa

- Mide la correspondencia entre la imagen clasificada y la realidad y aquella correspondencia que se obtendría simplemente haciendo una clasificación aleatoria.
- Pretende medir el grado de ajuste debido a la precisión de la clasificación, eliminando factores aleatorios.
 - 0: acuerdo debido a la casualidad
 - 1: acuerdo total de la imagen y realidad
 - Negativo: mala clasificación
- Permite comparar diferentes métodos (diferentes matrices de confusión).

The background is a deep blue with dynamic, flowing, liquid-like shapes in lighter shades of blue and white. A black ring is positioned around the middle of the composition, partially obscured by the flowing shapes.

PLAN DE CAPACITACIÓN

TELECAN



CONTENIDOS

OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE IMÁGENES DE TELEDETECCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

1.2. IMÁGENES DE MEDIA Y ALTA RESOLUCIÓN

CATÁLOGO DE IMÁGENES

COSTE DE LAS IMÁGENES

1.3. IMÁGENES DE BAJA RESOLUCIÓN

OCEANCOLOR

LPDAAC

PO.DAAC

LAADS

EARTHEXPLORER

EOLI-SA

GIOVANNI





1.1. INTRODUCCIÓN

En esta práctica se pretende proporcionar la información necesaria para la obtención de las imágenes de teledetección espacial, tanto de sensores de alta resolución como los de baja resolución.

En este sentido se presentan los principales interfaces de acceso y descarga de los datos procedentes de diferentes sensores a bordo de satélites. Existe una gran variedad de servidores de imágenes pero nos hemos centrado en los que consideramos más destacables por el tipo de datos que ofrecen y por tener un manejo más intuitivo. La mayoría presenta una interfaz basada en un explorador web, si bien también suelen ofrecer la posibilidad de un acceso ftp para la descarga de los datos. En algunos casos se permite una descarga directa y, en otros, es necesario realizar una petición y esperar a que sea procesado.

Por otro lado, también existen otro tipo de aplicaciones que, además de permitir descargar los datos, ofrecen utilidades para realizar diferentes tipos de análisis.

1.2. IMÁGENES DE MEDIA Y ALTA RESOLUCIÓN

Las imágenes de media y alta resolución espacial habitualmente son de pago y suelen ser bastante costosas (más cuanto mayor es la resolución del sensor). A continuación se listan los accesos a los catálogos de imágenes más usados y a los precios de las mismas.

☐ CATÁLOGO DE IMÁGENES

Los catálogos para acceder a las imágenes de teledetección de los principales satélites de media y alta resolución son los siguientes:





Landsat

<http://glovis.usgs.gov/>

<http://earthexplorer.usgs.gov/>

Deimos

<http://www.deimos-imaging.com/extcat/>

SPOT

<http://catalog.spotimage.com/PageSearch.aspx>

Worldview, Quickbird

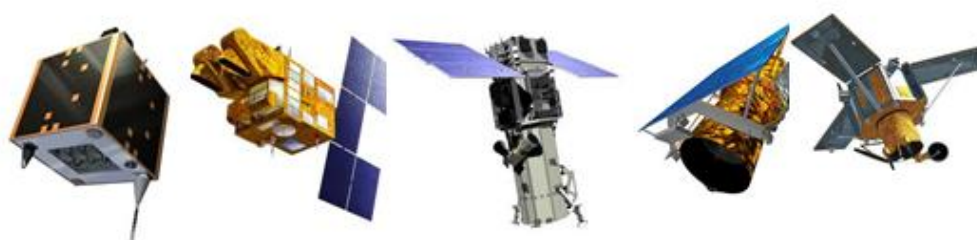
<https://browse.digitalglobe.com/imagefinder/>

Geoeye, Ikonos

<http://geofuse.geoeye.com/maps/Map.aspx#>

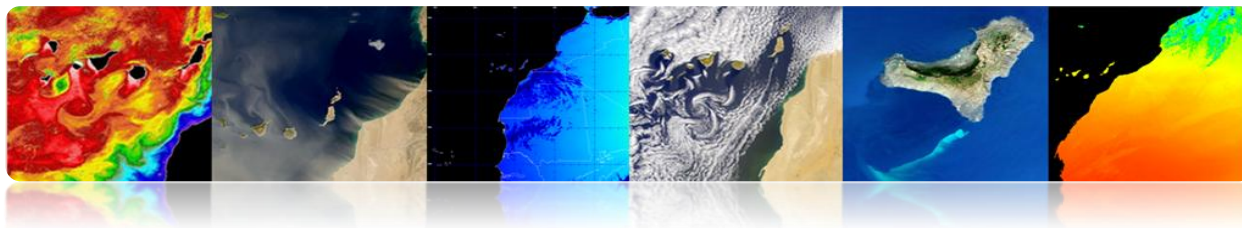
Rapideye

<http://eyefind.rapideye.de/>³



Estos catálogos permiten seleccionar una zona geográfica y visualizar las imágenes disponibles en el archivo.





❑ COSTE DE LAS IMÁGENES

En general el coste de las imágenes de alta resolución es elevado y depende del nivel de procesamiento seleccionado. A continuación se muestran algunos enlaces de proveedores de imágenes de satélites donde se pueden obtener los precios a la mayoría de satélites de alta resolución

Astrium (Spotimage)

<http://www.astrium-geo.com/en/122-price-lists>

E-GEOS (Eurimage, Telespazio)

http://www.e-geos.it/products/prices_terms.html/

European Space Imaging

<http://www.euspaceimaging.com/ordering/>

DigitalGlobe + Geoeye

<http://www.digitalglobe.com/purchase>

NPOC-INTA

<http://www.crepad.rcanaria.es/es/npoc/distribucion.html>

Aurensis - Telespazio

<http://www.aurensis.com/page.php?id=349&lang=ESP>

Hay que destacar que los productos de la serie de satélites Landsat son ofrecidos de forma gratuita para aplicaciones no comerciales.





1.3. IMÁGENES DE BAJA RESOLUCIÓN

Los productos de baja resolución espacial son en general distribuidos de forma gratuita. Existen multitud de servidores que permiten el acceso y la descarga de dichos datos. Entre los más importantes cabe destacar los siguientes:

Giovanni (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>)

OceanColor (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>)

LPDAAC (<https://lpdaac.usgs.gov/>)

PODAAC (<http://podaac.jpl.nasa.gov/>)

LAADS (<http://ladsweb.nascom.nasa.gov>)

USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>)

USGS (<http://glovis.usgs.gov/>)

ESA (<http://earth.esa.int/EOLi/EOLi.html>)

GMES (<http://gmesdata.esa.int/web/gsc/home>)

EUMETSAT (<http://www.eumetsat.int/home/main/dataaccess/index.htm>)

A nivel nacional o regional en España se pueden destacar

INTA-NPOC (<http://www.crepad.rcanaria.es/es/npoc/distribucion.html>)

INTA-CREPAD (<http://www.crepad.rcanaria.es/es/index.html>)

PNT (<http://www.ign.es/PNT/>)

ACIISI- PET (<http://www.teledeteccioncanarias.es>)

Algunos de los anteriores servidores de imágenes también permiten realizar ciertos análisis de forma que seleccionando una zona específica y un rango de años se obtengan diferentes mapas de medias, anomalías o representaciones gráficas de la series de datos.

A continuación se van a describir algunos de los anteriores servidores de acceso a los productos. Específicamente se analizarán los siguientes:



- Acceso y descarga de productos marinos, atmosféricos o terrestres generados partir de datos de sensores espaciales:

OceanColor (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>)

LPDAAC (<https://lpdaac.usgs.gov/>)

PODAAC (<http://podaac.jpl.nasa.gov/>)

LAADS (<http://ladsweb.nascom.nasa.gov>)

Además, a la mayoría de estos datos se puede acceder de manera centralizada con la siguiente aplicación, realizando una solicitud:

Reverb (<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>)

- Acceso a imágenes de satélites, ortofotos y LIDAR:

USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>)

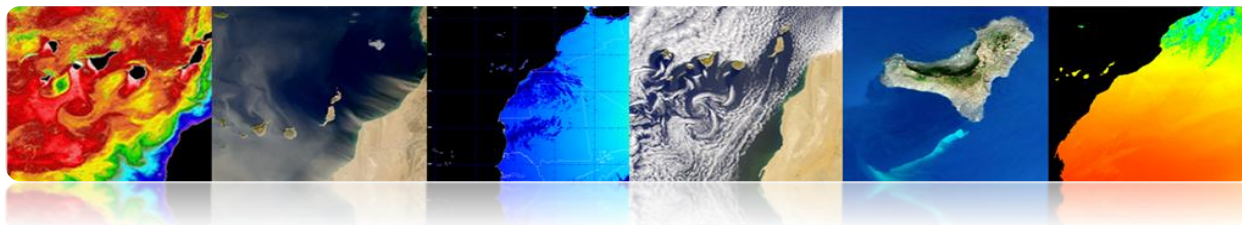
La mayoría de los servidores aquí presentados son de la NASA. Esto es debido a que son los más accesibles y documentados. Además presentan una gran variedad de productos que cumplen con las expectativas necesarias.

También, se mostrará la aplicación de escritorio de acceso y descarga de datos almacenados y procesados por la Agencia Espacial Europea (ESA)

EOLISA (<http://earth.esa.int/EOLi/EOLi.html>)

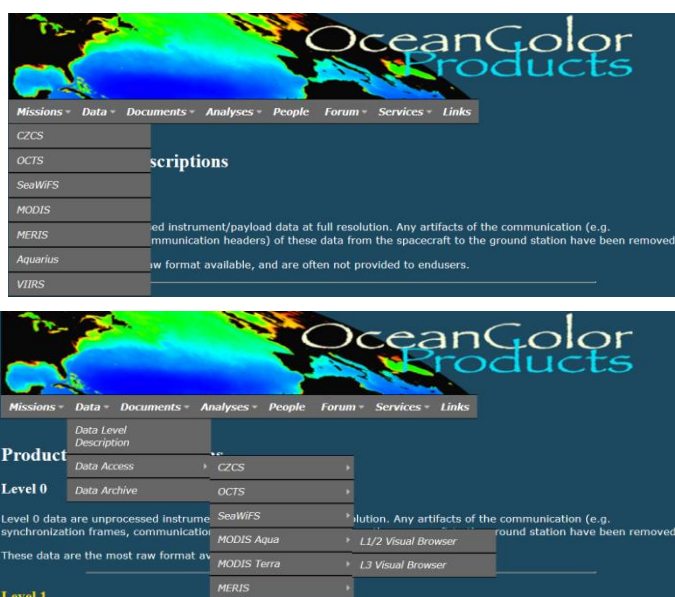
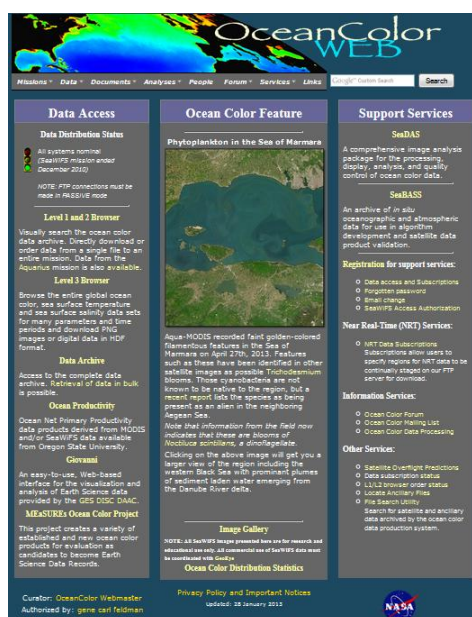
Finalmente se mostrará la herramienta Giovanni de la NASA que permite realizar diversos tipos de análisis.

Giovanni (<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni>)



□ OCEANCOLOR

Se trata de un portal web desde el que se puede visualizar, descargar y acceder a información relativa a productos de parámetros oceanográficos derivados de datos procedentes de diferentes sensores principalmente. La siguiente Figura muestra el aspecto que presenta:



Como se puede ver en el menú desplegado que se muestra en la figura (derecha), se procesan datos procedentes de los sensores CZCS, OCTZ, SeaWIFS, MODIS, MERIS, Aquarius y VIIRS y se generan productos de nivel L1/L2 y nivel L3. Los parámetros geofísicos que se pueden descargar son los siguientes:

Remote Sensing Reflectance (Rrs)

Chlorophyll Concentration (chlor_a)

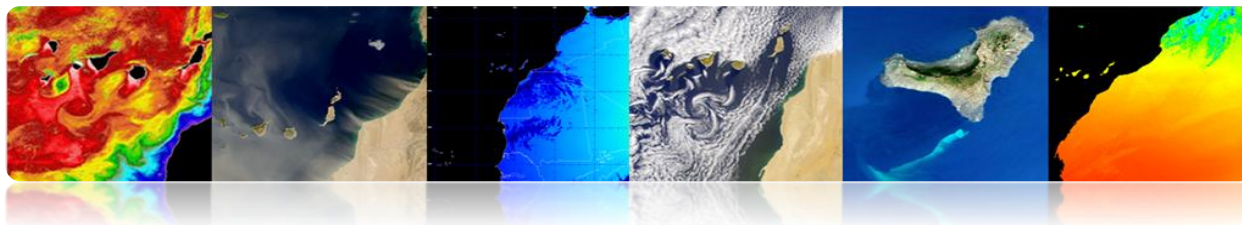
Diffuse Attenuation Coefficient at 490nm (Kd_490)

Particulate Organic Carbon Concentration (poc)

Particulate Inorganic Carbon Concentration (pic)

Colored Dissolved Organic Matter Index (cdom_index)

Daily Mean Photosynthetically Available Radiation (par)



Instantaneous Photosynthetically Available Radiation (ipar)

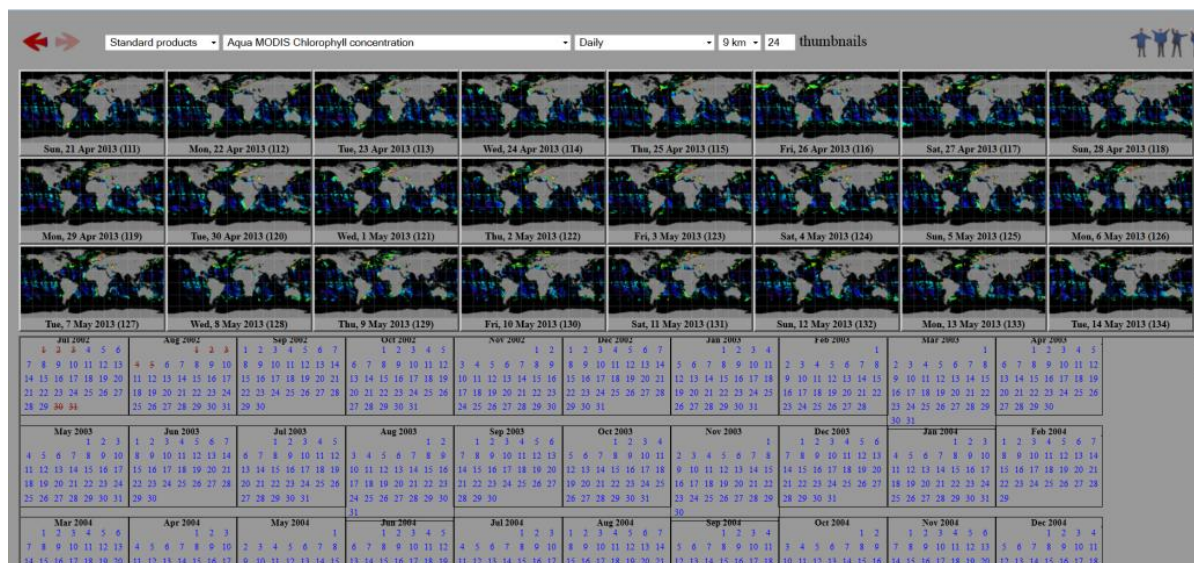
Normalized Fluorescence Line Height (nflh)

El interfaz de acceso a los de nivel 1 y nivel 2 se muestra en la siguiente figura:

The interface includes a top navigation bar with 'SeaWiFS User Login' and 'Comment' links. Below this is a search area with a world map and various filters. On the left, there are checkboxes for SeaWiFS, MODIS, and MERIS sensors, and a 'Select' dropdown for 'Day' or 'Night'. Below these are options for 'Radius (km)' and 'Select swaths containing (at least):'. On the right, there is a 'Select one or more regions:' dropdown and a 'Find swaths' button. The main area displays a world map with a color scale for 'Chlorophyll' and a 'Display results 10 at a time.' button. Below the map is a calendar grid for the year 2013, showing the number of swaths available for each day.

El enlace de acceso es: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/browse.pl?sen=am>

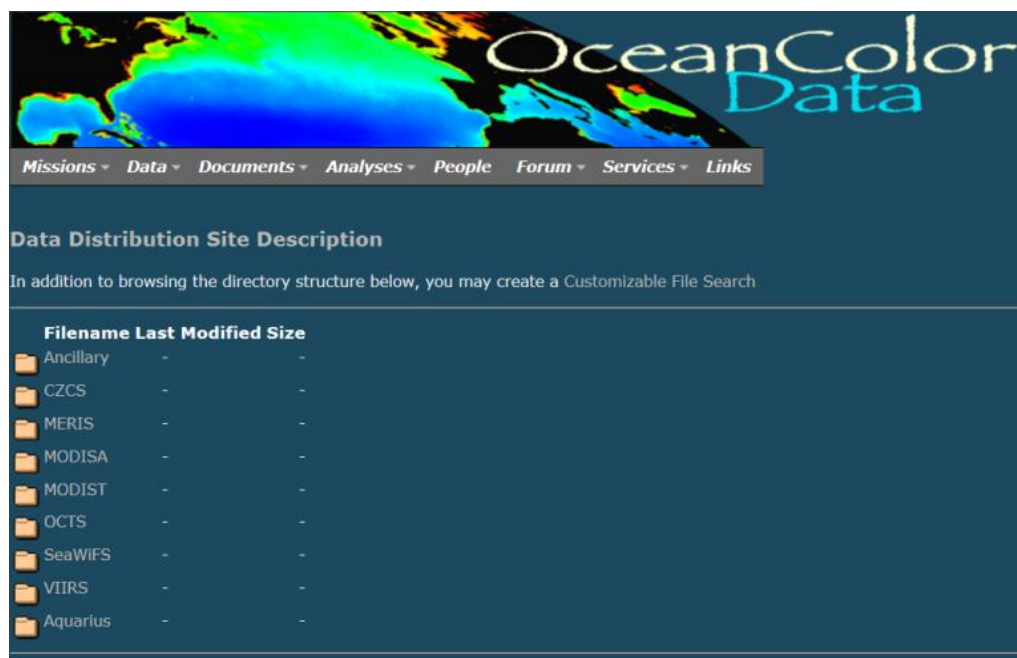
El Interfaz de acceso a los datos de nivel L3 presenta el siguiente aspecto:



El enlace de acceso es: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3?per=DAY>

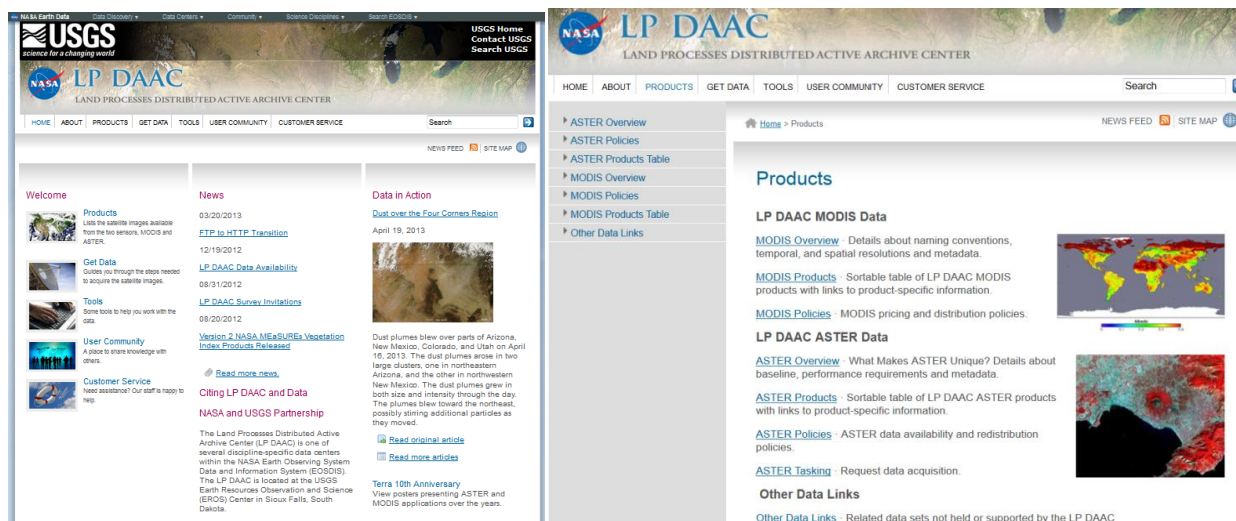
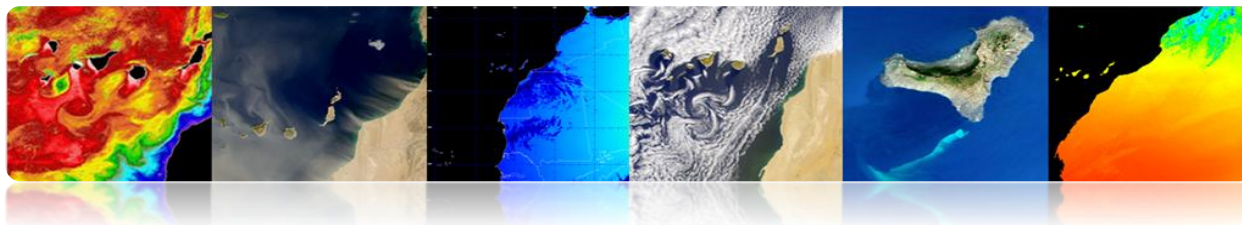


También permite la descarga de los datos vía http (<http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/>)



❑ LPDAAC (*LAND PROCESSES DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER*)

LPDAAC pertenece al Sistema de Información y datos (EOSDIS) del Sistema de Observación de la Tierra (*NASA's Earth Observing System*, EOS) de la NASA. Se encarga de procesar, almacenar y distribuir datos y productos de información terrestres procedentes de sus sensores espaciales ASTER y Modis a bordo del satélite Terra, y Modis a bordo del satélite Aqua. La siguiente figura muestra el aspecto que presenta el entorno web y a la derecha se pueden ver los productos disponibles.



Los parámetros de información terrestres más característicos que podemos descargar de la web son:

Vegetation Indices

Thermal Anomalies & Fire

Surface Reflectance Bands

Land Surface Temperature

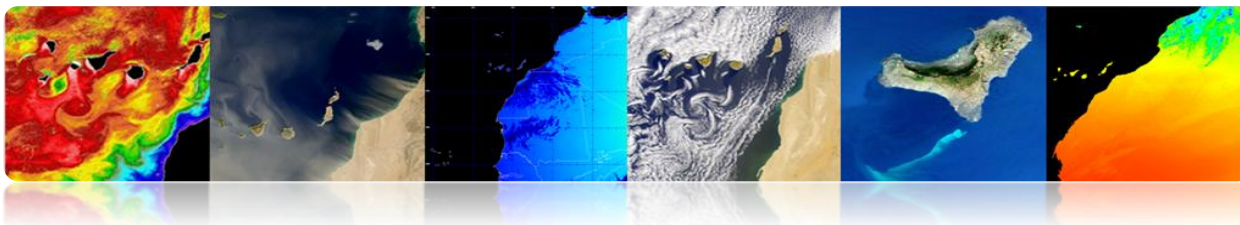
Land Cover Type

En el siguiente enlace se puede ver información más detallada de dichos productos.

https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table

Los datos se pueden descargar gratuitamente desde diferentes medios:

Data Pool: es un Archivo de datos que proporciona acceso directo vía ftp a los productos. La figura muestra el aspecto que presenta.



U.S. GOVERNMENT COMPUTER

This US Government computer is for authorized users only. By accessing this system you are consenting to complete monitoring with no expectation of privacy. Unauthorized access or use may subject you to disciplinary action and criminal prosecution.

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
MYD09A1.00S/	10-May-2013 07:47	-	
MYD09CMG.00S/	16-May-2013 03:11	-	
MYD09GA.00S/	16-May-2013 00:30	-	
MYD09GG.00S/	16-May-2013 00:30	-	
MYD09Q1.00S/	10-May-2013 07:47	-	
MYD11A1.004/	13-Dec-2009 18:35	-	
MYD11A1.00S/	15-May-2013 15:55	-	
MYD11A1.041/	15-May-2013 15:43	-	
MYD11A2.004/	08-May-2009 17:17	-	
MYD11A2.00S/	10-May-2013 07:37	-	

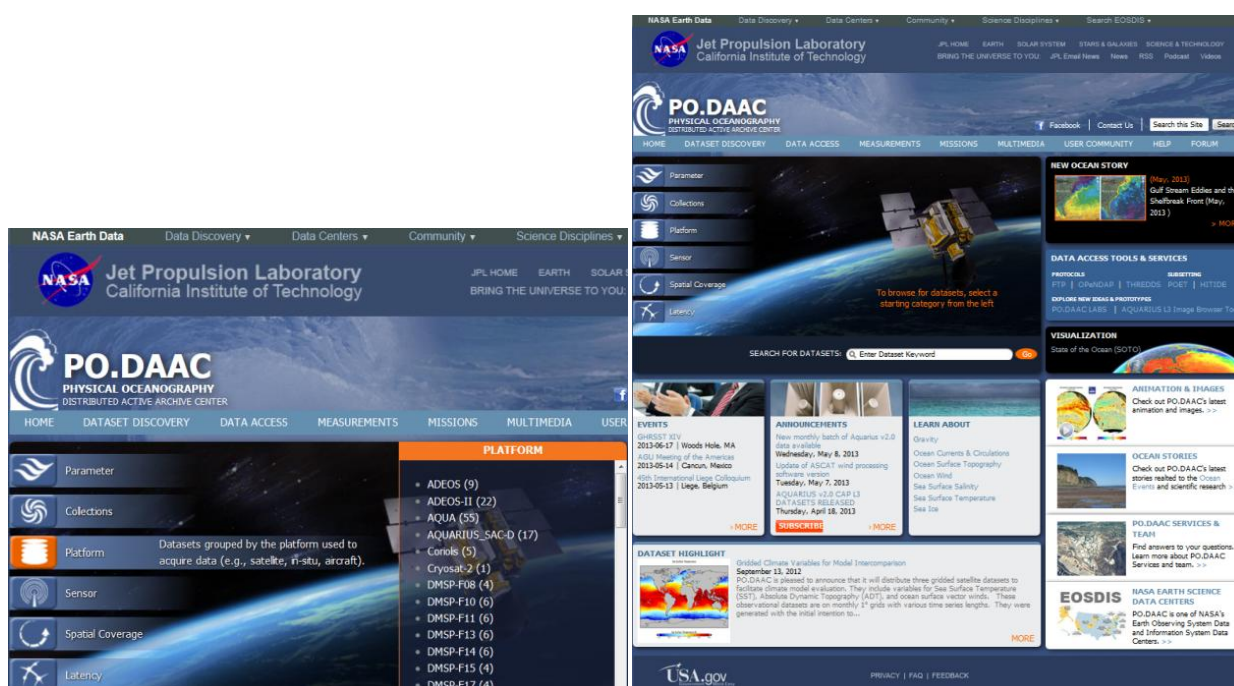
Y el enlace de acceso es el siguiente: https://lpdaac.usgs.gov/get_data/data_pool/

Reverb: Es un herramienta que proporciona una interfaz web para acceder de forma centralizada a una completa base de datos y productos de observación de la Tierra. Presenta un visor atractivo donde, una vez completados los criterios de búsqueda, se realiza la petición de un producto, al que una vez procesado se puede acceder, previo aviso por email, a un servidor ftp para su descarga. La siguiente figura muestra el aspecto que presenta. Además, en la imagen de la derecha se puede ver información sobre un pedido realizado.



❑ PO.DAAC (PHYSICAL OCEANOGRAPHY DISTRIBUTED ACTIVE ARCHIVE CENTER)

Pertenece al Sistema de Información y datos (*Data and Information System*, EOSDIS) del Sistema de Observación de la Tierra (*NASA's Earth Observing System*, EOS) de la NASA. Se encarga de procesar, almacenar y distribuir datos de carácter oceánico y climáticos de una gran variedad de satélites como ADEOS, Aqua, AQUARIUS, Coriolis, Cryosat-2, DMSP, ENVISAT, ERS-1, GEOS-3, GFO, GOES, GRACE, GTS, ICOADS, JASON, METOP, MSG, MTSAT1R, NIMBUS, NOAA, Oceansat-2, QUIKSCAT, Terra, Topex/Poseidon y TRMM. El aspecto que presenta la web se muestra en la siguiente figura.



Los principales parámetros que se encargan de procesar en este centro son los siguientes:

- Ocean Surface Topography (OST)*
- Sea Surface Temperature (SST)*
- Ocean Winds*
- Sea Surface Salinity (SSS)*



Gravity

Ocean Circulation

Sea ice

En este caso, los datos también se pueden descargar desde diferentes medios. Las opciones disponibles son expuestas una vez elegido el parámetro de interés:




También permite una descarga de los datos vía acceso directo a ftp, tal y como se muestra en la siguiente figura.



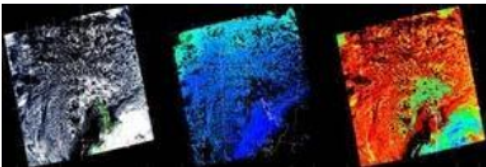


□ LAADS (LEVEL 1 AND ATMOSPHERE ARCHIVE AND DISTRIBUTION SYSTEM)

Pertenece al Sistema de Información y datos (*Data and Information System*, EOSDIS) del Sistema de Observación de la Tierra (*NASA's Earth Observing System*, EOS) de la NASA. Se encarga de procesar, almacenar y distribuir productos atmosféricos y terrestres del sensor MODIS y el VIIRS.


GODDARD SPACE FLIGHT CENTER

+ Visit NASA.gov



LAADS Web

Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System

[- HOME](#)
[+ DATA](#)
[+ IMAGES](#)
[+ TOOLS](#)
[+ HELP](#)

Welcome to LAADS Web! LAADS Web is the web interface to the Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System (LAADS). The mission of LAADS is to provide quick and easy access to [MODIS](#) Level 1, Atmosphere and Land data products and [VIIRS](#) Level 1 and Land data products.

Data
Search, order, and download MODIS Level 1, Atmosphere and Land data products and VIIRS Level 1 and Land data products. Products may also be subset by parameter, area, or band, mosaiced, reprojected, or masked.

Images
Visually browse MODIS Level 1, Atmosphere and Land data products.

Tools
Access tools to use with MODIS Level 1, Atmosphere and Land data products and VIIRS Level 1 and Land data products.

Help
Get help including tutorials and contact information.

MODIS level 2 clouds, aerosols, snow, sea ice, fire, land surface temperature, and land surface reflectance products are available within 2.5 hours of observation at [LANCE-MODIS](#).

Information about the production, archive and distribution of the data products in LAADS can be found at the [MODAPS Services](#) website.

Any questions should be directed to MODAPS user support. Contact information can be found on the [Contacts](#) page.

NEWS

05.08.2013 - Scheduled Maintenance May 8, 2013 Postponed
The LAADS maintenance scheduled for Wednesday, May 8, 2013 from 10:00 AM EDT to 01:00 PM EDT has been postponed.
[+ Read More](#)

11.05.2012 - MODIS/Terra Collection 6 Level 1, Cloud Mask and Atmospheric Profile Products Released
The MODIS science team has completed and released the Collection 6 (C6) reprocessing of the Terra Level 1 (L1), Cloud Mask and Atmospheric Profile products.
[+ Read More](#)

10.24.2012 - Proposed C6 Aqua L1 and Cloud Mask Reprocessing Canceled
After reviewing the science test data produced for January and June 2012, the Univ. of Wisconsin atmosphere group has concluded that there is no compelling need for a reprocessing of the Aqua C6 data as previously proposed for the time period 2009/208 - 2012/183.
[+ Read More](#)

Para descargar los datos previamente se rellena un formulario donde se indican los criterios de búsqueda.



GODDARD SPACE FLIGHT CENTER
+ Visit NASA.gov

LAADS Web

Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System

+ HOME
- DATA
+ IMAGES
+ TOOLS
+ HELP

Search for Data Products

If you know the file names of the products for which you are searching, you may also [search for file names](#).

Product Selection

Please select one or more products:

Satellite/Instrument:
Terra MODIS

Group:
Terra Atmosphere Level 3 Products

Products:

- MOD08_D3 - Level 3 Daily Joint Aerosol/Water Vapor/Cloud Product
- MOD08_E3 - Level 3 8-day Joint Aerosol/Water Vapor/Cloud Product
- MOD08_L3 - Level 3 Monthly Joint Aerosol/Water Vapor/Cloud Product**
- MOD08_M3_NC - Subsampled Terra Atmos monthly product in netCDF format
- MODCSR_B - MODIS/Terra Clear Sky Radiance 8-Day Composite Daily L3 Global 25km Equal Area
- MODCSR_B - MODIS/Terra 8-Day Clear Sky Radiance Bias Daily L3 Global 10deg Zonal Bands
- MODCSR_D - MODIS Level 3 Daily Clear Sky Radiance (Post-Launch)

Please read the [disclaimer](#) about the Collection 5 MOD04_L2 and MYD04_L2 products.

