



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

*PROCESAMIENTO DIGITAL  
DE IMAGENES DE SATELITE  
Y MODELOS TRIDIMENSIONALES*

CA 165

TEMA

*VISIÓN GLOBAL DE LA TELEDETECCIÓN  
Y LA ENERGÍA ELECTROMAGNÉTICA*

EXPOSITOR: GEOG. CAROLINA HERNÁNDEZ  
DEL 27 DE NOVIEMBRE AL 08 DE DICIEMBRE DE 2008  
PALACIO DE MINERÍA

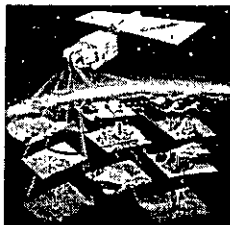
## Objetivo:



- Al término del curso, el participante podrá utilizar la teledetección espacial como fuente de información, a través de la enseñanza de la interpretación digital de imágenes satelitales, y el manejo de instrumentos y programas computacionales para ello.

## 1.1. DEFINICIÓN DE TELEDETECCIÓN

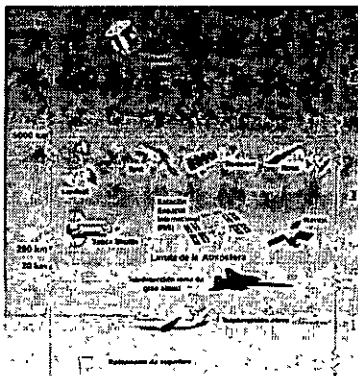
1. Es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, superficie o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con él.



- 2. Es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material, en nuestro caso se trata de objetos situados sobre la superficie terrestre.
- 3. Es la técnica de adquisición y posterior tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor, siendo la fuente de radiación bien proveniente del sol (teledetección pasiva) o del propio sensor (teledetección activa).

- 4. Es aquella técnica que nos permite adquirir información de la superficie terrestre mediante el empleo de energía electromagnética desde sensores instalados en plataformas espaciales.

Plataformas de Teledetección

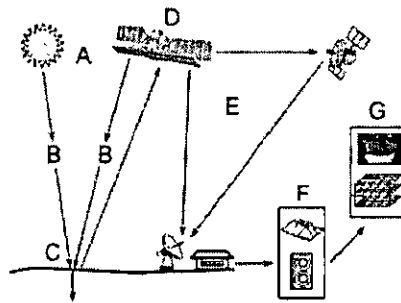


## 1.2 ELEMENTOS Y FACTORES DE LA TELEDETECCIÓN

- Los elementos de un sistema de teledetección básicamente son un objeto, un sensor y radiación. Factores son todos aquellos agentes que interviene en la reflectividad del objeto a observar en el sistema de teledetección pero que son mutables tales como la atmósfera, nubes, agua, polvo (factores ambientales), etc.

Un sistema de teledetección espacial incluye los elementos siguientes:

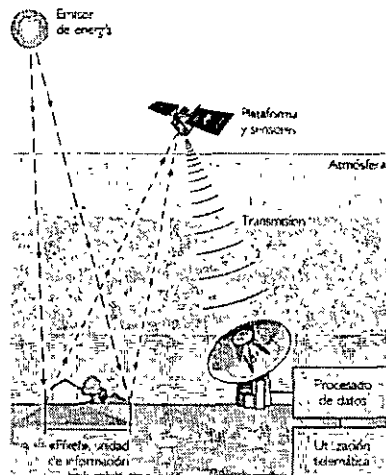
- **Fuente de energía.** En un proceso de teledetección tiene lugar una interacción energética entre la Tierra y el sensor. La fuente de energía es el origen de la radiación electromagnética que detecta el sensor. La fuente de radiación puede ser tanto el Sol (teledetección pasiva) como el propio sensor (teledetección activa).



- A: Fuente de energía, pasiva o activa B: Trayectoria y su interacción con la atmósfera C: Incidencia en la superficie terrestre D: Satélite E: Ciclo de toma y descarga de datos F: Estación terrena de preproceso G: Información al usuario

- **Cubierta terrestre.** Recibe la radiación y la refleja o la emite, de acuerdo a sus características.
- **Sistema sensor.** Está constituido por el sensor propiamente dicho y la plataforma en la que se instala. Capta la energía procedente de la cubierta terrestre, la codifica y permite su llegada al sistema receptor.

## Elementos de la Teledetección



- **Intérprete.** Transforma los **datos** en información temática orientada a la finalidad del estudio, ya sea de forma visual o de forma digital, pues existen diversos programas de tratamiento de imágenes.
- **Usuario final.** Analiza la imagen que se deriva del proceso descrito y obtiene conclusiones sobre lo que en ella aparece.

Para una misma superficie, el flujo de energía recibido por el sensor no sólo depende de la reflectividad, sino también de otros factores:

- **Angulo de iluminación solar** (depende de la fecha del año y la hora de medición)
- **Relieve** (distintas pendientes)
- **Influencia de la atmósfera** (dispersión y absorción)
- **Variaciones medioambientales de la superficie** (asociación con otras cubiertas, homogeneidad).

### 1.3 APLICACIONES DE LA TELEDETECCIÓN.

❖ Meteorología:

- Análisis de masas nubosas y su evolución
- Modelización climática a diferentes escalas
- Predicción de desastres naturales de origen climático

## ❖ Agricultura y Bosques

- Discriminación de tipos de vegetación: tipos de cultivos, tipos de maderas...
- Determinación del vigor de la vegetación
- Determinación del rango de interpretabilidad y biomasa
- Medición de extensión de cultivos y maderas por especies
- Clasificación de usos del suelo

## ❖ Cartografía y Planeamiento Urbanístico:

- Cartografía y actualización de mapas
- Categorización de la capacidad de la tierra
- Separación de categorías urbana y rural
- Planificación regional
- Cartografía de redes de transporte
- Cartografía de límites tierra – agua
- Cartografía de fracturas



## ❖ Geología

- Reconocimiento de tipos de roca
- Cartografía de unidades geológicas principales
- Revisión de mapas geológicos
- Cartografía de intrusiones ígneas
- Cartografía de depósitos de superficie volcánica reciente
- Cartografía de terrenos
- Búsqueda de guías de superficie para mineralización
- Determinación de estructuras regionales

## ❖ Recursos Hidrográficos:

- Determinación de límites, áreas y volúmenes de superficies acuáticas
- Cartografía de inundaciones
- Medida de rasgos glaciales
- Determinación de la profundidad del agua
- Delineación de campos irrigados
- Inventario de lagos
- Detección de zonas de alteraciones hidrotermales

## ❖ Oceanografía y Recursos Marítimos

- Detección de organismos marinos vivos
- Determinación de modelos de turbidez y circulación
- Cartografía térmica de la superficie del mar
- Cartografía de cambios de orillas
- Cartografía de orillas y áreas superficiales
- Cartografía de hielos para navegación
- Estudio de mareas y olas

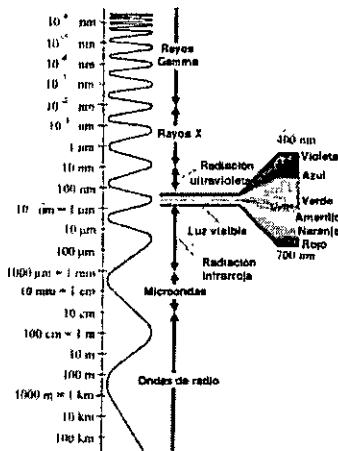
## ❖ Medio Ambiente

- Control de superficies mineras
- Cartografía y control de polución de aguas
- Detección de polución del aire y sus efectos
- Determinación de efectos de desastres naturales
- Control medioambiental de actividades humanas
- Seguimiento de incendios forestales
- Estimación de modelos de escorrentía y erosión

## 2.- LA ENERGÍA ELECTROMAGNÉTICA: NATURALEZA Y FUENTES.

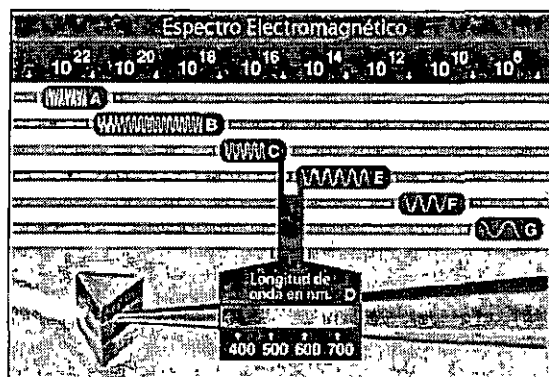
- La energía electromagnética es la cantidad de energía almacenada en una región del espacio que podemos atribuir a la presencia de un campo electromagnético, y que se expresará en función de las intensidades de campo magnético y campo eléctrico.

- La energía electromagnética se refiere a toda la energía que se mueve a la velocidad de la luz en un patrón ondular armónico



## 2.2. El espectro electromagnético.

- El espectro electromagnético es una escala en la que puede situarse cualquier onda de energía, a mayor frecuencia menor longitud de onda. En esta escala pueden definirse intervalos dentro de los cuales las ondas electromagnéticas se comportan de forma similar. Dichos intervalos se denominan bandas o canales espectrales.



Luz = Radiación electromagnética entre 400 y 800 nm  
La luz forma parte del espectro electromagnético que comprende tipos de ondas diferentes:

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| <b>A</b> Rayos gamma  | <b>E</b> Infrarrojo     |
| <b>B</b> Rayos x      | <b>F</b> Microondas     |
| <b>C</b> Ultravioleta | <b>G</b> Ondas de radio |
| <b>D</b> Luz visible  |                         |

Las bandas más empleadas en teledetección son:

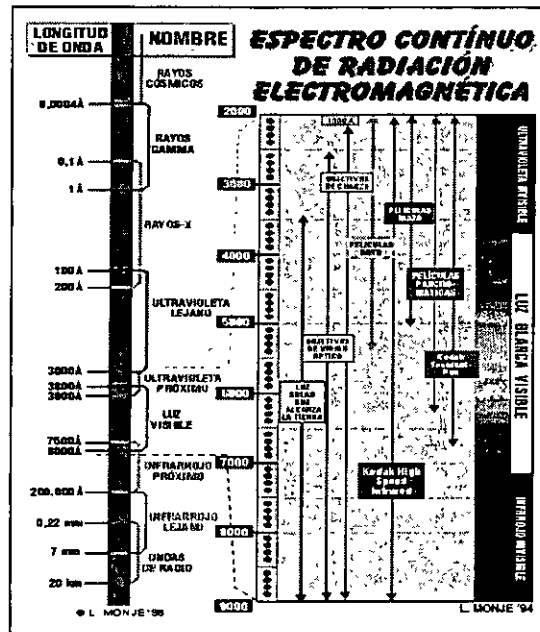
- Espectro visible. Coincide con las longitudes de onda donde es máxima la radiación solar. Suelen distinguirse tres bandas fundamentales: azul, verde y rojo, según los colores que nuestros ojos perciben al recibir una radiación electromagnética de cada una de esas longitudes de onda.
- Infrarrojo próximo. También llamado infrarrojo reflejado o fotográfico, porque parte de él puede detectarse mediante películas dotadas de emulsiones especiales. Es de gran utilidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad.

- Infrarrojo medio. En esta banda se entremezclan los procesos de reflexión de luz solar y los de emisión propia de la superficie terrestre. Es útil para la estimación de humedad en la vegetación y detección de focos de alta temperatura.
- Infrarrojo lejano o térmico. Incluye la emisión propia de la superficie terrestre, por lo que es útil para detectar el calor que emiten las cubiertas terrestres, o sus cambios de temperatura.

- Microondas. Un radar es un sensor activo de microondas. Esta banda de energía es bastante transparente a la cubierta nubosa. Se ha utilizado para confeccionar mapas de la superficie de Venus, que está totalmente oculta por nubes muy densas, para navegación oceánica, para detectar características geológicas e, incluso, para calcular el contenido de humedad del suelo.

