

# **GEOMÁTICA (CURSO 2013-14)**

**Bloque 7: FOTOGRAMETRÍA Y TELEDETECCIÓN**

*Tema 13. Introducción a la fotogrametría y la teledetección.*

## **FOTOGRAMETRÍA Y TELEDETECCIÓN**

PROFESOR:

RUBÉN MARTÍNEZ ÁLVAREZ

29 - 30 DE ABRIL DE 2.014

# **GEOMÁTICA (CURSO 2013-14)**

## **FOTOGRAMETRÍA**

**INTRODUCCIÓN  
CONCEPTOS BÁSICOS.  
APLICACIONES.  
BIBLIOGRAFÍA.**

## Introducción

### La Fotogrametría

- ¿Qué es?
- Evolución de la Fotogrametría.
- Clasificación de la Fotogrametría.
- Ventajas e inconvenientes.

2

## Introducción

### • ¿Qué es la Fotogrametría?

*"Es el arte, ciencia y tecnología cuyo fin es obtener información cuantitativa fiable relativa a objetos físicos y su entorno, mediante procesos de registro, medida e interpretación de imágenes fotográficas"* American Society for Photogrammetry and Remote Sensing- 1979

*"Es el conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuáles podemos deducir de la fotografía de un objeto, la forma y dimensiones del mismo".* Fuente: Jacinto Santamaría Peña

*"Es la ciencia que, a partir de fotografías del terreno, consigue deducir su planta y su alzado, llegando a formar un plano topográfico del mismo".* Fuente: Teófilo Sanz Méndez

3

## Introducción

De este modo, podemos definir la Fotogrametría como:

*"la ciencia desarrollada para obtener medidas reales de objetos a partir de fotografías del mismo (tanto terrestres como aéreas), para la elaboración de mapas topográficos"*. Fuente: Rodrigo Orellana Ramírez

Estas fotografías pueden tomarse desde tierra o desde el aire, dando lugar a la división de la fotogrametría en dos grandes ramas : terrestre y aérea.

En nuestro caso, la que nos interesa es la **fotografía aérea**, que es la que nos ayudará a representar el terreno en planta (con "volumen").

4

## Introducción

¿En que consiste la Fotogrametría?

El objeto de la fotogrametría es pasar de la proyección cónica que constituye el fotograma a la proyección ortogonal que es el plano topográfico. El conocimiento de las coordenadas de algunos puntos identificados en el fotograma, así como las direcciones del eje de la cámara fotogramétrica, resuelve el problema de la restitución.



Fotograma sin adaptar al terreno (izqda) y adaptado (dcha).

5

## Introducción

- Evolución de la Fotogrametría:

- a) Protohistoria (antes de finales del siglo XIX)
- b) Fotogrametría Analógica (desde principios del s. XX hasta 1960)
- c) Fotogrametría Analítica (1960 - 1990)
- d) Fotogrametría Digital (1990 - hasta la actualidad)

6

## Introducción

- a) Protohistoria (antes de finales del siglo XIX)

Este periodo previo se inicia con la invención de la fotografía por *Niepce* y *Daguerre* en 1839 en Francia.

En esta época se origina la Metrofotografía, ideada por el coronel francés *Laussedat* hacia 1851, a quien se lo considera el fundador de la Fotogrametría.

7

## Introducción

b) Fotogrametría Analógica (desde principios del s. XX hasta 1960)

Se inicia con un invento importantísimo:

- la estereoscopía (Von Orel, 1909), que origina la estereofotogrametría.



Al mismo tiempo, el desarrollo de plataformas adecuadas para los sensores (cámaras), como el zeppelin y el aeroplano, permite la evolución de la Fotogrametría Aérea.

8

## Introducción

(Fotogrametría Analógica)

Esta técnica se basaba en la utilización de aparatos de restitución ópticos o mecánicos. Las imágenes se alinean para crear un modelo estereoscópico debidamente nivelado y escalado.



Por otro lado la confección de mapas, con información planialtimétrica, se realizaba con el principio de la marca flotante o con graficadoras basadas en este principio.



9

## Introducción

### c) Fotogrametría Analítica (1960 - 1990)

Se inicia con la aparición de las computadoras, ya que facilitan los cálculos de los restituidores analógicos.



Se crea el restituidor analítico agilizando los tiempos y logrando niveles de detalle a diferentes escalas.

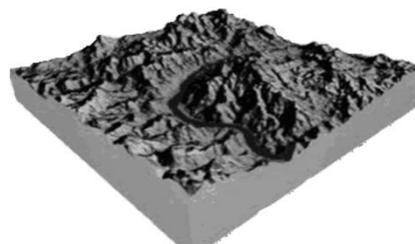
Se posibilita el vuelco de la información a programas de tipo CAD.

10

## Introducción

### d) Fotogrametría Digital (1990 - hasta la actualidad)

Ciclo iniciado tras el lanzamiento del primer satélite artificial, el Sputnik de origen ruso (1957), y por el uso del satélite Landsat de origen estadounidense.

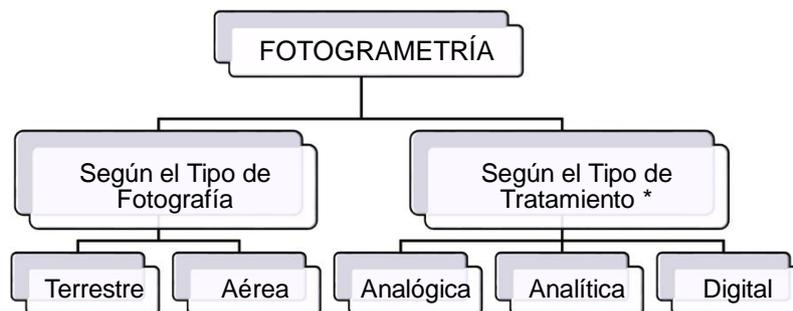


11

## Introducción

### • Clasificación de la Fotogrametría

Con todo lo visto anteriormente, podemos dividir la fotogrametría atendiendo a dos clasificaciones:



12

## Introducción

### • Ventajas e Inconvenientes:

Las **ventajas** más relevantes son:

- Reducción de costes del proyecto, cuanto más se incremente el área de estudio (respecto de la topografía tradicional).
- Registro multitemporal: es posible determinar los cambios en el uso del suelo por comparación con otras épocas.
- Es la única alternativa para el relevamiento de regiones intransitables, ya sea por problemas topográficos, geográficos o políticos.