All Suomi NPP VIIRS EDRs are currently BETA QUALITY (WITH KNOWN PROBLEMS) AND ARE NOT INTENDED FOR SCIENTIFIC USE. VIIRS calibration is based on prelaunch data and on-orbit calibration and characterization has begun. For more information, see the [NPP VIIRS QA - Product Quality Documentation](#).

For information on how long the Suomi NPP VIIRS data are kept in the archive, see the [Land LPEATE Data Production and Retention](#) policies.

Temporal Selection

Please enter the temporal information in either MMDD/YYYY or YYYY-DDD format:

Temporal Type:
Date and Time Range

Start Date and Time: 04/01/2013 00:00:00 End Date and Time: 05/16/2013 23:59:59

Collection Selection

Please select a collection:

Collection:
6 - MODIS Collection 6 - L1, Atmos and Land

Collection 5.1 contains a full set of the Aqua products MYD04_L2, MYD05_L2, MYD06_L2, MYDATML2, MYD08_D3, MYD08_E3, and MYD08_M3 and the Terra products MOD04_L2, MOD05_L2, MOD06_L2, MODATML2, MOD08_D3, MOD08_E3, and MOD08_M3. These products can still be found in Collection 5 prior to data day January 1, 2009 for Aqua and data day April 15, 2010 for Terra. However, collection 5.1 is the preferred collection for these products.

Spatial Selection

Please enter the coordinates for your area of interest:

Coordinate System:
None (Global Search)

Metadata Selection

You may also filter on several metadata fields. Select "Yes" next to each field to filter on that field. The products that will be filtered are listed beside each field.

POEVersion: [] Filter? No (MOD08_M3)

QAPercentMissingData: Start: 0.0 End: 100.0 Filter? No (MOD08_M3)

☒ Require that the filtered metadata fields be defined to be included in the search results

Saved Parameters Selection

You may load a set of saved parameters by entering the name of the file on your system and clicking "Load". You may also save the current set of parameters to your system by entering a file name and clicking "Save".

Name: []

Load Save

+ Privacy Policy and Important Notices

Webmaster: Karen Horrocks
NASA Official: Ed Masuoka
+ Send Us Your Comments

A continuación, se realiza el pedido del producto solicitado tal como se muestra en la siguiente figura.

GODDARD SPACE FLIGHT CENTER
+ Visit NASA.gov

LAADS Web

Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System

+ HOME
- DATA
+ IMAGES
+ TOOLS
+ HELP

Search for Data Products

Please choose how you want your products delivered:

Email Address

Please enter your email address so we can contact you if we have problems filling your order. You will also be able to [track your order](#) using your email address.

Email: []

Select Delivery Method

To order your selected products, please specify a delivery method.

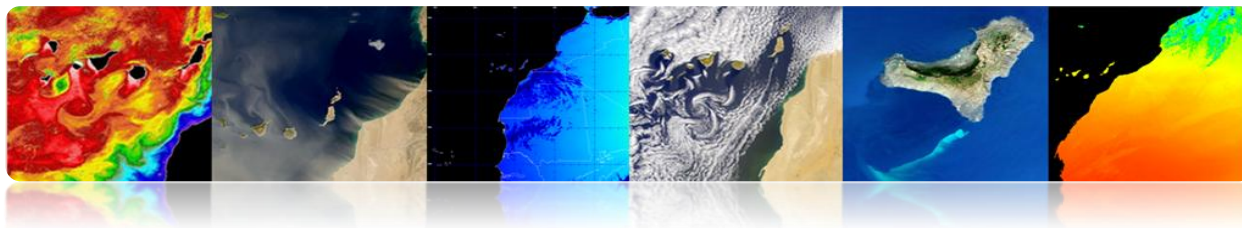
☒ FTP Pull (stage products where I can download them using FTP or GNU Wget)

☐ FTP Push (automatically deliver products to my site's FTP server)

Please note the following restrictions when choosing FTP Push as a delivery method:

- Your site must be running its own FTP server that our server can contact.
- You must provide us with all the information required to log into your FTP server and copy files to it.
- If, when your data are ready, we are unable to login to your FTP server, we will continue to retry once a day for up to three days. After that time, we will stop trying, and you will need to retrieve the data on your own.

Order



Order Results

You have ordered a total of 1 product files:

1 product files require no extra processing, are on-line, and are ready for immediate delivery.

- Order Id: 500750741 containing this file is ready. You can click on the Order Id for download information.

You will also receive an email with download instructions. After you have downloaded an order, please remember to *RELEASE IT* so that subsequent orders will not be held up waiting for resources.

You can also track your orders from the [Data->Track Orders](#) page. From that page, you can release or cancel orders.

[+ Privacy Policy and Important Notices](#)



Webmaster: Karen Horrocks
NASA Official: Ed Masuoka
[+ Send Us Your Comments](#)

Por último, para descargar el producto se accede con el identificador del pedido, una vez hayan enviado un email confirmando que está procesado.

En cualquier caso, podemos evitarnos todo el procedimiento accediendo directamente al ftp, tal y como se muestra en la siguiente figura.

Índice de <ftp://ladsweb.nascom.nasa.gov/>

[Subir al directorio superior.](#)

Nombre	Tamaño	Última modificación
LandSeaMask_DEM		31/12/1969 0:00:00
MAIAC		31/12/1969 0:00:00
MAS		31/12/1969 0:00:00
NetCDF		31/12/1969 0:00:00
README	32 KB	18/04/2013 14:33:00
allData		31/12/1969 0:00:00
datapool		31/12/1969 0:00:00
geoMeta		31/12/1969 0:00:00
orders		31/12/1969 0:00:00
subsets		31/12/1969 0:00:00





□ EARTHexplorer

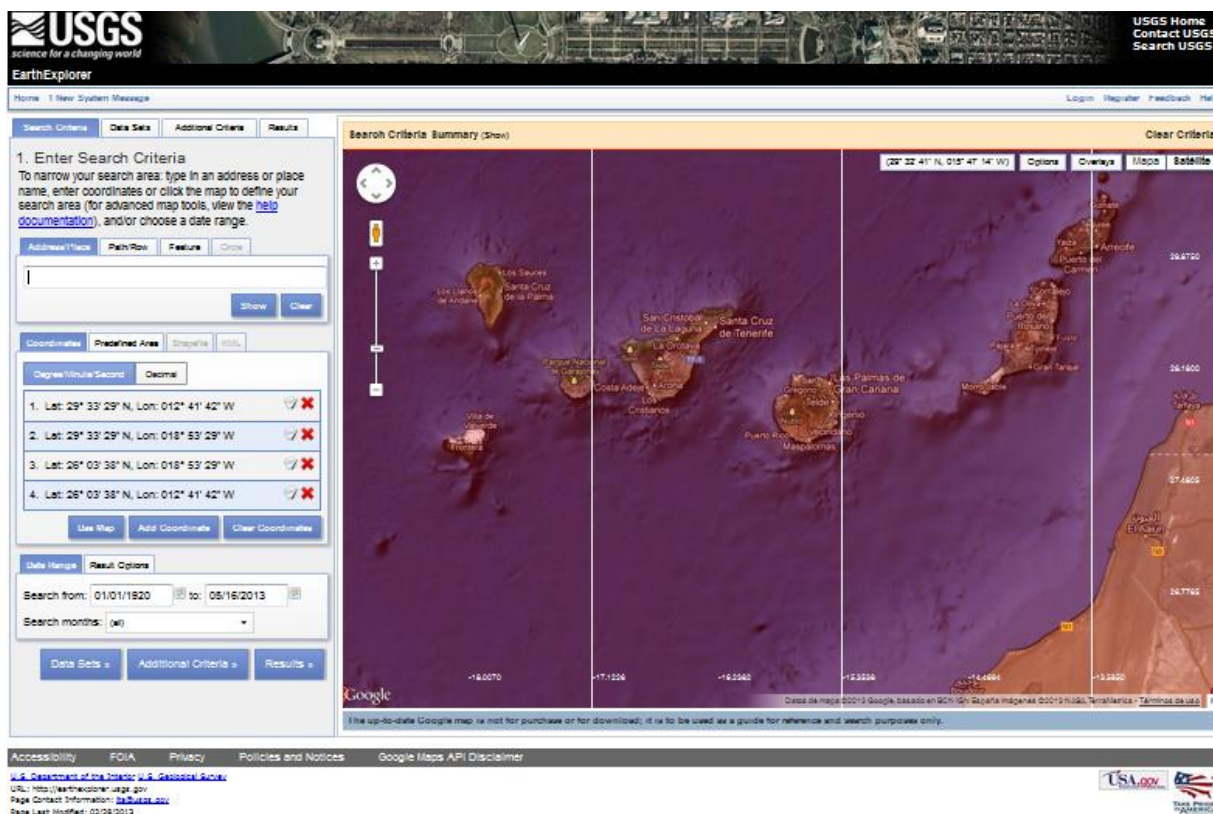
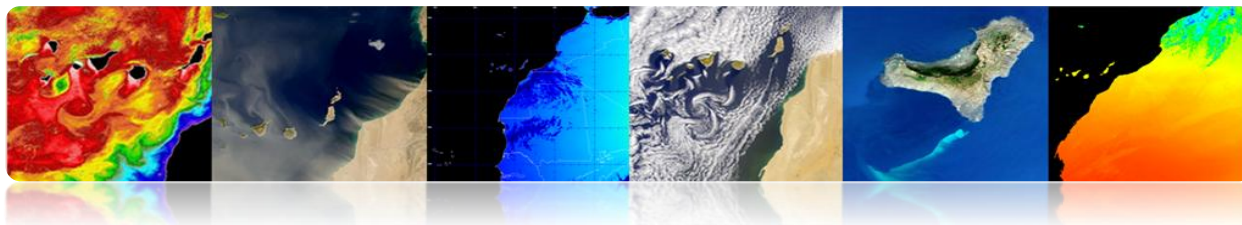
Esta herramienta proporciona una búsqueda online a diferentes datos de observación de la tierra y permite descargar los datos de *U.S.Geological Survey* (USGS). La mayoría son productos gratuitos. Aunque a veces pueden cobrar si el producto requiere un procesamiento prioritario y para identificarlos tienen el símbolo de un dólar (\$). Una vez elegida el área (*used area*), seleccionamos *Use Data Set Prefilter*. Los datos que podemos encontrar son los siguientes:

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)
AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)
Calibration/Validation Test Sites
Commercial Data Purchases (CDP) Imagery
Declassified Satellite Imagery - 1
Global Land Survey (GLS)
Heat Capacity Mapping Mission (HCMM) Digital Source
EO-1 Advanced Land Imager (ALI) and Hyperion
Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) and TIRS (Thermal Infrared Sensor) (se empezarán a publicar en Mayo)
Landsat ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)
Landsat MSS (Multispectral Scanner)
Landsat TM (Thematic Mapper)
Landsat TM (Thematic Mapper) Film Only
MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) MRLC2001 (Multi-Resolution Land Characteristics 2001)
NLDC (NASA Landsat Data Collection)
OrbView-3

Se puede acceder a través del siguiente enlace: USGS, <http://earthexplorer.usgs.gov/>

La interfaz que presenta se muestra en la siguiente figura:

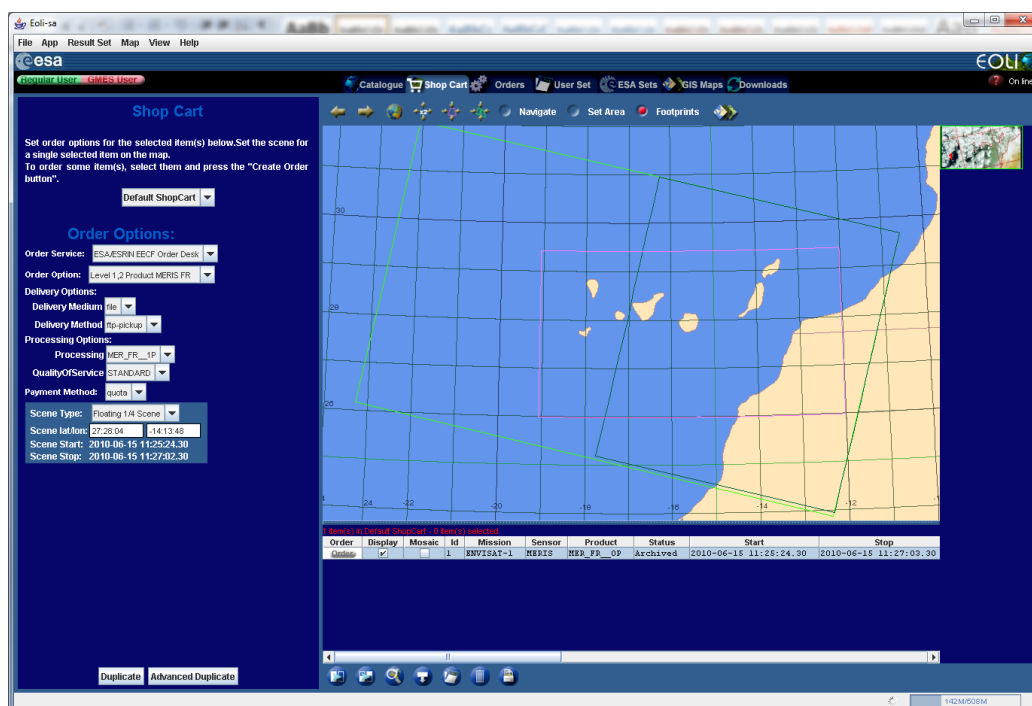
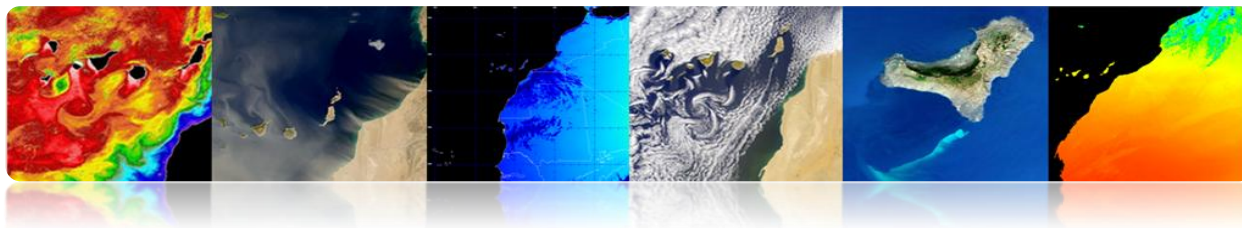




Finalmente para descargarnos los datos hay que ser usuario registrado. En el siguiente enlace podemos encontrar un tutorial de uso de la interfaz: <http://earthexplorer.usgs.gov/documents/helptutorial.pdf>

❑ EOLI-SA

EOLI-SA (Earth Observation Link) es una herramienta de escritorio desarrollada por la Agencia Espacial Europea para acceder a su catálogo de datos de Observación de la Tierra y realizar la petición de una orden. Su aspecto es el siguiente:



A continuación, se muestran los datos accesibles a través de esta EOLI-SA

ENVISAT (ASAR, MERIS, AATSR, MIPAS, SCIAMACHY, Radar Altimeter/MicroWave Radiometer)

ERS (SAR Scenes, SAR Wave Mode: FDC, Wind Scatterometer: FDC, Microwave Sounder, Altimeter,

Gome, Orbit Data)

PROBA (PROBA Chris)

LANDSAT (TM: RAW, SCAS; MSS: RAW, SCAS; RBV)

Terra/Aqua (L1B)

JERS (SAR: PR1, GEC; VNIR: Level1, 2)

NOAA (AVHRR: SHARP 1B, 2A, 2B)

IRS (MOS: L1B)

SeaStar (SEAWIFS: L1A, L1B, L2A, L2B, L2C)

Nimbus (CZCS: L1, L2)

La herramienta se puede descargar en: <http://earth.esa.int/EOLi/EOLi.html>.



Podemos encontrar información más detallada en:

<http://earth.esa.int/EOLIResources/Manual/html/ChapCatalogueWorkSpace.html>

En el siguiente enlace se muestra los datos ofrecidos de forma gratuita:

<https://earth.esa.int/pi/esa?type=file&table=aotarget&cmd=image&id=520>

❑ GIOVANNI

Es una aplicación web desarrollada por la NASA que permite visualizar, analizar y acceder a datos de teledetección pertenecientes a diferentes bases de datos. Giovanni es el acrónimo de GES-DISC (*Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center Interactive Online Visualization AND aNalysis Infrastructure*). En el centro de la pantalla principal se aprecia que los datos se clasifican por portales. Cada uno de estos portales presenta una gran variedad de parámetros de diferentes sensores



Hay multitud de portales dentro de cada una de las siguientes categorías:

- *Atmospheric Portals*
- *Applications and Education Portal*
- *Meteorological Portal*
- *Ocean Portals*
- *Hydrology Portals*

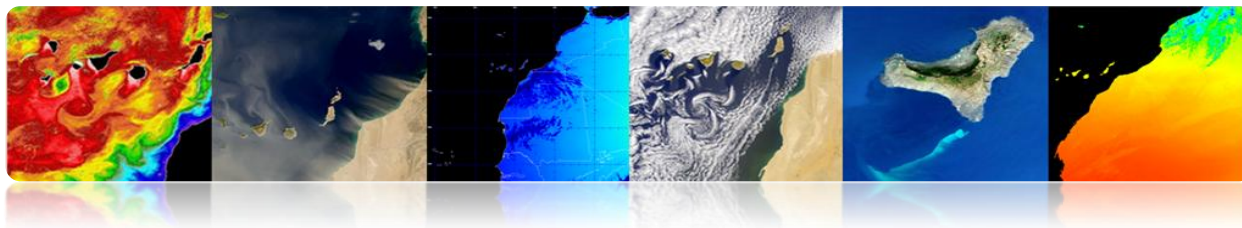
En el siguiente enlace se puede ver un listado completo de los parámetros geofísicos disponibles:

http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/additional/users-manual/G3_manual_Chapter_2_parameters.shtml

Por otro lado, en Giovanni existen diferentes tipos de representaciones:

Animation
Anomaly
Lat-Lon Area Plot, Time-averaged
Lat-Lon Plot, Difference Map
Latitude-Time Hovmöller Plot
Longitude-Time Hovmöller Plot
Correlation Plot
Comparison Plot
Cross-Map Plot (Latitude-Pressure)
Cross-Map Plot (Longitude-Pressure)
Cross-Map Plot (Time-Pressure)
Scatter Plot
Scatter Plot, Time-averaged
Curtain Plot
Time Series, Area-averaged
Time Series Difference
Time Series, Area Statistics
Vertical Profile
Zonal Mean
Histogram





Histogram, Area-Averaged

Histogram, Time-Averaged

Lo más comunes son:

Anomalía: se calcula para un periodo de tiempo seleccionado. Se puede representar como un mapa de latitud/longitud o como una serie temporal. Mide la diferencia de cada valor con respecto al valor medio en condiciones normales.

Lat-Lon Area Plot Time-averaged: se obtiene el valor medio para cada celda que pertenezca al área seleccionada por el usuario y se representa en un mapa a color 2D.

Lat-Lon Plot Difference Map: se realiza una representación de la diferencia de dos parámetros o dos bases de datos diferentes de un mismo parámetro. Se representa como una serie temporal, dónde en un eje muestra el valor geofísico y en el otro el tiempo.

Latitude-Time Hovmöller Plot y Longitude-Time Hovmöller Plot: los mapas de Hovmöller latitud frente a tiempo o longitud frente a tiempo, representa una variación longitudinal de un parámetro frente a tiempo o una variación latitudinal frente a tiempo. Permiten representaciones 2D de los cambios ocurridos en un región determinada durante un determinado intervalo de tiempo.

Scatter Plot o Scatter Plot Time-averaged: en un representación XY de dos parámetros diferentes. Se selecciona un rango temporal, y se representa para cada celda un valor medio de X y un valor medio de Y.

Time Series Area-averaged: es una única representación de valores medios de un parámetro en un área total definida a lo largo de un período de tiempo.

Time-Series Difference: es una representación similar a la anterior pero en este caso se representan valor diferencia entre dos parámetros.



De forma genérica el procedimiento a seguir para obtener la representación de un parámetro una vez elegido el portal es:

1. Se selecciona el área de interés, indicando la latitud y longitud o seleccionándola de forma gráfica.
2. Fecha de inicio/ fecha de fin del período que se quiere estudiar.
3. Se elige el parámetro de interés
4. Se configuran las preferencias de representación
5. Se selecciona el análisis que se desea realizar
6. Se descarga el dato en el formato deseado

• Ejemplos prácticos.

Ejemplo 1. Representación de un mapa de Concentración de Clorofila

Ocean portals --> *Water Quality Monthly Data*

Ejemplo 2. Representación de una serie temporal de Concentración de Clorofila entre 2001-2010

Ocean portals --> *Water Quality Monthly Data*

Ejemplo 3. Representación de una mapa diferencia de SST día y SST noche de Febrero 2001- Febrero 2010

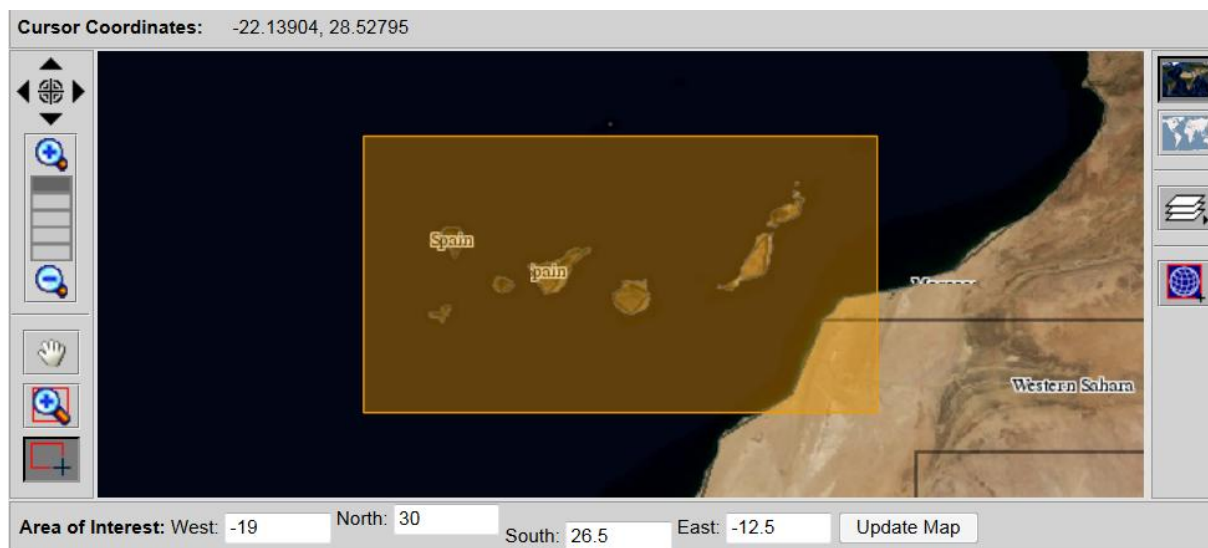
Ocean portals --> *Ocean Color Radiometry Online Visualization and Analysis*

Ejemplo 4. Gráfico de Hovmöller de latitud y longitud de SST4 noche de 2001- Febrero 2012

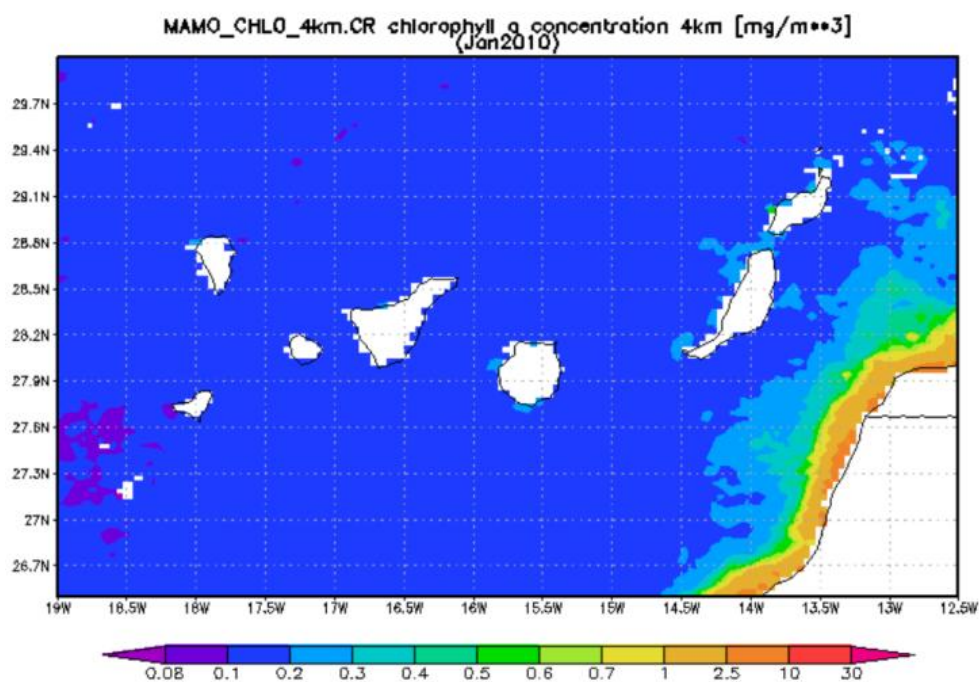
Ocean portals --> *Ocean Color Radiometry Online Visualization and Analysis*



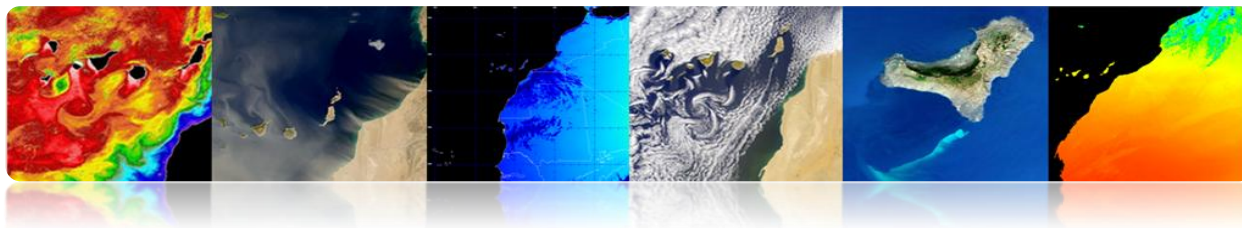
Para los diferentes casos se puede seleccionar la siguiente área de estudio:



Ejemplo práctico 1

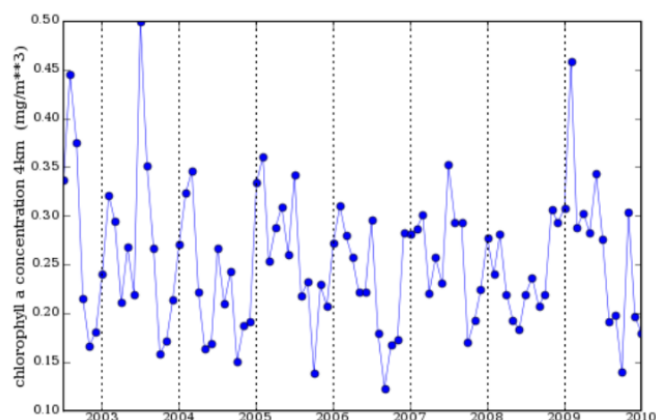


Mapa de concentración clorofila, Lat-Lon map, Time-averaged.



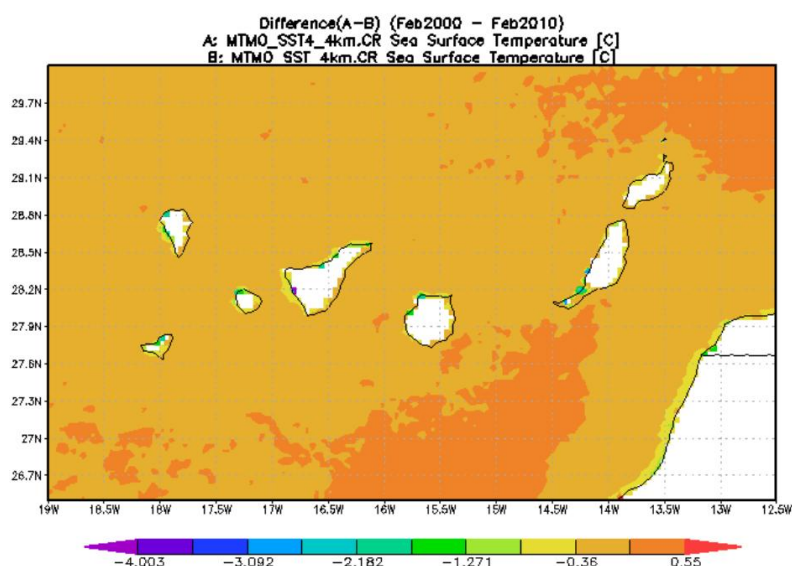
Ejemplo práctico 2

Area-Averaged Time Series (MAMO_CHLO_4km.CR)
(Region: 19W-12W, 26N-30N)



Serie temporal de valor medios de concentración de clorofila (2001-2010).

Ejemplo práctico 3



Lat-lon map of time-averaged differences

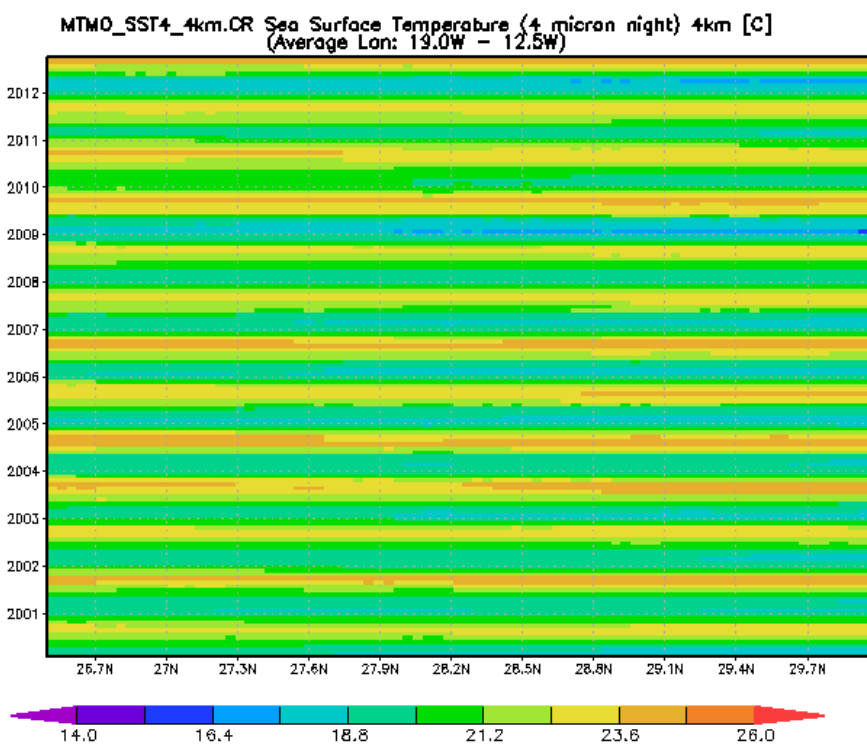
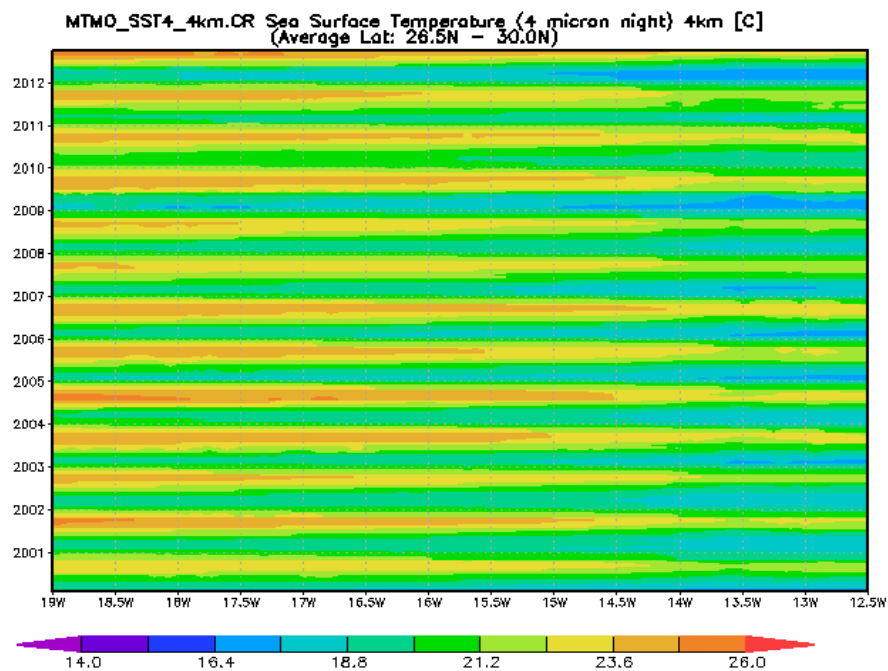
Tutorial TELECAN

Obtención y Análisis de Imágenes de Teledetección

C1.26



Ejemplo práctico 4



Gráficos de Hovmöller latitud y longitud.