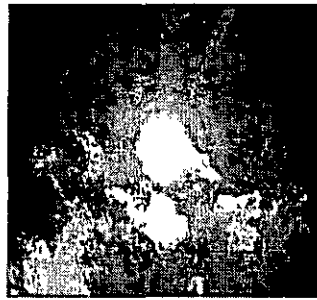
	Longitud de onda	Frecuencia	Energía
Radio	Muy Baja Frecuencia	> 10 km	< 30 KHz
	Onda Larga	< 10 km	> 30 KHz
	Onda media	< 650 m	> 650 KHz
	Onda corta	< 180 m	> 1.7 MHz
	Muy alta frecuencia	< 10 m	> 30 MHz
Microondas	Ultra alta frecuencia	< 1 m	> 300 MHz
Infrarrojo	Lajano / submilimétrico	< 30 cm	> 1.0 GHz
	Medio	< 1 mm	> 300 GHz
	Cercano	< 90 um	> 6.0 THz
Luz Visible	Cercano	< 2.5 um	> 120 THz
	Extremo	< 780 nm	> 384 THz
Ultravioleta	Cercano	< 380 nm	> 789 THz
	Extremo	< 200 nm	> 1.5 PHz
Rayos X	< 10 nm	> 30.0 PHz	> 19.9 e-18 J
Rayos Gamma	< 10 pm	> 30.0 EHz	> 19.9 e-15 J

Imagen del espectro electromagnético



### **2.3. Fuentes de energía electromagnética: naturales y artificiales.**

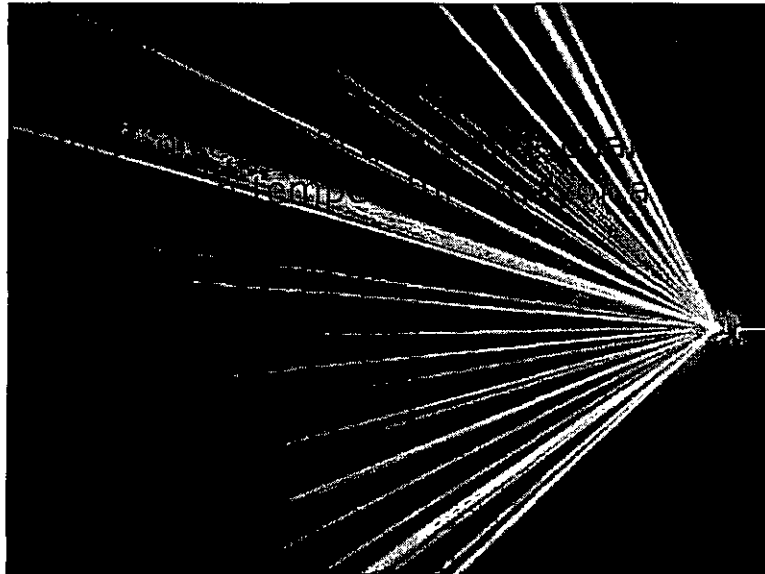
- SOL Y SATELITES



### **2.4. Interacciones de la reflexión. radiación electromagnética con la atmósfera: absorción, dispersión, emisión, reflexión.**

- La radiación incidente es transmitida por dispersión, absorción o reflexión.
- La transmisión a través de medios de diferentes densidades causa un cambio en la velocidad de la radiación electromagnética. La relación entre las dos velocidades se conoce como índice de refracción.

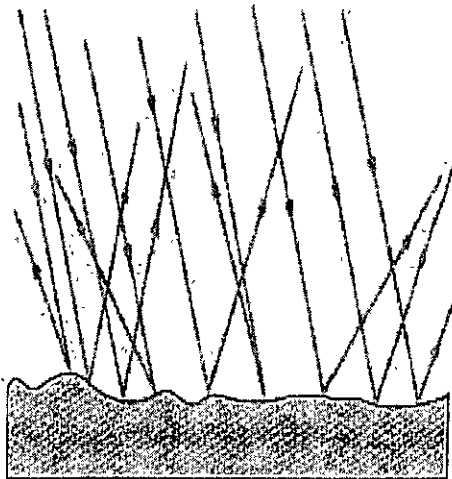
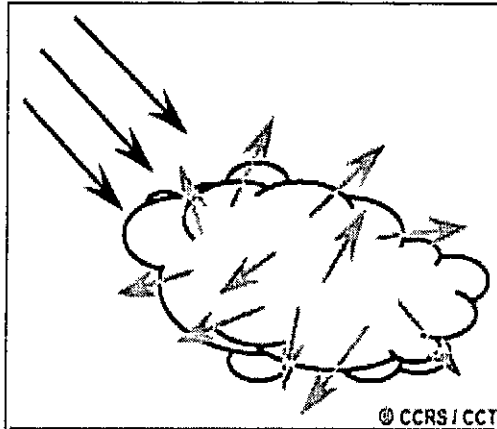
- Radiación absorbida: proceso por el cual moléculas y partículas de la atmósfera absorben la energía radiante que posteriormente será emitida en el infrarrojo térmico.
- La energía es transformada en otras formas de energía.





Dispersión: es el redireccionamiento o desvío de propagación de la energía.

Causado por la interacción entre la radiación y los gases y partículas atmosféricas



Reflexión: es el cambio de dirección de un rayo o una onda que ocurre en la superficie de separación entre dos medios, de tal forma que regresa al medio inicial.



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

*PROCESAMIENTO DIGITAL  
DE IMAGENES DE SATELITE  
Y MODELOS TRIDIMENSIONALES*

CA 165

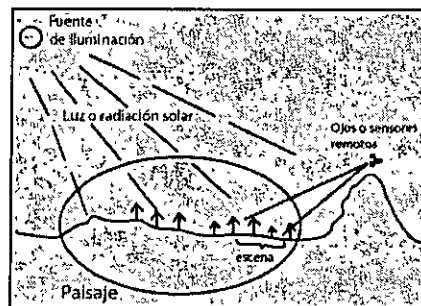
TEMA

*TÉCNICAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS  
MEDIANTE LA TELEDETECCIÓN*

EXPOSITOR: GEOG. CAROLINA HERNÁNDEZ  
DEL 27 DE NOVIEMBRE AL 08 DE DICIEMBRE DE 2008  
PALACIO DE MINERÍA

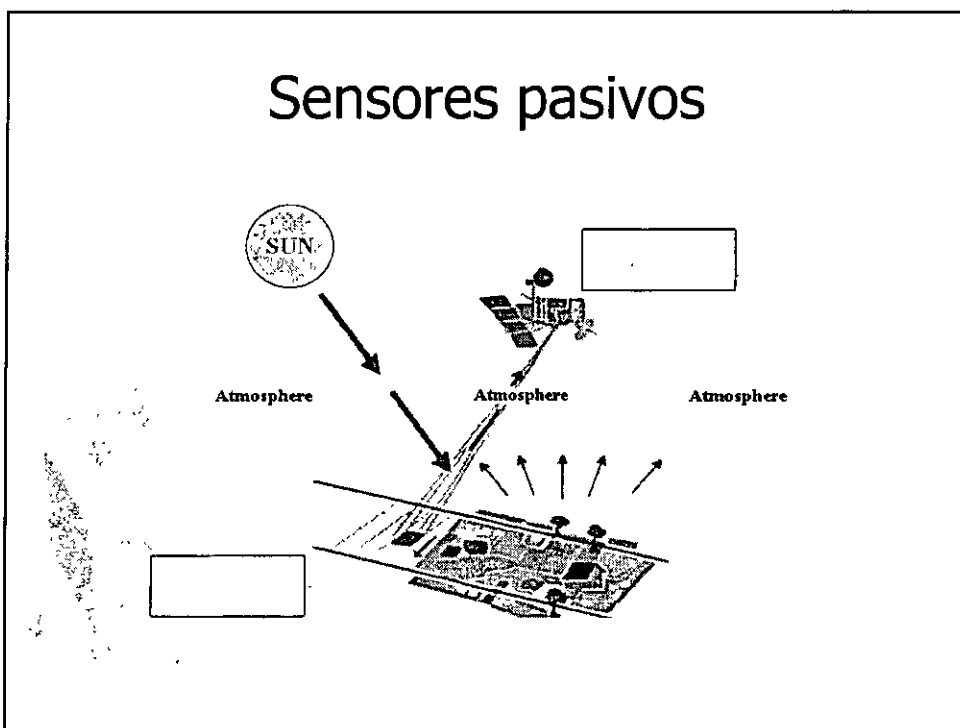
### 3. TÉCNICAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS MEDIANTE TELEDETECCIÓN.

3.1. El proceso de adquisición de información sobre el territorio:  
adquisición de datos, procesamiento y  
presentación de resultados.

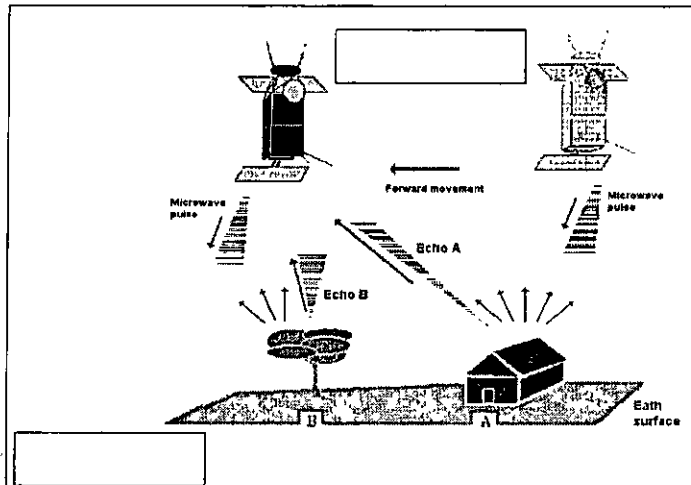


La adquisición de la información se hace a través de los sensores, activos o pasivos.

## Sensores pasivos



# Sensores activos



La teledetección consiste en la identificación de los objetos a partir de las diferencias en la energía reflejada.

Existen tres tipos de información que se puede recoger:

» Espacial

» Espectral

» Temporal

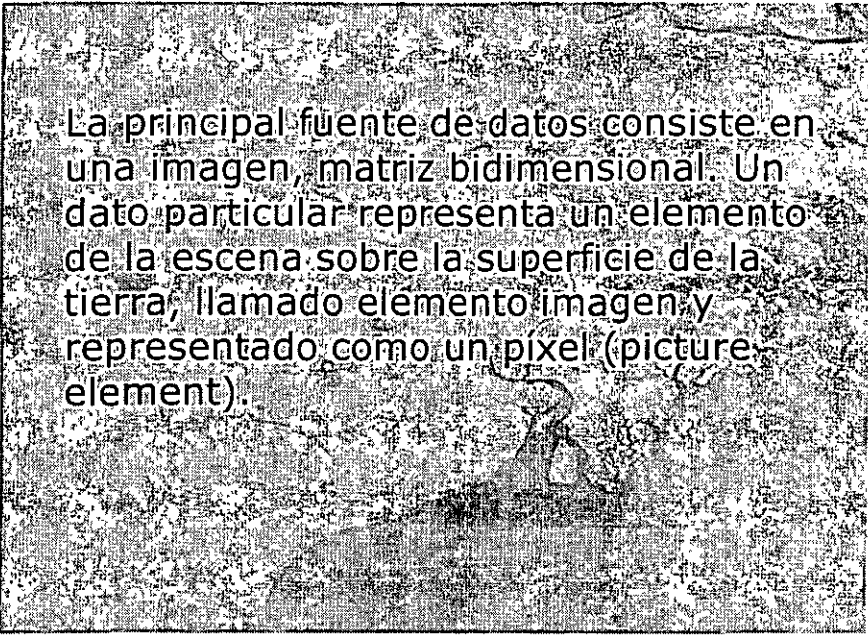
\* Radiométrica

**Espacial:** indicando la organización en el espacio de los elementos.

**Espectral:** denotando la naturaleza de las superficies.

**Temporal:** Es el tiempo que media entre dos pasadas sucesivas del satélite sobre un punto de la superficie terrestre, en similares condiciones geométricas de toma de la imagen.

**Radiométrica:** Se refiere al rango dinámico, o número de posibles valores que puede tomar cada dato.



La principal fuente de datos consiste en una imagen, matriz bidimensional. Un dato particular representa un elemento de la escena sobre la superficie de la tierra, llamado elemento imagen y representado como un píxel (picture element).

### 3.2. Sensores pasivos.

Los **sensores pasivos** son aquellos que no requieren alimentación (sensor de contacto y sensor de temperatura)

Sensores Pasivos

Fotográficos  
Óptico-Electrónicos  
Exploradores de empuje  
Cámaras de video  
Radiómetros de  
microondas

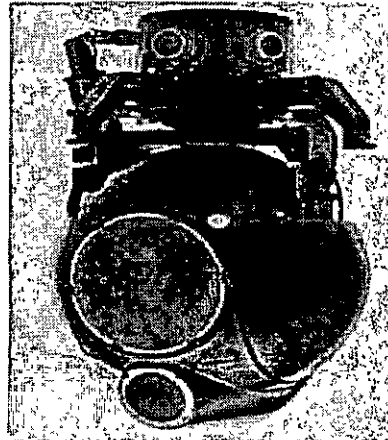
#### **Fotográficos:**

≈ Usan el mismo principio que la fotografía tradicional pero el foco debe tener una mayor distancia.

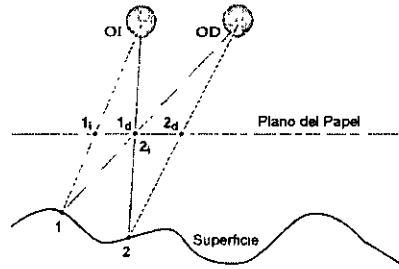
≈ La película puede ser pancromática, color, infrarrojo e infrarrojo color.

≈ Cámara mono o multibanda.

≈ Usan papel como soporte.



Cuando se utiliza una plataforma estable (aviones), sensores analógicos con alta precisión geométrica (cámara métrica) y además se toma información de un mismo objeto desde dos puntos de vista (visión estereoscópica), se pueden realizar mediciones precisas de coordenadas X, Y, Z (en este caso representa la altitud), con los datos obtenidos.



A estas técnicas de medición se les denomina "fotogrametría". Sirven para extraer información cualitativa

### **Sensores electro-ópticos** (o radiómetro de barrido):

Barren u oscilan en dirección perpendicular a la trayectoria del satélite; son los más habituales en teledetección.

En estos, la información registrada puede ser descompuesta en varias bandas espectrales que se envían a diferentes detectores para formar una imagen multiespectral.



### **Exploradores de empuje:**

No oscilan en dirección perpendicular a la trayectoria sino que siguen la trayectoria del satélite.

Se disponen en líneas para abarcar simultáneamente todo el campo de visión.

Aumentan la resolución, por lo tanto minimizan errores.

La captura de datos es de línea a línea.



### **Radiómetros de microondas:**

Miden la longitud de onda entre 1 y 100 mm.

Pueden utilizarse en condiciones de nubosidad.

Su resolución es directamente proporcional al diámetro de apertura de la antena receptora e inversamente proporcional a la longitud de onda explorada.