Los **Inconvenientes** son:

- Coste elevado para trabajos de poca envergadura.
- Utilización de personal muy calificado y de experiencia.

13

## GEOMÁTICA (CURSO 2013-14)

### FOTOGRAMETRÍA

INTRODUCCIÓN  
CONCEPTOS BÁSICOS.  
APLICACIONES.  
BIBLIOGRAFÍA.

### Conceptos básicos

Conceptos básicos:

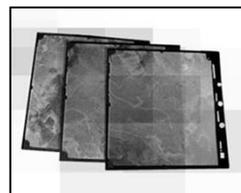
- Fotograma:

Es una vista aérea del terreno obtenida desde un avión. Se realizan mediante cámaras especiales (métricas). El tamaño de los fotogramas suele ser:

18 x 18, 23 x 23 o 30 x 30 cm.



Cámara digital Vexcel Ultracam XP WA



Juego de fotogramas

## Conceptos básicos

(Fotograma)

En los fotogramas, además de las señales que permiten determinar su centro (marcas fiduciales), se impresionan, mediante signos o abreviaturas convencionales, diversos datos que interesan conocer para su utilización posterior (información marginal):

- Distancia focal,
- Posición del nivel esférico de burbuja,
- Altura del vuelo (m.s.n.m.),
- Identificación de la cámara,
- Fecha y hora en que se ha tomado la vista,
- Número de fotografía, etc.

16

## Conceptos básicos

- Plano focal:

Representa el plano donde inciden los haces luminosos al obturarse la cámara, y que son plasmados en el negativo, generando así la imagen capturada. Además en él se dispone la información complementaria del fotograma.

- Punto principal:

Representa el punto central de la fotografía. Se obtiene al unir las marcas fiduciales opuestas. En el caso de las fotografías verticales debe coincidir con el nadir.

17

## Conceptos básicos

### - Distancia focal:

Es la distancia que existe entre el centro de la lente y el plano focal, donde se apoya la película; en otras palabras es la distancia fija que existe entre el centro de la lente y la película.

### - Eje óptico:

Es el eje que pasa por el centro geométrico de la cámara y es perpendicular al negativo; en el caso de fotografías verticales es coincidente con la vertical del lugar.

18

## Conceptos básicos

### - Tipos de Fotografías Aéreas:

Hay tres tipos de fotografías aéreas, que se diferencian según el valor del ángulo de inclinación del eje óptico con respecto a la vertical:

- Fotografía vertical: cuando el ángulo de inclinación no excede, normalmente, los  $3^\circ$ .
- Fotografías oblicua: Cuando el ángulo de inclinación alcanza valores mayores que  $3^\circ$ , pero no se alcanza a registrar el horizonte.
- Fotografías Panorámicas: En este tipo, aparece registrado el horizonte en la fotografía.

19

## Conceptos básicos

### - Proyecciones:

Un fotograma es una imagen deformada, pues proviene de una proyección central. Esto tiene una serie de problemas:

1. A cada punto de la imagen le pueden corresponder una infinidad de puntos de objeto (por estar todos en el mismo rayo).
2. Solo las líneas rectas paralelas al plano de la imagen, se muestran paralelas entre sí.
3. Las líneas rectas cambian su orientación. Los ángulos no se conservan en general.

Queda claro que no se puede, en principio, tomar ninguna medida sobre la fotografía.

20

## Conceptos básicos

### (Proyecciones)

Sin embargo, se pueden medir distancias o ángulos en un plano o en un mapa.

Esto se consigue transformando la proyección del terreno sobre un plano en una proyección ortogonal.

Las líneas rectas son proyectadas como tales y conservan su dirección así como su orientación. Las distancias pueden reducirse en su componente horizontal. La relación entre las dimensiones del objeto en el plano y en el espacio es una constante:

**la Escala.**

21

## Conceptos básicos

### - Escala de la Fotografía:

La escala de una fotografía aérea viene dada por la relación:

$$E = c / H$$

Siendo:  $c$  = distancia focal

$H$  = altura de vuelo sobre el terreno

En un terreno no llano existirán infinitos valores de escala. La escala de un fotograma será un valor medio, respecto a un plano de referencia, elegido tomando las distancias al plano tangente de los puntos a las mayores elevaciones y depresiones del terreno.

22

## Conceptos básicos

### (Escala de la Fotografía)

Teniendo en cuenta que el dato altimétrico está referido al nivel medio del mar ( $H'$ ), para conocer la escala de una fotografía será preciso restar a la altitud del plano de referencia (nmm) el valor o altura del elemento.

$$E = c / (H - h)$$

Siendo:  $c$  = distancia focal

$H$  = altura de vuelo (altitud) sobre el nivel del mar

$h$  = altura del objeto o elemento.

23

## Conceptos básicos

### - Altura del vuelo:

La superficie cubierta por cada fotograma vendrá definida por la escala del mapa que queramos hacer.

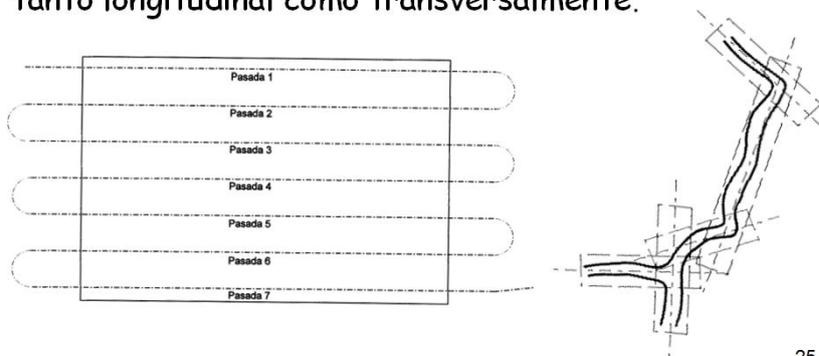
Como hemos visto antes, la escala depende de una tercera variable: la Distancia Focal. Como ese factor no es variable para un mismo aparato (para cada cámara es como su constante "estadimétrica"), hemos de ajustar la altura de vuelo en función de la escala a la que queramos producir la ortofotografía.

24

## Conceptos básicos

### - Programación del vuelo fotogramétrico:

Consiste en calcular la ruta óptima que hemos de hacer, sabiendo cuánto ha de cubrir cada fotograma y contando con el solape que tendrán entre ellos, tanto longitudinal como transversalmente.