CONTENIDOS

HERRAMIENTAS DE PROCESADO DE IMÁGENES DE TELEDETECCIÓN.

2.1. INTRODUCCIÓN

2.2. MONTEVERDI

FUNDAMENTOS BÁSICOS DE MONTEVERDI

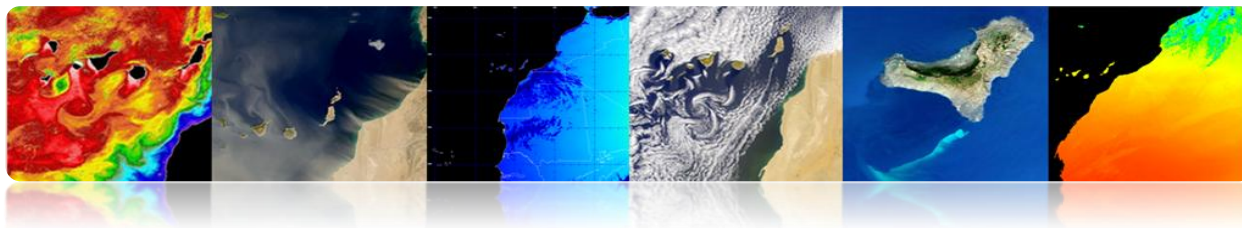
2.3. SEADAS

FUNDAMENTOS BÁSICOS DE SEADAS

2.4. ENVI

FUNDAMENTOS BÁSICO DE ENVI





2.1. INTRODUCCIÓN

La información recogida por los sensores de teledetección es procesada y analizada mediante programas software conocidos como herramientas de procesamiento de teledetección.

Existen un gran número de programas de código abierto y otras tantas de pago para procesar esta clase de información. A continuación se enumeran las herramientas de cada tipo más usadas para el procesamiento de las imágenes de teledetección. Además, para cada una de ellas se incluye una información resumida de sus principales características.

▣ HERRAMIENTAS COMERCIALES

ENVI: Programa centrado en el procesamiento y análisis de imágenes de todo tipo. Es bastante flexible con los formatos de lectura y resulta muy amigable al usuario. Hecho con el lenguaje IDL, permite incorporar módulos adicionales.

ERDAS: Probablemente el programa de mayor implantación comercial, siendo un estándar en cuanto a formatos de intercambio, especialmente con los SIG. Está disponible para plataformas muy variadas. Puede programarse usando el *Model Maker*.

ESRI: ArcGIS es un conjunto de productos SIG. Se agrupa en varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica. ArcGIS Desktop, familia de aplicaciones SIG de escritorio, es una de las más utilizadas, incluyendo ArcReader, ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox, ArcScene y ArcGlobe, además de diversas extensiones.

Idrisi: Herramienta que incorpora bastantes utilidades de análisis digital de imágenes y, por su bajo precio, ha sido utilizado profusamente en la docencia de la teledetección. Se ha desarrollado por la Universidad de Clark (USA).





E-Cognition: Programa que incorpora múltiples aspectos de análisis de contexto y morfología matemática. Resulta idóneo para reconocimiento de patrones espaciales.

ER-Mapper: Programa australiano que recoge la mayor parte de las funcionalidades comunes en teledetección, siendo bastante eficiente en la gestión de imágenes muy voluminosas gracias a incorporar algoritmos virtuales y sistemas innovadores de compresión.

PCI-Geomatica: Nueva versión del conocido programa canadiense PCI, que incorpora en un esquema más integrado sus paquetes de análisis digital de imágenes, ortorectificación, producción de mapas y SIG. Proporciona herramientas de análisis bastante potentes, gracias a su cercana conexión con el centro canadiense de teledetección. Puede utilizarse una versión demo reducida, denominada Freeview.

DRAGON: Programa de bajo coste en entorno Windows para análisis digital de imágenes. Resulta muy adecuado para un entorno docente.

Miramón: Programa de SIG y teledetección desarrollado por el CREAF de la Universidad de Barcelona. Bajo coste y amplias funcionalidades

❑ HERRAMIENTAS GRATUITAS

Grass: Programa orientado a SIG y tratamiento de imágenes. Desarrollado para UNIX, en distintas plataformas, pero hay versiones para Linux y recientemente para Windows (WinGRASS). Fue inicialmente desarrollado como herramienta militar del ejército americano. Entre las organizaciones que lo utilizan destacan NASA, NOAA, USGS, etc.

Orfeo-Monteverdi: Orfeo Toolbox (OTB) es una librería de procesamiento de imágenes de teledetección desarrollada inicialmente por CNES en 2006 con el objetivo de facilitar el uso de las imágenes de diferentes sensores. En especial la constelación Orfeo (Pleiades y Cosmo-Skymed). Monteverdi es la versión más robusta y operacional.





SeaDAS: Herramienta software de la NASA para la visualización, procesado y análisis de imágenes de sensores de Color del Océano. Soporta las principales misiones de la NASA y recientemente de la ESA.

Multispec: Programa desarrollado por la Universidad de Purdue, pionera en los años 70. Resulta muy adecuado para el entorno docente, pues tiene pocos requisitos de hardware. También existe una nueva versión para 32 bits (32-bit version).

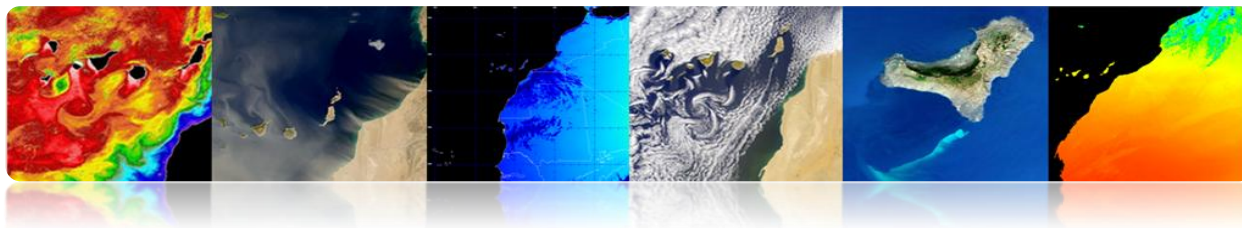
SPRING: Programa desarrollado por el INPE (Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales brasileño). Cuenta con una amplia lista de funcionalidades, si bien se orienta principalmente hacia el entorno SIG. Versiones en Portugués, Inglés y Español.

A continuación se va a presentar una introducción a varias herramientas de tratamiento de imágenes de teledetección espacial. Se han seleccionado como aplicaciones de software libre Monteverdi [<http://www.orfeo-toolbox.org/otb/monteverdi.html>] y SeaDAS [<http://seadas.gsfc.nasa.gov/>], y además se va a detallar uno de los software comerciales más utilizados en el campo de la teledetección, ENVI [<http://www.exelisvis.com/ProductsServices/ENVI/ENVI.aspx>]. Se comenzará por describir las principales funcionalidades del software Monteverdi, que es un software destinado a usuarios no expertos, para terminar con la aplicación ENVI que es un software destinado a usuarios más avanzados. También se va a incluir el software SeaDAS, ligado históricamente al procesado de imágenes oceanográficas de la NASA, y que en su nueva versión 7 proporciona una gran cantidad de utilidades en una nueva e intuitiva interfaz gráfica disponible para Windows.

2.2. MONTEVERDI

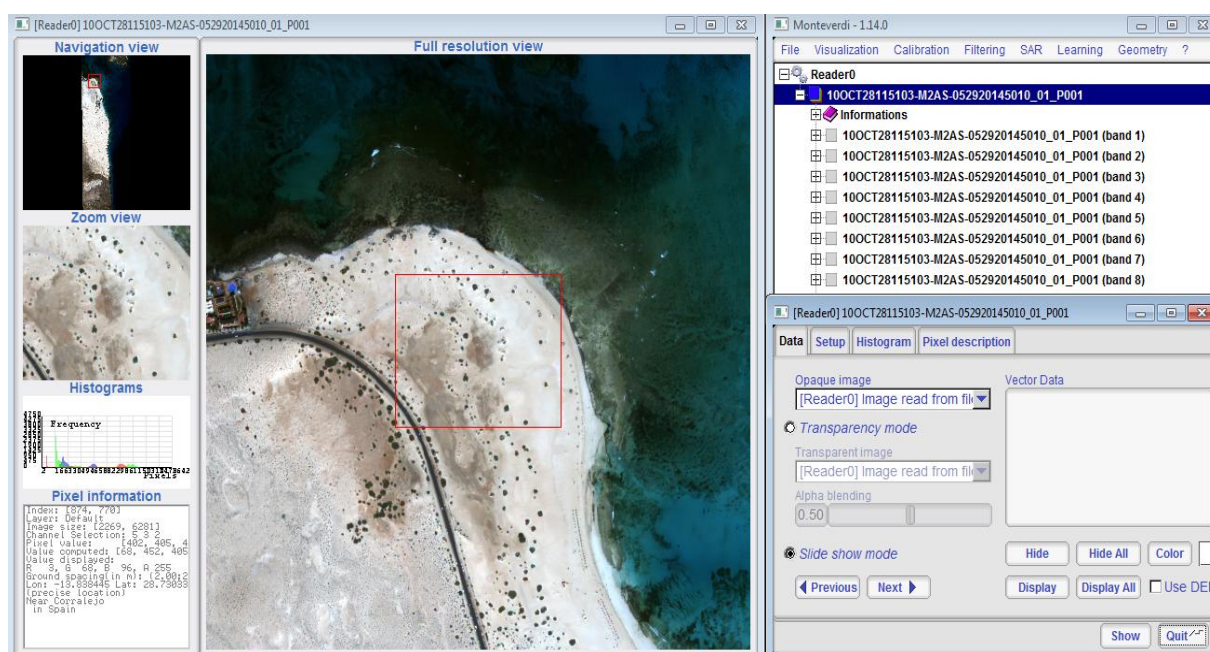
El software Monteverdi, promovido entre otros por la agencia espacial francesa (CNES), es un programa de interfaz gráfica ITK y basada en las librerías OTB (*Orfeo Toolbox*) que proporcionan utilidades de procesamiento de imágenes de teledetección. OTB es distribuido como código abierto permitiendo un acceso completo a los algoritmos utilizados en la librería. Además de las utilidades básicas, permite el





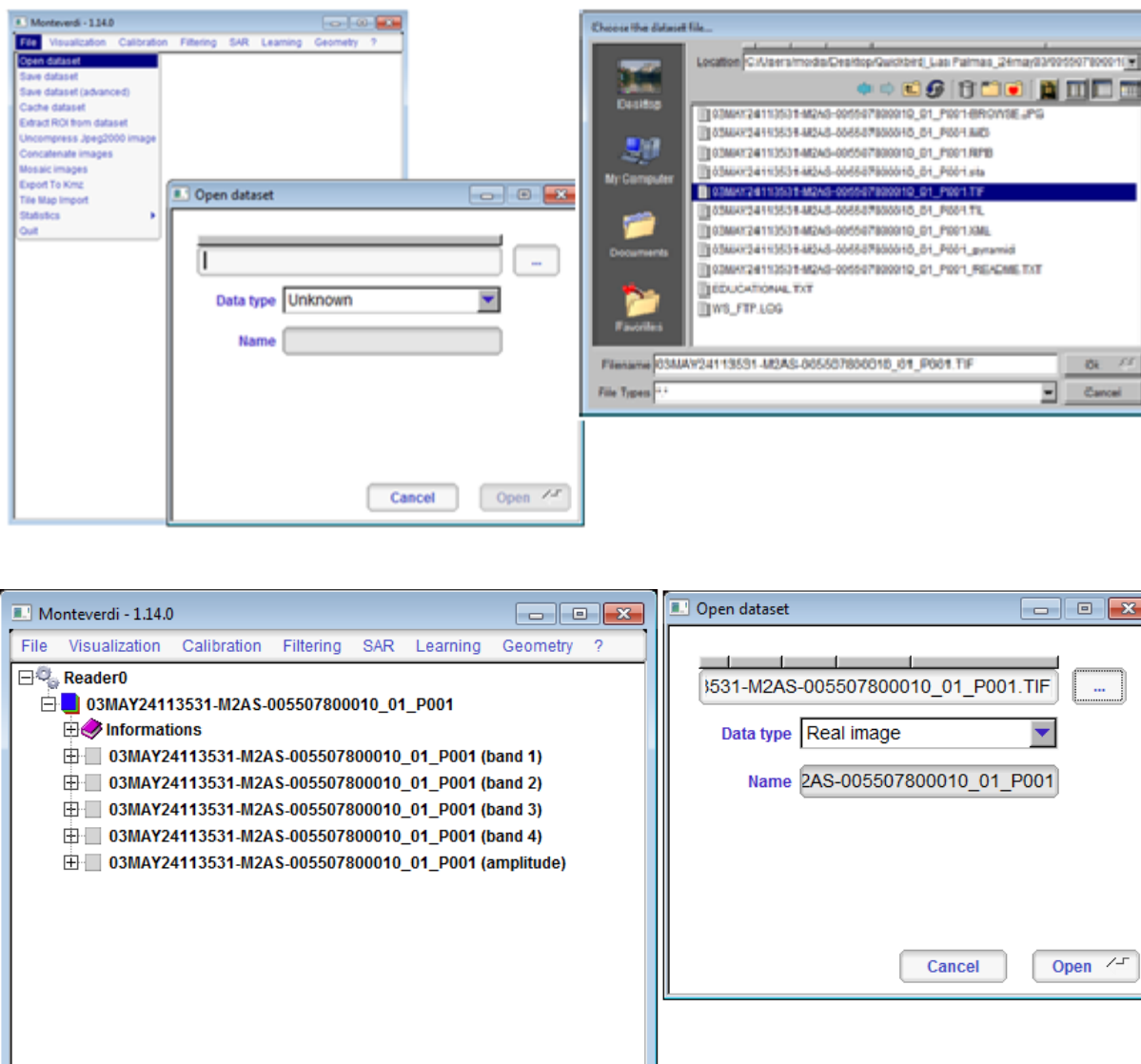
procesado de imágenes de alta resolución como SPOT, Quikbird, WorldView, Landsat, Ikonos, etc. Así como imágenes hiperespectrales y radar. El software está disponible de forma gratuita para Linux, Unix y Windows. La última versión estable es la 1.14, disponible para su descarga en el siguiente enlace:

<http://sourceforge.net/projects/orfeo-toolbox/files/Monteverti/Monteverti-1.14/Monteverti-1.14.0-win32.exe/download>



❑ FUNDAMENTOS BÁSICOS DE MONTEVERDI

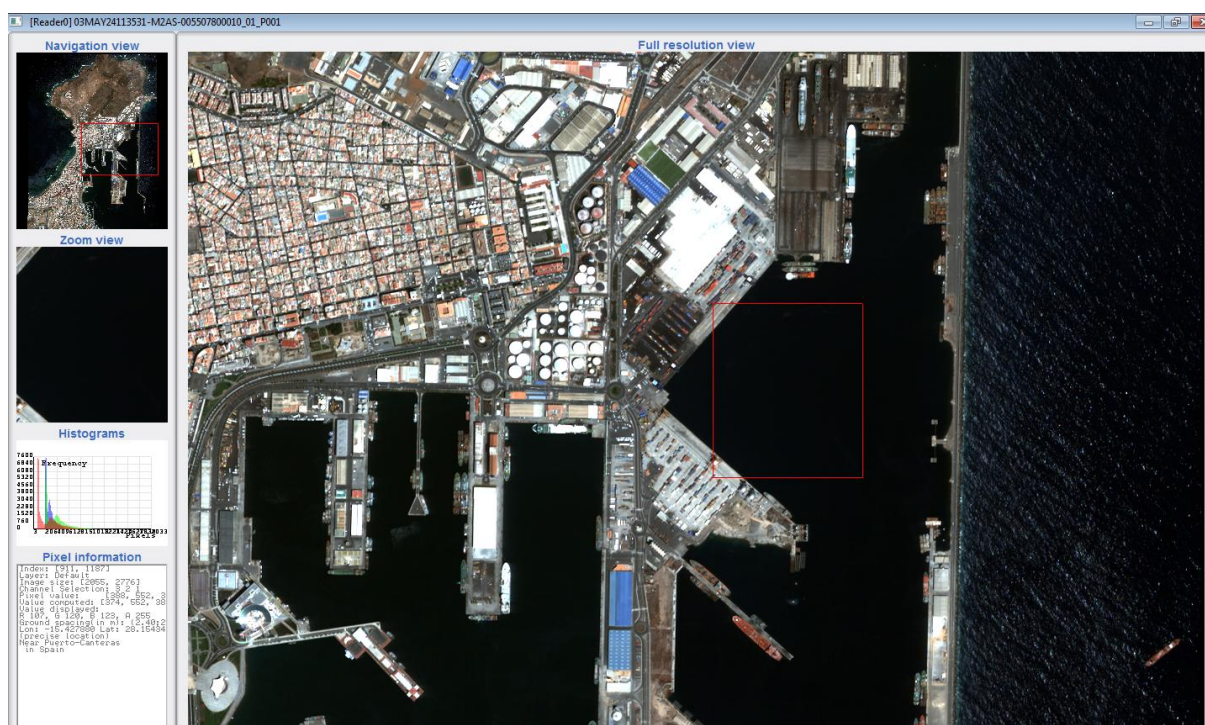
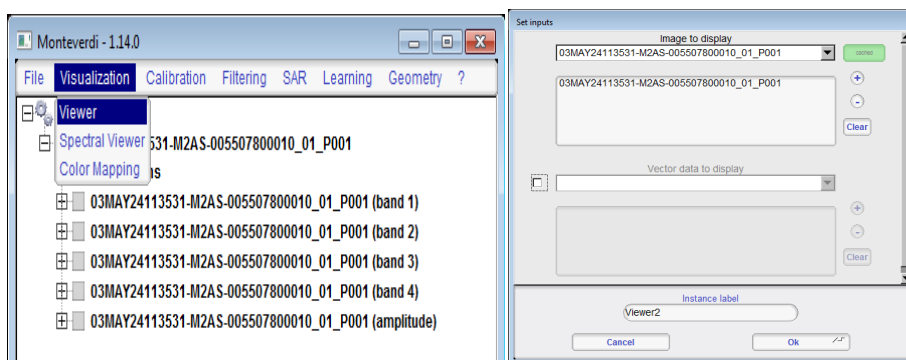
Monteverdi es un programa gráfico amigable para usuarios con escasos conocimientos en teledetección. Permite la utilización de los formatos de imagen más utilizados, así como el uso de algunos tipos de datos vectoriales. En la figura se muestra la carga de una imagen en el programa. Se puede observar como mediante el menú superior de la interfaz, en "File" → "Open dataset" se accede a un menú de selección de la imagen/vector que se va a cargar. Una vez seleccionado el dato, Monteverti reconoce su tipo, y pulsando "open" los datos quedan disponibles en la interfaz principal del programa.



Para visualizar la imagen se accede al menú superior, en “Visualization” → “Viewer”. A continuación aparece una ventana emergente “Set inputs” en donde se ha de seleccionar la imagen o canal de la imagen que se quiere visualizar mediante el botón (+), añadiéndose como “Input”. Una vez seleccionada la imagen, en nuestro caso una imagen .tif, se presiona el botón Ok. En ese momento aparecerá un visor compuesto de navegación, zoom y de máxima resolución. Además, aparece en la parte inferior



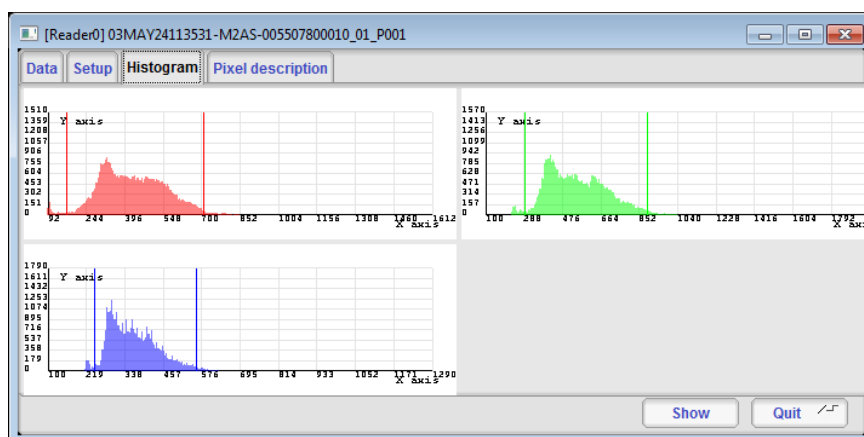
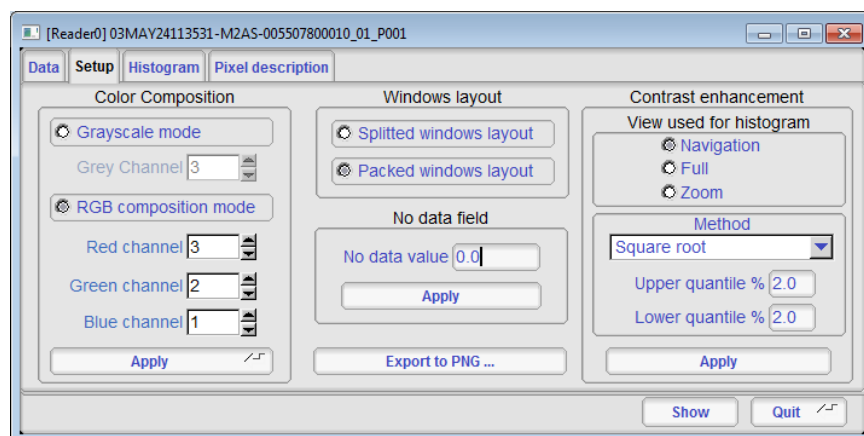
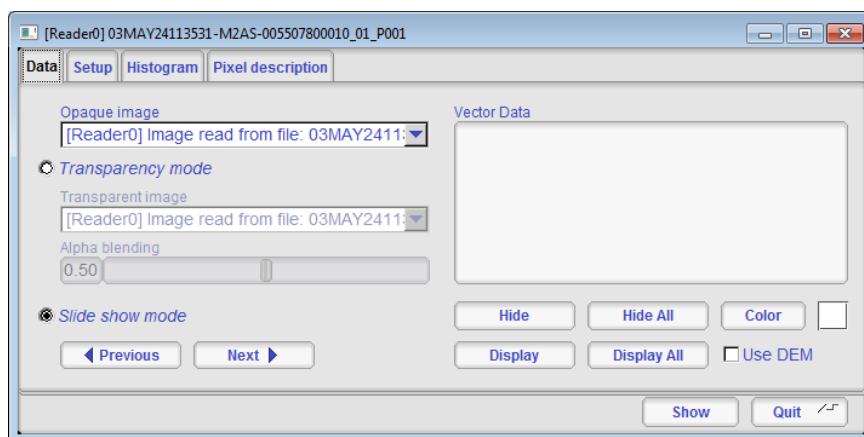
izquierda una ventana con el histograma de los canales representados y la información de pixel.

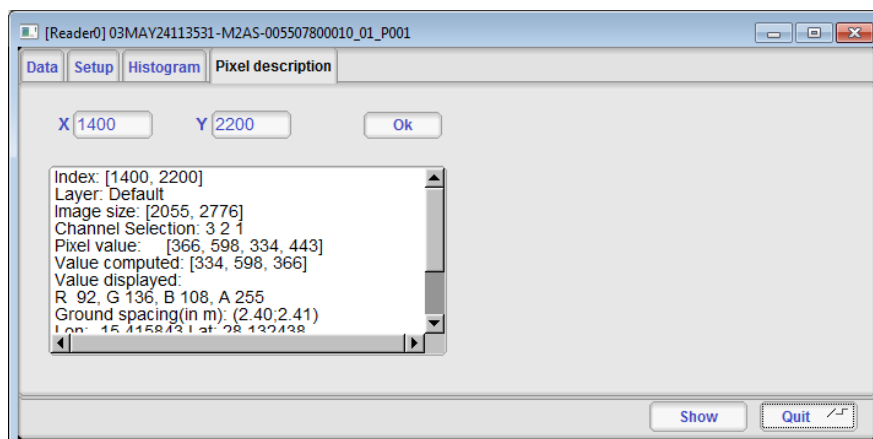


Junto al visor aparece otra ventana con un menú que permite la gestión de los datos del visor. En “data” se puede seleccionar los diferentes datos introducidos en la ventana “set input”, y el modo como se representan (trasparencia o diapositivas). En “Setup” se muestra la configuración de los datos, en imágenes de color RGB, o en escala de grises. También permite configurar el visor en formato compacto o en ventanas separadas, y permite configurar el método de visualización; *linear*, *Gaussian*, *Square root*. En “Histogram” se puede observar el histograma de las bandas

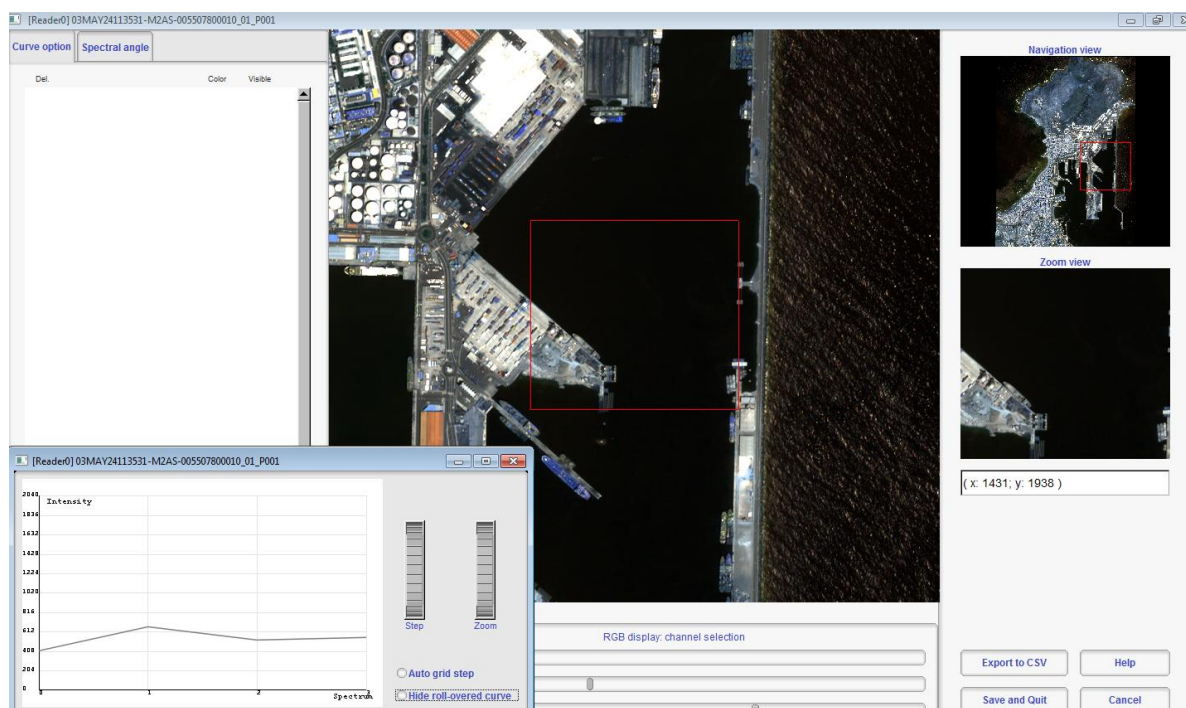


representadas en el visor, en el caso del método lineal, se pueden modificar los parámetros máximo y mínimo en el mismo histograma desplazando las barras verticales. Finalmente en “*Pixel description*” se puede acceder a la información de un pixel según su posición. Estas opciones se muestran en las siguientes figuras.



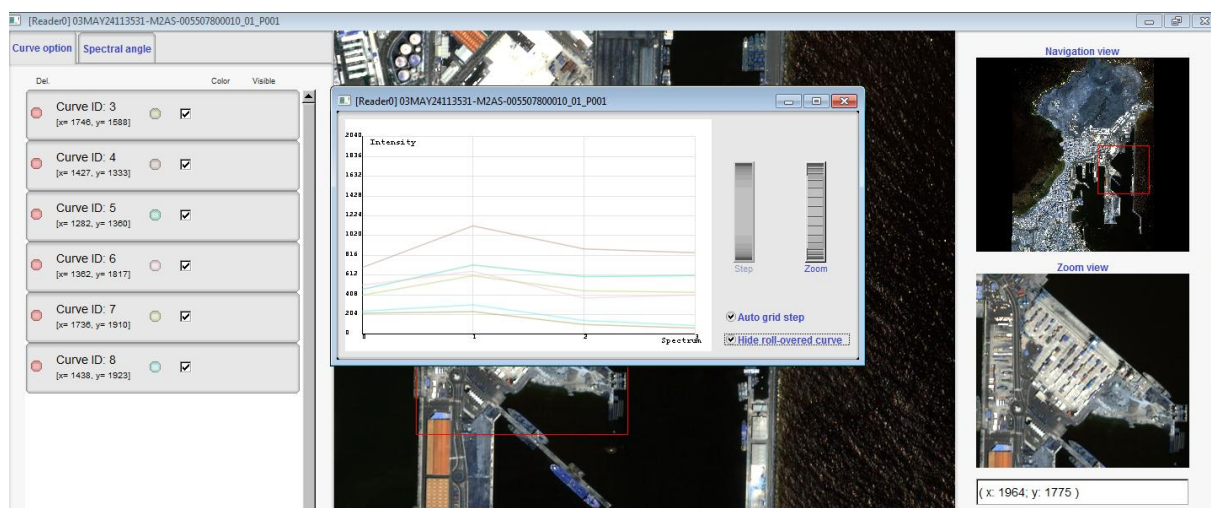


Continuando con el menú “*Visualization*” accedemos a la opción “*Spectral Viewer*” en donde aparecerá de nuevo la ventana “*Set inputs*” y seleccionaremos la imagen previamente cargada en el programa. Una vez cargada la imagen aparece un visor con unas ventanas de navegación, unas barras de selección de los canales en el visor, y una lista en la parte izquierda que permite introducir puntos seleccionados con los valores de los canales y del ángulo espectral. A su vez aparece otra ventana que representa una gráfica con los valores de los canales del píxel seleccionado con el cursor junto a los valores de los puntos almacenados.

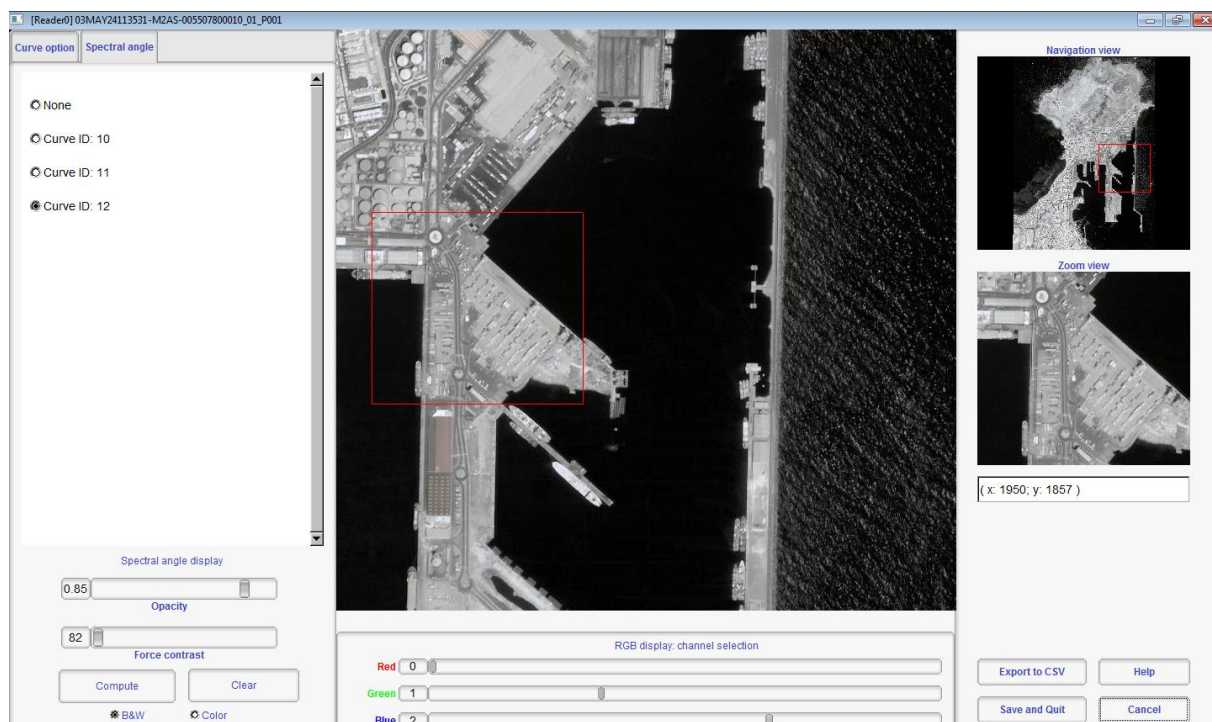
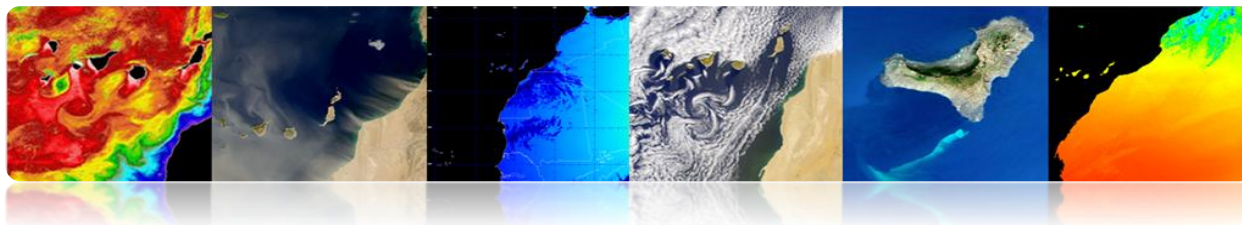




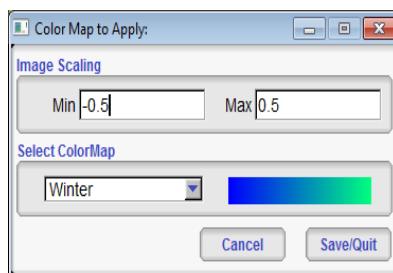
Para introducir puntos en la lista solo se ha de hacer click con el botón derecho. En la figura se muestra la ventana con las gráficas espectrales de los canales de los diferentes puntos seleccionados en el visor.