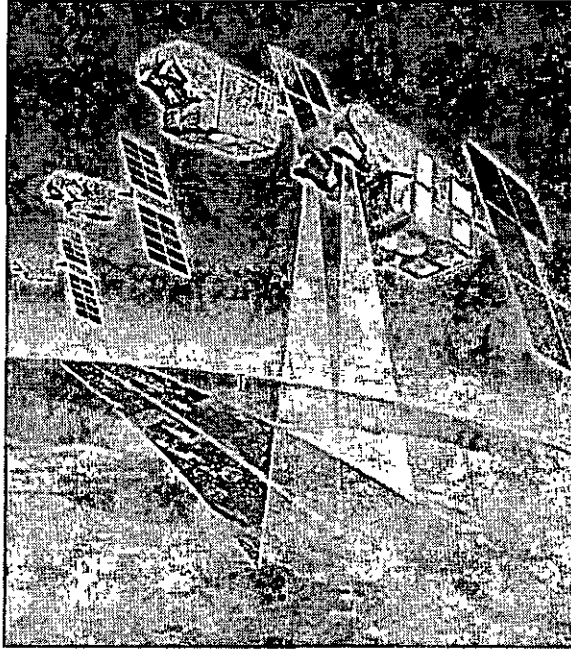
Muy útiles para las zonas polares.

### **SPOT**

Las imágenes SPOT multiespectrales tienen una dimensión aprox. de 60 X 60 Km., realizan una visita periódica sobre el mismo punto de la Tierra cada 26 días, resolución espacial variable entre 20 y 5 metros y sensible a las longitudes de onda del azul, verde e infrarrojo en el espectro electromagnético.



Cuenta con una serie de 5 satélites, de los cuales tres están en órbita (SPOT 2, SPOT 4 y SPOT), su alto de ojo es de aproximadamente de 822 km, inclinación de  $98^{\circ}$  y un periodo orbital de 101 minutos. En órbita polar, circular y heliosincrónica sobre la Tierra.



Adecuadas para estudios de monitoreo de coberturas, aplicaciones en agricultura, seguimiento de bosques y aplicaciones de planeación urbana.



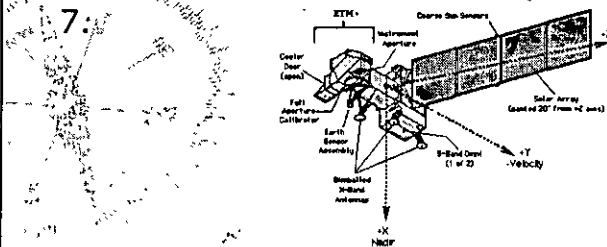
## LANDSAT

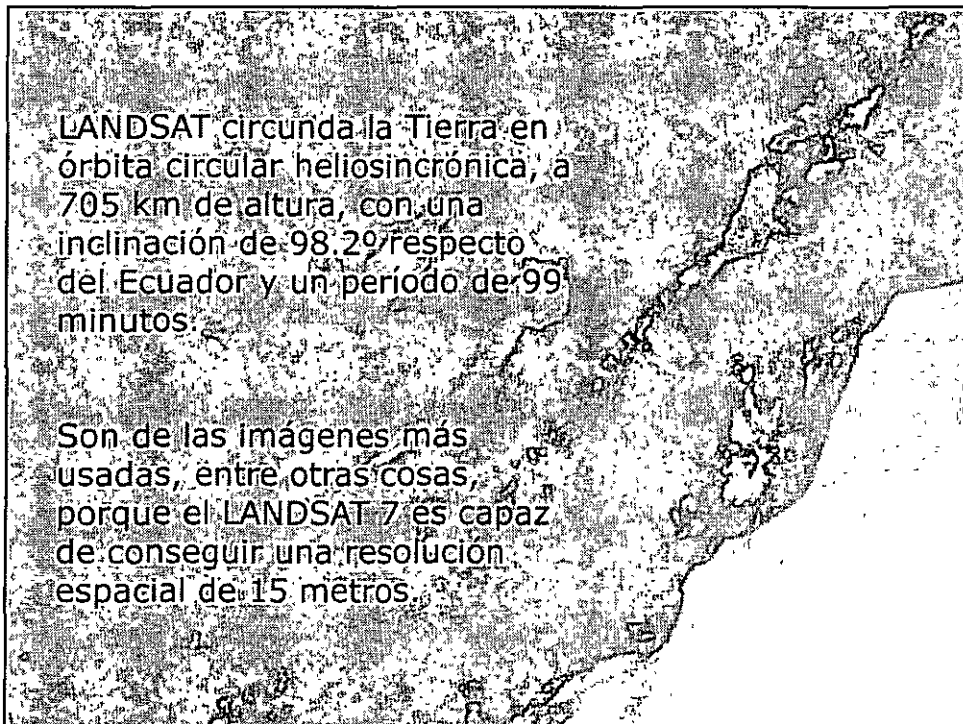
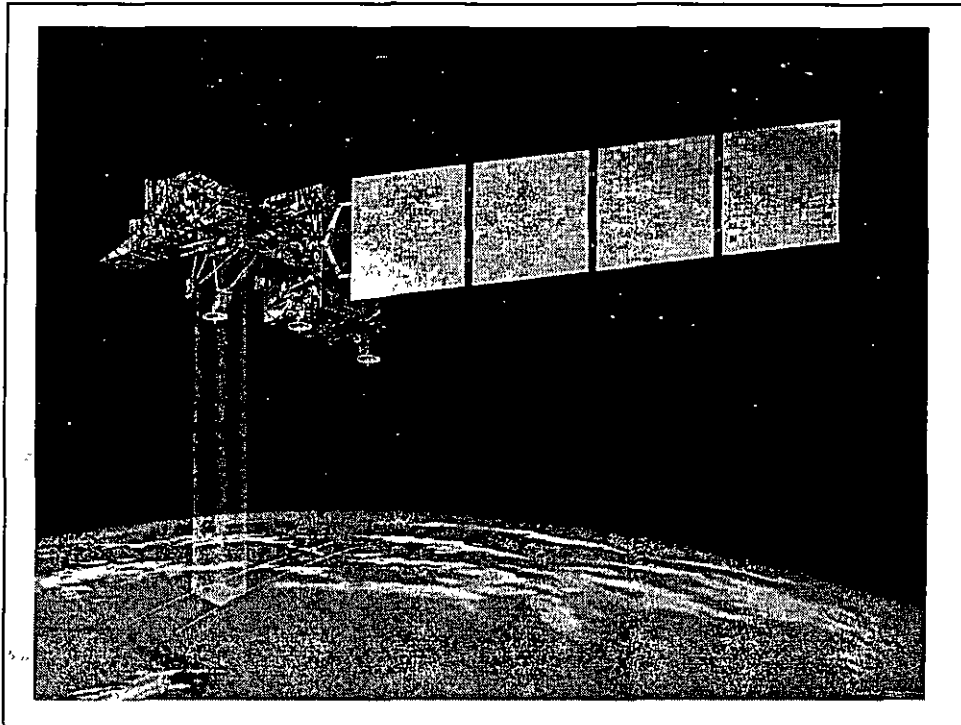
En 1972 se puso en órbita el satélite Earth Resource Technology Satellite (ERTS) y posteriormente cambiarían su nombre por LANDSAT con la finalidad de captar información referente a recursos naturales.

Sus aplicaciones son agrícolas, forestales, usos del suelo, hidrología, recursos costeros y monitoreo medioambiental principalmente.

Las imágenes LANDSAT son las más utilizadas actualmente por ser uno de los satélites que cuenta con mayor número de imágenes y con mayor resolución.

LANDSAT cuenta con una serie de 7 satélites, LANDSAT 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Este último dispone de un sensor llamado Thematic Mapper + (EMT+) y Thematic Mapper (TM), con los que suma ocho canales o bandas de lectura y los seis restantes de





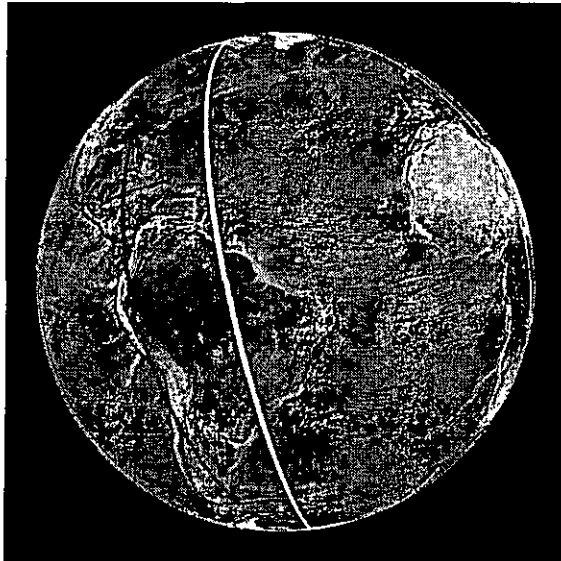
## NOAA

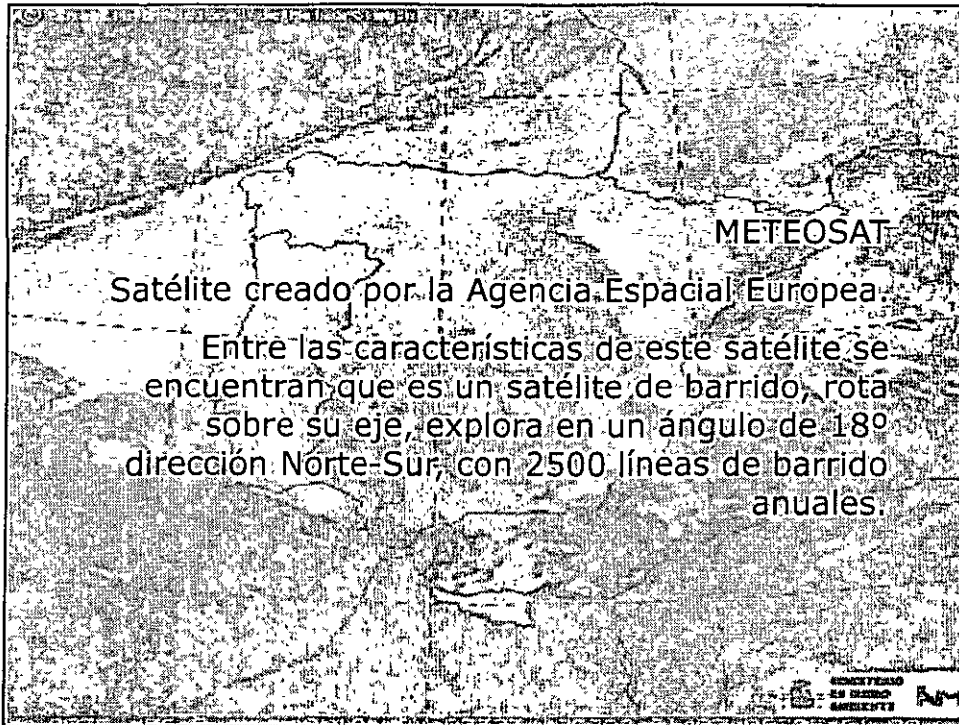


Su objetivo son los océanos y la atmósfera. Genera cartas del mar y el cielo. Por lo tanto es de vital importancia para el diagnóstico del tiempo atmosférico y registrar y dar seguimiento a eventos atmosféricos como huracanes, tormentas tropicales, tornados, entre otros.

Opera con satélites geostacionarios y satélites de orbita polar a una distancia de 35.78416 Km y 868.860 Km de la Tierra respectivamente.

Además del tiempo atmosférico y clima, es de gran utilidad en el comercio de los Estados Unidos, particularmente en la administración del tráfico aéreo, sistemas de transporte y la observación de zonas costeras.

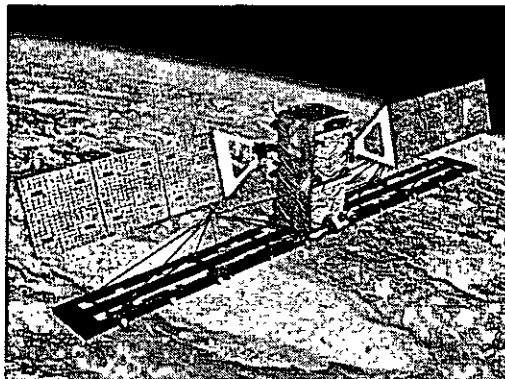




### 3.2. Sensores Activos.

Los **sensores activos** proveen su propia fuente de energía que emiten hacia los cuerpos y reciben la señal de retorno.

Pueden trabajar bajo cualquier condición atmosférica, tanto de día como de noche. Trabajan principalmente en la región de las microondas.



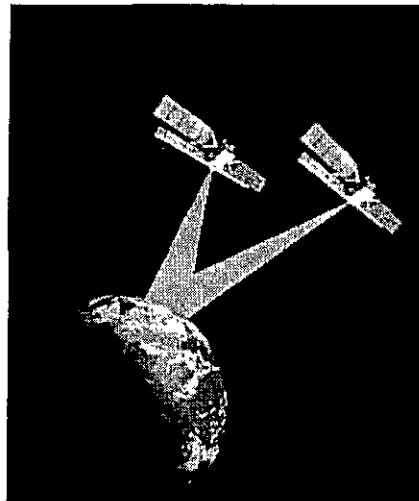
## RADARSAT

El Radar es un sistema electrónico que permite detectar objetos y determinar la distancia a que se encuentran proyectando sobre ellos ondas de radio que son reflejadas por el objeto y que al ser recibidas de nuevo por la antena del radar permiten calcular la distancia a la que se encuentra el objeto, en función del tiempo que tardó en ir y volver la señal de radio.