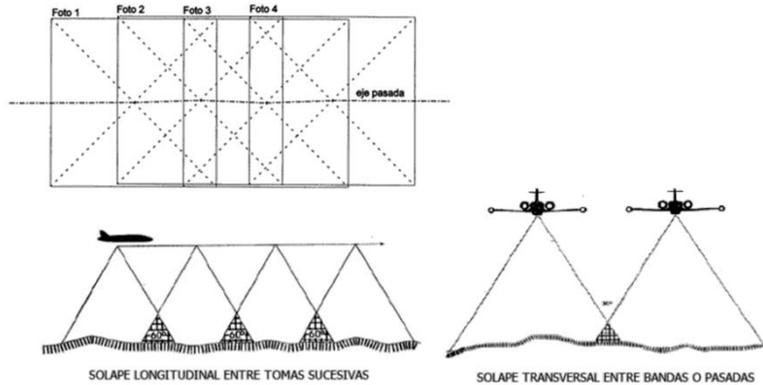


25

## Conceptos básicos

(Programación del vuelo fotogramétrico)

Como norma general estos solapes suelen ser del 60% en el eje longitudinal y del 20% en el eje transversal.



26

## Conceptos básicos

(Programación del vuelo fotogramétrico)

Además del solape, existen otros condicionantes (algunos de fácil solución y otros imprevisibles):

- Deriva: es el ángulo de desviación que describe el avión respecto de la trayectoria teórica, producido por la influencia de vientos (laterales).
- Desviación: Efecto que se produce en el eje vertical del fotograma por los movimientos relativos de la plataforma utilizada (normalmente un avión). El cabeceo es el movimiento de la nariz del avión arriba y abajo, mientras que el alabeo es el movimiento de las alas.

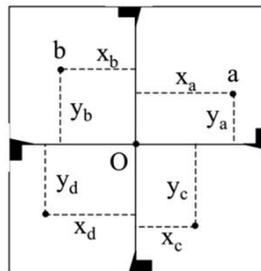
27

## Conceptos básicos

### - Coordenadas de un fotograma:

El origen de referencia de un fotograma está en el centro de la imagen (punto principal).

Su sistema de referencia no suele coincidir con el del terreno fotografiado (casualidad). Se mide en milímetros.



28

## Conceptos básicos

### (Coordenadas de un fotograma)

Los ejes suelen ir orientados longitudinal y transversalmente con el fuselaje del avión en el que va la cámara fotogramétrica.

Para poder ajustar los ejes de la imagen necesitamos saber la deriva, el rumbo y la línea de vuelo, que se obtiene de la unión de los puntos principales de varias imágenes consecutivas (transfiriendo los centros anterior y posterior a la fotografía central).

29

## Conceptos básicos

### - Corrección de un fotograma:

Las distorsiones en un fotograma se pueden deber a múltiples factores (esfericidad terrestre, refracción atmosférica, temperatura, estabilidad del avión, falta de verticalidad, etc.), pero el más obvio es la diferencia de alturas de los puntos medidos. A grandes rasgos, ésta se puede compensar de dos maneras:

1. Con la ayuda de un modelo de elevaciones (o unos puntos de apoyo con cota conocida)
2. Con el uso de uno o más fotogramas anexos que nos permitan identificar puntos y así terminar obteniendo la cota (por "par estereoscópico").

30

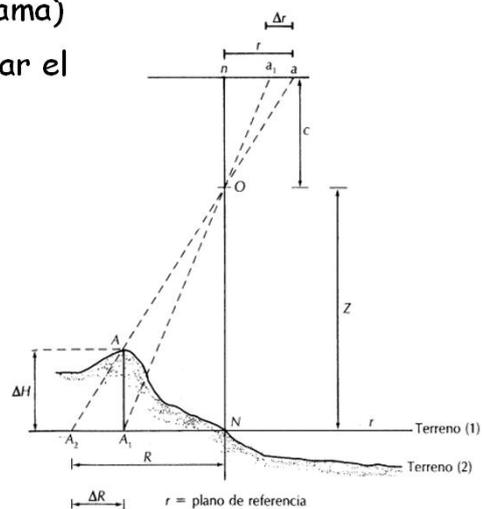
## Conceptos básicos

### (Corrección de un fotograma)

Nos ceñiremos a aplicar el primer caso:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta r}{r} &= \frac{\Delta R}{R} \\ \frac{\Delta R}{R} &= \frac{\Delta H}{Z} \end{aligned} \right\} \frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta H}{Z}$$

$$\Delta r = \left( \frac{\Delta H}{Z} \right) * r$$



31

## **GEOMÁTICA (CURSO 2013-14)**

### **FOTOGRAMETRÍA**

**INTRODUCCIÓN  
CONCEPTOS BÁSICOS.  
APLICACIONES.  
BIBLIOGRAFÍA.**

#### **Aplicaciones de la Fotogrametría**

Desde sus inicios se utiliza con mucho éxito en la generación de mapas (cartas) con curvas de nivel, las cuales proporcionan información plani-altimétrica de una zona determinada.

En la Ingeniería se utiliza esta técnica en el estudio de:

- proyectos de rutas, autopistas, presas, canales, acueductos, oleoductos, gasoductos,
- obras de arquitectura,
- Catalogaciones catastrales, geológicas, agrícolas, de uso del suelo, etc.

En otras ramas: criminología forense, cirugía vascular...

## GEOMÁTICA (CURSO 2013-14)

### FOTOGRAMETRÍA

INTRODUCCIÓN  
CONCEPTOS BÁSICOS.  
APLICACIONES.  
BIBLIOGRAFÍA.

### Bibliografía

#### Bibliografía clásica:

*Fundamentos de fotogrametría.* Jacinto Santamaría Peña y Teófilo Sanz Méndez. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2011.

*Apuntes de Fotogrametría.* Rodrigo Orellana Ramírez. 2006.

*Introducción a la Fotogrametría. Apuntes.* Luis Jauregui. 2005.

*Problemas de fotogrametría I.* José Luis Lerma García. Universidad politécnica de Valencia. 1999.

#### Información y Recursos en línea:

*Principios de Fotogrametría.* Universidad Nacional del Nordeste (Argentina). 2011. (<http://ing.unne.edu.ar/dep/goeciencias/fotointer/pub/teoria2011/parte01/fotom.pdf>)

*Fotogrametría y teledetección.* Temario oposiciones al Instituto Geográfico Nacional <http://www.ign.es/ign/resources/acercaDe/aig/A2.pdf>

"Ortofoto, precisión y usos" Artículo de Edilberto Niño, publicado en el portal web Cartesia.org, el 11-04-2008 <http://www.cartesia.org/article.php?sid=409>

## GEOMÁTICA (CURSO 2013-14)

### TELEDETECCIÓN

INTRODUCCIÓN  
IMÁGENES DE SATÉLITE.  
FUENTES DE INFORMACIÓN.  
BIBLIOGRAFÍA.