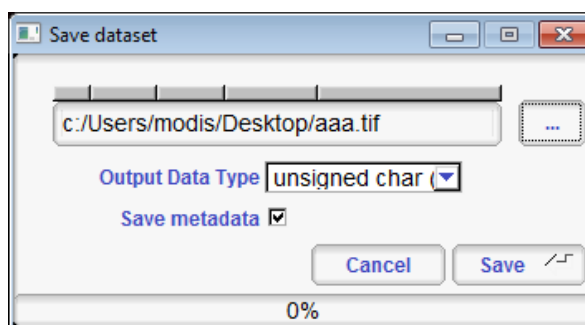
En la figura siguiente se muestra la opción de ángulo espectral que realiza el cálculo del ángulo entre las bandas de uno de los puntos seleccionado y las bandas del resto de la imagen. Esto proporciona una información de parentesco entre el punto y la imagen, en este ejemplo dado que hemos seleccionado el punto de agua marina dentro del puerto y sin oleaje, la representación de este área es de un color casi negro, ya que representa un ángulo cercano a cero, lo que indica su parentesco con este punto.



Para finalizar con el menú “*Visualization*”, accedemos a la opción “Color mapping” en donde aparecerá de nuevo la ventana “*Set inputs*”. La utilidad tiene como finalidad colorear mediante paletas de colores imágenes en escala de grises, por lo que se selecciona únicamente un canal. Un ejemplo típico, es dar color a un índice de vegetación como el NDVI, índice que podemos generar mediante una opción del menú “*Filtering*” → “*Feature extraction*” → “*Radiometric Indices extraction*”. Una vez cargado el canal con el índice nos aparecerá una ventana “*Color Map to Apply*” en el que podremos seleccionar la paleta deseada y los valores máximo y mínimo a representar. En la figura se muestra la configuración de la paleta *Winter* [-0.5 0.5], imagen RGB procesada para obtener el NDVI, índice NDVI en escala de grises, y el resultado de la imagen coloreada .

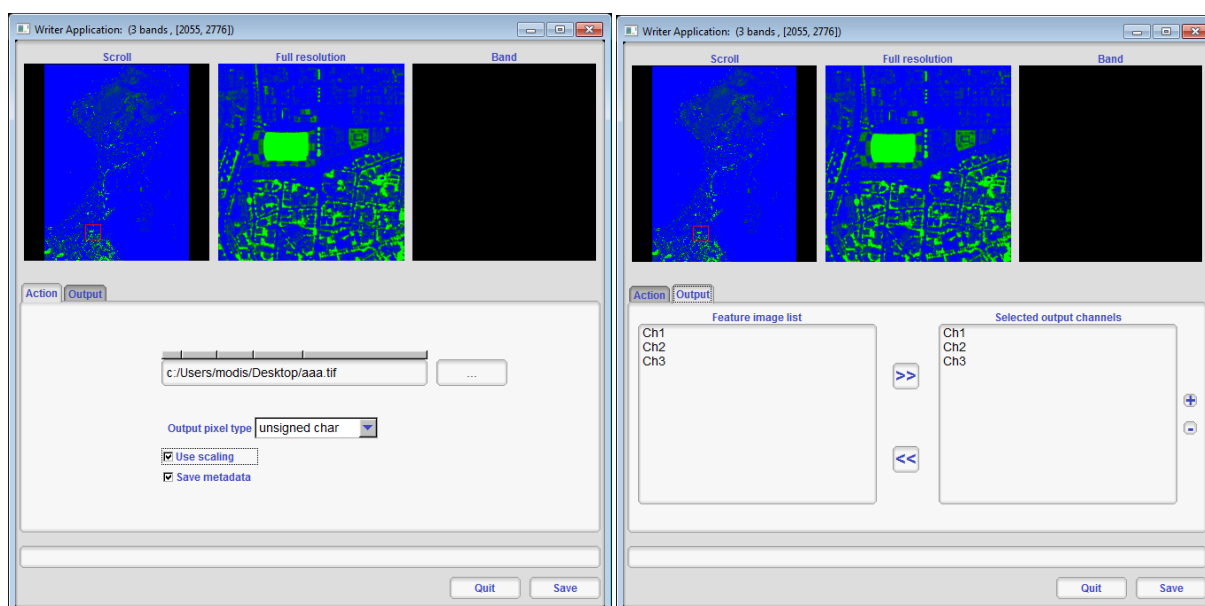


Otra utilidad básica es guardar en disco las imágenes. Por ejemplo, hemos generado una imagen coloreada de NDVI que está almacenada en memoria y queremos guardarla. Para ello, vamos al menú “File” → “Save dataset”, y nos aparecerá la ventana “Set inputs” en donde seleccionaremos la imagen que queremos guardar (Winter Color Map image), una vez pulsado OK nos aparecerá una ventana “Save dataset” donde introduciremos la ruta y el tipo de imagen. También hemos de introducir el tipo de dato que almacena cada pixel. En nuestro caso es una imagen RGB de 8 bits que puede ser visualizado por cualquier visor de imágenes. Por lo tanto seleccionamos el tipo “unsigned char”, mantenemos la opción “save metadata” y guardamos en formato de imagen .tif que permite almacenar información geográfica. En la figura se muestra la configuración de la ventana “save dataset”.



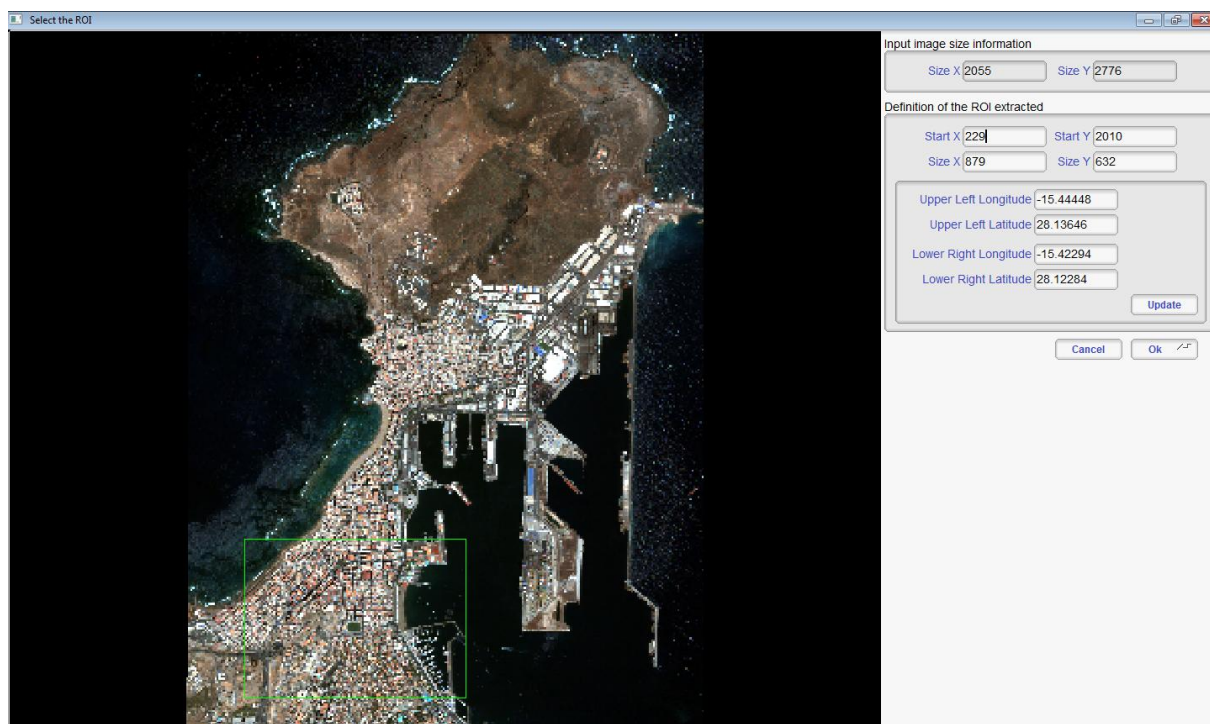
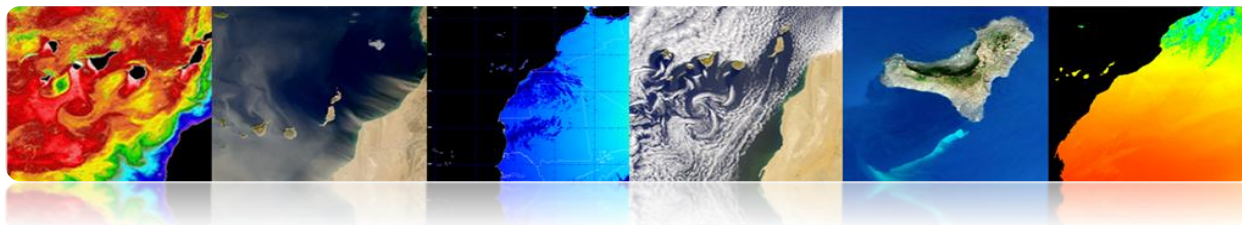


Si necesitamos más opciones de configuración a la hora de guardar una imagen en disco podemos utilizar la opción “*save dataset (advanced)*”, donde se puede configurar entre otras cosas los canales que se quieren guardar y los que no. En la figura se muestra la interfaz “*Writer Application*”, donde se realiza el almacenado avanzado de los datos.



Para terminar con las opciones básicas de la herramienta vamos a utilizar la opción del menú “*File*” → “*Extract ROI from dataset*”. Esta opción es muy interesante si queremos recortar una región de interés de una imagen. Permite obtener un área cuadrada de la imagen tanto mediante posiciones de píxeles como mediante longitudes y latitudes, en la figura se muestra la interfaz “*Select the ROI*” que aparece una vez seleccionada la imagen que se quiere recortar.



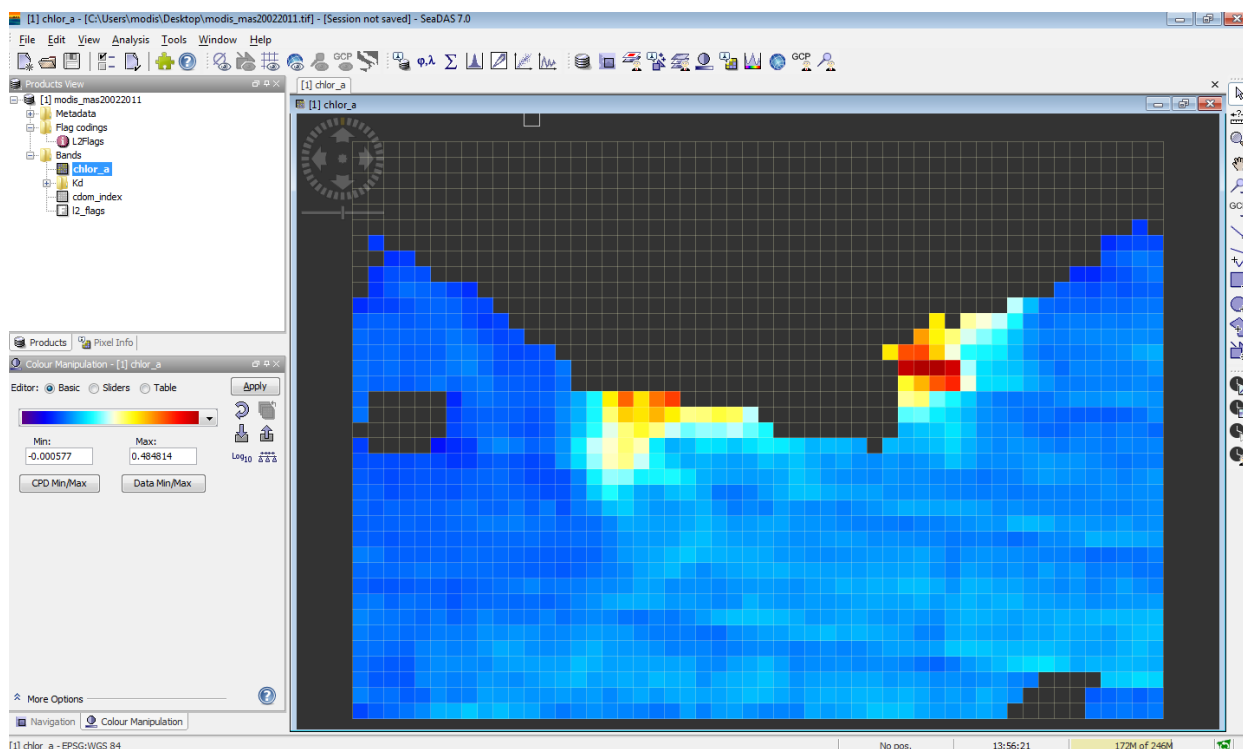
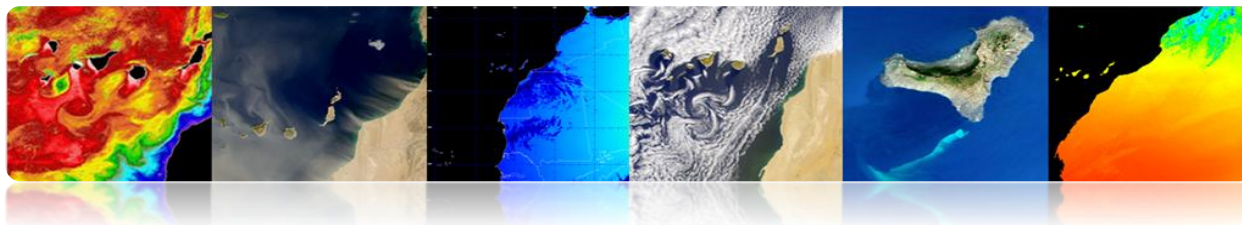


2.3. SEADAS

El sistema de análisis de datos SeaWiFS (*SeaWiFS Data Analysis System*, SeaDAS) es una herramienta intuitiva para el procesado de imágenes oceanográficas y datos basados en “*Ocean Color*”. La última versión 7 es el resultado de la colaboración con los desarrolladores de la ESA y de su paquete BEAM. Gracias a esta colaboración el visualizador está basado completamente en el framework de BEAM lo que ha introducido muchas más funcionalidades en comparación con la última versión. Además esta nueva versión está disponible no solo para sistemas Linux/Unix, sino que también está disponible en la plataforma Windows. En contraposición la integración con BEAM ha provocado que el módulo IDL existente en anteriores versiones no esté aun disponible.

El software está disponible para su descarga en el siguiente enlace:

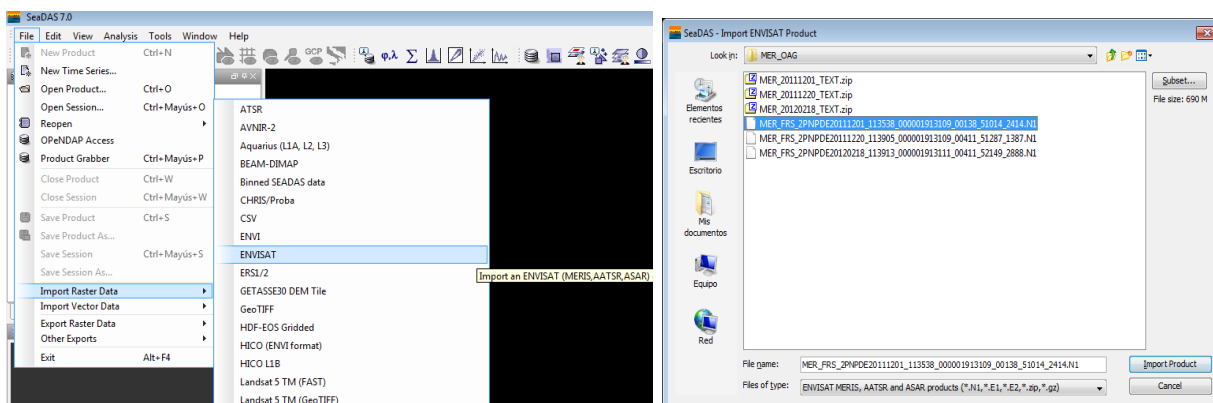
<http://seadas.gsfc.nasa.gov/installers/>



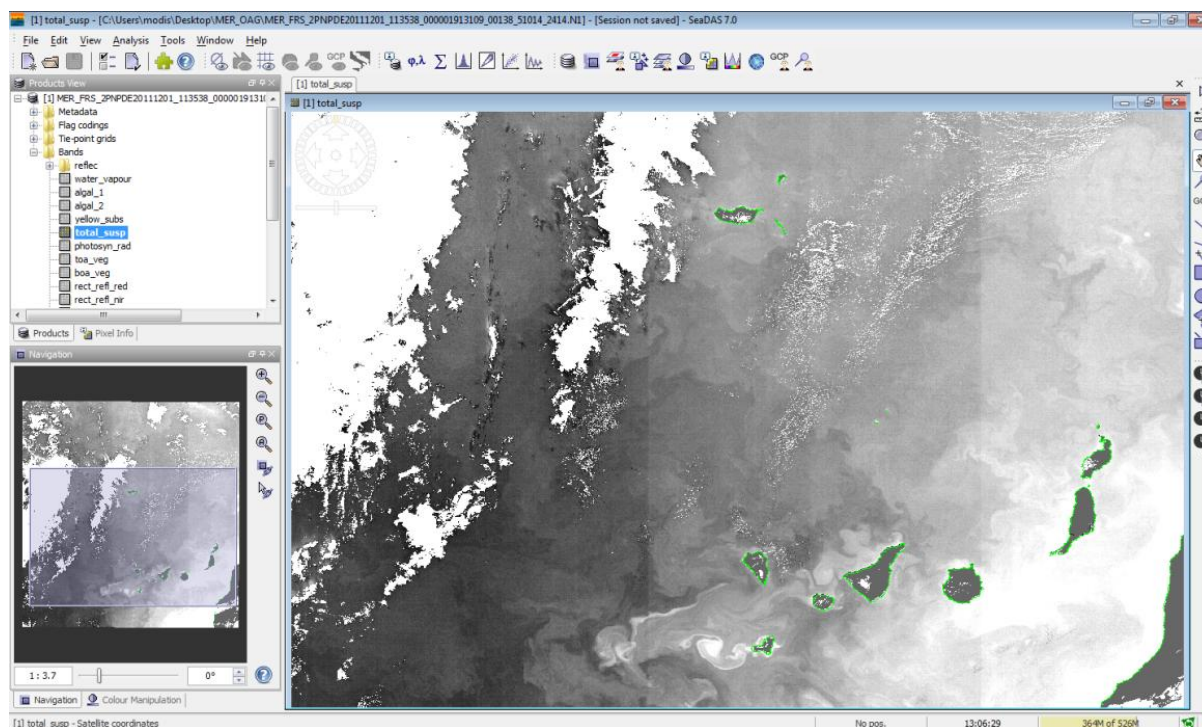
❑ FUNDAMENTOS BÁSICOS DE SEADAS

SeaDAS es un programa gráfico con una interfaz de usuario muy amigable especializado en el procesamiento de datos oceanográficos. Permite la utilización de la gran mayoría de datos de teledetección y datos vectoriales. En la figura se muestra la carga de una imagen en el programa. Se puede observar como mediante el menú superior de la interfaz, en "File" → "Import Raster Data" se despliega una multitud de opciones de sensores y formatos de imagen. Una vez seleccionado el tipo de imagen a importar aparece una ventana de selección en donde se introduce la ruta del archivo.



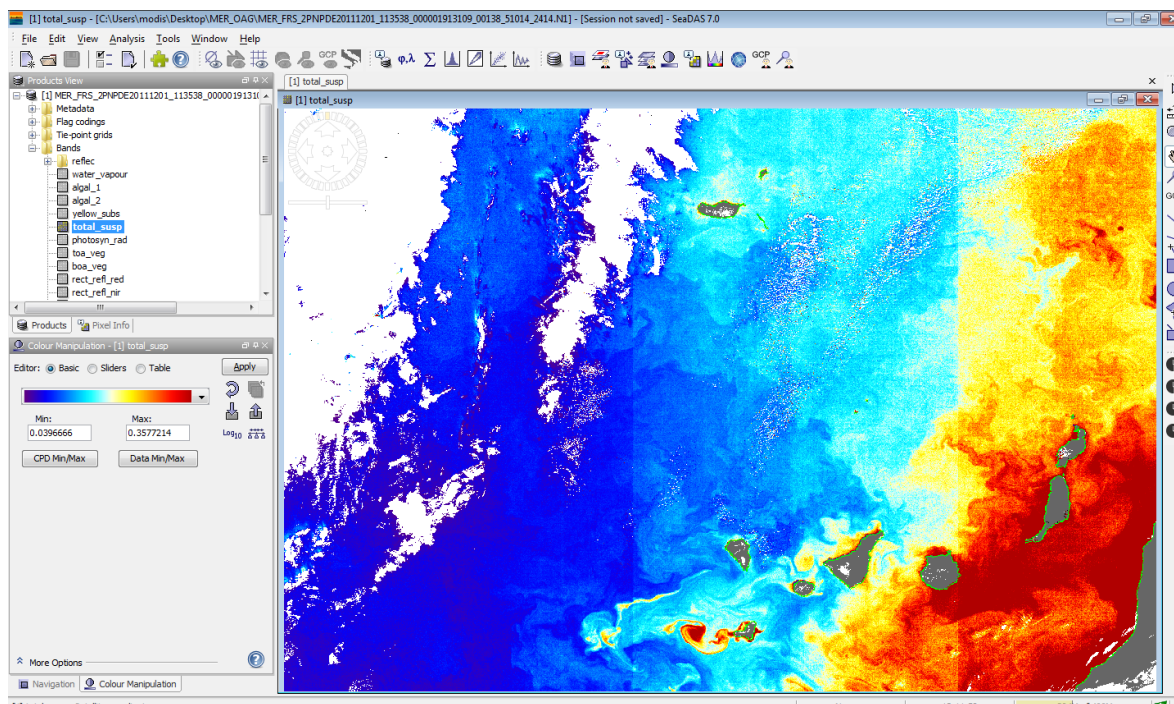


Una vez cargada la imagen aparecerá en la interfaz principal dentro de la ventana “*Products View*” la imagen cargada anteriormente. En la figura se muestra la estructura de datos de la imagen (formato HDF) donde se incluye la información Metadata, los flags, información de la rejilla y las bandas con la información física de los productos marinos L2 del sensor Meris. Haciendo doble click sobre una de las bandas o productos (en este ejemplo se trata de la materia suspendida en el agua "*total_susp*") se abre un visor con el dato seleccionado.

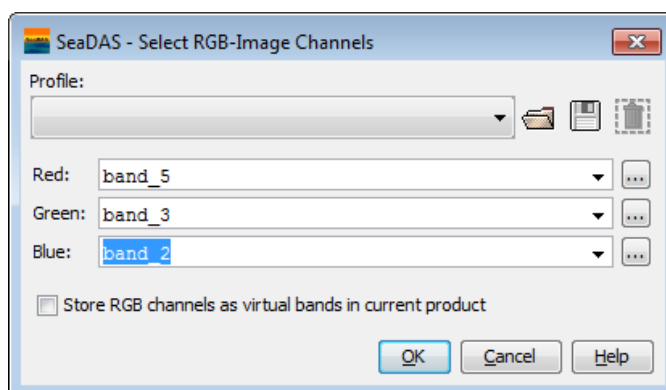


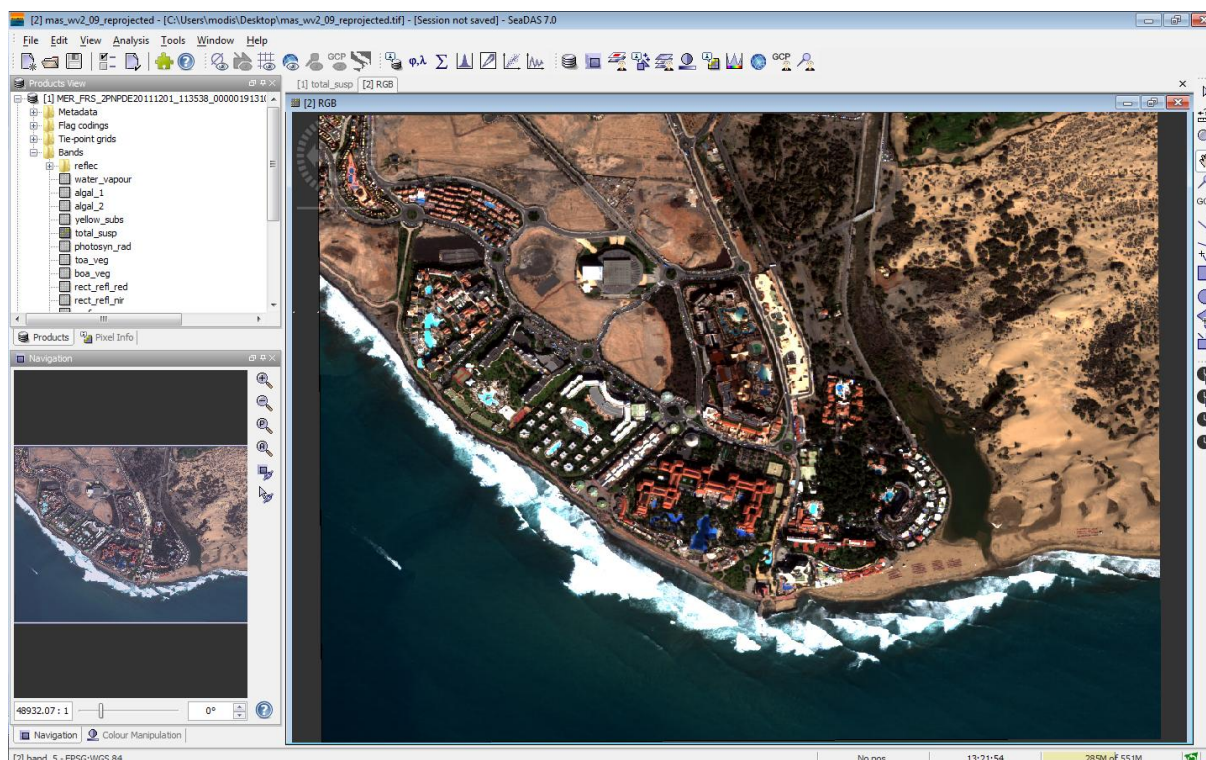
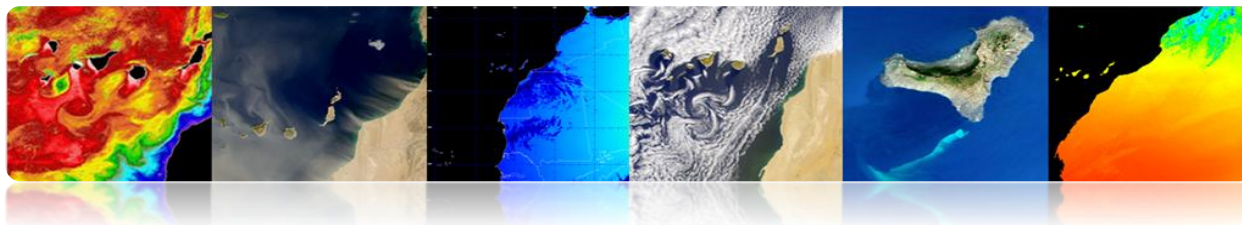


En la parte inferior izquierda podemos observar dos pestañas, la de navegación y otra llamada “*Color Manipulation*” que permite de forma muy sencilla colorear las imágenes.



Otra forma sencilla de cargar imágenes en SeaDAS es arrastrar en “*Products View*” una imagen, en nuestro caso por ejemplo podemos arrastrar la imagen WV2 de Maspalomas reproyectada. Para visualizarla en RGB pulsamos en el botón derecho y nos aparecerá la opción “*Open RGB image View*” en donde nos aparecerá una ventana de selección de las bandas RGB. Una vez seleccionados los canales y presionado OK aparece un nuevo visor con la imagen RGB.

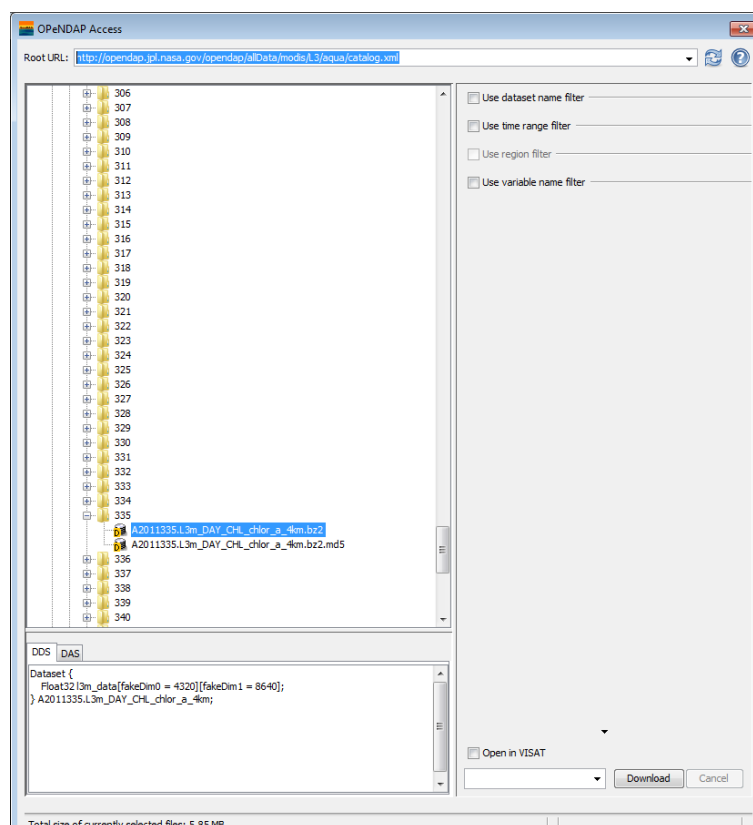




Una opción muy útil para acceder a los datos oceanográficos de la NASA es el acceso mediante OPeNDAP, lo que permite descargarse directamente los productos desde la base de datos. A continuación se muestra un enlace a una base de datos de la NASA para el Modis L3.