(1996) CSA, Canadian Space Agency

R&D Center ScanEx, Russia, 2006

RADARSAT es un satélite sincrónico al sol y viaja en una altitud de aproximadamente 800 kilómetros sobre la superficie de la tierra. Cruza el ecuador en el amanecer (6:00 am) y en el atardecer (6:00 pm)  $\pm$  15 minutos, también en cada órbita que realiza recorre la parte oscura del planeta.



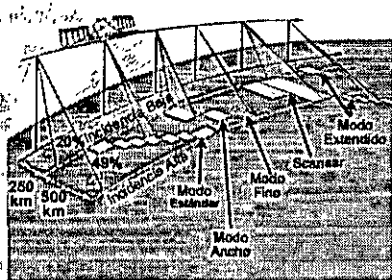


Su órbita tiene una duración de 101 minutos y circunda nuestro planeta cerca de 14 veces al día. El recorrido específico de un determinado ciclo vuelve a realizarse cada 24 días.

Opera a una única frecuencia de microondas que pueden penetrar polvos atmosféricos, como así también las nubes, niebla, bruma y lluvia posibilitando coleccionar datos bajo cualquier condición atmosférica.

Las imágenes de radar pueden combinarse para generar información multifecha o bien con otras fuentes digitales y obtener imágenes a color.

Puede registrar gran variedad de datos por tener 7 tamaños de imágenes relacionados con el modo de rayo, que van desde el fino de 50x50km y 10 metros de resolución hasta el scanSAR de 500x500km, con una resolución nominal de 100 metros. Otro modo es el estándar de 100 Km<sup>2</sup> de cobertura. El modo estándar puede ser útil para escalas de 1:100.000 o menores.



Las imágenes de satélite captadas por radar tienen la ventaja de proveer un rango de escalas de productos, que varían según el modo de adquisición.

El procesamiento de datos una vez que se tiene la información de satélite es la siguiente:

Primeramente, la señal de alta frecuencia se limpia de ruido y se convierte a una frecuencia intermedia.

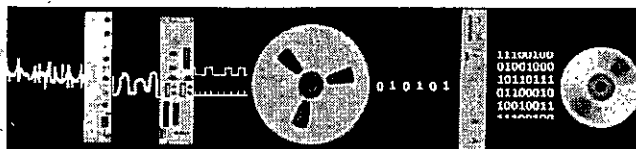
La frecuencia intermedia se convierte a datos digitales y se desdobra en dos señales diferentes: los datos y la señal de sincronismo. Esta información se almacena en sistemas informáticos de alta capacidad.

Posteriormente los datos digitales se someten a un "sincronizador de cuadro" que genera el formato de imagen satélite que ya puede ser tratado por los programas de corrección y análisis de imágenes.



La imágenes recibidas deben ser corregidas por sistemas informáticos a nivel geométrico ( a causa de la curvatura de la Tierra) y radiométrico (para eliminar los artefactos no deseados debidos a los efectos de la atmósfera, la iluminación solar, o los efectos del relieve).

Finalmente las imágenes se almacenan en bases de datos, diseñadas para gestionar grandes volúmenes de información. Por ejemplo el catálogo de imágenes DALI de SpotImages supera los 5 millones de referencias y no para de crecer.



## ERS (European Remote Sensing Satellite)

Satélites lanzados por la Agencia Espacial Europea con una órbita polar sincrónica con el sol a una altura de entre 782 y 785 km.

ERS1 y ERS2 equipados con:

- Un altímetro radar

- Un radiómetro infrarrojo de cuatro canales para medir temperaturas en la superficie del mar y en la cima de las nubes

- Un emisor de microondas

- Un radar de apertura sintética

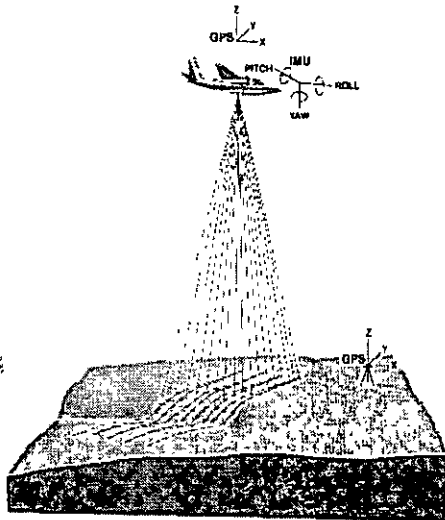
- Un escaterómetro para el estudio de vientos

El ERS2 estaba equipado con el GOME (Global Ozone Monitoring Experiment) y un espectrómetro de absorción pero en el año de 1995 comenzó a tener fallos en su operación por lo que los instrumentos solo funcionan cuando el satélite es visible desde alguna estación terrestre.



## ENVISAT

Es el sucesor de los satélites ERS en una órbita polar sincrónica con el Sol a una altura de 790 km (+/- 10 km). Orbita la Tierra en un periodo de cerca de 101 minutos con un periodo de repetición de ciclos cada 35 días



## LIDAR (Light Detection and Ranging)

Esta tecnología permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado.

Actualmente la tecnología más precisa para la generación de modelos digitales del terreno con 1 ó 2m de resolución espacial de grandes extensiones de terreno, con una precisión en altura mejor de 15cm y realizando una medida real XYZ para cada metro cuadrado.

LIDAR ofrece numerosas ventajas en la adquisición de datos digitales de elevación frente a los sistemas basados en fotogrametría, permite medir la altura real del terreno debajo de la vegetación, mantiene una precisión homogénea para todos los datos de la zona de estudio, disminuye costes y plazos de entrega.



Con esta tecnología se ha revolucionado la generación de MDT de alta precisión para distintas aplicaciones, principalmente en la elaboración de cartografía para estudios hidráulicos, detección de cables en líneas de alta tensión, inventario forestal, modelos tridimensionales urbanos, etc.

LIDAR trabaja con dos técnicas diferentes: permite medir la orientación exacta del sensor y GPS diferencial para poder medir la posición exacta del sensor.



El modo de recoger la información con esta tecnología es el siguiente:

En una superficie sólida (edificios, suelo, etc.) el rayo se refleja sin ningún problema y vuelve al avión.

En el agua el rayo laser es absorbido rápidamente y no vuelve al avión, por lo que no se obtiene ninguna información.

En vegetación, el rayo choca en primer lugar con la copa del árbol. En este momento parte del rayo se refleja y vuelve al avión, pero al tratarse de una superficie no sólida, hay otra parte del rayo que atraviesa la vegetación hasta llegar al suelo y vuelve al avión. El sistema guarda el primer y último pulso.

Algunas de las aplicaciones de LIDAR son:

MDT para estudios hidráulicos

Medición de líneas eléctricas

Para inventario, mantenimiento y detección de objetos cercanos al tendido eléctrico

Aplicaciones forestales

Medición precisa de la altura de cada árbol, extracción de diferentes parámetros de la vegetación.

Telecomunicaciones

Levantamiento en 3D de ciudades, análisis de las distancias críticas de cobertura.

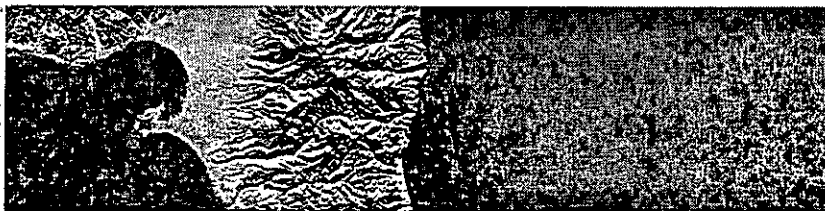
Aplicaciones cartográficas

A partir del MDT se pueden extraer curvas de nivel en 3D con una gran precisión en altura. Seguimiento de la línea de costa

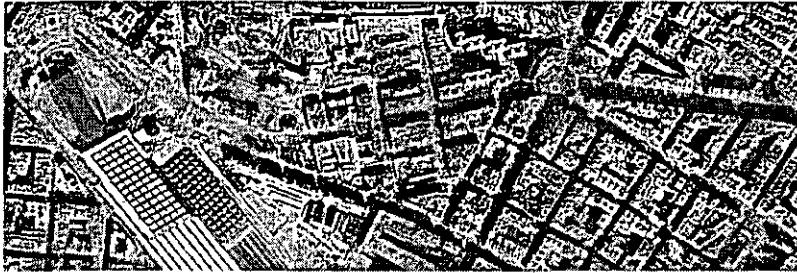
Homogeneidad, precisión, rapidez y bajo coste para medir grandes extensiones de la línea de costa



Escenario virtual 3D



Modelo Digital de Terreno con LIDAR



QuickBird de imagen de satélite LIDAR



Fotografía LANDSAT



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

*PROCESAMIENTO DIGITAL  
DE IMÁGENES DE SATELITE  
Y MODELOS TRIDIMENSIONALES*

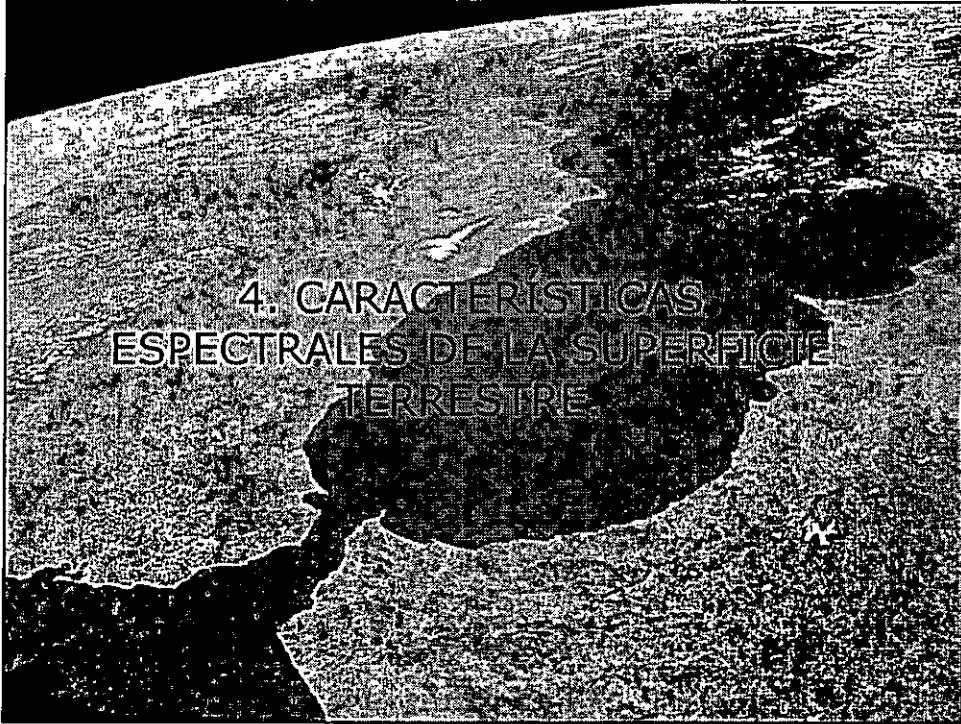
CA 165

TEMA

*CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES  
DE LA SUPERFICIE TERRESTRE*

EXPOSITOR: GEOG. CAROLINA HERNÁNDEZ  
DEL 27 DE NOVIEMBRE AL 08 DE DICIEMBRE DE 2008  
PALACIO DE MINERÍA





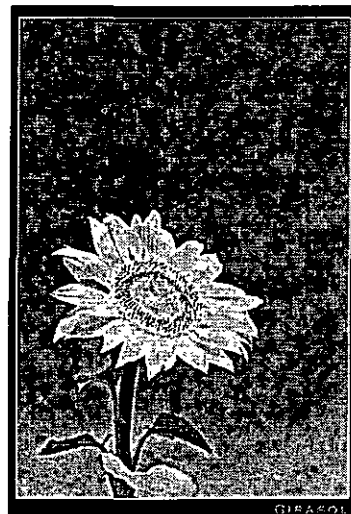
#### 4.1. Características espectrales de la vegetación y de los suelos.

## VEGETACIÓN

La reflexión de la vegetación depende de tres variables:

- \*Estructura de la cubierta vegetal, principalmente caracterizada por su índice foliar, por la orientación de las hojas y por su distribución y tamaño.
- \*Propiedades ópticas de los elementos reflectantes (tallos, hojas, flores y frutos).
- \*Geometría de la observación, determinada por la orientación relativa entre el sol y la superficie y por la situación del sensor con respecto a esta última.

Aunque en mayor medida son las hojas las responsables de la respuesta espectral de las cubiertas vegetales, también en determinados casos cobran gran relevancia los tallos, las flores y los frutos, cuyas proporciones determinarán en definitiva la signatura espectral de la cubierta. Otro factor de importancia es la proporción de suelo no cubierto por la masa vegetal.