#### Introducción a la teledetección

##### La Teledetección

- ¿Qué es?
- ¿Para qué sirve?
- ¿Qué aporta?
- Limitaciones

## Introducción a la teledetección

- ¿Qué es la teledetección?

Es un conjunto de técnicas utilizadas para la localización y recogida de datos de objetos y fenómenos a distancia, sin contacto físico con el objeto o fenómeno de interés.

Es un concepto muy amplio; algunas técnicas de teledetección:

- Fotografía analógica → fotografía aérea (1859).
- Sonar: Acústica → hidroacústica.
- ...
- Teledetección espacial.

38

## Introducción a la teledetección

### Teledetección espacial:

"Obtener información sobre objetos o fenómenos del sistema terrestre a partir de **imágenes** adquiridas a distancia, mediante **mediciones de energía electromagnética** reflejada o emitida por esos objetos o fenómenos de interés, desde **plataformas espaciales**".

Siempre que un determinado objeto o fenómeno tenga una respuesta peculiar frente a la energía electromagnética, puede ser estudiado a través de imágenes de satélite, seleccionando correctamente el sistema a utilizar.

39

## Introducción a la teledetección

- ¿Para qué sirve?
  - Aplicaciones muy variadas.
  - Surgen nuevas aplicaciones constantemente, debido a:
    - Mejoras de los sensores.
    - Mayor conocimiento del comportamiento espectral de los objetos.

Veamos algunos ejemplos:

40

## Introducción a la teledetección

(ejemplos)

- Análisis de masas nubosas en tiempo real:

22 de enero de 2002 14:00 UTC

Ciclón Dina, océano Índico

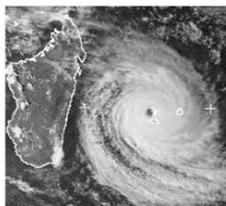


Imagen visible

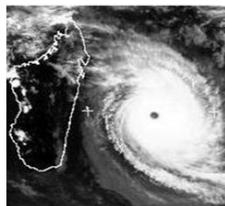


Imagen infrarroja

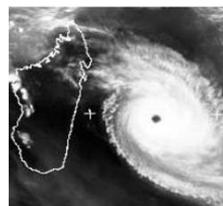


Imagen de vapor de agua

41

## Introducción a la teledetección

(ejemplos)

- Estimación de precipitaciones:

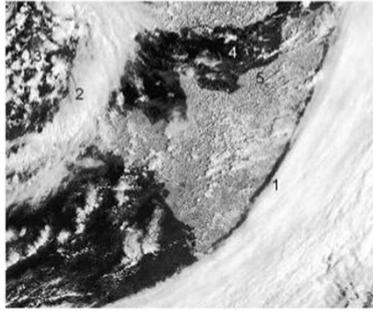


Imagen visible

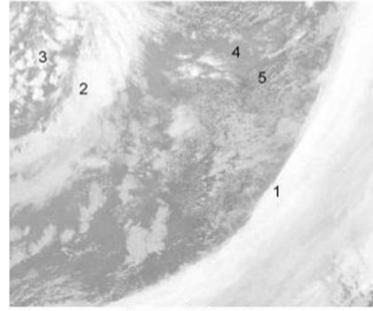


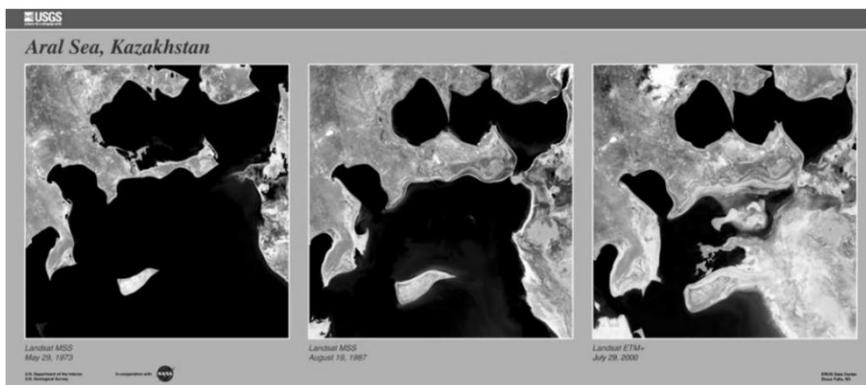
Imagen infrarroja

42

## Introducción a la teledetección

(ejemplos)

- Inventario y seguimiento de aguas superficiales

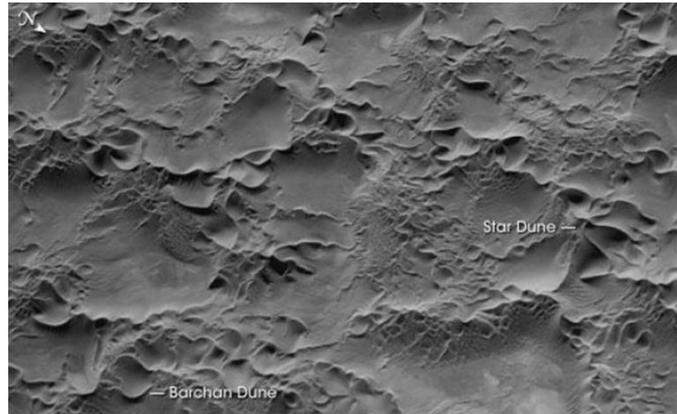


43

## Introducción a la teledetección

(ejemplos)

- Geomorfología y formas del terreno:



44

## Introducción a la teledetección

(ejemplos)

- Control de calidad de masas de agua

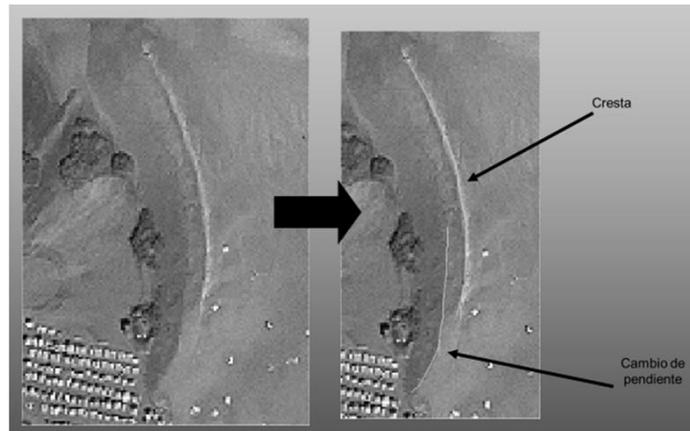


45

## Introducción a la teledetección

(ejemplos)