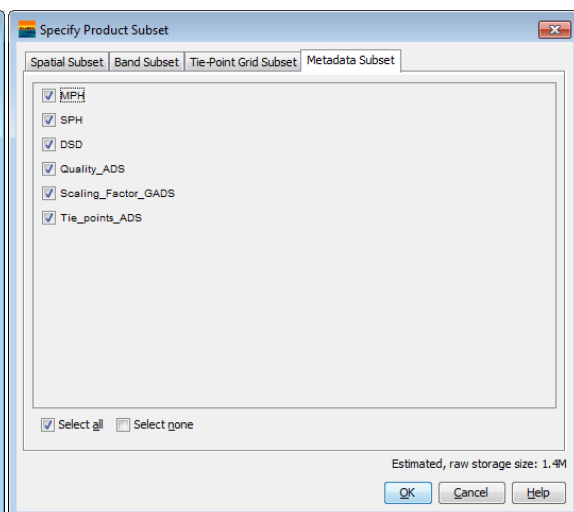
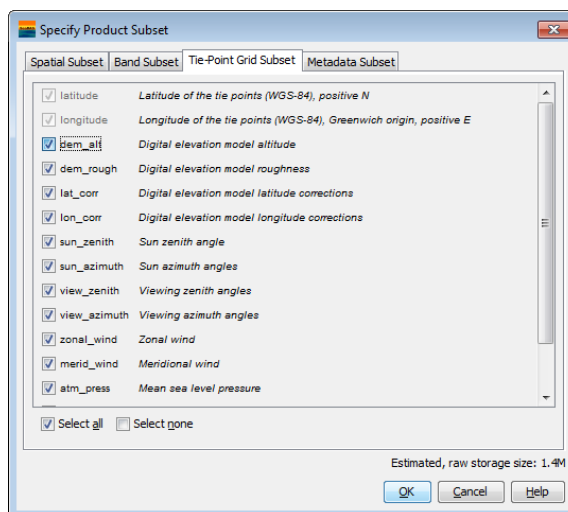
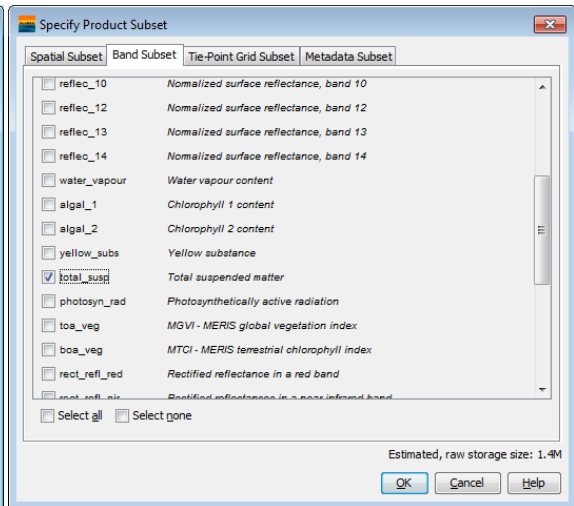
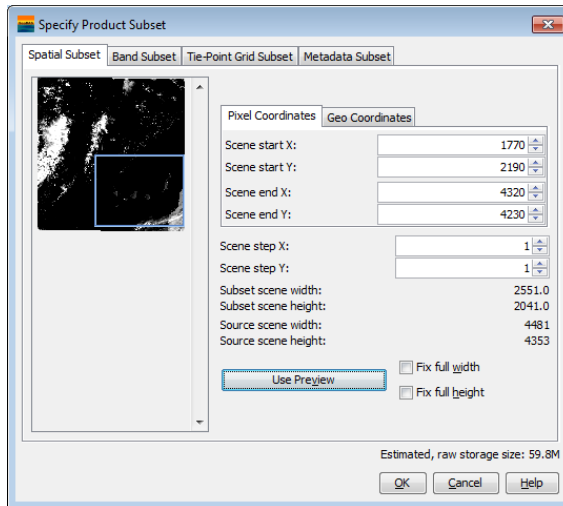
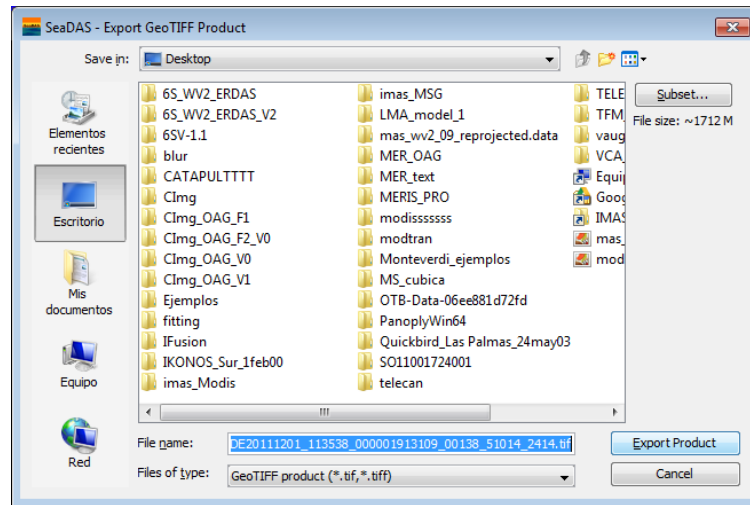
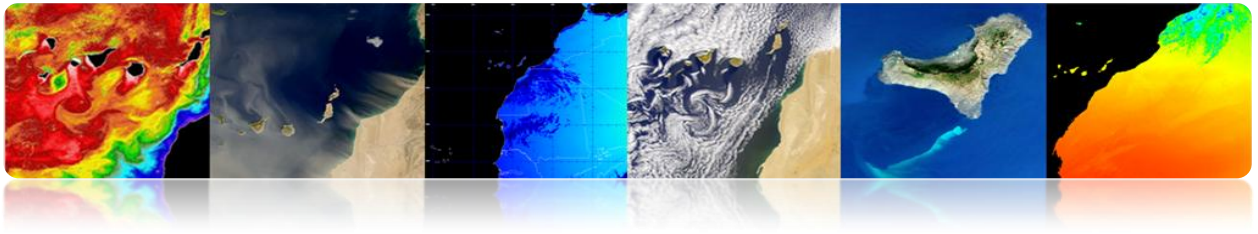
<http://opendap.jpl.nasa.gov/opendap/allData/modis/L3/aqua/catalog.xml>

Seleccionando el menú "File" → "OpenDAP Access" nos aparece la siguiente interfaz para la descarga de los productos meteorológicos seleccionamos el archivo y pulsamos descargar.



Otra utilidad muy interesante de la herramienta es exportar una imagen o producto oceanográfico en un formato más estándar, como por ejemplo el geotif. Para ello seleccionamos el menú “File” → “Export Raster Data” → “GeoTiff”, y aparecerá un ventana donde se ha de introducir la ruta del archivo a generar. Sin embargo, antes presionaremos el botón “Subset...” lo que hará aparecer otra ventana de configuración. En la pestaña “Spatial Subset” seleccionaremos el área que queremos guardar. En “Band Subset” seleccionaremos las bandas o productos, en este ejemplo *total_susp*. En “Tie-Point Grid Subset” se selecciona la información adicional del producto. Finalmente en la pestaña “Metadata Subset” se selecciona los Metadatos a almacenar en el geotiff.

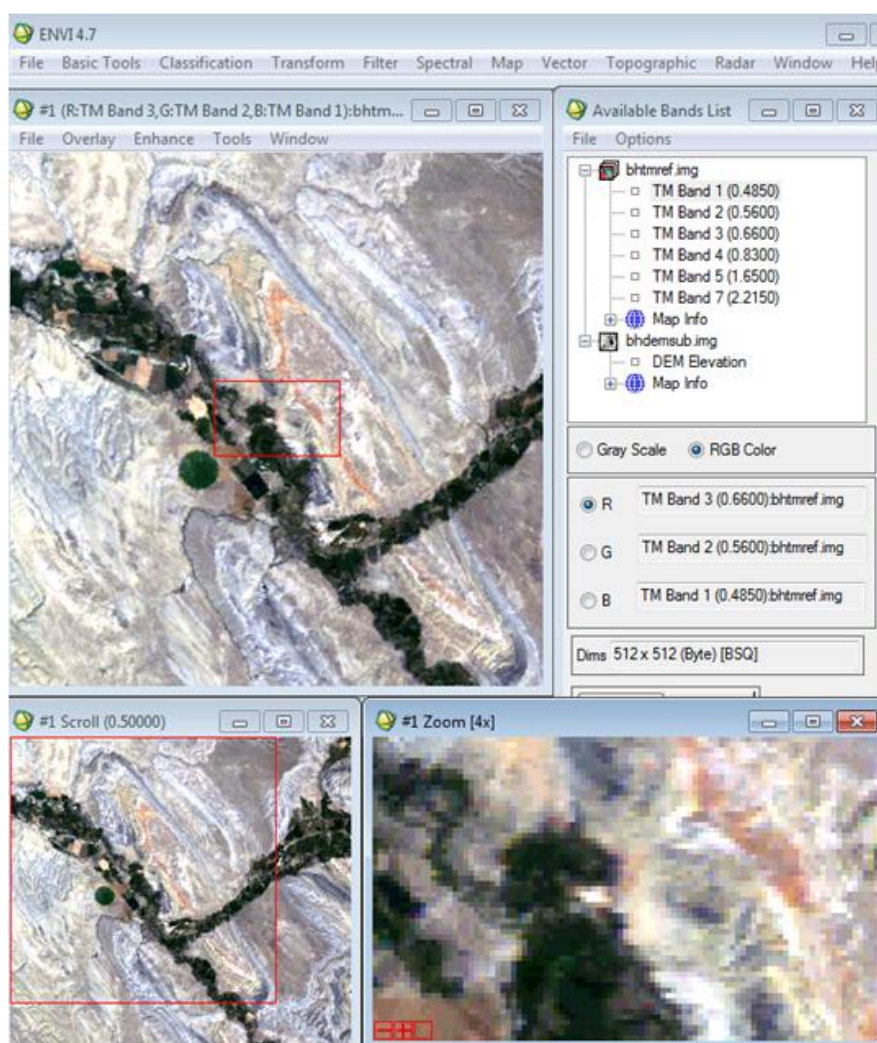
Una vez configurado se presiona el botón OK, generándose la imagen con el área y productos seleccionados.





2.4. ENVI

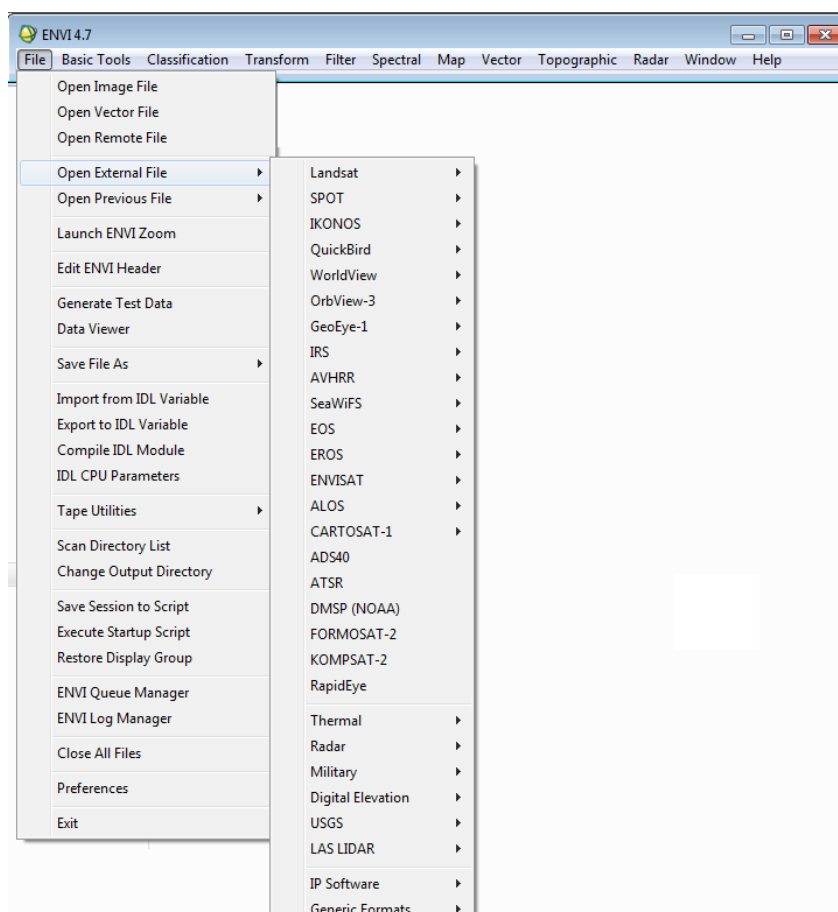
El “*ENvironment for Visualizing Images*” ENVI es un software avanzado para el procesamiento y análisis de imágenes de teledetección espacial, siendo uno de los más utilizados en el mundo profesional para el procesamiento de imágenes de teledetección. Permite el procesamiento de múltiples tipos de imágenes y datos de satélite, la realización de correcciones como la atmosférica, fusión de imágenes, transformaciones, filtros, procesamiento geométrico, clasificación, etc. La última versión del programa es la 5, que mejora su interfaz gráfica, siendo más amigable que las versiones anteriores. Sin embargo en estas prácticas vamos a contar con la versión 4 que aunque posee una interfaz menos intuitiva conserva toda la potencialidad de la herramienta.





❑ FUNDAMENTOS BÁSICOS DE ENVI

El uso básico del programa ENVI no difiere mucho respecto al de los programas anteriores. La primera opción del menú “File” proporciona todo tipo de utilidades para abrir, guardar y exportar imágenes. Aunque se puede hacer uso de la opción genérica de apertura de imagen “*Open Image File*”, es mejor hacer uso de la opción “*Open External File*” ya que tiene pre-configuradas las opciones y formatos de una multitud de satélites y sensores. En la figura se muestra el menú desplegado de “*Open Image File*” para la apertura de una imagen.

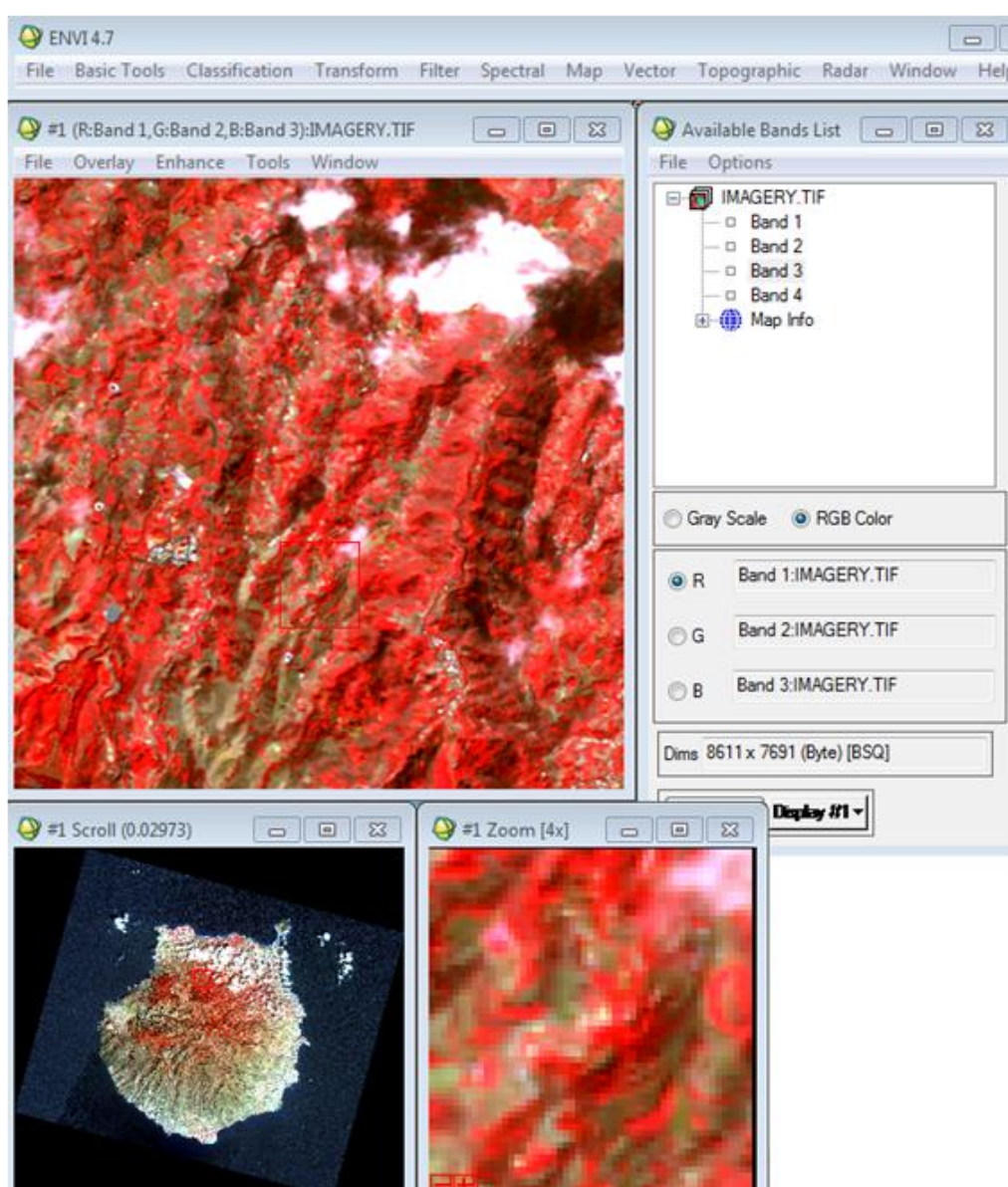


En este ejemplo vamos a abrir una imagen SPOT, para ello vamos a la opción SPOT y seleccionamos la opción “*GeoSpot*” al estar almacenado en una imagen geotiff. En ese momento aparecerá una ventana de selección de la ruta del archivo, una vez seleccionada nos aparecerá otra ventana con las bandas disponibles. Dado que es una





imagen multispectral vamos a configurar la visualización de la imagen RGB, para ello pulsamos la opción “*RGB Color*” y hacemos click sobre las bandas que queremos seleccionar como canal rojo, verde y azul (1, 2, 3). Finalmente presionamos el botón “*Load RGB*”, lo que producirá la aparición del visor del ENVI. Podemos observar una extraña configuración de colores, en donde la zona de vegetación tiene un color rojizo. Esto es debido a que el sensor no dispone del canal Azul, (verde, rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo medio), por lo que se está representando un G-R-NIR.

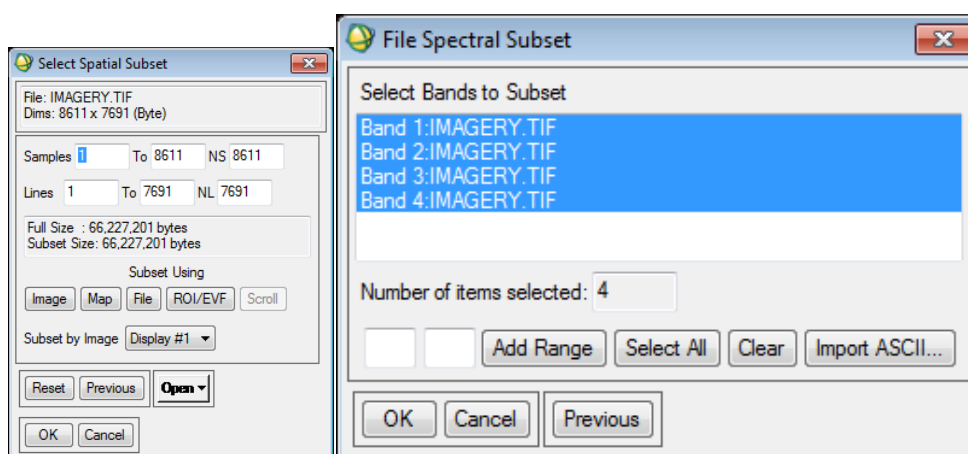
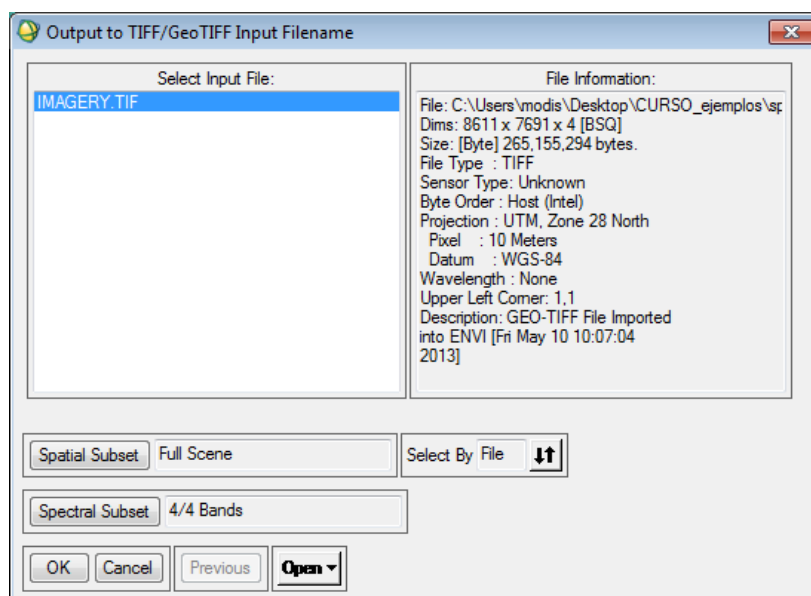




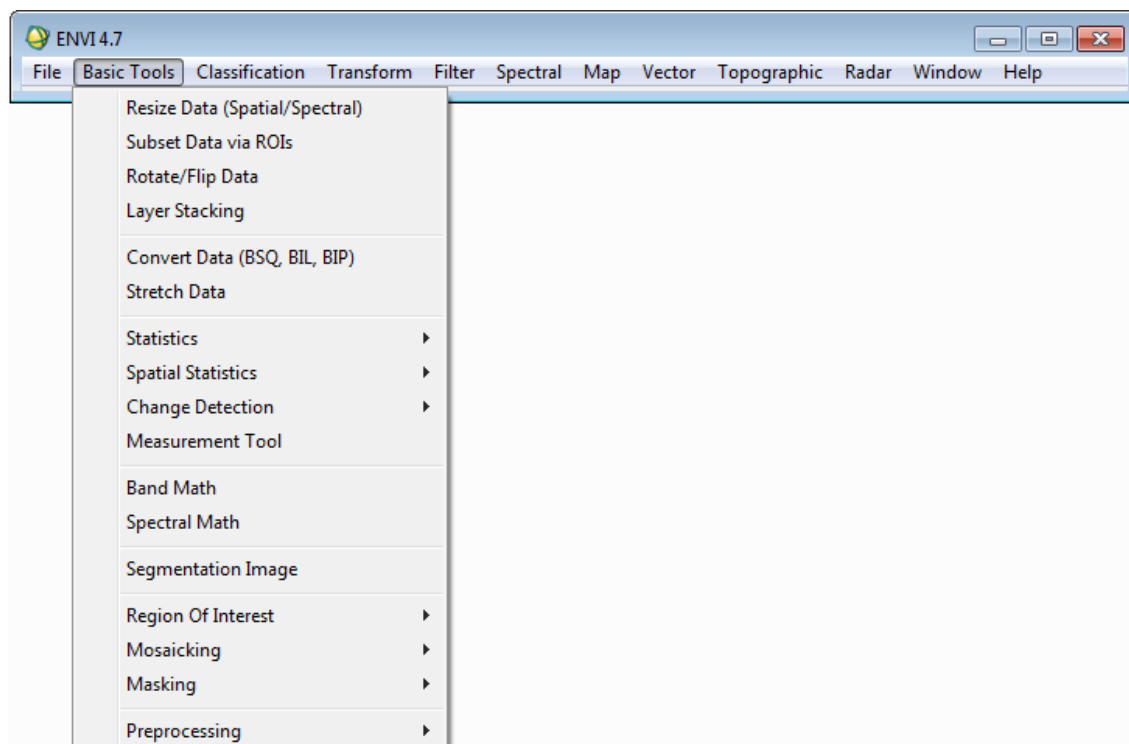
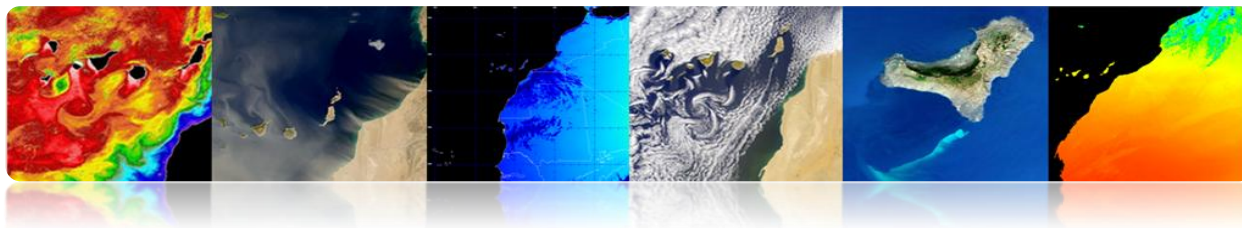
Podemos observar la presencia de 3 visores, el principal, uno de navegación que permite visualizar toda la imagen y un tercero de zoom [x4]. Además, podemos observar como una vez cargada la imagen, el menú de la lista de imágenes queda enlazado con los visores por el botón inferior “*Display #1*”, que como podemos observar corresponde con la numeración de las ventanas del visor. Si se desea cargar una nueva imagen, es necesario crear un nuevo visor en el menú “*Available Bands List*”.

En el visor principal también podemos observar como existe un menú superior con múltiples opciones. En “*File*” se puede modificar las preferencias del visor, permite guardar en disco lo visualizado en el visor, o imprimirlo. En “*Overlay*” entre otras opciones se puede introducir líneas de rejilla, zonas de interés y datos vectoriales. El menú “*Enhance*” proporciona opciones de visualización, como “*stretching*”, “*Histogram Matching*” y filtrados. En “*Tools*” se proporcionan múltiples opciones, como enlazar visores para que visualicen las mismas zonas. Crear regiones de interés ROI, colorear imágenes en escala de grises, ventana de localización y valor de los píxeles, etc. El menú de “*Window*” se realizan la gestión de los visores, como crear un nuevo visor, cerrarlos, presentar información de la imagen, etc.

Otra utilidad básica de la herramienta ENVI es la opción “*Save file as*” (ver figura) que permite guardar en disco las imágenes abiertas o procesadas por ENVI. En esta opción de menú podemos optar por una multitud de formatos de imágenes como el propio de ENVI, de ArcGIS, ERDAS, JPEG2000, GeoTIFF, etc. Una vez seleccionado el formato por ejemplo geotiff, aparecerá una ventana de selección que permite elegir los datos abiertos en el programa. En esta interfaz se puede seleccionar el subconjunto espacial de la imagen mediante el botón “*Spatial Subset*”, donde mediante la introducción de los puntos x-y o mediante un ROI se puede seleccionar un área específica de la imagen. Mediante el botón “*Spectral Subset*”, aparecerá una ventana en donde se puede seleccionar las bandas a guardar.



El menú “*Basic Tools*” contiene una variedad de funciones muy útiles para la manipulación de imágenes. Destacan las opciones para redimensionar las imágenes, recortando áreas, variando la resolución de los píxeles, rotación de las imágenes, modificación del formato de almacenamiento de la información (Interleave: BSQ, BIL, BIP). Herramientas estadísticas y de medida, operaciones matemáticas entre bandas. Herramientas de segmentación de imágenes, mosaicos, mascarar, etc. Al final de la lista se encuentra la opción de “*Preprocessing*”, en donde encontraremos herramientas para la calibración de imágenes, (obtención de radiancia y reflectividad), corrección atmosférica, y otros tipos de correcciones.





CONTENIDOS

PROCESADO DE IMÁGENES: CORRECCIONES Y CLASIFICACIÓN TEMÁTICA

3.1. INTRODUCCIÓN

3.2. CORRECCIONES DE LAS IMÁGENES DE TELEDETECCIÓN

MONTEVERDI

ENVI

SEADAS

3.3. CLASIFICACIÓN TEMÁTICA DE IMÁGENES DE TELEDETECCIÓN

ENVI

MONTEVERDI





3.1. INTRODUCCIÓN

Esta práctica pretende ser una introducción a los tratamientos más usuales que se realizan con las imágenes de teledetección espacial. Para ello se va a hacer uso de Monteverdi, ENVI y SeaDAS. En la primera parte de esta práctica se pretende mostrar las diferentes utilidades que permiten la realización de las correcciones radiométricas, atmosféricas y geométricas, mientras que en la segunda parte se realizaran procesos orientados a la clasificación de diferentes cubiertas sobre una imagen de satélite de alta resolución.

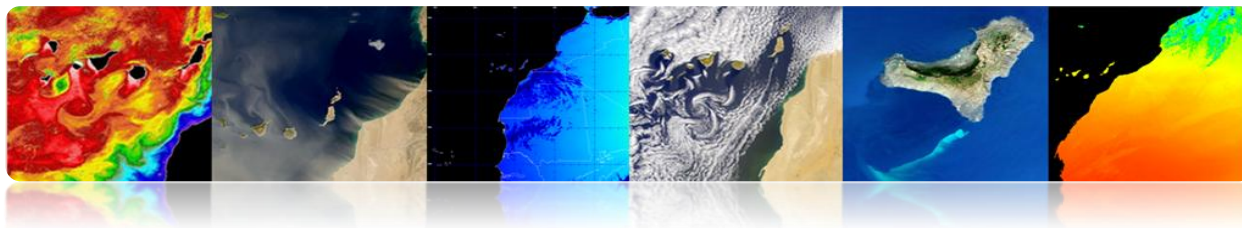
3.2. CORRECCIONES DE LAS IMÁGENES DE TELEDETECCIÓN

Los preprocesados más importantes en teledetección, orientados a obtener los valores correctos de la energía reflejada o emitida sobre cualquier punto de la superficie terrestre, son los siguientes: corrección radiométrica, corrección atmosférica y corrección geométrica.

Las correcciones radiométrica y atmosférica, también denominadas calibrado de imágenes, son un paso fundamental en el procesamiento de imágenes de teledetección en el dominio óptico. La calibración permite obtener un parámetro físico independiente de las condiciones de iluminación e incluso de las condiciones atmosféricas, lo que permite por ejemplo trabajar con imágenes de fechas distintas para detectar cambios.

La gestión de la información geográfica de los datos de teledetección es otro punto de gran importancia. Gracias a la información geográfica contenida en los datos de teledetección podemos superponer imágenes, y comparar sus valores. Para ello es necesario utilizar los mismos modelos de proyección en las imágenes y es necesario que las imágenes estén registradas entre sí, lo que permite que los puntos de las imágenes coincidan adecuadamente.





En los próximos apartados se presentan casos prácticos de estas correcciones para cada una de las herramientas software anteriormente descritas (Monterverdi, ENVI y SeaDAS).

□ MONTEVERDI

Monterverdi dispone en el menú principal de la opción "*Calibration*" → "*Optical calibration*" que permite la calibración de imágenes de alta y muy alta resolución (IKONOS-2, Spot4-5, QuickBird, WorldView2 y Formosat2). La calibración produce como resultado una imagen de luminancia o radiancia, otra imagen de reflectividad a lo alto de la atmósfera TOA, otra imagen de reflectividad superficial TOC, y una imagen diferencia TOA-TOC.

Una vez seleccionada la opción "*Optical calibration*" aparece una ventana "*Set input*" en donde se ha de seleccionar la imagen que queremos corregir (por ejemplo del satélite WorldView-2). Es muy importante que junto a la imagen se encuentre el archivo metadata con la información necesaria para realizar las correcciones. Por lo tanto hay que asegurarse que el nombre de los archivos no ha sido modificados respecto a los datos originales y que no se ha eliminado el metadato. Una vez que presionamos OK, se procederá a realizar el cálculo de la corrección atmosférica mediante el modelo atmosférico 6S (*Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum*), lo cual puede durar unos cuantos segundos. Una vez finalizado el cálculo aparecerá la siguiente ventana "*Optical calibration module*".





En este módulo se ha de configurar el tipo de aerosol que existe en esta área, (costero, continental, desértico, etc.), siendo muy importante introducir el espesor óptico (*Aerosol thickness*) de la atmosfera, este dato se puede consultar en:

<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/overview/index.html#>

También se puede mejorar el resultado de la corrección introduciendo el valor de ozono y el perfil atmosférico obtenido por globos sondas del sistema Aeronet, estos datos se pueden consultar en:

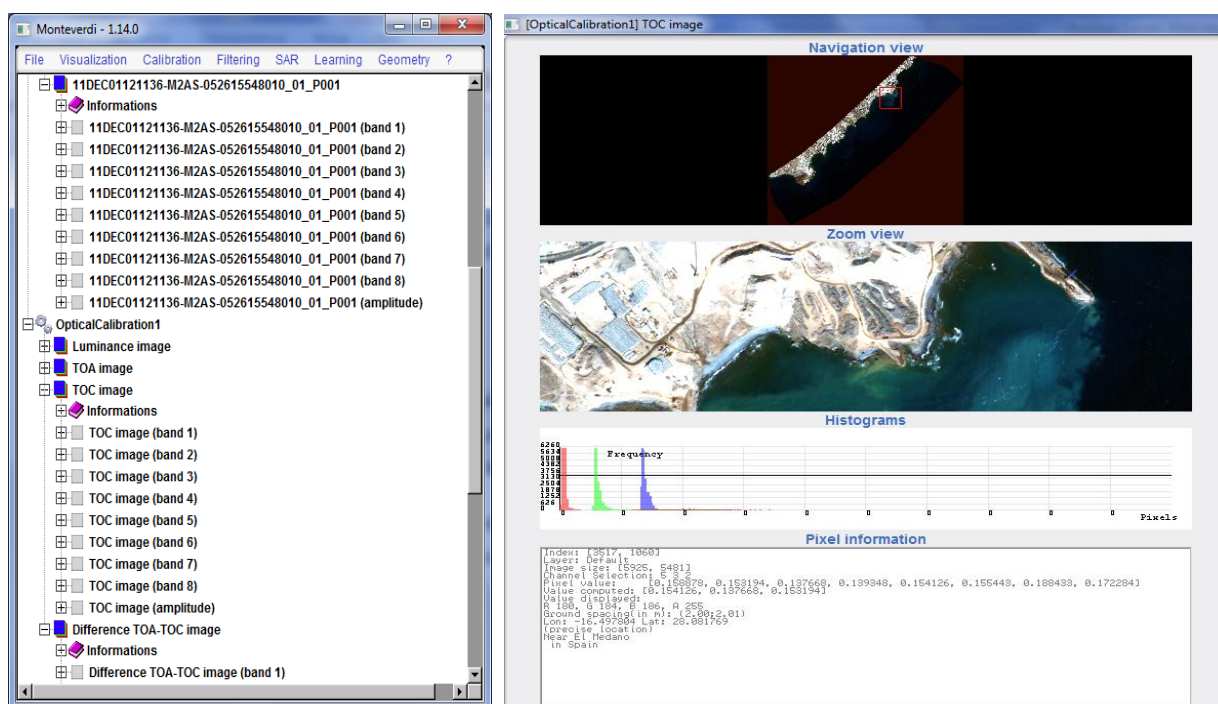
<http://www.weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>

<ftp://ftpdatos.aemet.es/ozono/>

Para finalizar la configuración, es muy aconsejable proporcionar al módulo los datos de sensibilidad espectral de las bandas del satélite. Estos datos de sensibilidad espectral son proporcionados por las entidades que gestionan los satélites. Una vez que hemos configurado todos estos puntos pulsamos el botón "Save/Quit" lo que genera las imágenes calibradas de luminancia, reflectividad TOA y TOC.