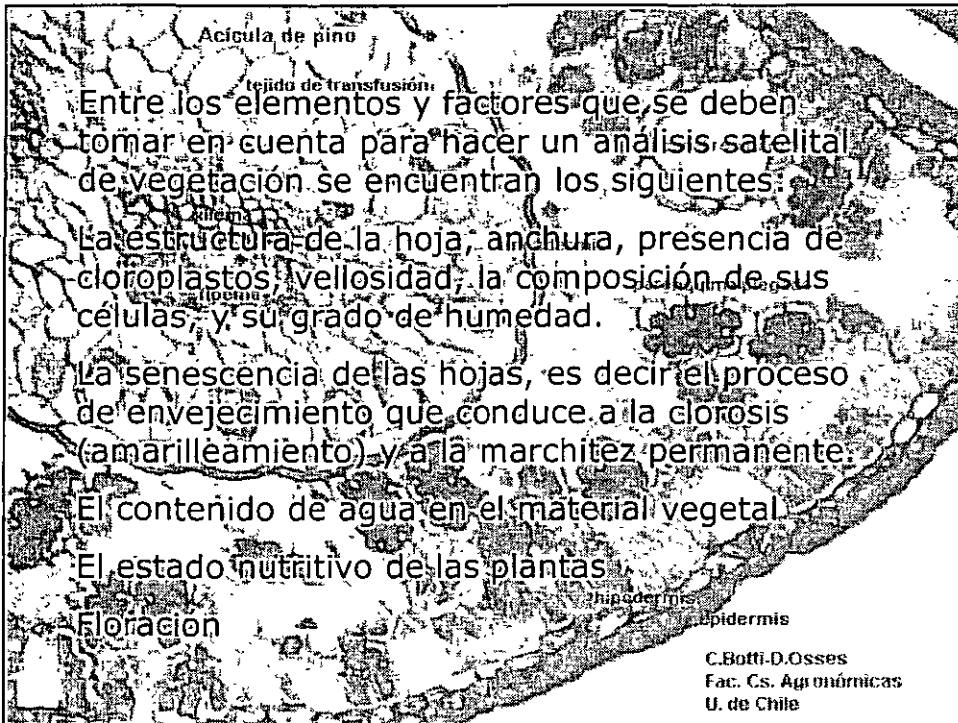


Cuando se estudia una masa de hojas se observa que:

1. En el intervalo visible-infrarrojo medio, las hojas presentan tres zonas diferenciadas: una en el visible (0,4-0,7  $\mu\text{m}$ ) caracterizada por su baja reflectancia, otra en el infrarrojo próximo (0,7-1,3  $\mu\text{m}$ ) y otra en el infrarrojo medio (1,3-2,5  $\mu\text{m}$ ).
2. En el visible, la reflectancia de las hojas no supera el 15 % y la transmitancia es también pequeña.

3. En el infrarrojo próximo las hojas presentan una meseta de alta reflectancia (alrededor del 50 %). De la energía restante, la mayor parte es transmitida, ya que la absorbancia es sólo del 10 %, por lo que puede considerársele prácticamente transparente en esta región del espectro.

4. En el infrarrojo medio, el agua marca su presencia en las hojas produciendo tres fuertes bandas de absorción en la signatura resultante, al igual que ocurre con los suelos: 1,4; 1,9 y 2,5  $\mu\text{m}$ .



La orientación relativa de la superficie vegetal con respecto a la luz incidente, la cual depende de tres variables: elevación solar, pendiente de la ladera y orientación geográfica de la misma.

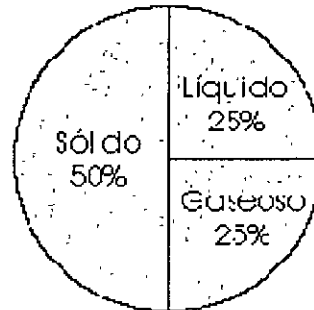
La variación horaria de la reflectancia de una cubierta vegetal durante el día

La posición relativa del sensor con respecto a la dirección de iluminación

La reflectancia, como se ha visto, depende de la geometría del triedro formado por la normal a la superficie, la dirección de incidencia de los rayos solares y la de posición del sensor.

## SUELOS

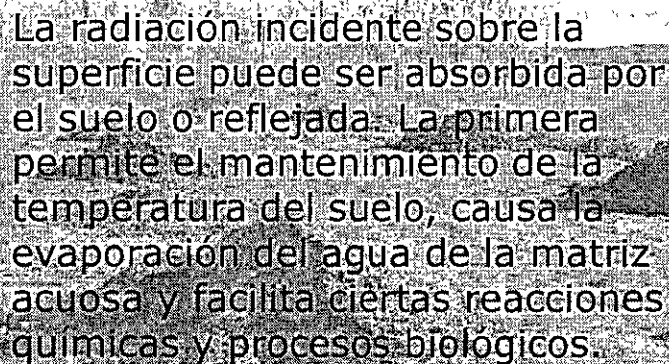
Los suelos están constituidos por una fase sólida, compuesta por partículas de muy diferentes tamaños, formas y naturaleza, una fase líquida, formada por el agua que tiende a llenar los huecos dejados por las anteriores, y una fase gaseosa debida al aire que ocupa los poros libres de agua, por lo tanto su respuesta espectral esta en función de la presencia en mayor o menor medida de cada una de sus fases y de su composición física y química entre otras cosas.



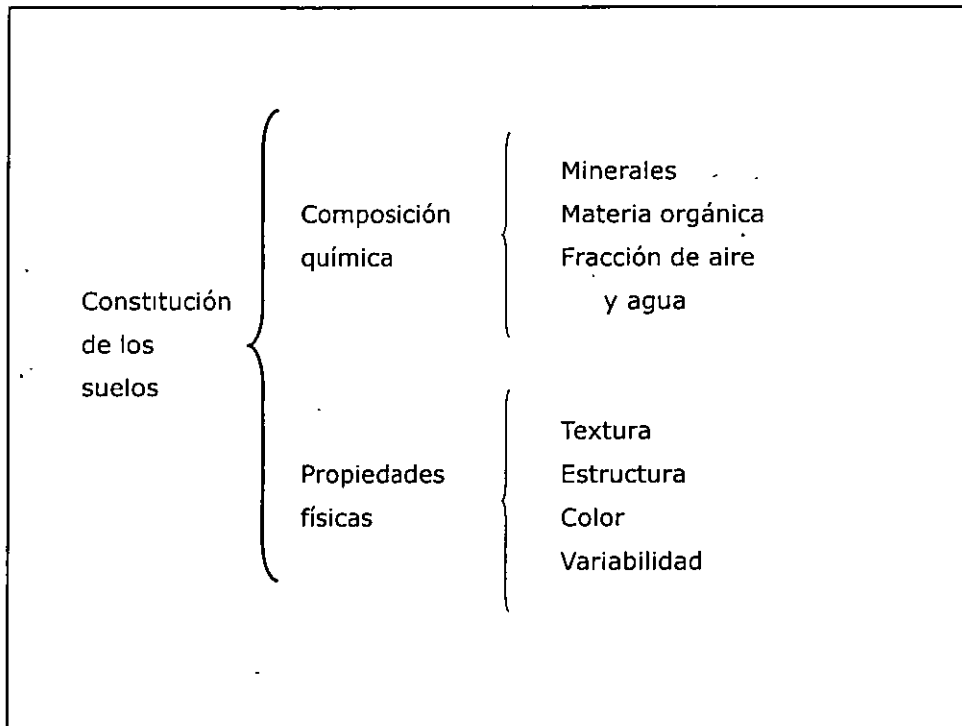
Horizontes del suelo

A00	Hojas y residuos orgánicos sin descomponer
A0	Residuos parcialmente descompuestos
A1	Color oscuro por presencia de materia orgánica
A2	Color claro por efecto del lavado
A3-B1 Transición a A-B	
B2	Precipitación de sustancias lavadas de A
B3	Transición B-C
C	Fragmentos y restos de meteorización de la roca madre
D	Roca madre sin alterar

La firma espectral de un suelo es consecuencia de la absorción selectiva de la radiación por parte de sus componentes. Dado que el agua es uno de éstos y su presencia es sumamente frecuente, el comportamiento espectral del suelo no sólo estará causado por las bandas de absorción de cada uno de los componentes de la fase sólida, sino también por las correspondientes al agua.



La radiación incidente sobre la superficie puede ser absorbida por el suelo o reflejada. La primera permite el mantenimiento de la temperatura del suelo, causa la evaporación del agua de la matriz acuosa y facilita ciertas reacciones químicas y procesos biológicos.



### Diferencias entre vegetación y suelos.

Las imágenes satelitales muestran la absorción de la radiación visible; dos bandas del espectro, la azul (430 nm) y la roja (60 nm) muestran la cantidad de energía absorbida. En contraste, la banda del infrarrojo cercano (750-1100 nm) actúa justo de forma inversa. La mayor absorción del rojo y azul, junto con la fuerte reflexión del infrarrojo cercano, es la diferencia espectral de la respuesta de todo el suelo, y es utilizada como forma de diferenciación de las superficies con y sin vegetación.

Para diferenciar el suelo de la vegetación se han definido los índices de vegetación, es decir, combinaciones de bandas espectrales, cuya función es realzar la contribución de la vegetación en función de la respuesta espectral de una superficie y atenuar la de otros factores como suelo, iluminación, atmósfera, etcétera.

Basándose en la diferencia de reflectancia del suelo que nos muestra 20 por ciento en la banda visible y 60 por ciento en el infrarrojo cercano (correspondiendo la banda dos al infrarrojo cercano y la banda uno al visible) de la región del espectro de las imágenes, el intervalo de valores obtenidos para identificar las imágenes, varía entre menos uno y más dos.

De ellos, sólo los valores positivos corresponden a zonas de vegetación. Los valores negativos, generados por una mayor reflectancia en el visible que en el infrarrojo, pertenecen a nubes, nieve, agua, suelo desnudo y rocas.

## AGUA

El agua se distingue en las imágenes de satélite porque la reflectancia tiene un comportamiento muy diferente a objetos sólidos y podemos identificar la profundidad de un cuerpo de agua, corrientes, aguas turbias, batimetría y zonas con sedimentos.



En una imagen con color verdadero se distingue lo siguiente:

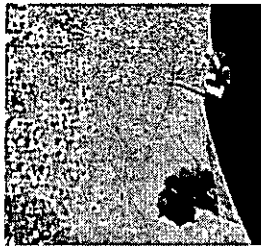
El azul oscuro indica aguas profundas.

EL azul claro indica aguas de media profundidad.

La vegetación se muestra en tonalidades verdes.

El suelo aparece en una gama de colores marrones.

EL suelo desnudo y roca en tonos amarillentos y plateados.





DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

*PROCESAMIENTO DIGITAL  
DE IMAGENES DE SATELITE  
Y MODELOS TRIDIMENSIONALES*

CA 165

TEMA

*PROCESAMIENTO DIGITAL  
DE IMÁGENES*

EXPOSITOR: GEOG. CAROLINA HERNÁNDEZ  
DEL 27 DE NOVIEMBRE AL 08 DE DICIEMBRE DE 2008  
PALACIO DE MINERÍA



VISUALIZACIÓN Y  
CORRECCIONES

## 6.1 Objetivos del procesamiento digital de imágenes.

Manipular y transformar los datos obtenidos por los sensores con el objetivo de lograr una representación mejor de la escena original, es decir, para resaltar o extraer rasgos de imágenes del satélite que sean de utilidad para nuestro estudio.

## 6.2 Clasificación de las operaciones de P.D.I.:

- Realce de imágenes
- Transformación de imágenes
- Clasificación de imágenes

### 6.3 VISUALIZACIÓN, ESTADÍSTICAS DE IMAGEN Y MEJORA DEL CONTRASTE.

La visualización o despliegue de imágenes consiste de un CPU, teclado, mouse y pantalla para despliegue.

Una pantalla de despliegue puede consistir en múltiples monitores.

El hardware de despliegue contiene la memoria para producir la imagen.

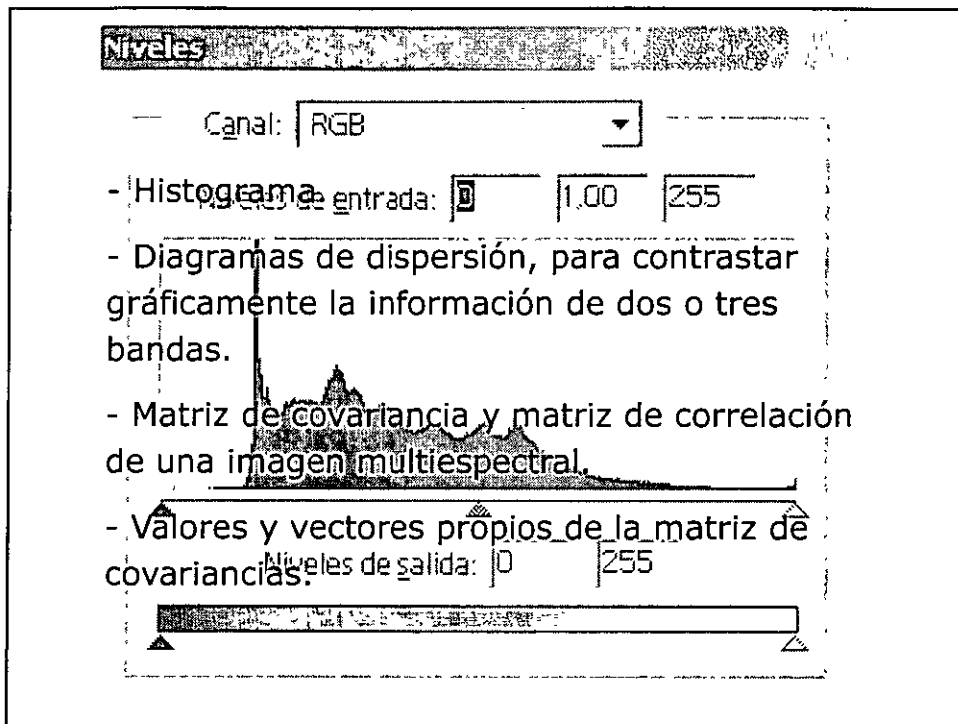
Pixel: es la parte mas pequeña de una imagen digital.