- Dinámica Dunar

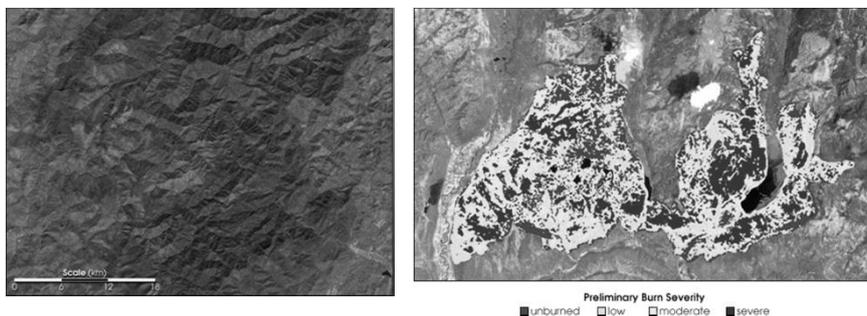


46

## Introducción a la teledetección

(ejemplos)

- Cartografía y seguimiento de zonas afectadas por incendios:

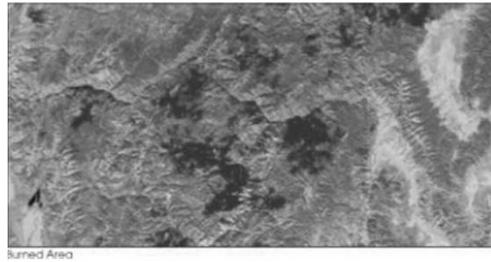
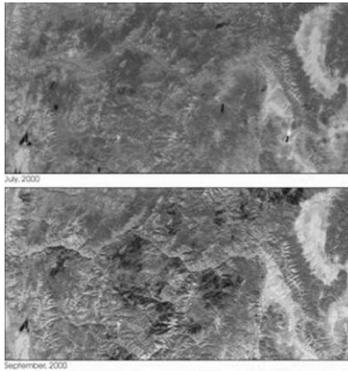


47

## Introducción a la teledetección

(ejemplos)

- Cartografía y seguimiento de zonas afectadas por incendios:

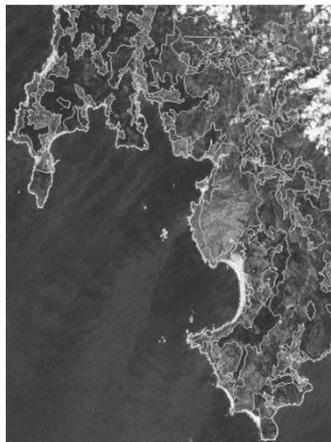


48

## Introducción a la teledetección

(ejemplos)

- Características de suelos:
- Estadísticas agrarias y control parcelario:



49

## Introducción a la teledetección

(ejemplos)

- Seguimiento del estado de la vegetación
- Contaminación de playas
- Seguimiento de glaciares
- Temperatura de los océanos
- Productividad primaria en océanos
- Vertidos de petróleo
- Concentraciones de Ozono
- Movimientos de los océanos, etc

50

## Introducción a la teledetección

- **¿Qué aporta?**  
(Ventajas de la teledetección espacial)
  1. Visión global.
  2. Adquisición instantánea y homogénea.
  3. Cobertura frecuente y periódica.
  4. Regiones no visibles del espectro.
  5. Observación multiescala.
  6. Formato digital.

51

## Introducción a la teledetección

- **Limitaciones**

La teledetección no es la mejor elección, en cuanto a fuente de información, para todas las variables o problemas medioambientales. Esto se debe a que:

- Existen objetos y fenómenos de los que no se puede obtener información mediante imágenes de satélite.
- Para determinadas aplicaciones el coste de la teledetección puede ser demasiado alto.
- En determinadas zonas, la cobertura nubosa dificulta mucho el uso de la teledetección para el estudio de la superficie terrestre.

52

## GEOMÁTICA (CURSO 2013-14)

### TELEDETECCIÓN

INTRODUCCIÓN  
IMÁGENES DE SATÉLITE.  
FUENTES DE INFORMACIÓN.  
BIBLIOGRAFÍA.

## Imágenes de satélite

- ¿Cómo se obtienen?
- Nivel de detalle: resolución
- ¿Qué muestran?
  - Energía electromagnética emitida
  - Energía electromagnética reflejada. "Signaturas" espectrales
- Efecto de la atmósfera
- Sistemas de teledetección espacial

54

## Imágenes de satélite

- ¿Cómo se obtienen?

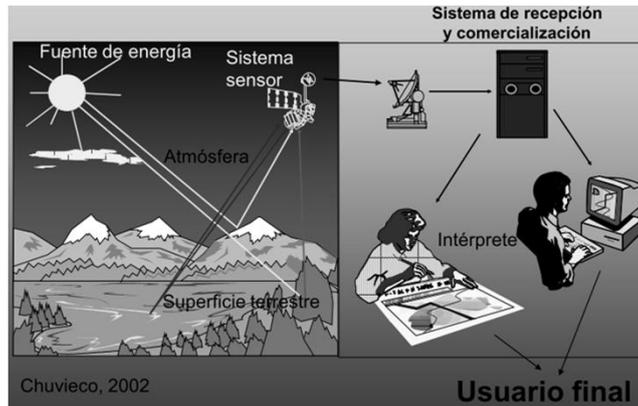
Para comprender cómo se obtienen las imágenes de satélite, primero hay que comprender cuáles son los componentes de un sistema de Teledetección:

1. Fuente de energía
2. Atmósfera
3. Superficie terrestre
4. Sistema sensor
5. Sistema de recepción y comercialización
6. Intérprete
7. Usuario final