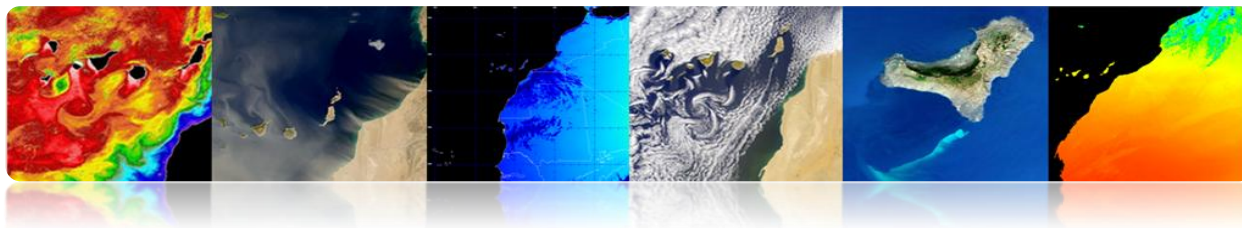


En la figura siguiente se muestra la interfaz principal con el resultado de la calibración óptica (luminancia, TOA, TOC y TOA-TOC), y también se muestra la imagen de reflectividad superficial corregida atmosféricamente TOC con valores de datos comprendidos entre 0 y 1.

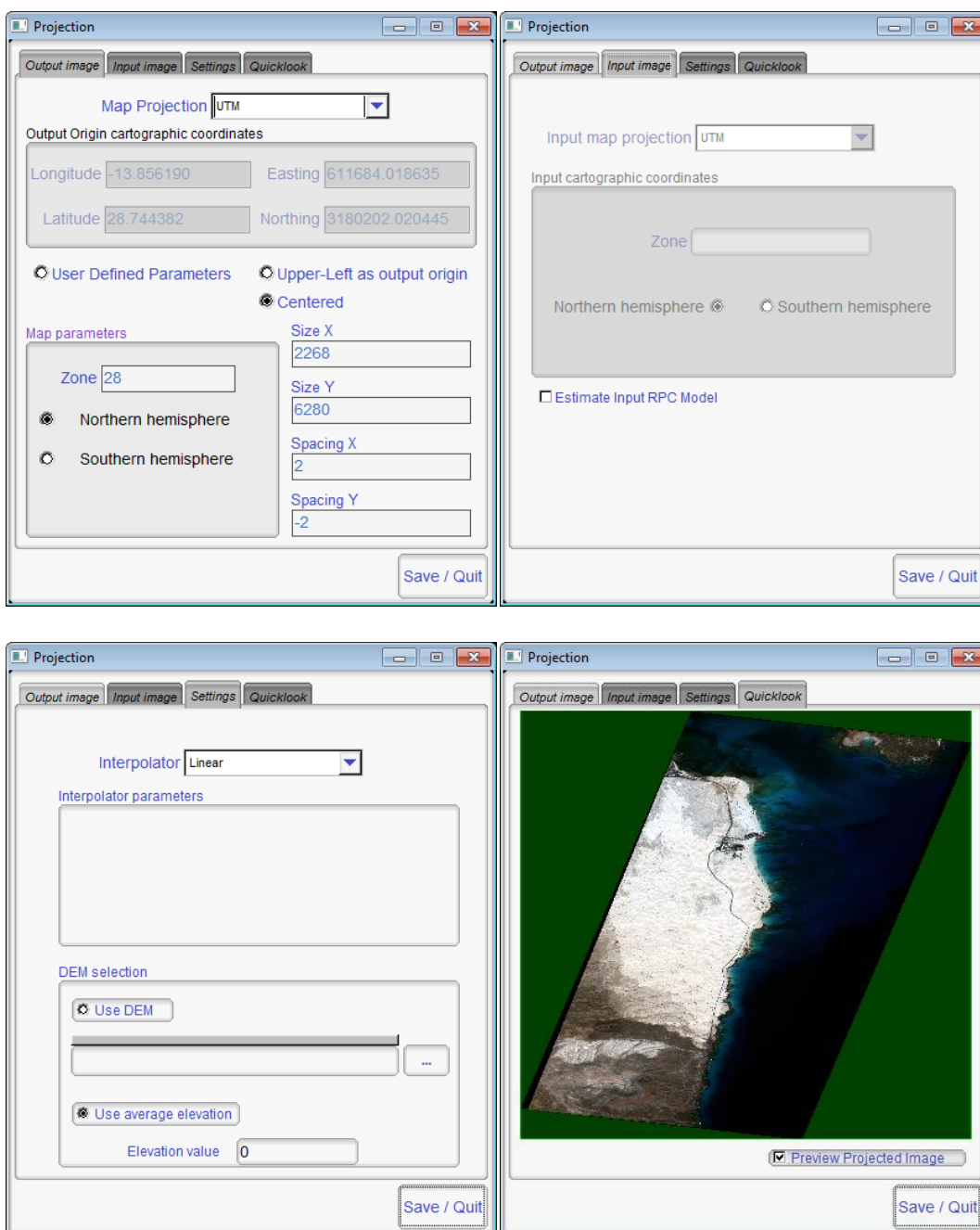


Monteverdi contiene unas cuantas utilidades de corrección geométrica disponibles en el menú principal “Geometry”, entre las que destaca “Reproject image”, “Superimpose two images” y “Homologous points extraction”.

La opción “Reproject image” permite modificar el tipo de proyección de la imagen. Una vez seleccionada la opción aparecerá una ventana “set input” en donde se seleccionará la imagen a reproyectar. Una vez seleccionada la imagen aparecerá el módulo “Projection” (ver figura) donde se configuran las opciones de la nueva proyección. En la pestaña “Output image” se configura el tipo de proyección que puede utilizarse (UTM, LAMBERT2, WGS84, y EPSG). En la pestaña “Input image”, aparece el formato de georeferenciación de la imagen de entrada. En la pestaña “Settings” se configura el método de interpolación utilizado (Linear, Nearest, BCO). Finalmente en la pestaña



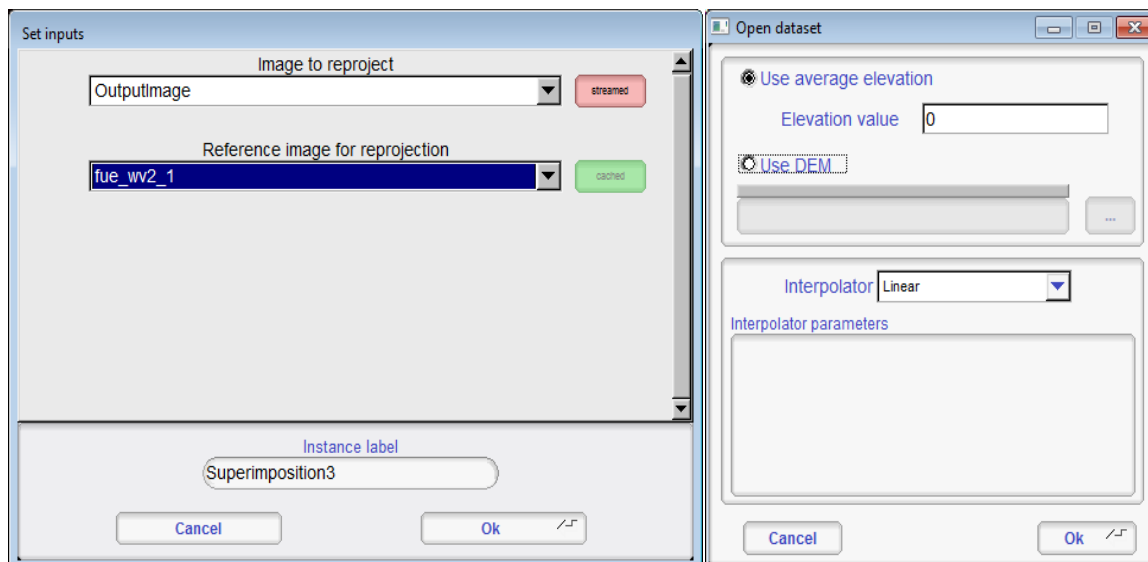
“Quicklook” se puede ver una previsualización de la reproyección. Una vez pulsado el botón de “Save/Quit”, se generará la imagen reproyectada en la interfaz principal.



Seleccionando “Superimpose two images” se abre una ventana “Set inputs” (ver figura) en donde se ha de seleccionar la imagen a reproyectar y la imagen referencia. Pulsando el botón OK aparecerá la ventana “Open dataset”, donde se configura la

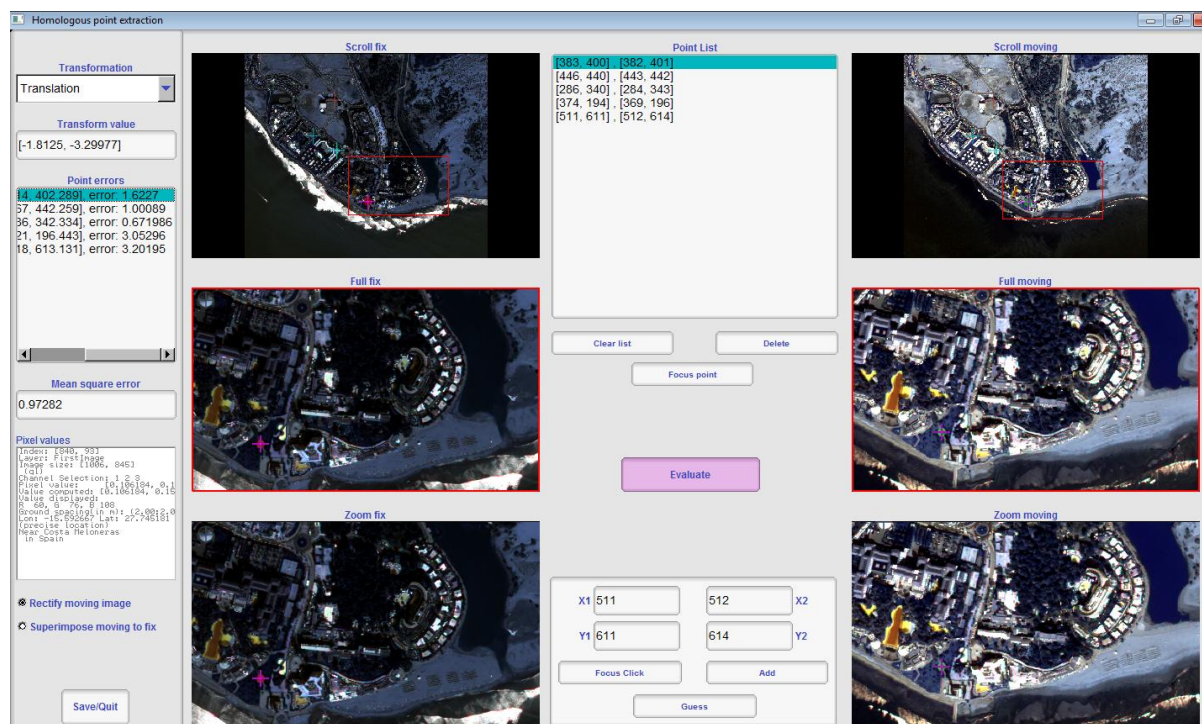


interpolación y se selecciona el modelo de elevación DEM, si se dispone. Presionando el botón OK se genera la imagen reproyectada en la interfaz principal.



El resultado de esta sencilla operación es una imagen reproyectada basada en la proyección de la imagen referencia.

Finalmente, seleccionando “*Homologous points extraction*” se abre una ventana “*Set inputs*” en donde se ha de seleccionar la imagen referencia (Fix) y la imagen a desplazar (Moving). Pulsando el botón OK aparecerá la ventana del módulo “*Homologous point extraction*” (ver figura) donde aparecerán dos grupos de visores con las imágenes fija y la móvil. En los visores “*Zoom*” podemos ir seleccionando puntos de control que se encuentren presentes en las dos imágenes, añadiéndose a la lista de “*Point List*” mediante el botón “*Add*”. Una vez que tenemos seleccionados los puntos de control seleccionamos el método de transformación que permite calcula el desplazamiento de la imagen móvil respecto a la fija (*Translation, Affine, y similarity 2D*). También hemos de seleccionar el método de rectificado de la imagen (*Rectify moving image, Superimpose moving to fix*). Con los parámetros configurados presionamos el botón “*Evaluate*” obteniendo el desplazamiento de la imagen móvil respecto a la fija. Además obtenemos el error producido entre los diferentes puntos de control al realizar la transformación. Para finalizar solo queda presionar el botón “*Save/Quit*” para guardar el resultado en la interfaz principal.

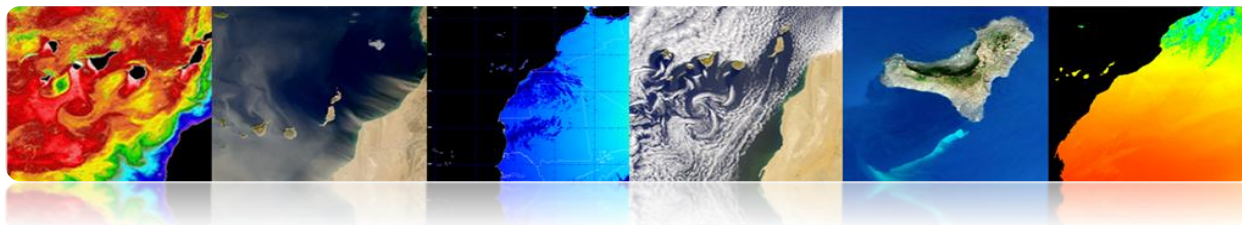


ENVI

ENVI proporciona utilidades de calibración para muchos sensores ópticos de satélites de teledetección. Además de permitir obtener la radiancia o reflectividad TOA de las imágenes, ENVI proporciona módulos de corrección atmosférica y permite utilizar métodos de corrección sencilla basados en extracción de píxeles oscuros. En cualquier caso, el módulo más utilizado para realizar correcciones atmosféricas es el FLAASH, que está basado en el modelo atmosférico MODTRAN (MODerate resolution atmospheric TRANsmission).

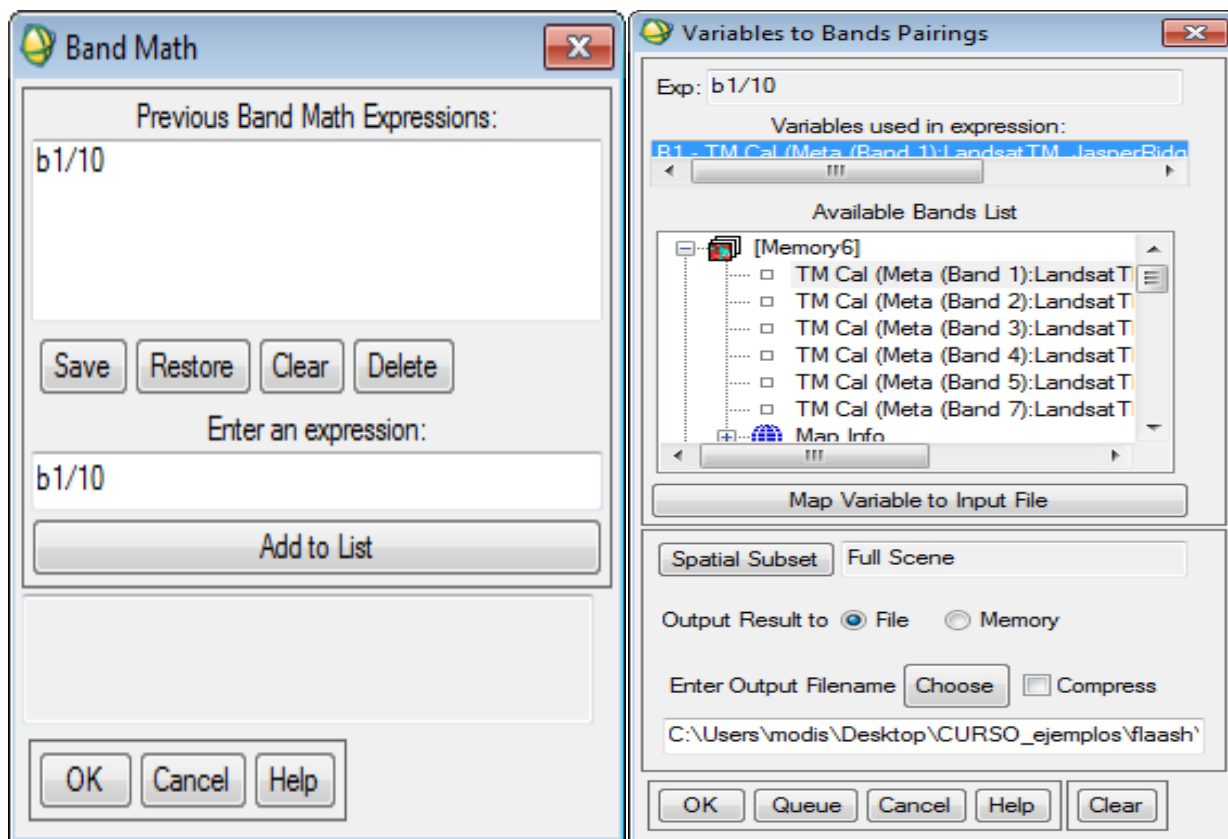
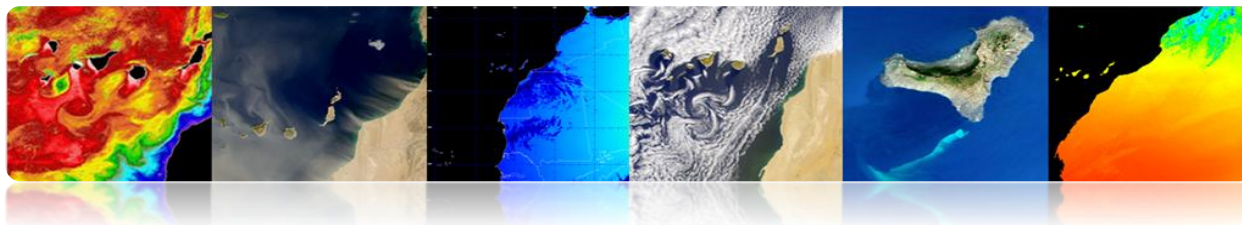
Para realizar el proceso de calibración y corrección atmosférica, se va a utilizar una imagen Landsat 7 llamada LandsatTM_JasperRidge_HRF.FST.

A continuación vamos al menú “Basic Tools” → “Preprocessing” → “Calibration Utilities” → “Landsat TM”, donde aparecerá una ventana de selección de la imagen. Una vez seleccionada la imagen Landsat nos aparecerá una ventana de calibración (ver figura)

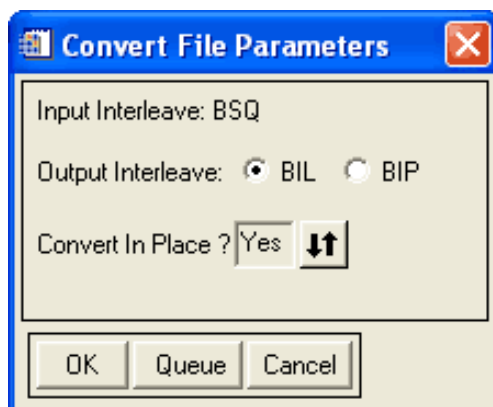


donde se configura el tipo de satélite, momento de adquisición de la imagen, y ángulo de elevación solar. Estos datos son introducidos automáticamente por el programa dado que los obtiene del Metadata, si no estuviera disponible tendríamos que proporcionarlos. Por último podemos seleccionar el cálculo de radiancia o reflectividad TOA y la salida de los datos procesados. Seleccionaremos radiancia dado que es el dato de entrada del algoritmo FLAASH y guardaremos el resultado en memoria.

A continuación es necesario realizar un ajuste de las unidades físicas de las bandas, dado que la radiancia obtenida viene en $[W/(m^2 \cdot sr \cdot nm)]$, mientras que FLAASH requiere de datos en $[\mu W/(cm^2 \cdot sr \cdot nm)]$. Por lo tanto hay que aplicar a las bandas un factor de corrección 10. Para ello vamos a “Basic Tools” → “Band Math”. Nos aparecerá una ventana en donde introduciremos la expresión $b1 / 10.0$. Pulsado OK nos aparece otra ventana, “Variables to Bands Pairings”, seleccionamos la banda a la que queremos dividir por 10, por ejemplo la banda 1. Finalmente configuramos la ruta de la imagen de salida JasperRidgeTM_radiance.img y pulsamos OK.



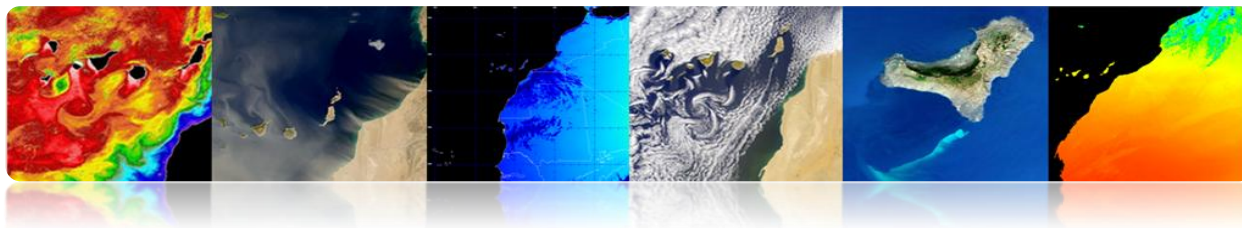
A continuación hemos de preparar la imagen para la corrección atmosférica. Para ello hemos de modificar el *interleave*, pues para el procesado espectral es mejor utilizar el formato BIP o BIL en lugar del BSQ que suele ser el formato utilizado por defecto en las imágenes. Para ello vamos a “Basic Tools” → “Convert Data (BSQ, BIL, BIP)”, entonces nos aparecerá una ventana que nos permite seleccionar la imagen que queremos procesar, una vez seleccionada, aparecerá la siguiente ventana en donde seleccionaremos el tipo de *interleave* que queremos seleccionar y marcaremos YES en la opción “Convert In Place” para que se modifique en la misma imagen.



De esta forma hemos creado una imagen de radiancia (banda 1) configurado correctamente para el formato de entrada del FLAASH. A continuación procedemos a ejecutar el módulo “*Basic Tools*” → “*Preprocessing*” → “*Calibration Utilities*” → “*FLAASH*” en donde aparecerá la siguiente ventana.

Input Radiance Image		
Output Reflectance File		
Output Directory for FLAASH Files C:\Program Files (x86)\ITT\IDL70\lib\hook		
Rootname for FLAASH Files		
<div> <div>Scene Center Location DD <-> DMS</div> <div>Sensor Type UNKNOWN-HSI</div> <div>Flight Date Jan 1 2000</div> </div>		
<div>Lat 0 0 0.00</div> <div>Lon 0 0 0.00</div>	<div>Sensor Altitude (km) 0.000</div> <div>Ground Elevation (km) 0.000</div> <div>Pixel Size (m) 0.000</div>	<div>Flight Time GMT (HH:MM:SS) 0 : 0 : 0</div>
<div> <div>Atmospheric Model Tropical</div> <div>Aerosol Model Rural</div> <div>Spectral Polishing Yes</div> </div>		
<div>Water Retrieval Yes</div> <div>Water Absorption Feature 1135 nm</div>	<div>Aerosol Retrieval 2-Band (K-T)</div> <div>Initial Visibility (km) 40.00</div>	<div>Width (number of bands) 9</div> <div>Wavelength Recalibration No</div>
<div> <div>Apply Cancel Help</div> <div>Hyperspectral Settings... Advanced Settings... Save... Restore...</div> </div>		





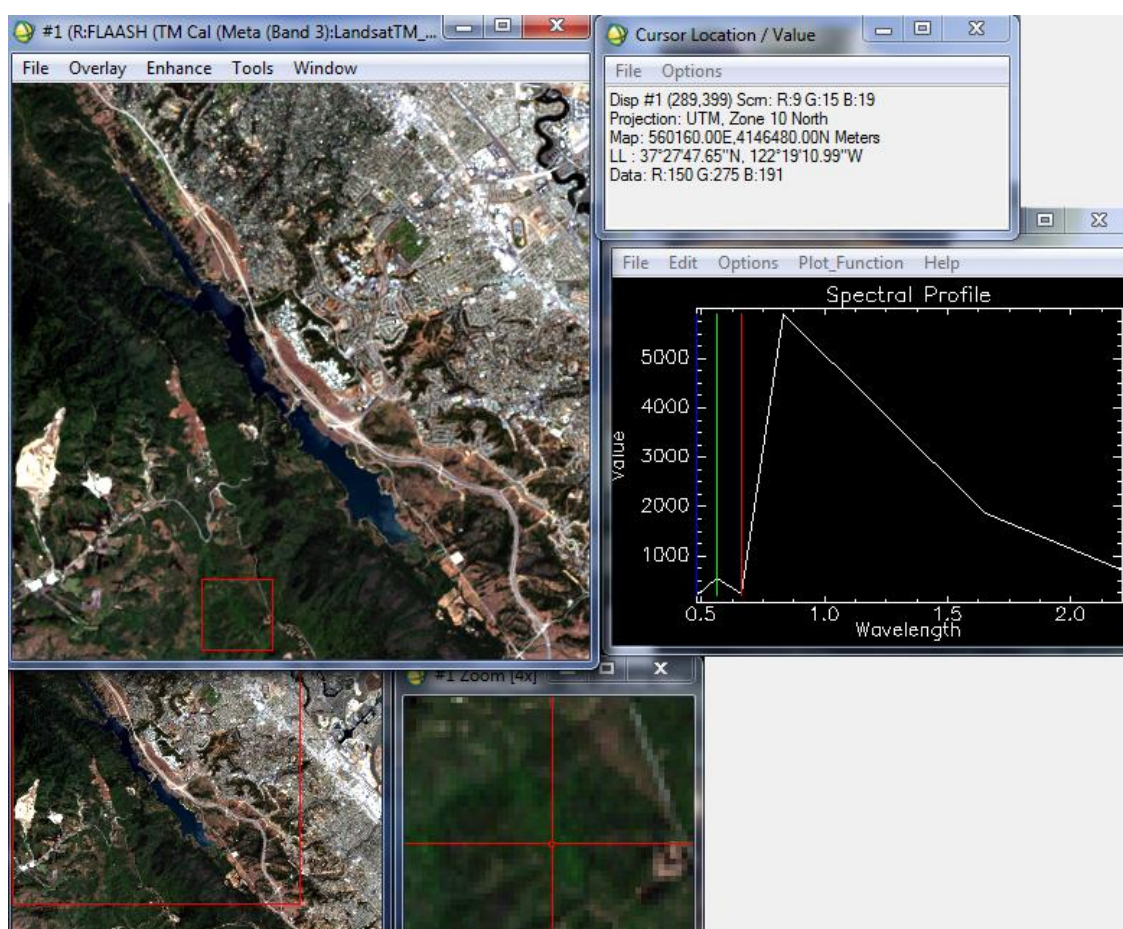
Para su configuración:

1. Presionamos al botón "*Input Radiance Image*" y seleccionamos la imagen de radiancia. Al seleccionar la imagen aparecerá el diálogo "*Radiance Scale Factors*", elegimos "*Use Single scale factor for all bands*". Puesto que las unidades ya están correctamente formateadas ponemos el valor 1. Si no lo hubiésemos hecho anteriormente tendríamos que poner el factor 10.
2. Presionamos el botón "*Output Reflectance File*" e introducimos la ruta de la imagen corregida.
3. Presionamos el botón "*Output Directory for FLAASH Files*" en donde se guardarán los archivos necesarios para realizar la corrección.
4. En el espacio "*Rootname for FLAASH File*" introducimos la raíz a los archivos generados.
5. Pulsamos el botón "*Restore...*" en donde podremos seleccionar el archivo con los datos de configuración necesarios para la corrección atmosférica de la imagen (*JasperRidgeTM_template.txt*). Con esto se rellenarán los parámetros geométricos de ángulos del satélite y del sol, así como la configuración atmosférica y de aerosoles.
6. Pulsando el botón "*Multispectral Settings*" podremos ver las funciones de los filtros de las bandas. Las bandas utilizadas para el cálculo de vapor de agua no están configuradas, dado que el satélite no tiene bandas que puedan ser usadas para este fin, por ese motivo la opción de la interfaz "*Water Retrieval*" indica "No". De la misma forma podemos consultar el "*Kaufman-Tanre Aerosol Retrieval*" para ver cuáles han sido las bandas utilizadas.
7. Finalizada la configuración se presiona el botón "*Apply*" para la corrección atmosférica. El proceso puede durar unos segundos dado que hay que ejecutar el modelo atmosférico MODTRAN. Una vez terminada la ejecución se genera la imagen de reflectividad superficial TOC en un formato entero (0 - 10000).





En la siguiente figura se muestra la imagen corregida JasperRidgeTM con valores de reflectividad superficial entre (0 - 10000). Se puede observar el *spectral profile* que representa el valor de los canales del pixel seleccionado por el cursor.