La visualización está referida en términos de número de bits para determinar el número de posibles valores de brillo.

### ESTADÍSTICAS DE IMAGEN

Se hace necesario un análisis estadístico de los valores digitales que forman una imagen, o una porción de ella, antes de aplicarle cualquier proceso o transformación. Por este motivo se han implementado un conjunto de funciones que realizan los siguientes cálculos:

- Media, variancia y desviación estándar de los niveles digitales.



### TECNICAS ESTADISTICAS ELEMENTALES

Con el objeto de realizar una serie de estudios previos y de sondeo con las bandas obtenidas, serán de utilidad una serie de técnicas estadísticas ya conocidas, que aquí se mencionarán sólo a modo descriptivo:

También será importante eliminar valores aberrantes o anómalos. La obtención de estadísticas elementales que sinteticen y describan las diferentes bandas espectrales será la primera operación a realizar.

Será de gran utilidad el cálculo de las medidas de centralidad (media, mediana y moda) y de dispersión (varianza, desviación típica) de las distintas bandas espectrales.

La realización de los histogramas de cada banda nos ilustrará acerca de su distribución, pudiéndose verificar la normalidad de las mismas.

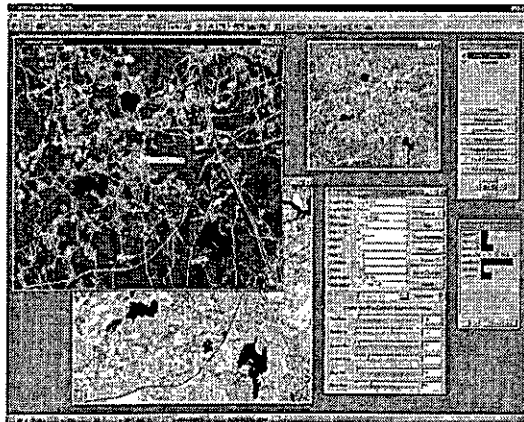
## TECNICAS ESTADISTICAS MULTIDIMENSIONALES

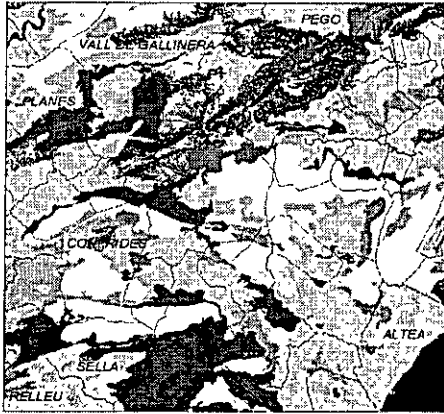
La imagen analizada estará siempre representada, desde un punto de vista estadístico, por una nube de puntos en un espacio multidimensional. Así, se persiguen al generar estos nuevos espacios de representación son los siguientes:

- Extraer la información básica contenida en el conjunto de las bandas a través de un pequeño número de factores.
- Reducir el volumen de información a tratar de transmisión de los datos del satélite a la tierra. Obtener unas nuevas bandas espectrales que estén intercorreladas.

## CONTRASTE

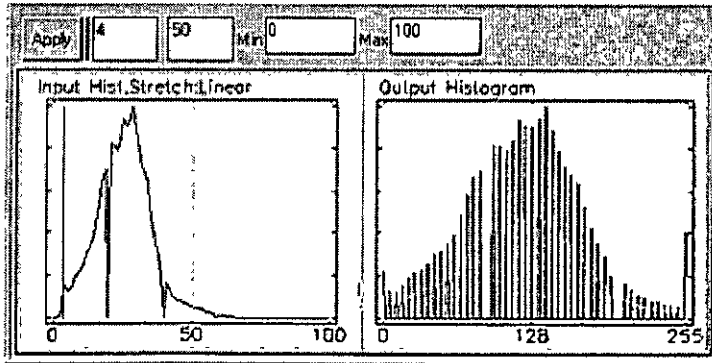
Proceso por el cual se reasigna un rango de valores a otro rango. A menudo utilizada en el despliegue de capas raster.





Tiene como objetivo mejorar la calidad de las imágenes según los criterios subjetivos del ojo humano.

- Cultivos
- Bosques de rebrotadoras arbóreas
- Pinares con matorral de germinadoras
- Pinares con presencia de encina
- Pinares dispersos y mixtos de pino carrasco y pino
- Pinares maduros con matorral de rebrotadoras
- Matorrales de germinadoras
- Matorrales de germinadoras con presencia de arbore
- Matorrales de rebrotadoras
- Matorrales con alta regeneración de pino
- Vegetación de ribera





#### 6.4 OPERACIONES DE PREPROCESAMIENTO:

##### CORRECCIONES RADIOMÉTRICAS Y GEOMÉTRICAS.

Las distorsiones de las imágenes pueden ser radiométricas o geométricas.

Las **distorsiones radiométricas** son por errores del sistema o por distorsiones atmosféricas, las primeras se minimizan por correcciones cosimétricas y las segundas por correcciones atmosféricas.

Las **distorsiones geométricas** son corregidas por correcciones geométricas.

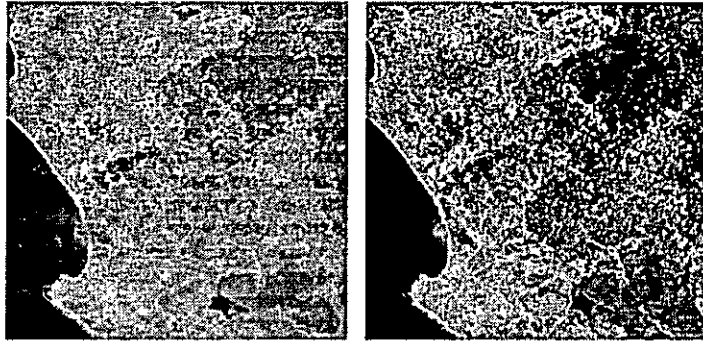
Una distorsión radiométrica se da porque la señal viaja por la atmósfera (que afecta la señal), porque la iluminación del Sol afecta los valores radiométricos, así como los cambios estacionales, las fallas del sensor o el ruido en el sistema y el terreno influye también en la radiación.

#### Rayado de imagen

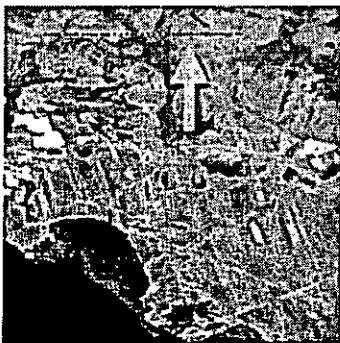
causado por una respuesta no idéntica de uno o más detectores resultado de un arrastre en respuesta después de la calibración de los detectores.

Para solucionarlo se calcula el histograma de un detector como estándar.

Llevar los histogramas de los otros detectores al histograma del detector estándar.



#### Caída de líneas



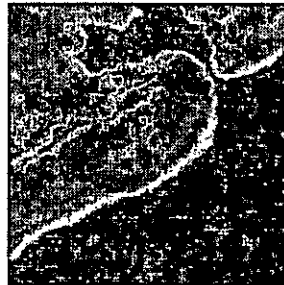
Son causadas por valores de radiación erróneos para píxeles, líneas o áreas., defectos del escáner .

Se corrigen por repetición de vecinos o promedios.

La amplitud de cada 6 líneas es multiplicada por un factor de 0.5 para producir los valores digitales correctos desde los cuales la imagen es dibujada.

El ruido o puntos aleatorios es causado por errores de transmisión o disturbios temporales .

Se corrige mediante la detección del punto comparado con el de sus vecinos con el valor que le de y se reemplaza interpolando con sus vecinos.



La corrección geométrica se realiza para comparar dos imágenes tomadas en diferentes épocas, para realizar un mosaico, superponer una carta topográfica, conocer las coordenadas según un sistema de referencia, para superponer una carta temática, para superponer los datos GPS.

Para corregir primero se selecciona el sistema de coordenadas, se establecen puntos de control, se hace un cálculo de funciones de transformación y finalmente se hace la transferencia de los datos a la posición corregida.



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

*PROCESAMIENTO DIGITAL  
DE IMAGENES DE SATELITE  
Y MODELOS TRIDIMENSIONALES*

CA 165

TEMA

*INTERPRETACIÓN VISUAL  
DE IMÁGENES*

EXPOSITOR: GEOG. CAROLINA HERNÁNDEZ  
DEL 27 DE NOVIEMBRE AL 08 DE DICIEMBRE DE 2008  
PALACIO DE MINERÍA

## **5. Interpretación visual de imágenes.**

### **5.1. Principios básicos de la interpretación de imágenes.**

El análisis visual puede utilizar elementos como textura, estructura, emplazamiento o disposición, muy difíciles de definir en términos digitales. Son criterios visuales (Chuvieco, 1996).

**Tono.** Se refiere a la intensidad de energía recibida por el sensor para una determinada banda del espectro.

**Color.** El color que aprecian nuestros sentidos es fruto de la reflectividad selectiva de los objetos a distintas longitudes de onda. El ojo humano percibe longitudes de onda comprendidas entre 0.4 y 0,7  $\mu\text{m}$ .

**Textura.** "Se refiere a la aparente rugosidad a suavidad de una región de la imagen; en definitiva al contraste espacial entre los elementos que la componen".

**Situación Espacial.** Indica la localización espacial de la cobertura terrestre de interés (vegetación natural, cultivos) , así como su relación con elementos vecinos de la imagen.

Para llevar a cabo la interpretación sobre productos de sensores es necesario tomar en cuenta los siguientes lineamientos:

1. Lectura de la Imagen .

**Detección.** Este actividad tiene relación directa con la visibilidad de los objetos a ser interpretados, estando por tanto correlacionada con la clase de objeto, escala y calidad de las fotografías.

### **Reconocimiento e identificación.**

Después que un detalle es detectado, éste debe ser reconocido e identificado para poder extraer información válida de la imagen, ya sea para su uso directo o como elemento a correlacionar para la interpretación final.



## 2. Análisis de la Imagen

Proceso por el cual se delimitan grupos de objetos o elementos que tienen una individualidad separada en la interpretación.

**Deducción.** La deducción es un proceso complicado, basado en evidencias convergentes.

La evidencia se deriva de objetos particularmente visibles o de elementos que sólo suministran una información parcial sobre la naturaleza del o los objetos observados.





### 3. Interpretación de la Imagen

En esta fase, se realizan operaciones de clasificación, representación e idealización de los fenómenos presentes en la imagen.

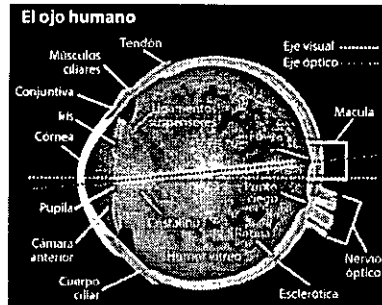
**Clasificación.** La fase de clasificación incluye: la descripción individual de las superficies delineadas por el análisis, su arreglo en un sistema adecuado para ser usado en el campo de la investigación y por último la codificación necesaria para expresar el sistema.

**Representación.** Corresponde a la presentación de los resultados de la interpretación realizada.

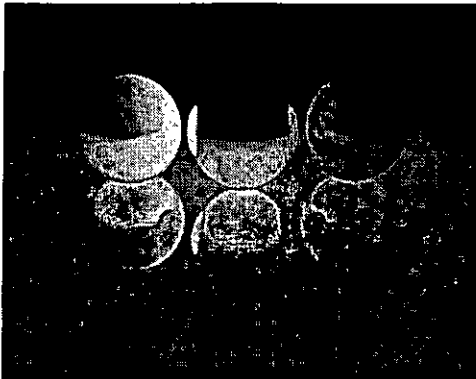
**Idealización.** Es el proceso de dibujo "final", que seguirán detalles lineales o encerrarán áreas clasificadas como homogéneas, o la representación estandarizada (convencional) de los detalles visibles en la imagen.

## 5.2. Percepción del color.

En la retina hay unas células llamadas conos que reaccionan de diferente forma según la longitud de onda de la radiación que les llegue.



Esto se debe a que los conos poseen distintas sustancias sensibles a una longitud de onda determinada aunque, en menor medida, también reaccionan ante longitudes de onda próximas por encima y por debajo.



La percepción del color implica que nos lleguen ondas luminosas a los ojos, donde se convierten en impulsos nerviosos que se envían al cerebro para que sean interpretados y nos produzcan la sensación del color.

Colores primarios

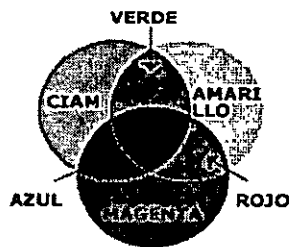
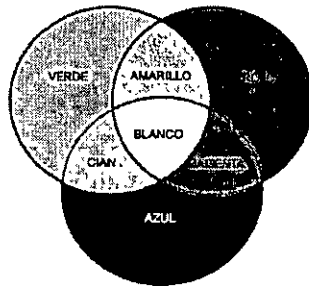
Ningún color primario se forma por combinación de otros dos. Los demás colores se crean por mezclas de los tres.

### 5.3. Colores aditivos y sustractivos.

#### Colores aditivos

Son los que registran nuestros ojos y los que emite la pantalla de la computadora

- Los primarios son el azul, el verde y el rojo
- Proporciones iguales de cada uno de los primarios forman luz blanca.