55

## Imágenes de satélite

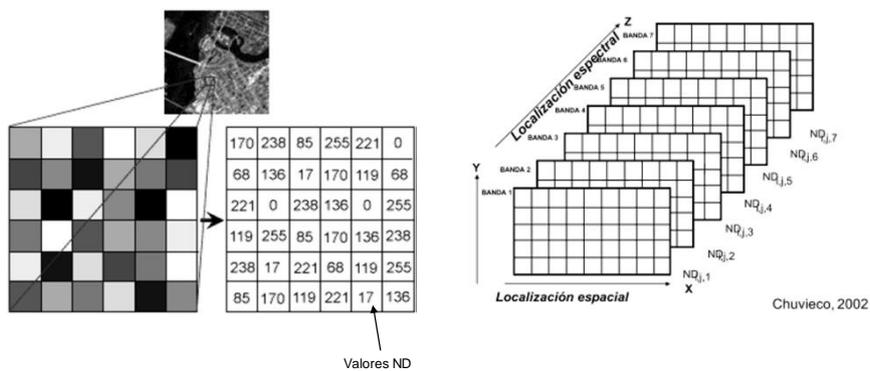
Visualmente lo podemos esquematizar así:



56

## Imágenes de satélite

Imagen digital y su estructura:



57

## Imágenes de satélite

- Nivel de detalle: resolución

"La resolución de un sistema sensor es su habilidad para registrar, discriminándola, información de detalle"  
(Chuvienco, 1996).

NIVEL DE DETALLE en cuatro aspectos:

- espacial
- espectral
- temporal
- radiométrico

58

## Imágenes de satélite

### Resolución espacial:

Es el tamaño sobre el terreno de la mínima unidad de información contenida en la imagen (pixel).

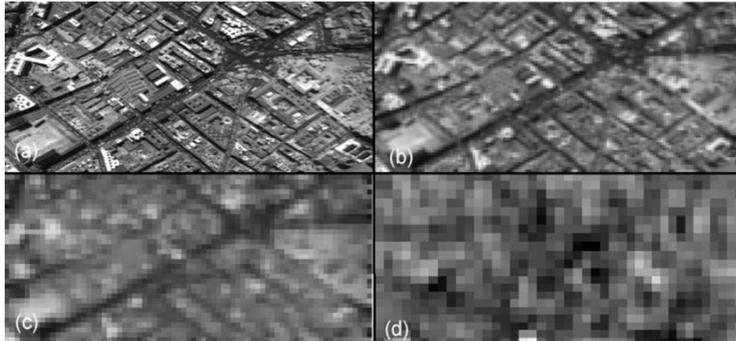
Depende de: altura orbital, IFOV del sensor, tipo de sensor...

Es muy variada: 1m (Ikonos) - 5 km (Meteosat)

59

## Imágenes de satélite

Resolución espacial:



(a) 1 m; (b) 5 m; (c) 10 m; (d) 30 m (Chuvieco 2002)

60

## Imágenes de satélite

Resolución espectral:

Depende del número de tipos diferentes de energía electromagnética que detecta y mide el sensor.

Grandes diferencias entre sistemas de teledetección:

- pancromáticos,
- multiespectrales e
- hiperespectrales.

61

## Imágenes de satélite

### Resolución temporal:

Frecuencia con que el sensor adquiere una imagen del mismo punto de la superficie terrestre.

Depende fundamentalmente del tipo y altura de la órbita.

Grandes diferencias entre sistemas: 15 minutos (MSG) - 26 días (SPOT)

62

## Imágenes de satélite

### Resolución radiométrica:



Capacidad del sensor para detectar variaciones en el nivel de energía que recibe.

Número de niveles o valores digitales (ND) usados para codificar la información: 64, 128, 256, 1024 ó 2048.

Fuente: Canada Centre for Remote Sensing

63

## Imágenes de satélite

- ¿Qué muestran?

Los sistemas de teledetección pueden recoger dos tipos de energía:

- Energía electromagnética emitida.
- Energía electromagnética reflejada.

En función a estos, existen dos tipos de procesos en teledetección:

- Teledetección pasiva (reflejada + emitida)
- Teledetección activa (reflejada)

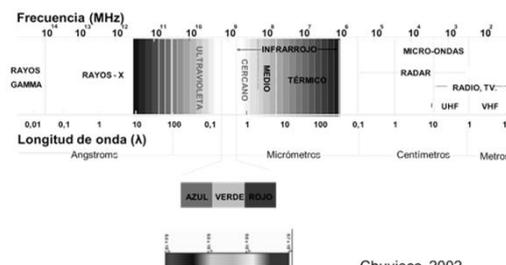
64

## Imágenes de satélite

### Espectro electromagnético:

La sucesión de valores de longitud de onda es continua, pero se pueden establecer bandas en las que la radiación electromagnética tiene un comportamiento similar.

La organización de estas bandas se denomina: "espectro electromagnético"



Chuvieco, 2002

65

## Imágenes de satélite

### Principales divisiones del espectro electromagnético:

Ultravioleta (0.30-0.38  $\mu\text{m}$ )

- Muy afectada por la atmósfera
- Aplicaciones específicas:
  - estudios geológicos
  - petróleo en el agua
  - ozono

66

## Imágenes de satélite

### Principales divisiones del espectro electromagnético:

Visible (0.38-0.73  $\mu\text{m}$ )

- Límites objetivos: sensibilidad de la visión humana
- Coincide con el máximo de emisión solar
- Se divide en tres bandas elementales:
  - Azul: 0.38-0.50  $\mu\text{m}$
  - Verde: 0.50-0.60  $\mu\text{m}$
  - Rojo: 0.60-0.73  $\mu\text{m}$

67

## Imágenes de satélite

### Principales divisiones del espectro electromagnético:

Infrarrojo

Se divide en:

Infrarrojo cercano o próximo: 0.73-1.3  $\mu\text{m}$

Infrarrojo medio: 1.3-8  $\mu\text{m}$

Infrarrojo lejano o térmico: 8-15  $\mu\text{m}$

Se denominan así por su posición en el espectro con respecto a la radiación visible.

68

## Imágenes de satélite

### Principales divisiones del espectro electromagnético:

Infrarrojo cercano o próximo (0.73-1.3  $\mu\text{m}$ )

- Energía reflejada
- Utilizada en fotografía (también se llama infrarrojo fotográfico)
- Útil para **estudiar masas vegetales** y niveles de humedad

69

## Imágenes de satélite

### Principales divisiones del espectro electromagnético:

#### Infrarrojo medio (1.3-8 $\mu\text{m}$ )

Está en la zona de transición *reflejada-emitida*:

- En las longitudes de onda más cortas predomina la energía reflejada de la inicialmente procedente del sol (parecido al IRC)
- En las longitudes de onda mayores, predomina la energía emitida por el sistema terrestre (parecido al IRT)

70

## Imágenes de satélite

### Principales divisiones del espectro electromagnético:

#### Infrarrojo lejano o térmico (8-15 $\mu\text{m}$ )

- Se llama así porque coincide con las longitudes de onda de mayor emisión por parte del sistema terrestre, dada su temperatura.
- Es energía emitida por la superficie terrestre, no de la reflejada procedente del sol.
- Niveles de energía muy bajos, necesidad de sensores más sofisticados y complejos.