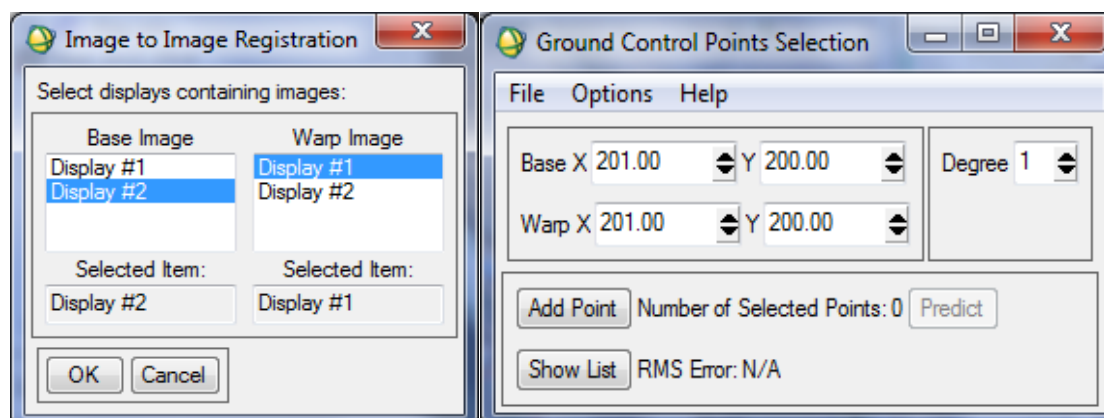


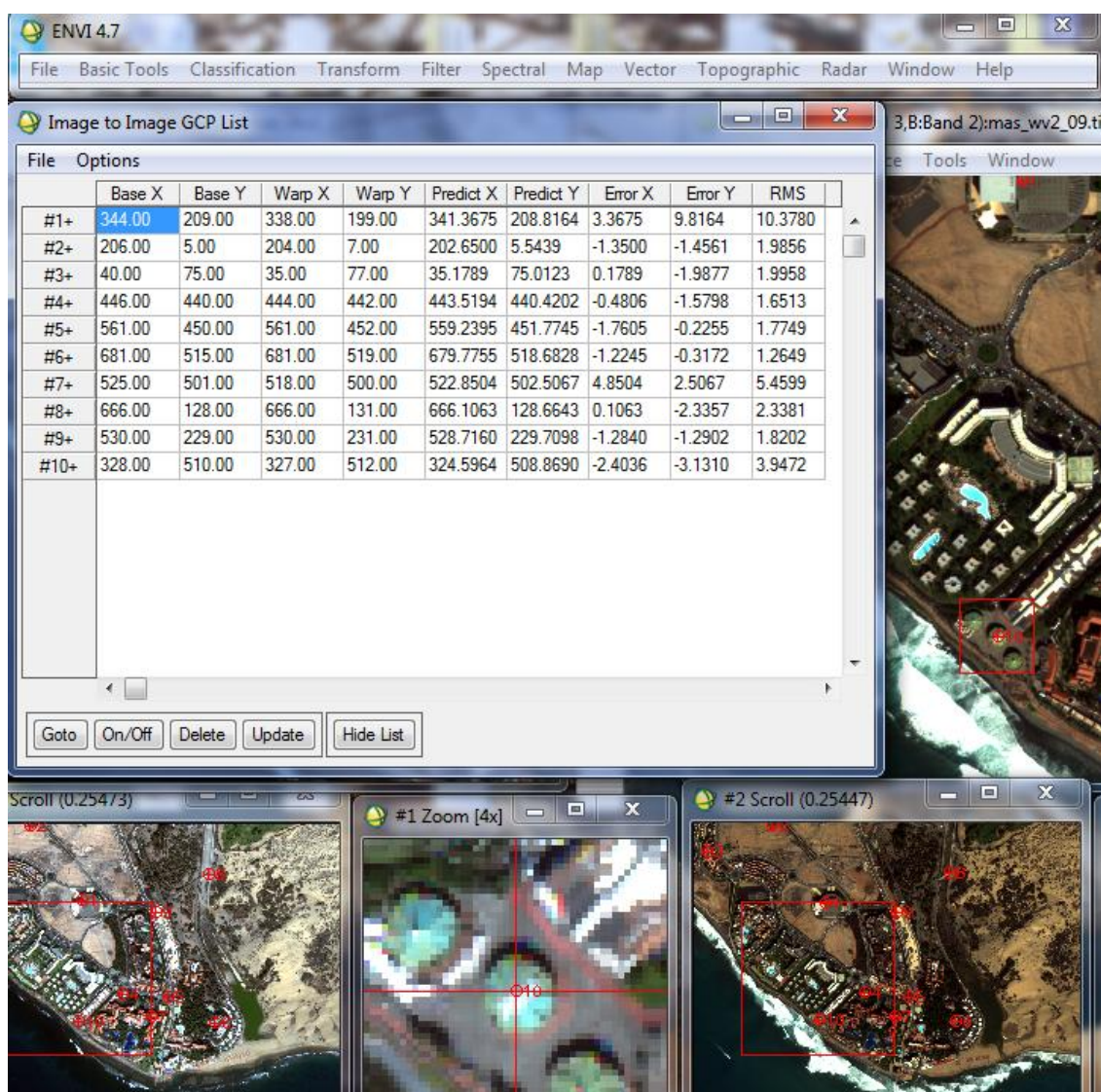
ENVI proporciona utilidades de corrección geométrica en el menú "Map". En este menú, podemos encontrar módulos para la georeferenciación de múltiples sensores de satélites de teledetección. También podemos encontrar módulos de ortorectificación, mosaico y registrado. Si bien los módulos de georeferenciación y ortorectificado son utilizados en los niveles más bajos del procesamiento de las imágenes, el registrado es una función de gran utilidad cuando se desea comparar imágenes de la misma zona geográfica.



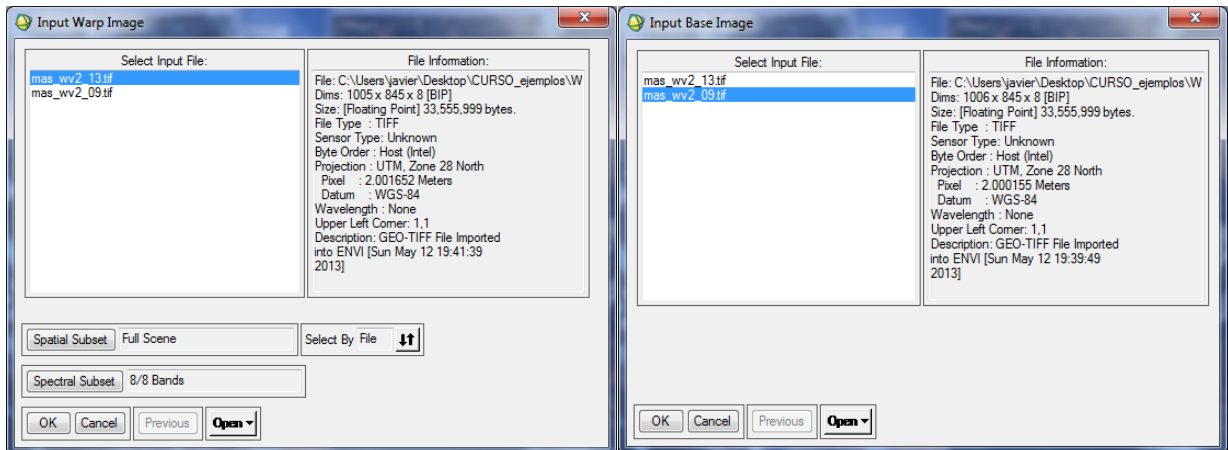
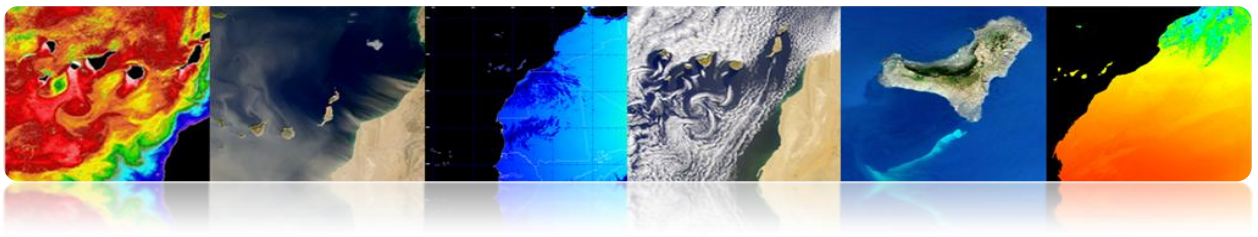
Para utilizar el módulo de registrado de ENVI, primero hemos de tener abiertas en los visores las dos imágenes que vamos a utilizar para el registrado, en nuestro ejemplo las imágenes de WV2 de Maspalomas. A continuación vamos al menú "Map" → "Registration" → "Select GCPs: Image to Image". Nos aparecerá un diálogo de selección del Display base (seleccionamos la imagen del año 2009) y del Display de la imagen a modificar "Warp" (Seleccionamos la imagen del año 2013).

Presionando OK, nos aparecerá el gestor para la selección de puntos de control GCPs. Iremos marcando los puntos de control en ambos visores con un doble click. En el menú "Options" podemos encontrar la opción "Automatically Generate Tie Points..." en donde el módulo seleccionará puntos de control de forma automática. Este sistema no suele proporcionar resultados óptimos por lo que lo realizaremos de forma manual. Vamos seleccionando cada punto de control en ambos visores, para que una vez seleccionado, se pulse el botón "Add Point" lo que añadirá el punto a la lista. Una vez seleccionados suficientes puntos para realizar el registrado, se guarda la lista de puntos en disco mediante la opción "Save GCPs to ASCII...". En la figura se muestra los visores con la selección y la lista de puntos que han de ser guardados en disco.

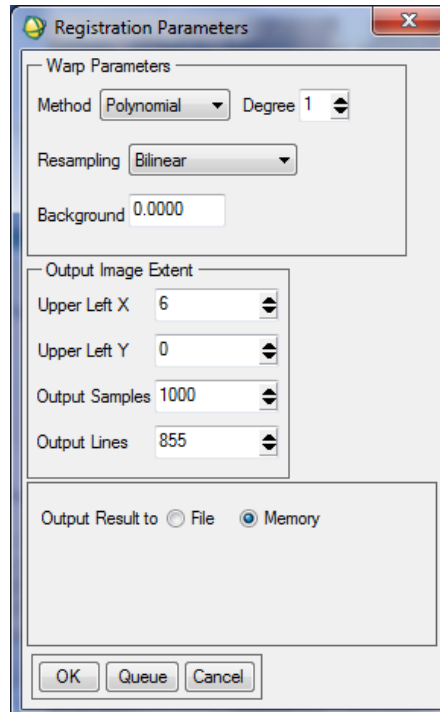




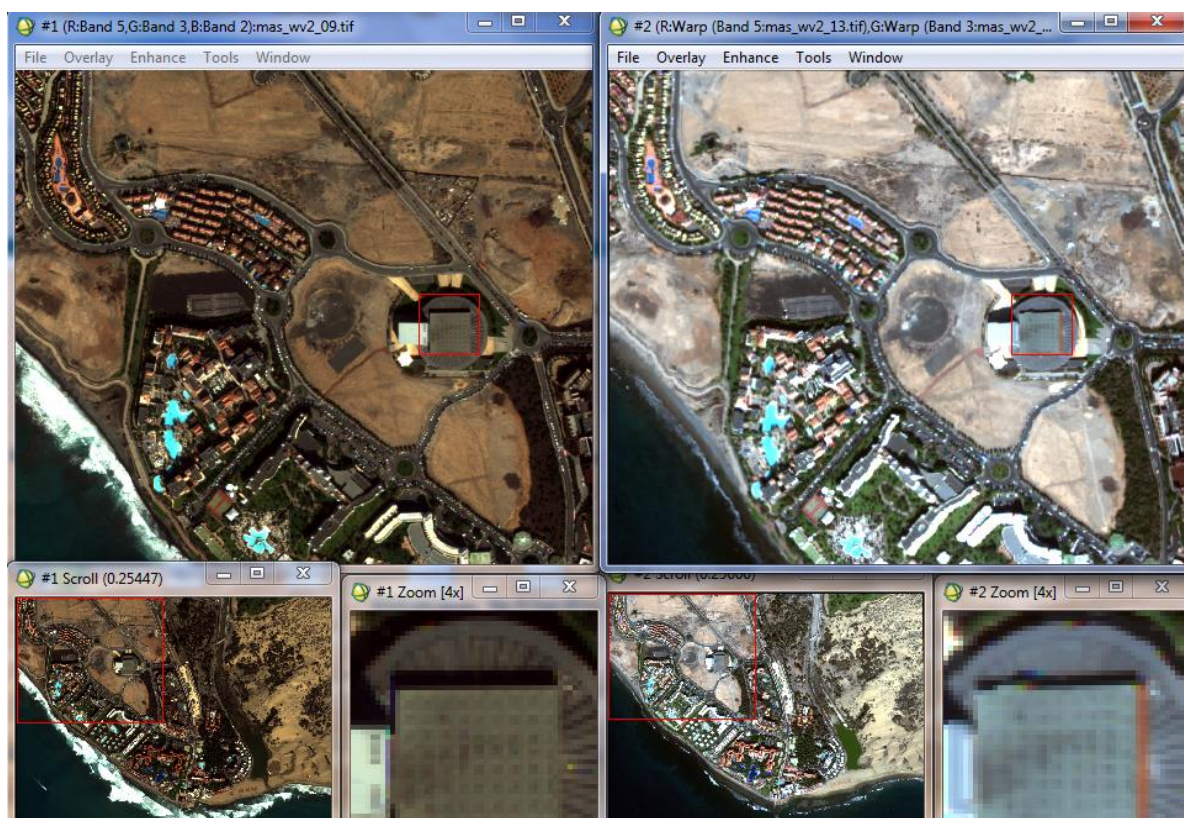
Una vez que disponemos de los puntos de control para el registrado nos disponemos a realizar la operación mediante el menú "Map" → "Registration" → "Warp from GCPs: Image to Image". Una vez seleccionada la opción del menú, aparecerá un diálogo de selección del archivo de puntos GCPs, seleccionado el archivo aparecerá una ventana de selección en donde seleccionaremos la imagen a modificar, y a continuación la imagen base.



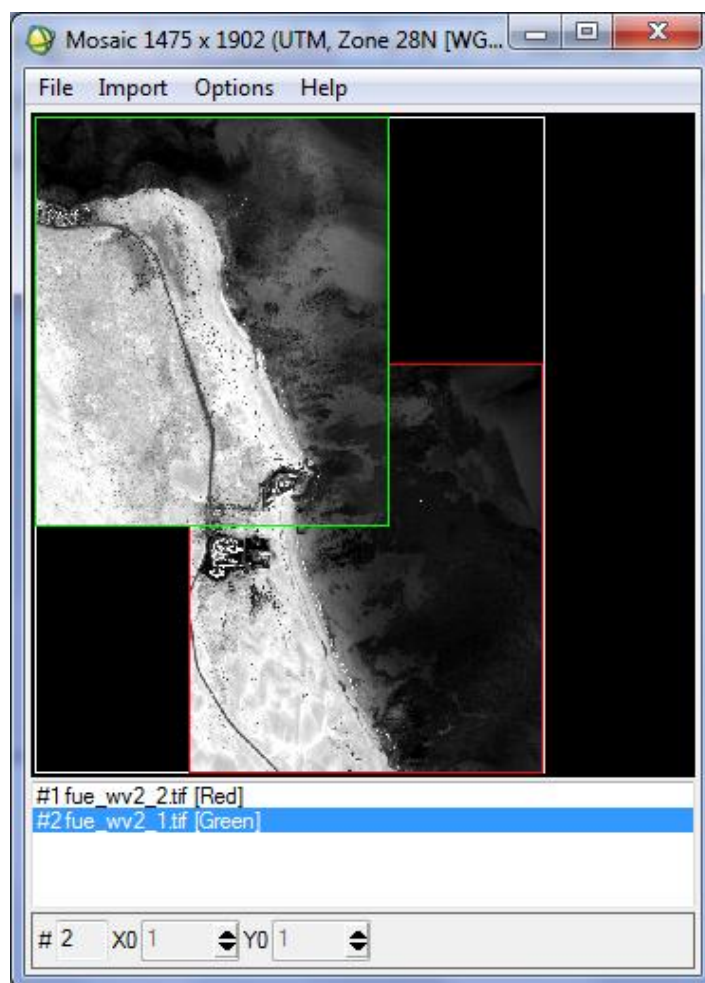
Finalizada la selección de las imágenes, aparecerá una ventana de configuración de los parámetros de registrado. Se puede seleccionar el método para el deformado de la imagen que permita ajustar los puntos de control, por ejemplo el "*Polynomial*". También se puede seleccionar el método de interpolación, por ejemplo "*Bilinear*". Una vez configurado se presiona el botón Ok, generando la imagen registrada.



Finalmente podemos comparar el resultado del registrado enlazando la imagen base y la imagen registrada.

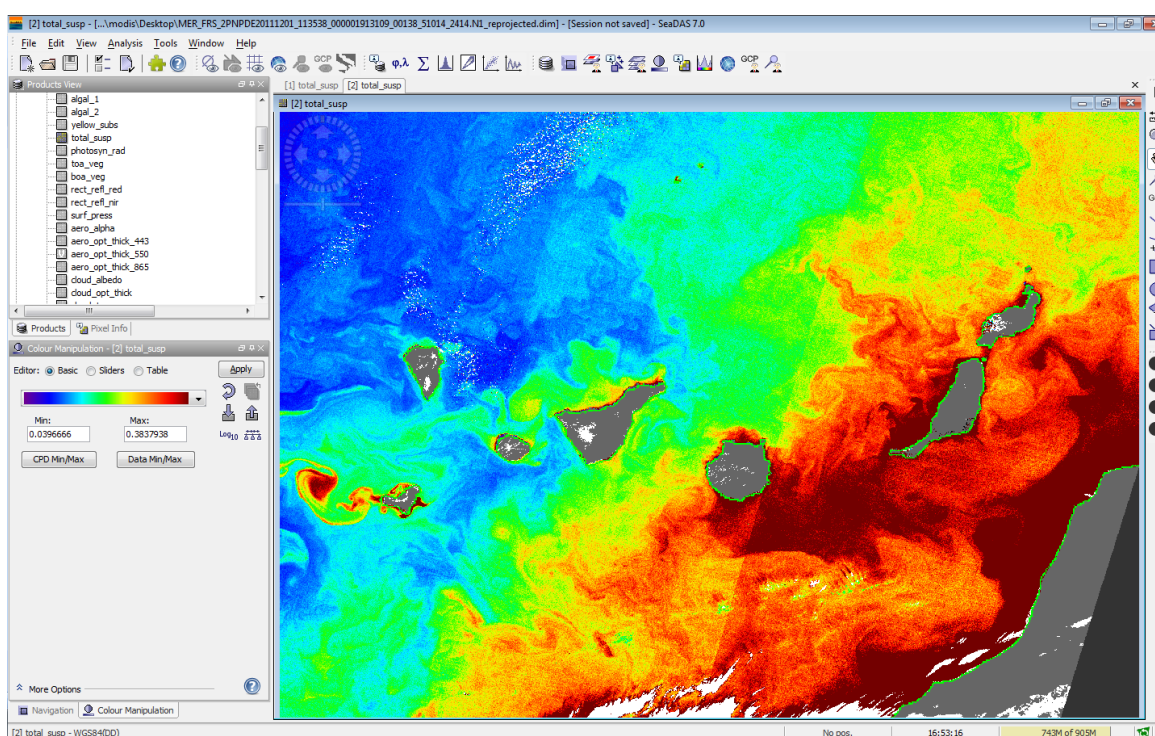
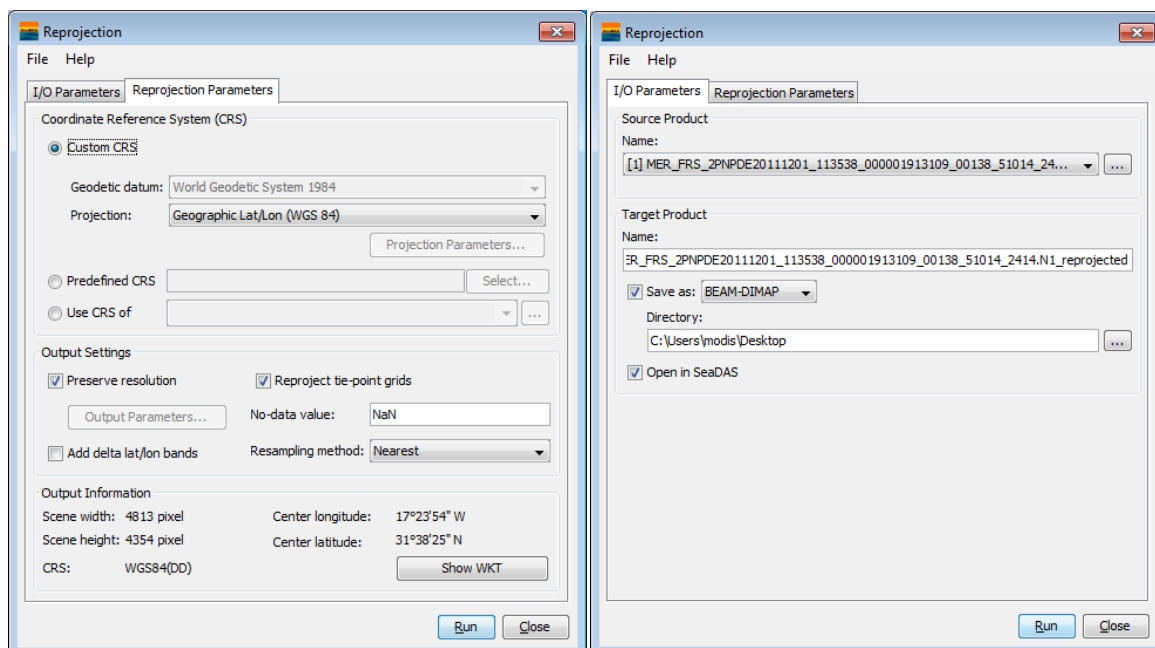
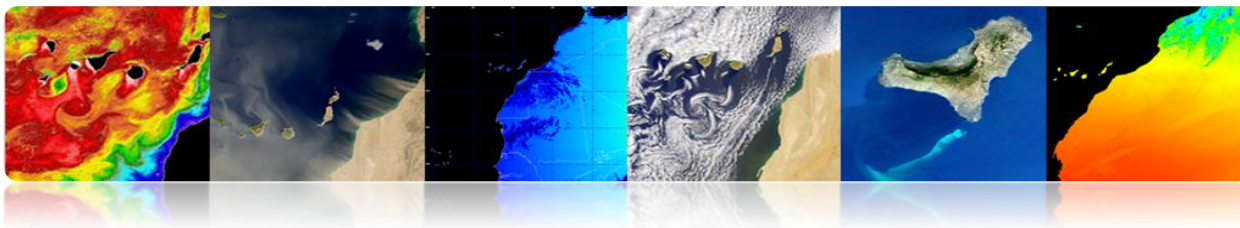


El módulo de mosaico "Map" → "Mosaicking" → "Georeferenced", proporciona la utilidad de generar mosaicos haciendo uso de imágenes georeferenciadas. Para ello vamos a utilizar las imágenes WV2. Una vez seleccionado el módulo aparece una ventana "Map Based Mosaic" donde se generará el mosaico. Para ello vamos al menú "Import" y seleccionamos las dos imágenes del 2009 y 2013. Después de unos segundos se generará el mosaico de las dos imágenes, visualizándose las dos regiones por separado mediante los bordes verde y rojo. Podemos observar como las dos imágenes se solapan en el centro prevaleciendo la imagen de borde verde. Una vez generado el mosaico podemos guardarlo en disco.



□ SEADAS

SeaDAS permite de forma sencilla la reproyección de las imágenes accediendo al menú “Tools” → “Reprojection...”. Seleccionada la opción aparece una ventana de configuración que permite configurar los parámetros de la reproyección. En “Projection Parameters” se configura el tipo de proyección, por defecto la geográfica WGS84 y permite configurar el método de interpolación. En “I/O Parameter” se configura el tipo de datos de salida y la ruta. Una vez que se reproyecta la imagen, lo cual puede durar unos minutos. La nueva imagen queda almacenada en disco y accesible para su visualización.





3.3. CLASIFICACIÓN TEMÁTICA DE IMÁGENES DE TELEDETECCIÓN

La clasificación es un paso muy importante al permitir generar un mapa temático con las clases de interés a partir de los datos numéricos de las bandas espectrales.

A continuación se procederá a utilizar el software ENVI y Monteverdi para generar una imagen clasificada con un método supervisado y otro no supervisado. SeaDas no permita realizar clasificaciones.

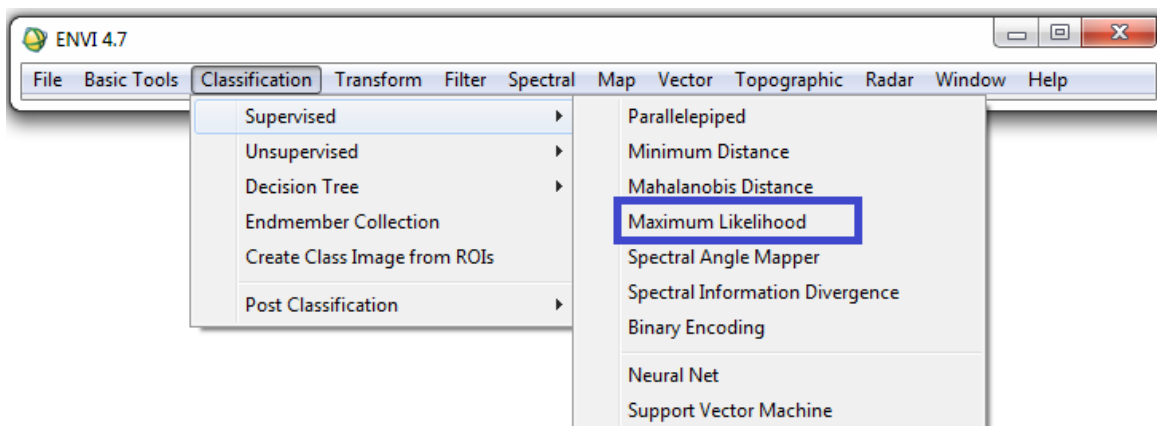
□ ENVI

- **Proceso de Clasificación Supervisada**

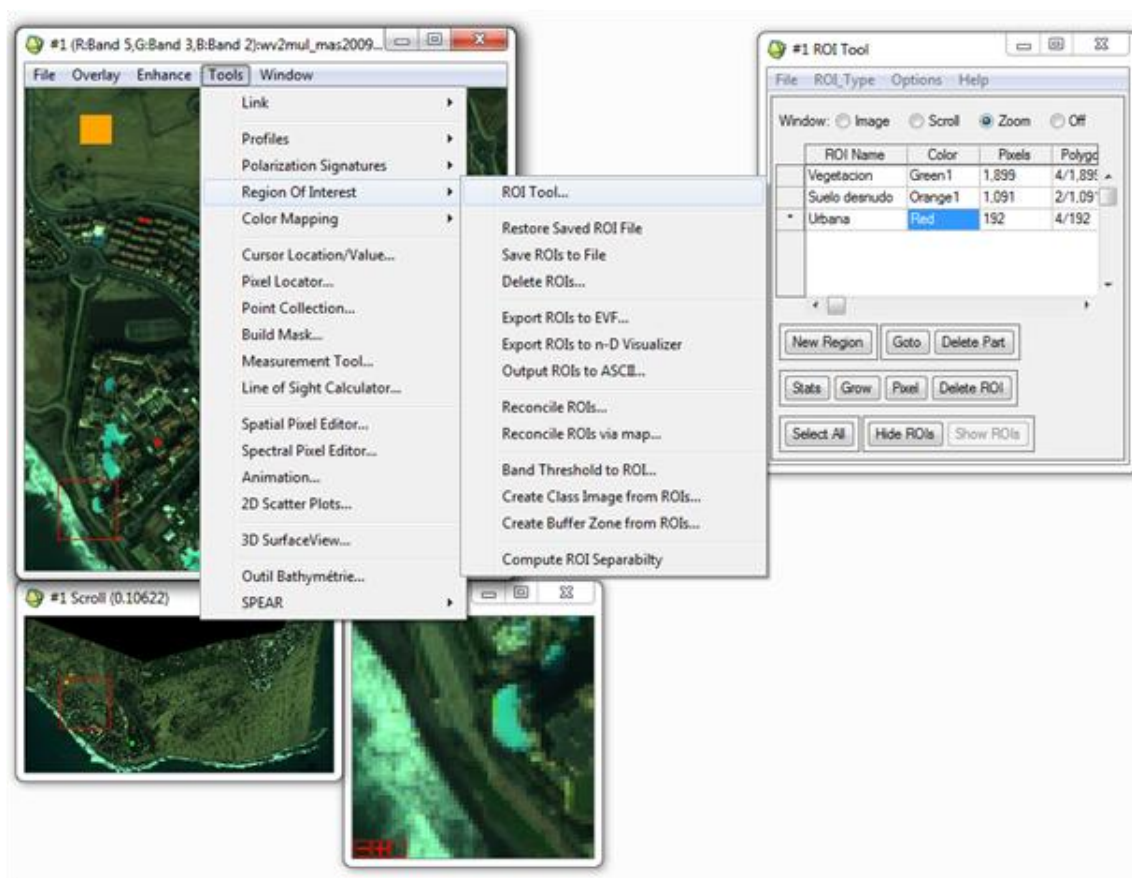
En la clasificación supervisada el usuario elige unas zonas de entrenamiento. Estas zonas de entrenamiento se definen como grupos de píxeles que representen a un área homogénea o material y que serán asociadas a una clase. Para crearlas en ENVI se utilizan las regiones de interés (ROIs). Además, se puede garantizar la separabilidad de las clases para evitar solapamiento entre las mismas representándolas en una mapa n-dimensional (n-D *Visualizer*).

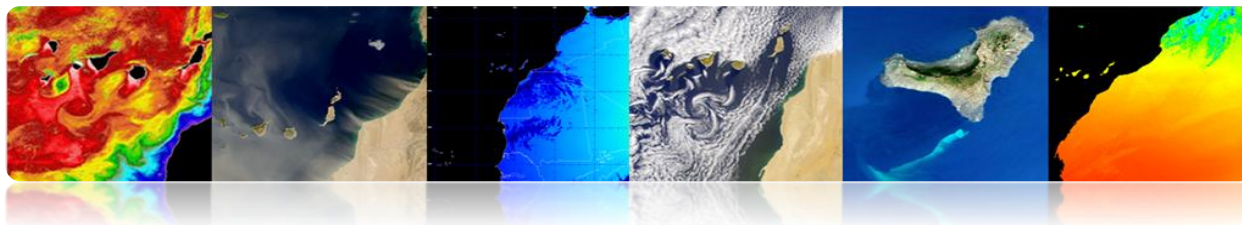
ENVI tiene implementados una gran variedad de algoritmos de clasificación, como podemos ver en la siguiente figura. En esta práctica nos centraremos en el algoritmo de *Maximum Likelihood* porque es uno de los que proporciona mejores resultados. El clasificador *Maximum likelihood*, asume que las estadísticas para cada clase en cada banda siguen una distribución normal y calcula la probabilidad de que un píxel pertenezca a una clase específica. A menos que se seleccione un umbral, todos los píxeles son clasificados. Cada píxel es asignado a la clase que tenga la máxima probabilidad. Si la máxima probabilidad es menor que el umbral especificado, el píxel queda no clasificado.



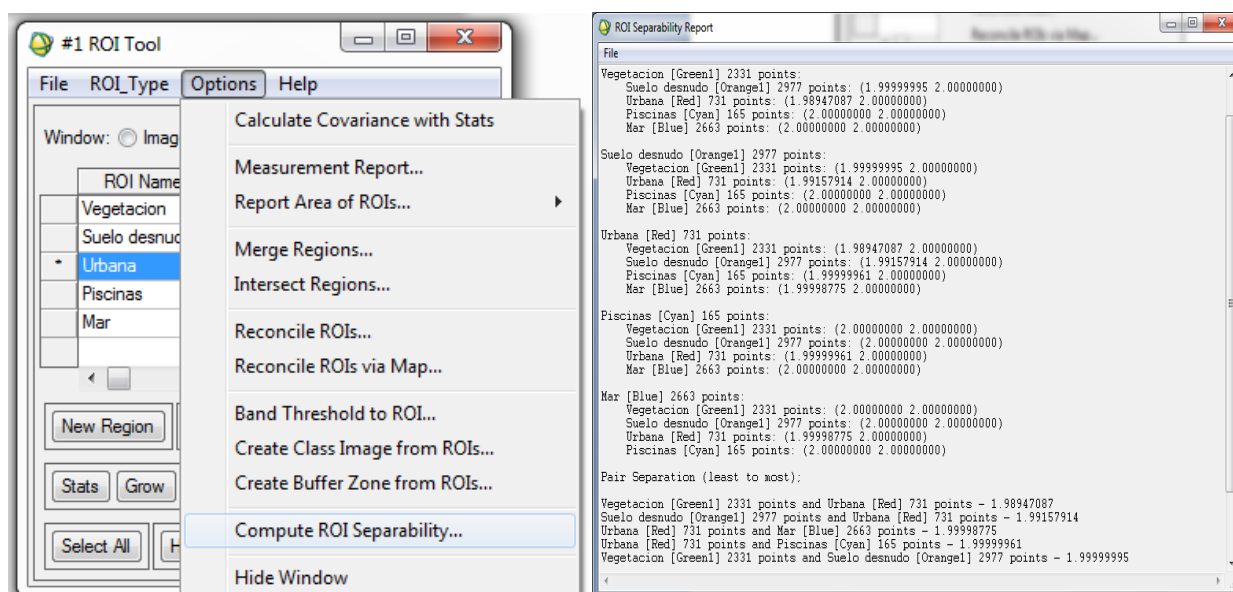


Antes de aplicar el clasificador es necesario crear las regiones de interés que vamos a ir asociando a las clases que queremos obtener a la salida del clasificador. Para ello vamos a *Tool--> Region of interest--> ROI Tool...* y vamos añadiendo las diferentes clases, asignándoles un nombre y un color, para que resulte fácil identificarlas en la imagen clasificada.