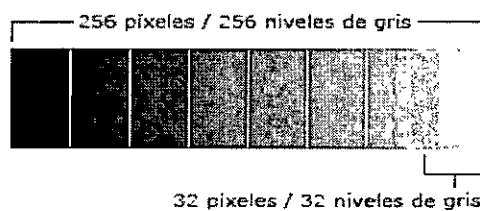


#### Colores sustractivos

- Se usan en pigmentos y tintas
- Los primarios son el cian, el amarillo y el magenta
- Cada color refleja dos primarios aditivos y absorben el otro
- Proporciones iguales de cada uno forman el negro.
- Amarillo absorbe luz azul
- Cian absorbe luz roja
- Magenta absorbe luz verde

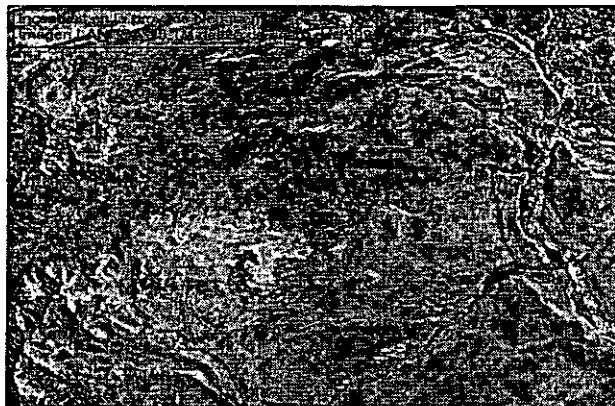
### Tonos de gris

- Representan intensidades de luz.
- Son detectados por los bastones de nuestra retina, que son sensores pancromáticos
- Tenemos capacidad para discriminar 256 niveles de intensidad de luz o tonos de gris
- La pantalla de la computadora genera tonos de gris emitiendo valores iguales de intensidad en cada cañon.



### Falso color

- Cualquier combinación de datos distinta que la de color natural
- Típicamente se ponen los datos del infrarrojo cercano en el cañon rojo para resaltar la presencia de vegetación





### Color natural o real

- Los datos de la región del azul se asignan al cañon azul
- Los datos de la región del verde se asignan al cañon verde
- Los datos de la región del rojo se asignan al cañon rojo
- Los colores emitidos por la pantalla de monitor y detectados por nuestro sistema de visión, son interpretados según los patrones establecidos evolutivamente en el cerebro.

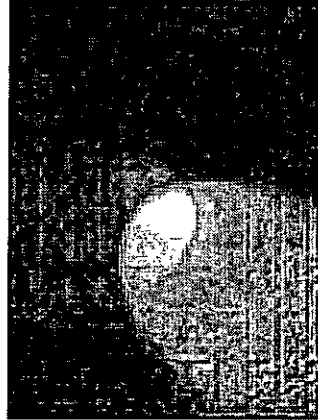
5.4. Representación del color.

5.5. Procesos de visualización del color: aditivo y sustractivo.

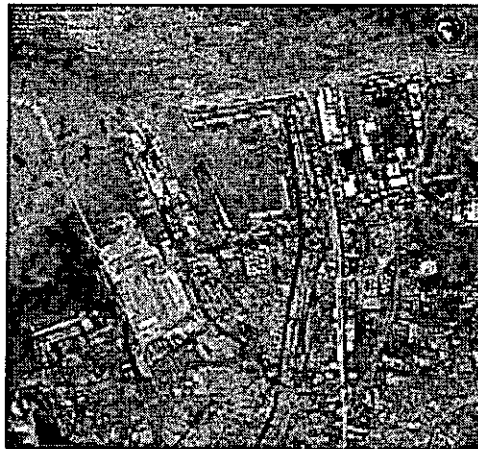
5.6. Combinaciones de color más frecuentes para la interpretación de imágenes.

El análisis visual de imágenes se realiza tres bandas del sensor coincidiendo con los monitores usados en la informática. (RGB)

Empleando los tres cañones tenemos la posibilidad de enviar en cada uno de ellos una de las bandas del sensor, combinándose en nuestra pantalla y dando distintos colores y tonos que se emplean para analizar visualmente la imagen combinando las bandas que se emplearan para discriminar cubiertas, geología, morfología urbana, uso de suelo, etcétera.



Color natural



Combinando tres de esas bandas y asignándolas  
un color a cada una:

- Color natural o RGB=321

- Falso color o RGB=432

- Otras como RGB=754, RGB=742 . . .

Banda 1: Azul (B)

Banda 2: Verde (G)

Banda 3: Rojo (R)

Banda 4: Infrarojo próximo (IRP)

Banda 5: Infrarojo medio (IRM.  $1,55\mu\text{m} - 1,75 \mu\text{m}$  )

Banda 6: Infrarojo térmico (IRT)

Banda 7: Infrarojo medio (IRM.  $2,08\mu\text{m} - 2,35 \mu\text{m}$  )

Color natural



Falso color bandas 432

Rojo - Magenta: Vegetación vigorosa, prados de montaña o osques de caducifolias en imágenes de verano y cultivos herbáceos y cultivos herbáceos de secano en imágenes de primavera.

Áreas vegetales menos densas y / o vegetación en temprano estado de crecimiento. Las áreas residenciales suburbanas en torno a las grandes ciudades, con sus pequeños jardines y árboles diseminados, aparecen a veces en este color. Praderas.



Blanco: Áreas de escasa o nula vegetación pero de máxima reflectividad: nubes, arenas, depósitos salinos, canteras y suelos desnudos.



Azul oscuro a negro: Superficies cubiertas total o parcialmente por el agua: ríos, canales, lagos y embalses. En zonas volcánicas los tonos negros pueden asimismo identificar flujos de lava.

Gris a azul metálico: Ciudades o áreas pobladas, si bien puede asimismo tratarse de roquedo desnudo.

Marrón : Vegetación arbustiva muy variable en función de la densidad y del tono del sustrato. Los tonos más oscuros indican presencia de materiales paleozoicos (pizarras), mientras los materiales calcícolos, menos densos normalmente, ofrecen una coloración más clara.

Beige – dorado: Identifica zonas de transición: prados secos frecuentemente asociados con el matorral ralo.

#### Falso color bandas 453

Realza con gran detalle los límites entre el agua y la tierra.

Los diferentes tipos de vegetación se muestran en colores marrones, verdes y naranjas.



Realza las diferencias de humedad en el suelo y es usada para el análisis de humedad en el suelo y vegetación. Generalmente el suelo húmedo aparece más oscuro.

Áreas edificadas en tonos grises.

Falso color bandas 742

Las áreas urbanas aparecen en tonos magentas. Las praderas en verde claro.

De verde oliva a verde brillante indica áreas forestales (en general los bosques de coníferas son más oscuros que los de caducifolias).



Áreas edificadas en tonos magenta.

Falso color bandas 341

En tonos verdes intensos, vegetación vigorosa. En tonos violáceos, Áreas edificadas.

En tonos verdes a negros, monte el viejo, zonas arboladas intensas. En tonos marrones claros, cereal de secano. En negro cuerpos de agua.





DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

*PROCESAMIENTO DIGITAL  
DE IMAGENES DE SATELITE  
Y MODELOS TRIDIMENSIONALES*

CA 165

TEMA

*Transformación de imágenes*

EXPOSITOR: GEOG. CAROLINA HERNÁNDEZ  
DEL 27 DE NOVIEMBRE AL 08 DE DICIEMBRE DE 2008  
PALACIO DE MINERÍA

8.1. Transformación de imágenes:  
operaciones aritméticas entre  
bandas, índices de vegetación,  
análisis de componentes principales.

Operaciones aritméticas entre bandas

Se utilizan una o dos bandas de una misma área geográfica previamente georreferenciadas. Se realiza la operación pixel a pixel, a través de una regla matemática definida obteniéndose como resultado una banda que representa la combinación de las bandas originales.

Normalmente, los resultados pueden sobrepasar el intervalo de 0 a 255, en este caso serían automáticamente normalizados de forma que los valores menores que 0 y mayores que 255, recibirían los valores 0 y 255 respectivamente.

Evidentemente esto causa una pérdida de información espectral , por lo que se debe utilizar un factor de ganancia (multiplicativo) u Off Set (aditivo).

Las operaciones aritméticas entre bandas son de gran utilidad para comparar imágenes adquiridas en diferentes años.

Por lo tanto, es posible realizar el cociente entre dos bandas de una misma imagen; esto es, su división pixel a pixel. Los cocientes se suelen utilizar para mejorar la discriminación entre cubiertas y para reducir las diferencias de iluminación de la imagen.

### Índices de vegetación

Para estudiar el porcentaje e intensidad de la cobertura vegetal de una zona mediante imágenes satélite, se usan los Índices de Vegetación. El principio en que se basan éstos índices es el fuerte contraste existente entre la reflectancia de las plantas en el rojo y el infrarrojo cercano.

En las plantas con actividad fotosintética, las moléculas de clorofila, responsables de esta función, absorben la luz roja. Por otro lado, las células de las hojas, en un estado de turgencia normal, reflejan la mayor parte de la radiación infrarroja que reciben.

Esta reflectividad en el infrarrojo disminuye con el estrés hídrico, al mismo tiempo que también disminuye la absorción en el rojo debido a una menor actividad fotosintética. Observar el gráfico de respuesta espectral de la vegetación en dos niveles distintos de actividad, comparándola con la del suelo y en relación con las bandas TM3 y TM4.

Como índice de vegetación que se ha utilizado el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), cuyo rango de valores es de -1 a 1. De esta manera, las zonas de mayor concentración de biomasa fotosintéticamente activa presentan valores próximos a 1 y las de menor valores más pequeños. El NDVI se calcula de la siguiente manera:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Infrarrojo cercano} - \text{rojo}}{\text{Infrarrojo cercano} + \text{rojo}}$$

La diferencia espectral entre las bandas TM3 (rojo) y TM4 (infrarrojo cercano, se incrementa cuando aumenta la absorción de la clorofila y la reflectancia de las hojas, lo que se traduce en un NDVI mayor.

Los valores de NDVI inferiores a 0.2 se suele considerar que corresponden a la reflectancia de suelos desnudos sin vegetación fotosintéticamente activa.

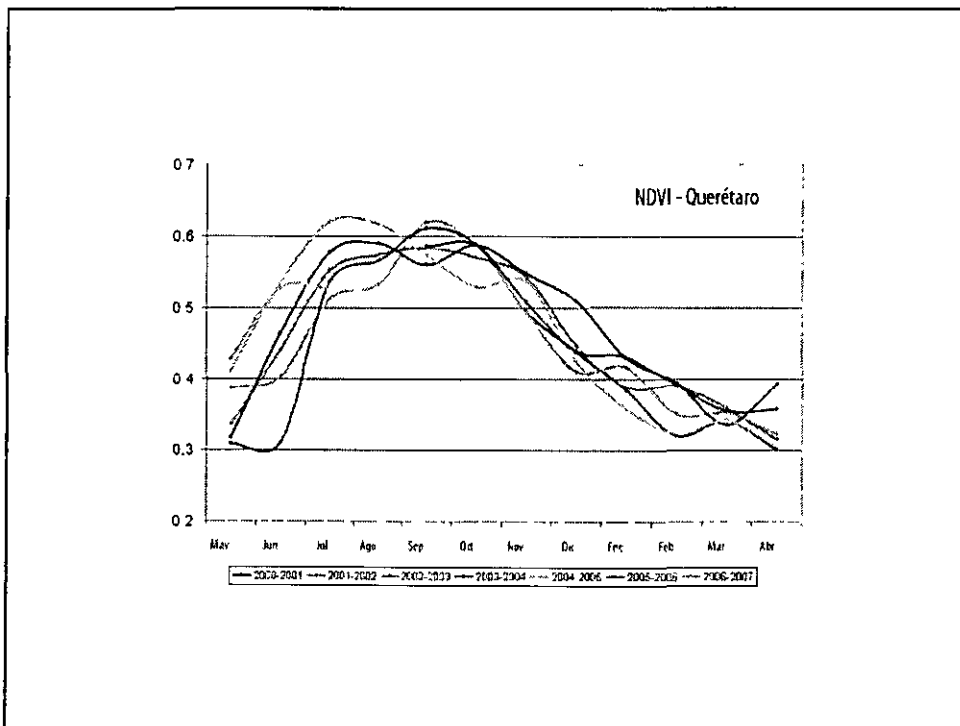
Vamos a referirnos a ciertas operaciones algebraicas efectuadas sobre los valores numéricos de los píxeles correspondientes sobre dos o más bandas pertenecientes a la misma escena. Entre las más importantes figuran las que conducen a evaluar los índices de vegetación. Un índice de vegetación es un número generado por alguna combinación de bandas espectrales y que puede tener alguna relación con la cantidad de la vegetación presente en un dado píxel de la imagen.

Entre otras aplicaciones prácticas de esta técnica figuran:

- Identificación de áreas forestadas-deforestadas;
- Evaluación del estado de la vegetación y su grado de estrés;
- Separación entre distintos tipos de masas vegetales;
- Monitoreo de plagas;
- Evaluación de riesgos de incendio.

Además existen numerosas variables que se pueden derivar de este índice como por ejemplo:

- Contenido de agua en las hojas,
- Productividad neta de la vegetación,
- Contenido de clorofila en la hoja,
- Dinámica fenológica,
- Evapotranspiración potencial,
- Etc.





## Análisis de Componentes Principales

Frecuentemente la información aportada por las distintas bandas de una imagen presenta un cierto grado de correlación. Mediante el Análisis de Componentes Principales se obtiene una nueva imagen multiespectral resultado de la combinación lineal de las bandas originales cuyas bandas no presentan correlación entre ellas.