71

## Imágenes de satélite

### Principales divisiones del espectro electromagnético:

Microondas (0.1mm - 1m)

- Bajos niveles de energía (por la gran longitud de onda)
- Sensores activos: RADAR

72

## Imágenes de satélite

### Entonces, ¿Qué muestran las imágenes?

Cada imagen está compuesta por un conjunto de "capas", llamadas bandas, en las que se computa la cantidad de energía que llega al sensor de una determinada longitud de onda del espectro. Esta magnitud, que luego es reescalada para dar lugar a los ND, se llama **radiancia**.

**Radiancia:** es el flujo radiante ( $\Phi$ )\* que abandona una unidad de área en una dirección particular siguiendo un ángulo sólido particular. Se mide en  $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ .

\* Flujo radiante, es la energía radiante transferida por radiación de una superficie a otra por unidad de tiempo

$\Phi = Q/t$  y se mide en W.

73

## Imágenes de satélite

### Energía electromagnética reflejada:

Cuando la *eem* incide sobre un objeto, pueden tener lugar tres procesos (dependientes de  $\lambda$ ):

- Reflexión
- Absorción
- Transmisión

De los tres, el que más nos interesa en TD pasiva es la reflexión, y el parámetro clave es la **Reflectividad**:

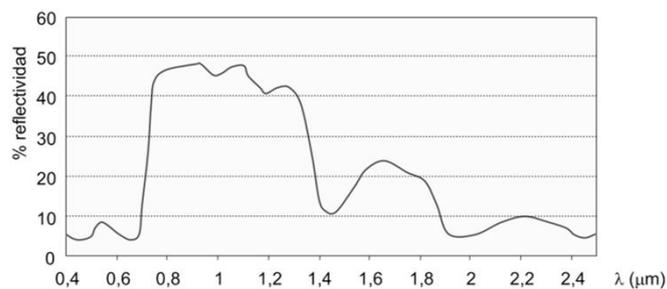
Proporción de la energía incidente que es reflejada por un objeto  $\rho = \varphi_r / \varphi_i$

74

## Imágenes de satélite

### Signatura o firma espectral:

Gráfico que muestra la *reflectividad* de un objeto en función de la longitud de onda de la *eem*. Se llama así porque esta curva suele ser característica de cada objeto concreto y "permite reconocerlo".

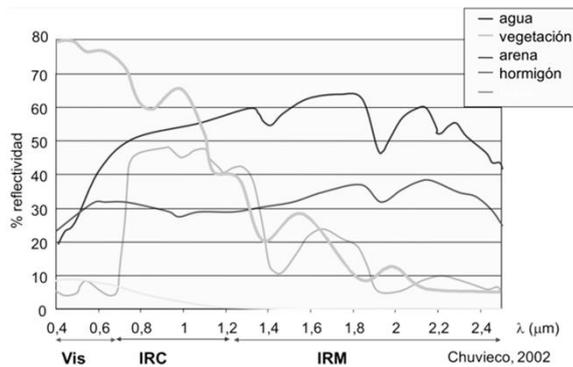


75

## Imágenes de satélite

### Signatura o firma espectral:

En principio, podríamos saber qué tipo de elemento tenemos en cada pixel, en función a su "firma espectral".



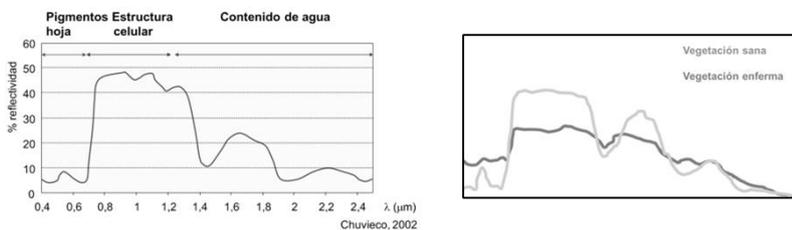
Sin embargo, esto no siempre es tan sencillo, ya que la "firma espectral" puede variar en función a muchos parámetros. Veamos algunos ejemplos:

76

## Imágenes de satélite

### Signatura o firma espectral:

Comparación de la firma espectral de la vegetación en función a su vigor.

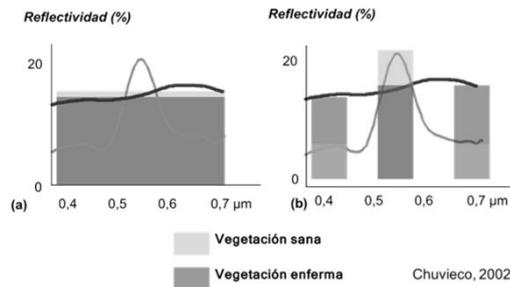


77

## Imágenes de satélite

### Signatura o firma espectral:

Efecto de la resolución espectral sobre la discriminación de cubiertas.



Si el sensor abarca todo el rango de longitud de onda (gráfica izquierda), no veremos diferencia entre sano y enfermo, ya que el computo total de energía sería igual.

78

## Imágenes de satélite

La signatura espectral tiene algunos inconvenientes:

- No existen cubiertas imperturbables en el tiempo, por lo que la signatura de una determinada cubierta cambia con el tiempo.
- No existen dos cubiertas iguales, por lo que la signatura de dos cubiertas nunca será exactamente igual.
- Las condiciones ambientales en el momento de toma de imágenes varían la signatura espectral de una cubierta.
- Los parámetros de adquisición de las imágenes (ángulo del sensor, ángulo de elevación solar, la topografía, el sustrato edáfico...) varían la signatura espectral de una cubierta.

**Conclusión:**

"Las signaturas nos orientan sobre qué bandas utilizar para estudiar una determinada cubierta".

79

## Imágenes de satélite

- Efecto de la atmósfera

Dispersión (reflexión):

- Rayleigh
- Mie
- No selectiva

Absorción (filtro).

Emisión (generación).