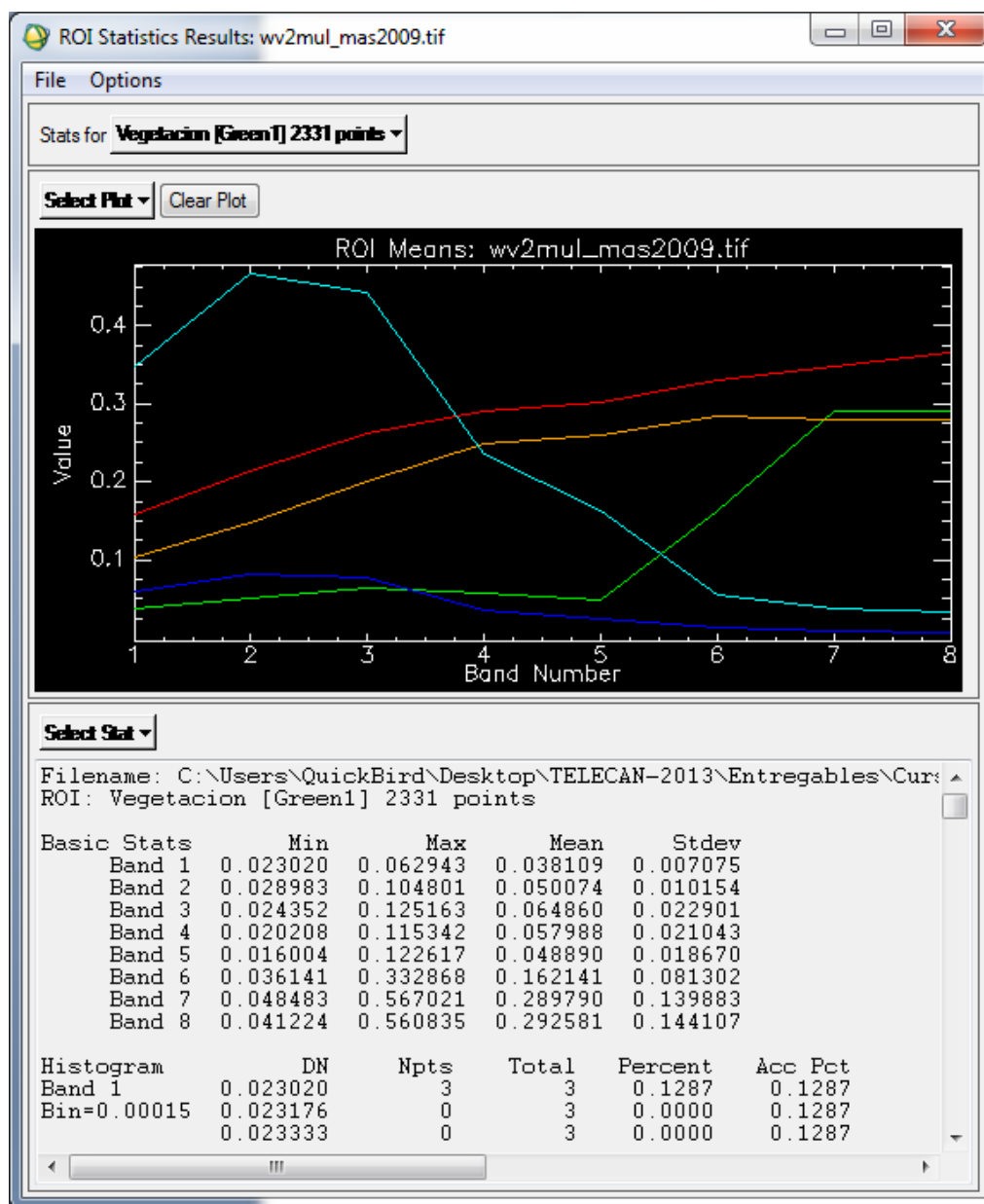


Una vez hemos elegido varias regiones de interés para cada clase, podemos realizar un análisis de separabilidad, tal y como se muestra en la siguiente figura. Nos devuelve los índices *Jeffries-Matusita* y *Transformed Divergence* que miden la independencia estadística de los pares de ROIs. Presentan un rango que va de [0 2]. Los valores superiores a 1.9 indican buena separabilidad. Para valores inferiores a 1 es recomendable combinar ambas clases.

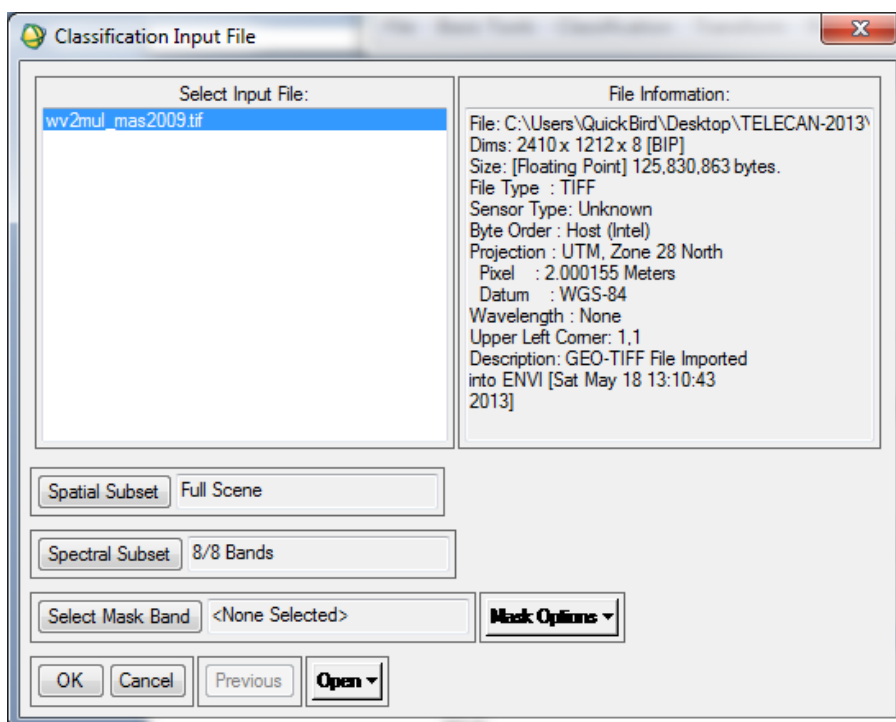
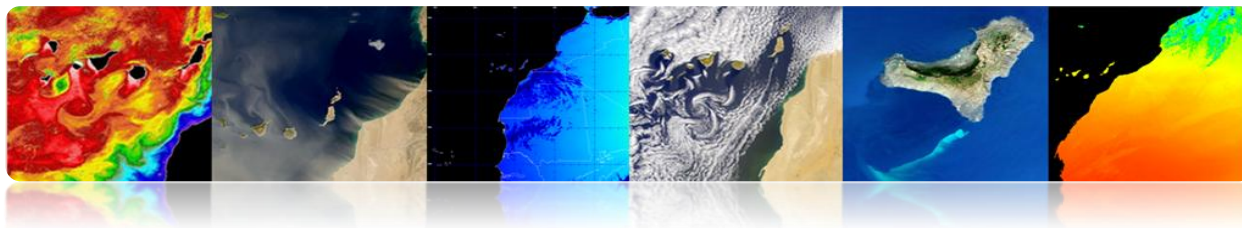


En el caso mostrado anteriormente todas las clases presentan buena separabilidad.

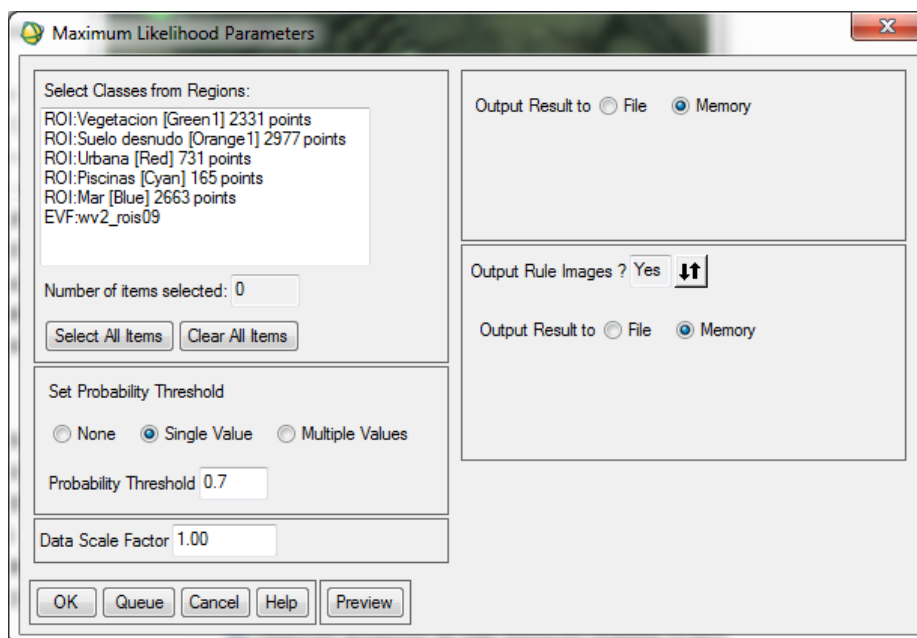
Además, también tenemos la opción de realizar un análisis estadístico de las clases. La información que nos muestra ENVI es la que se muestra en la figura, de la que podemos ir deduciendo la respuesta espectral de cada una de las clases creadas.



Así, el siguiente paso es guardar las ROIs para proceder a utilizarlas en el clasificador. Cerramos la ventana de *ROIs Tool* y seleccionamos sobre el menú principal *Overlay->Classification* y nos aparece la siguiente ventana. Como podemos ver permite limitar la clasificación a una zona o bandas concreta. También se puede añadir una máscara para indicar píxeles que no sean utilizados por el clasificador.



Seleccionamos los parámetros de configuración del clasificador:

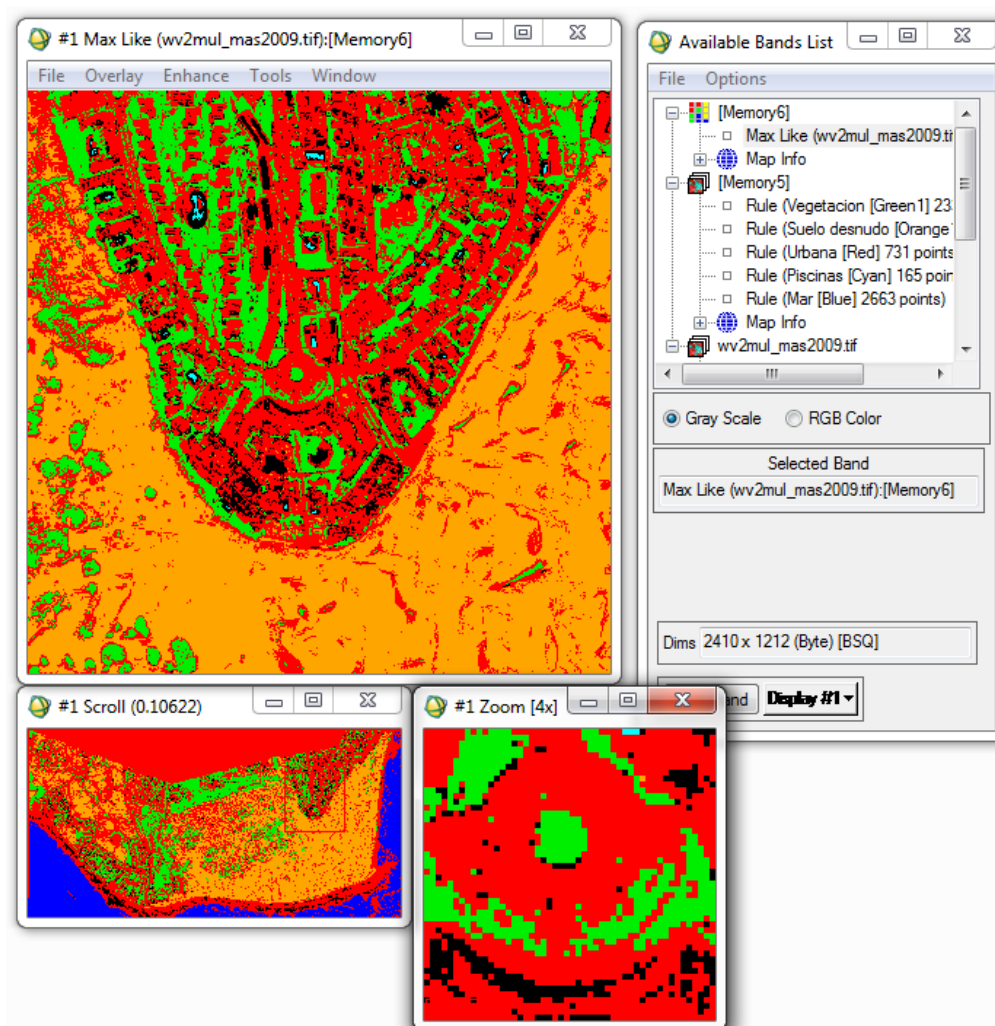


Single Value: Utiliza un único umbral para todas las clases. Se introduce un valor entre 0 y 1 en el campo *Probability Threshold*. ENVI no clasifica los píxeles con valores por debajo de este valor.

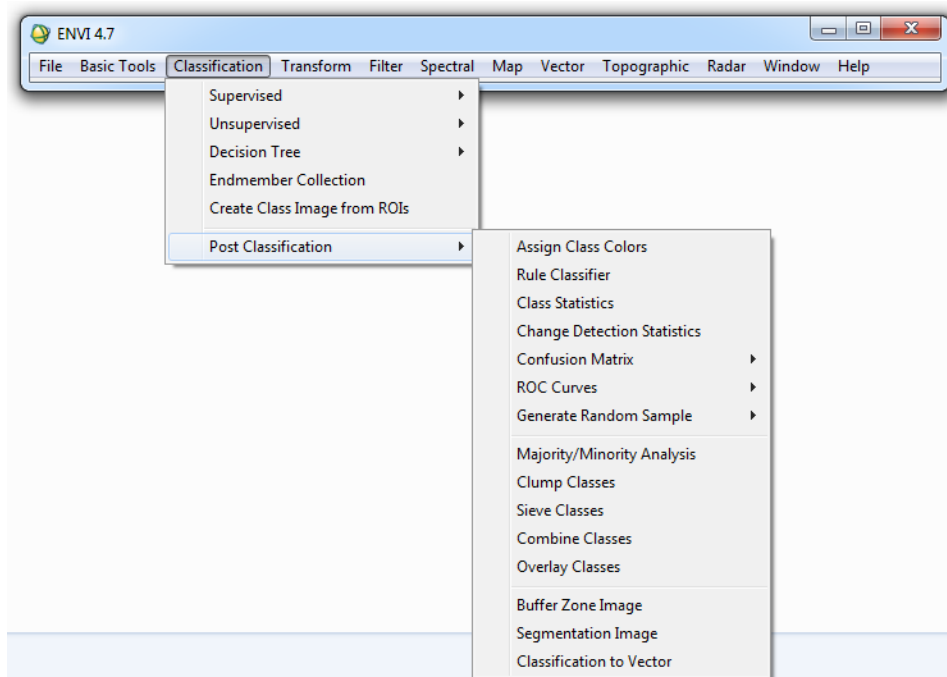


Data Scale Factor: Es un factor de división utiliza para convertir los valores de radiancias o reflectancia escalados a enteros en valores tipo float.

Output Rule Images: Las *rule images* se crean de forma intermedia antes de crear la imagen con la asignación final de clases. Luego se pueden utilizar en el *Rule Classifier* para crear imágenes de verosimilitud de cada clase. Las zonas blancas representan las que pertenecen a esa clase. También, podemos hacer un *preview* antes de generar la versión final.



El siguiente procedimiento para mejorar los resultados de la clasificación es realizar un proceso de postclasificación, donde podemos aplicar filtros (opción *Majority/Minority Analysis*).



En ese menú de *Post Classification* existe también la opción de evaluar la precisión de la imagen clasificada calculando la matriz de confusión y el coeficiente kappa.

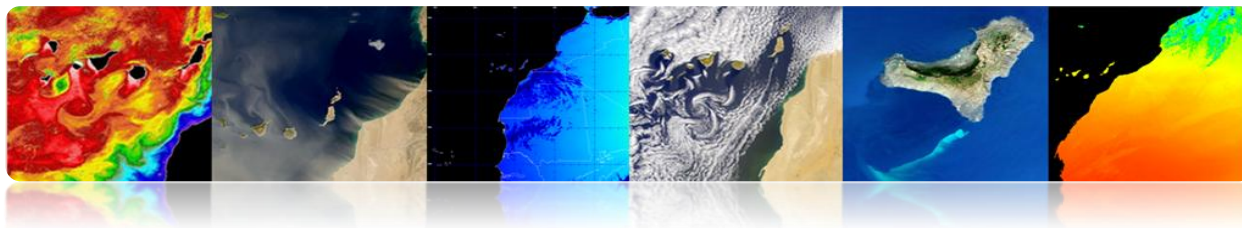
Confusion Matrix: {M6} (640x400x1)

Overall Accuracy = (131003/256000) 51.1730%

Kappa Coefficient = 0.2648

Ground Truth (Pixels)					
Class	Unclassified	Grass	Forest	Swamp	Total
Unclassified	43689	26949	40	18001	88679
Grass	32835	64516	1741	3329	102421
Forest	8202	7277	4096	654	20229
Swamp	15227	10742	0	18702	44671
Total	99953	109484	5877	40686	256000

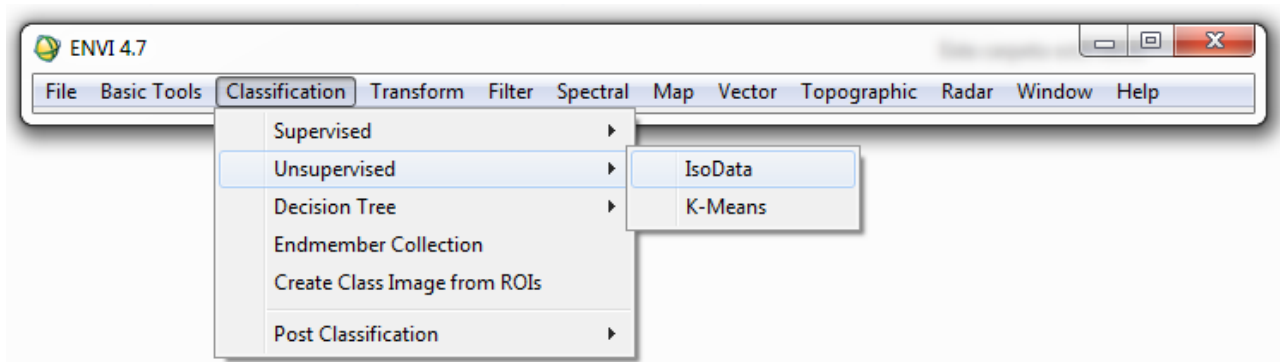
Ground Truth (Percent)					
Class	Unclassified	Grass	Forest	Swamp	Total
Unclassified	43.71	24.61	0.68	44.24	34.64
Grass	32.85	58.93	29.62	8.18	40.01
Forest	8.21	6.65	69.70	1.61	7.90
Swamp	15.23	9.81	0.00	45.97	17.45
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



La matriz de confusión se obtiene para evaluar los conflictos que se producen entre las clases. Para ello se compara un listado de puntos de test de los que conocemos su cobertura real con los deducidos por el clasificador. En una matriz de confusión, las filas se corresponden con las clases de referencia y las columnas se corresponden con las clases deducidas de la clasificación. La diagonal representa los puntos en los que se ha producido concordancia entre las clases reales y las deducidas. Esta matriz es muy útil para medir la exactitud y fiabilidad del clasificador. En el ejemplo se muestra que para la clase *Grass* se han clasificado correctamente 64516 píxeles, sin embargo 26949 han sido *Unclassified* (No clasificados), 7277 han sido clasificados como *Forest* (bosque) y 10742 como *Swamp* (pantano).

- **Proceso de Clasificación No Supervisada (ISODATA)**

Dentro de los algoritmos de clasificación no supervisada el más extendido es el llamado ISODATA.



Se nos muestra la ventana de configuración del clasificador ISODATA.





Se selecciona el número de clases a definir. Este rango es necesario para que el algoritmo agrupa y divide los píxeles en función de unos umbrales.

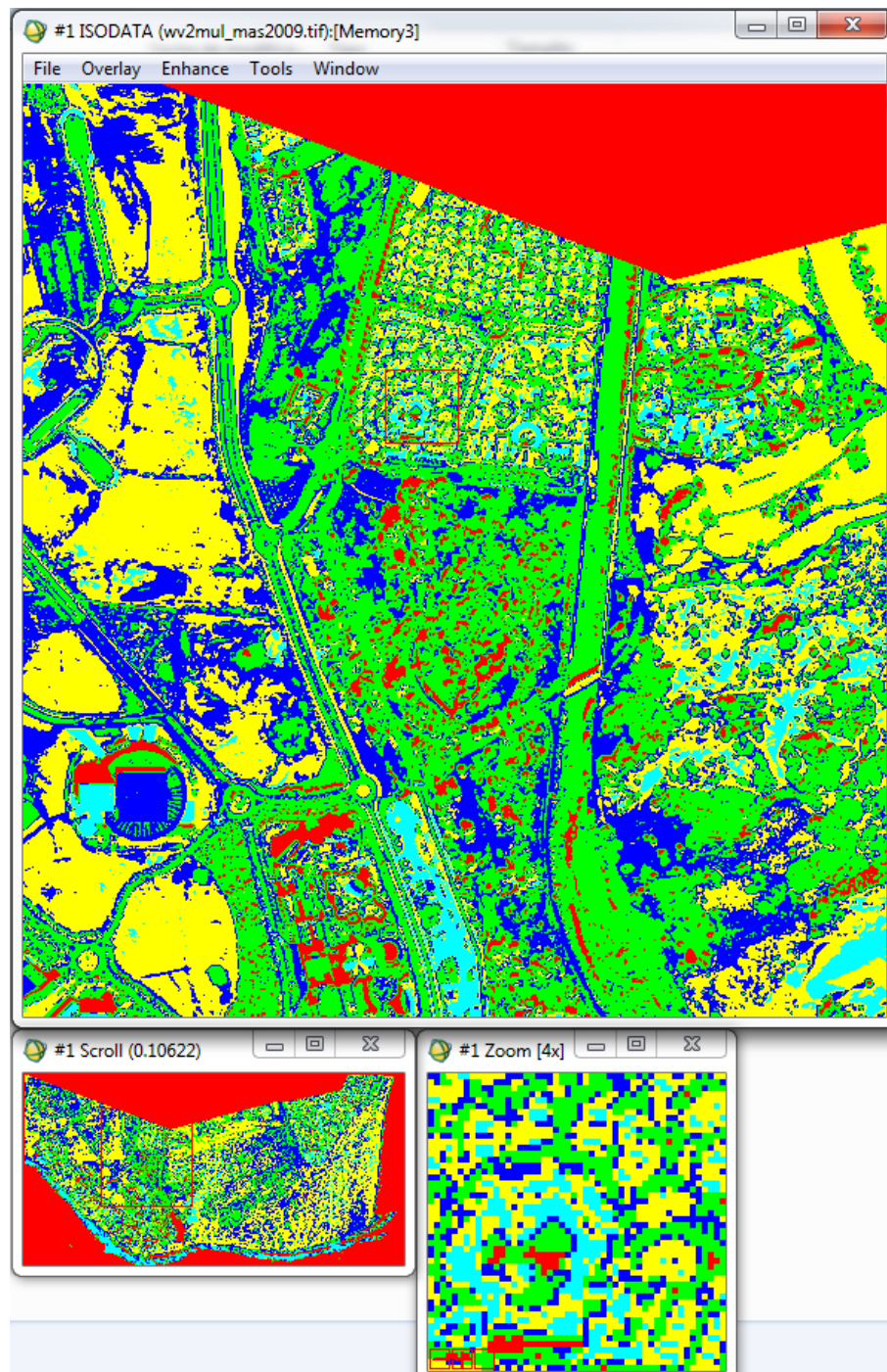
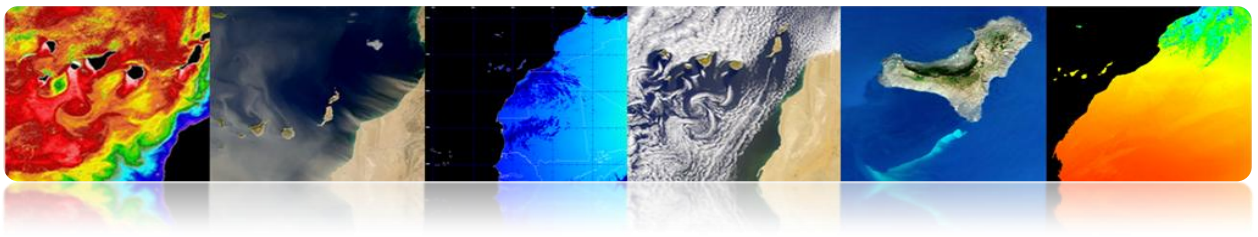
Se introduce el número máximo de iteraciones y el umbral de cambio. Este último es utilizado para finalizar el proceso iterativo cuando el número de píxeles en cada clase cambia por menos que el umbral.

Se introduce el número mínimo de píxeles necesarios para formar una clase.

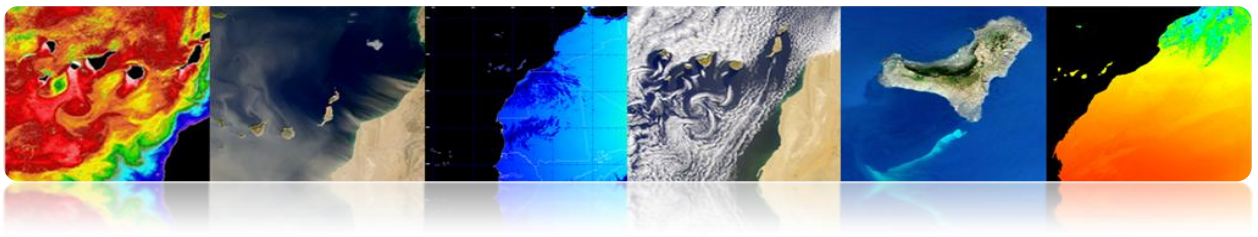
El siguiente parámetro define la máxima desviación estándar entre las clases (*Maximum Class Stdv*) en niveles digitales (ND).

Finalmente, se introduce la mínima distancia entre las medias de cada clase, también en ND, y el máximo de parejas combinables.

En principio, el análisis no supervisado se convierte en un proceso iterativo, en donde el usuario establece unos valores arbitrarios que se van modificando a la vista de los resultados.



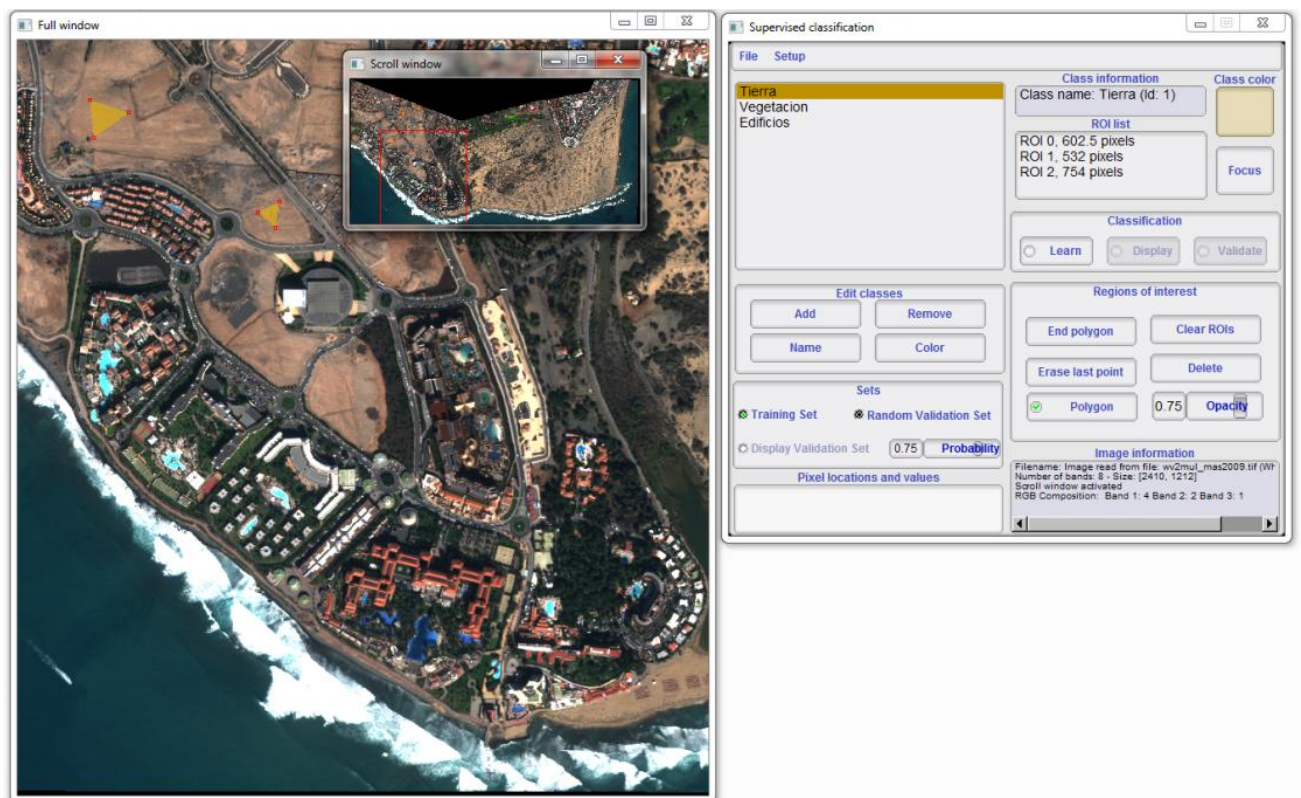
Podemos aplicar filtrados para mejorar la calidad del clasificador, fusionar clases, cambiar los colores, etc.



☐ MONTEVERDI

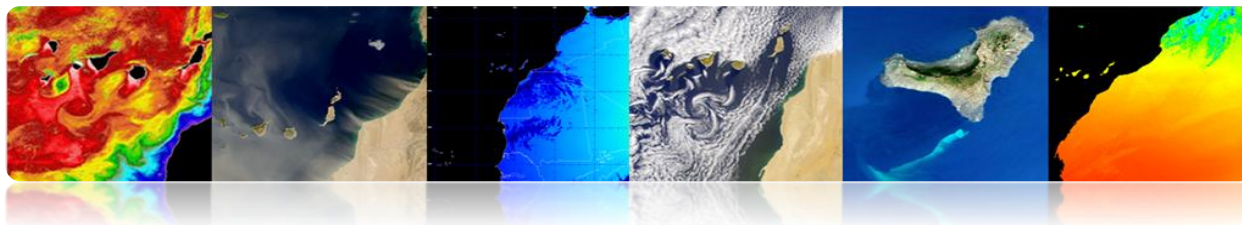
• Proceso de Clasificación Supervisada

A continuación vamos a realizar de forma práctica el procedimiento de definir las diferentes clases sobre la imagen, generando diferentes regiones de interés y procederemos a ejecutar el algoritmo de clasificación para ver los resultados que obtenemos en la clasificación. El proceso es bastante similar siguiendo las opciones que aparecen en la pantalla.

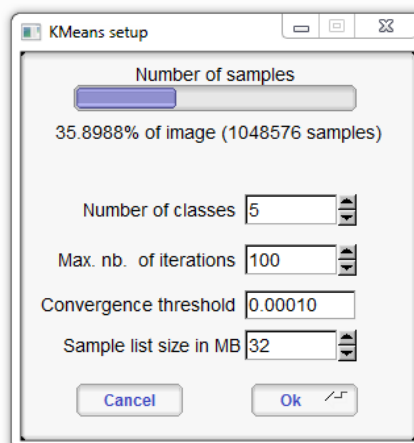
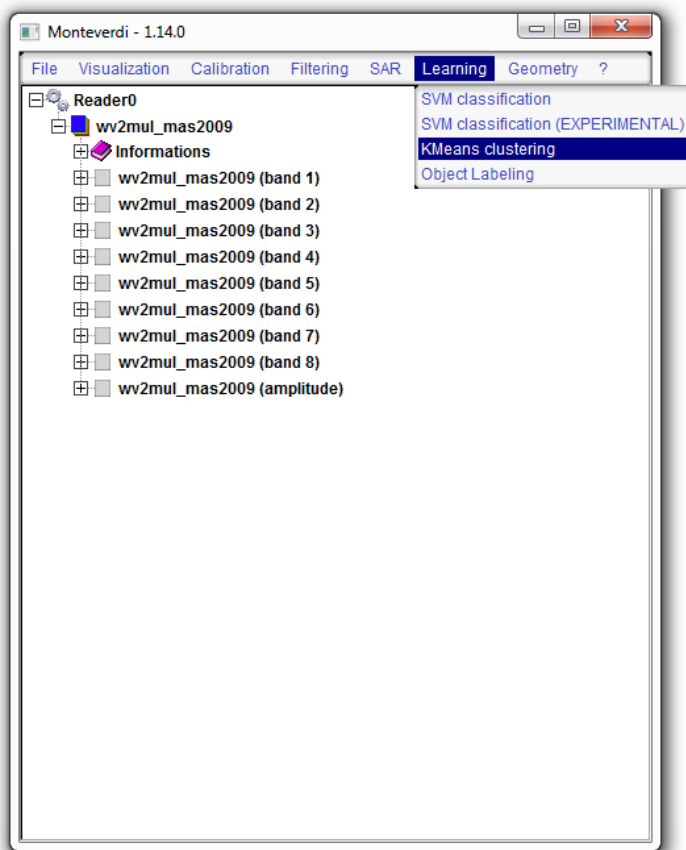


• Proceso de Clasificación No Supervisada

A continuación, procedemos a ejecutar un algoritmo no supervisado. Concretamente Monteverdi tiene implementado el algoritmo de *KMeans*. Así, podemos comparar los resultados obtenidos en ambas clasificaciones.



Se completarán los valores solicitados por la herramienta y se pulsará OK.





Jefe de fila



Socios



Colaboran