Los elementos no diagonales de la matriz de covariancias de la imagen multiespectral caracterizan la redundancia entre sus bandas. El Análisis de Componentes Principales consiste en encontrar aquella transformación que diagonalice esta matriz.

Este tipo de análisis estadístico se utiliza para eliminar la redundancia de información que se produce entre las diferentes bandas. En éste contexto, el ACP permite sintetizar y separar la información intrínseca en cada una de las bandas de partida creando unas nuevas variables, las Componentes Principales, que reúnen la mayor parte de la información original y facilitan el análisis e interpretación de los cambios.



El análisis debe aplicarse como realce previo a la interpretación visual o como procesamiento anterior a la clasificación.

En el caso de análisis de componentes principales de series multitemporales, el primer componente principal suele contener toda la información que permanece invariable entre las distintas épocas, mientras que la información sujeta a mayores variaciones se acumula en componentes de rango mayor.

## 9. Procesamiento digital de imágenes.

### Clasificación de imágenes.

## Reconocimiento de patrones

En un sistema de computo el reconocimiento de patrones se debe programar para que aglomere la información que requerimos. Existen dos patrones para agrupar:

- Entrenamiento supervisado y
- Entrenamiento no supervisado

La clasificación es una de las técnicas más aplicadas en teledetección y fotointerpretación de imágenes de satélite. Sus aplicaciones son de lo más variadas: detección de cubiertas, usos de suelo, geología, urbanismo, etc. La información que contienen las imágenes de satélite puede ser obtenida por clasificación, basándose en los datos que presentan sus píxeles en cada una de las bandas registradas. Los algoritmos de clasificación estadística son los más frecuentemente usados para asignar la clase a que pertenecen cada uno de los píxeles de una imagen de satélite.

Uno de los aspectos más destacados de estos algoritmos es que producen resultados de probabilidad de pertenencia. De hecho, algunos de ellos se basan en la clasificación de cada píxel a la clase a la que pertenece con mayor probabilidad. También pueden dar como resultado mapas de clasificación donde cada clase, incluso cada píxel tiene su nivel de confianza estimado. Sin embargo para la aplicación de estos algoritmos se necesita asumir una serie de hipótesis estadísticas a priori como funciones de probabilidad o funciones de distribución, con el riesgo que ello supone.

#### Clasificación supervisada

En ésta el analista supervisa el proceso de categorización del píxel especificando al algoritmo de la computadora descriptores numéricos de los varios tipos de coberturas terrestres presentes en la escena. Para ello debe recurrirse a un muestreo de sitios representativos de coberturas conocidas, o sitios de entrenamiento que permitan compilar un código de interpretación numérica que describe los atributos espectrales para cada cobertura de interés.

Cada pixel de la escena es entonces comparado con el código de cada categoría asignándole el nombre de aquella categoría a la que más se asimila.

En los casos en que la definición de las áreas de entrenamiento y la correspondiente codificación de las clases de interés sea satisfactoriamente realizable, el método supervisado va a ser superior al no supervisado y será el preferido.



Imagen de satélite



con clasificación supervisada

Una vez que se dispone de un conjunto de estos datos de entrenamiento debe tratarse de adjudicar cada uno de los píxeles de la escena a alguna clase. Entre los algoritmos clásicos para estos fines citemos los siguientes:

- Clasificador por mínima distancia
- Clasificador por paralelepípedos
- Clasificador por máxima probabilidad

### Clasificación no supervisada

El método no supervisado crea agrupamientos espectrales o clusters que no tienen mayor significado desde el punto de vista del usuario, por lo que el analista debe intentar asociar una clase temática a cada uno de dichos grupos.

en el no supervisado primero determina las clases espectralmente separables y luego define las clases temáticas de interés.

En el caso de áreas de terreno complejas, en cambio, el método no supervisado resultará superior al supervisado. En efecto, en este caso el analista tendrá dificultades para definir sus áreas de entrenamiento dada la variabilidad de la respuesta espectral dentro de cada clase.

en el método no supervisado que revela clases espectralmente distinguibles dentro de las condicionantes impuestas al algoritmo de agrupamiento (o "clusterización"). Además, el método no supervisado posee el potencial para revelar clases temáticas no previstas previamente.

Se trata de un método iterativo que requiere relativamente poca intervención humana, siendo usual que el analista deba especificar:

- Número máximo de clusters que el algoritmo debe identificar (p.ej 10, 20 o más según el caso)
- Máximo porcentaje de pixels cuyos valores se permite permanezcan incambiables entre iteraciones. Cuando se alcanza dicho número el algoritmo se detiene.

- Máximo número de iteraciones. Cuando se alcanza dicho número el algoritmo se detiene.
- Número mínimo de miembros en un cluster. Si un cluster contiene menos de dicho mínimo es eliminado y los miembros son asignados a un cluster alternativo.
- Máxima desviación standard. Cuando la desviación standard para un cluster excede el máximo especificado y el número de miembros que contiene es más que el doble del mínimo especificado, el cluster se divide en otros dos clusters

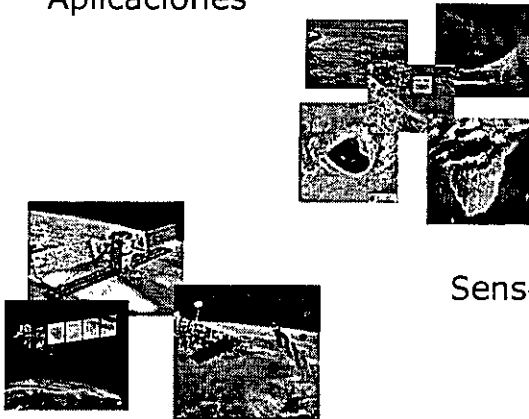
- Suele también fijarse valores mínimos para las distancias entre los centros de los clusters. Cuando la distancia resulta inferior a dichos valores los clusters se fusionan.





10. Selección y adquisición de datos de teledetección en proyectos o estudios.

Aplicaciones



Sensores

# Características de datos

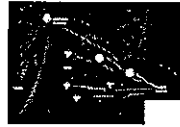
Espacial



Temporal



Ciclo



Espectral





DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

*PROCESAMIENTO DIGITAL  
DE IMAGENES DE SATELITE  
Y MODELOS TRIDIMENSIONALES*

CA 165

TEMA

*PROCESAMIENTO DIGITAL  
DE IMÁGENES  
Realce de imágenes*

EXPOSITOR: GEOG. CAROLINA HERNÁNDEZ  
DEL 27 DE NOVIEMBRE AL 08 DE DICIEMBRE DE 2008  
PALACIO DE MINERÍA

## 7. Procesamiento digital de imágenes.

### Realce de imágenes.

#### **Realce radiométrico**

El realce de imágenes supone un cambio en el modo en que se visualiza la información contenida en la imagen, pero sin alterarla. El realce es básico cuando se pretende un análisis visual de la imagen.

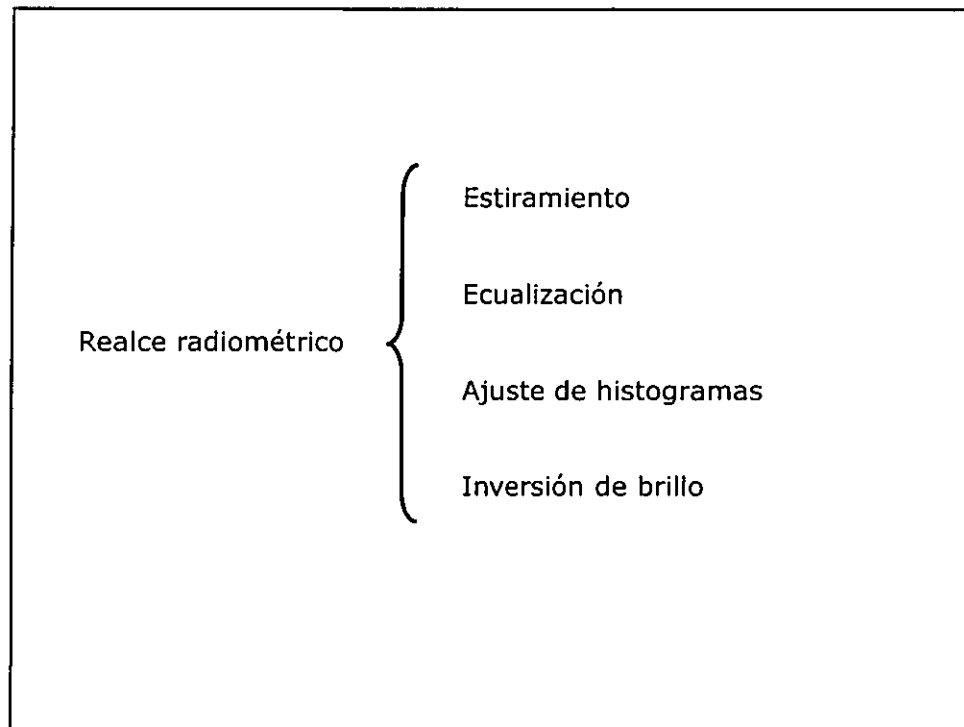
Los realces radiométricos trabajan con los valores individuales de los píxeles de la imagen, esto difiere de los realces espaciales que tienen en cuenta los valores de los píxeles contiguos.

Dependiendo de los puntos y de las bandas en los que ellos aparecen, los realces radiométricos que se aplican a una banda, no pueden ser apropiados para otras bandas. Por consiguiente el realce radiométrico de una imagen multibanda normalmente puede ser considerado como una serie de realces independientes de una sola banda.

Usualmente el realce radiométrico no resalta el contraste de todos los píxeles en una imagen. Puede perderse el contraste entre algunos mientras se gana en otros.

La función de inversión de brillo produce imágenes que tienen contraste opuesto al de la imagen original.





### **Realce espacial**

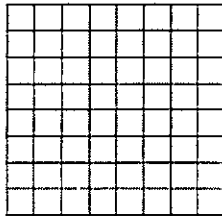
Modifican los valores del pixel basados en los valores del pixel contiguo. Considera los valores mas altos y mas bajos de un conjunto de pixeles.

Es el numero de cambios en los valores de brillo por unidad de distancia para cualquier parte de una imagen.

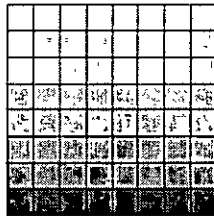
Frecuencia espacial cero – cada pixel tiene el mismo valor.

Frecuencia espacial baja – variación suave de una escala de grises.

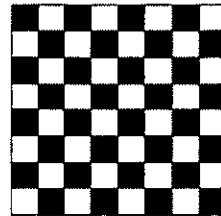
Frecuencia espacial alta – conjunto de pixeles negros y blancos.



*zero spatial frequency*



*low spatial frequency*



*high spatial frequency*

Realce  
Espacial

- Suavizado o filtro de media
- Nitidez
- Detección de bordes
- Filtros direccionales
- Análisis focal
- Análisis estructural
- Filtros estadísticos
- Filtros adaptivos

## **Filtrado**

Es un término que se refiere a la alteración de las características espaciales o espectrales para el realce de una imagen

Filtrado por convolución.

Es el proceso de promediar pequeños conjuntos de píxeles a través de una imagen. Se usa para cambiar las características de la frecuencia espacial de una imagen.

## **Filtrado Crisp**

Destaca la luminancia total de la escena sin distorsionar el contenido de la varianza entre las bandas de imagen. Es útil si la imagen es borrosa debido a la niebla atmosférica, a movimientos rápidos del sensor o a una función de dispersión de punto ancho del sensor.



### Filtro Adaptivo

Filtros que se adaptan a la expansión de la región de interés.

Las escenas a ser filtradas adaptivamente se dividen en

-No degradadas. Con iluminación buena y uniforme

-Luminancia baja. Intensidad menor a la óptima (escaneada)

-Luminancia alta. Valores excesivamente altos. Nubosidad o niebla.

### **Realce espectral**

Requieren de mas de una banda de datos.

#### Análisis de Componentes Principales

Es una transformación que redondea los valores de los pixeles de acuerdo a nuevos ejes de variación. Permite que los datos redundantes se compacten en unas pocas bandas.

### Expansión de Decorrelación.

Amplía los componentes principales de una imagen y no la imagen original. Su propósito es alterar los valores de niveles digitales de la imagen dentro del rango 0-255 del dispositivo de despliegue y utilizar la totalidad del rango de valores de manera lineal.

### Tasseled Cap

Las diferentes bandas de una imagen multi espectral pueden visualizarse definiendo un espacio  $N$ -dimensional ( $N$  es el número de bandas) Cada pixel se posiciona de acuerdo a su nivel digital en cada banda del espectro. La distribución de este pixel está determinada por la absorción reflexión espectral del material sentido

## RGB a IHS

Espacio de color alterno a los cañones de RGB usando la intensidad (I), el matiz (H) y la saturación (S) como parámetros en vez de RGB.

Presenta colores mas cercanos a los percibidos por el ojo humano.

La intensidad es el brillo total de la escena

La saturación representa la pureza de color

El matiz es representativo del color o de la longitud de onda dominante del pixel. –es una dimension circular.

## IHS a RGB

Se entiende como un complemento de RGB a IHS.

Se aplica una expansión a la Intensidad o a la Saturación o a ambas para que utilicen totalmente el rango de valores.

Después de la expansión, la imagen total de IHS se regresa retransformándola al espacio original de RGB.

Realce espectral

Análisis de componentes principales  
Expansión de Decorrelación  
Tasseled cap  
RGB a IHS  
IHS a RGB