80

## Imágenes de satélite

### Dispersión atmosférica (Scattering)

- Reflexión de la *eem* que atraviesa la atmósfera en todas las direcciones, al chocar con las partículas suspendidas en la atmósfera o con las moléculas de los gases que la componen.



Factores de los que depende:

- Espesor de la atmósfera que la *eem* tiene que atravesar.
- Longitud de onda de la *eem*.
- Tamaño y abundancia de las partículas en suspensión en la atmósfera.

81

## Imágenes de satélite

### Efectos de la dispersión atmosférica en las imágenes:

- Disminuye la radiancia directa y aumenta la radiancia difusa (luz atmosférica).
- Se reduce el contraste y por tanto la calidad de la imagen.
- Para evitarla, no se usan las bandas de longitud corta, si no hay una razón poderosa para ello.

82

## Imágenes de satélite

### Absorción atmosférica

- Es selectiva en cuanto a la longitud de onda.
- Está provocada fundamentalmente por cuatro gases:
  - Oxígeno molecular ( $O_2$ ): ultravioleta  $< 0,1 \mu\text{m}$ , IRT.
  - Ozono ( $O_3$ ): ultravioleta  $< 0.3 \mu\text{m}$ , microondas (27 mm).
  - $CO_2$ : IRT (15  $\mu\text{m}$ ) e IRM (2,5 a 4,5  $\mu\text{m}$ ).

### EFECTO INVERNADERO

- Vapor de agua: 5.5 - 7  $\mu\text{m}$ .

83

## Imágenes de satélite

Sólo se debe utilizar en teledetección la *eem* que no es retenida por la atmósfera. Esos tipos de energía se conocen con el nombre de VENTANAS ATMOSFÉRICAS

- Espectro visible e IRC: 0.38 - 1.35  $\mu\text{m}$

- IRM:

- 1.5 - 1.8  $\mu\text{m}$

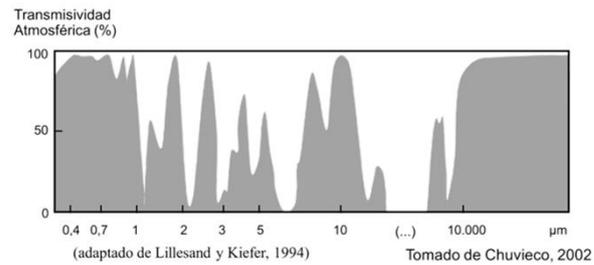
- 2.0 - 2.4  $\mu\text{m}$

- 2.9 - 4.2  $\mu\text{m}$

- 4.5 - 5.5  $\mu\text{m}$ .

- IRT: 8 - 14  $\mu\text{m}$

- Microondas: > 27 mm



84

## Imágenes de satélite

### Emisión atmosférica

- La atmósfera, igual que cualquier otro cuerpo, también emite *eem* en cantidades y  $\lambda$  controladas por su temperatura (leyes de Planck y Wien).

- Afecta fundamentalmente a los estudios térmicos de la superficie terrestre.

85

## Imágenes de satélite

### Correcciones atmosféricas:

- Pretenden eliminar el efecto de la atmósfera en las imágenes.
- Problemas:
  - La composición de la atmósfera (y por tanto su efecto sobre las imágenes) varía en el espacio y en el tiempo.
  - Muy raramente se dispone de información sobre la composición de la atmósfera simultánea a la adquisición de la imagen.
- Diferentes procedimientos: a partir de medidas *in situ*, de imágenes de otros sensores, de modelos físicos de transferencia radiativa o a partir de datos de la propia imagen.

86

## Imágenes de satélite

### • Sistemas de teledetección espacial

Es el conjunto de sensor + plataforma.

**Sensor:** "cualquier instrumento que detecta energía electromagnética, la convierte en una señal y la presenta de forma susceptible de ser utilizada para el estudio del medio ambiente"

(Chuvienco, 2002).

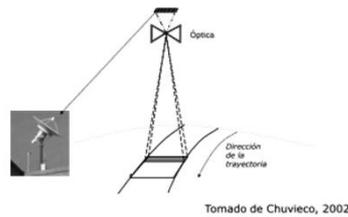
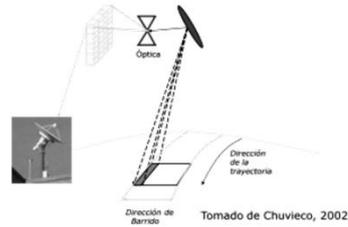
**Plataforma:** satélite (o avión), que mantiene en posición al sensor, le suministra energía, almacena los datos, etc.

87

## Imágenes de satélite

### Tipos de sensores

- Activos
  - Radar
  - Lidar
- Pasivos
  - Fotográficos
  - Óptico-electrónicos
    - Exploradores de barrido
    - Exploradores de empuje



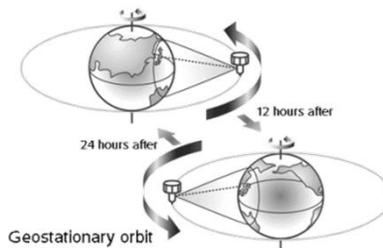
88

## Imágenes de satélite

### Tipos de plataformas (Satélites)

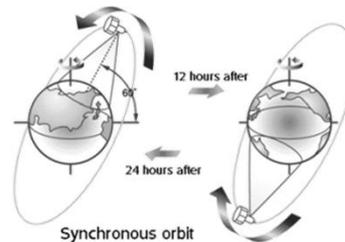
Órbita geoestacionaria

Ejemplo: Meteosat, GOES...



Órbita heliosincrónica polar

Ejemplo: Landsat, SPOT...



89

## Imágenes de satélite

Algunos Sistemas de teledetección espacial:

Landsat	SeaSTAR	NOAA
IRS	SPOT	CBERS
IKONOS	PROBA	METEOSAT
GOES	TERRA EOS	ENVISAT

Veamos los más conocidos: Landsat, SPOT y Meteosat

90

## Imágenes de satélite

Landsat:

Es el Programa de satélites más renombrado, dada su dilatado servicio. Desarrollado conjuntamente entre la NASA y la USGS (*United States Geological Survey*)

Satellite	Launch	Decommissioned	Sensors
Landsat 1	July 23, 1972	January 6, 1978	MSS/RBV
Landsat 2	January 22, 1975	July 27, 1983	MSS/RBV
Landsat 3	March 5, 1978	September 7, 1983	MSS/RBV
Landsat 4	July 16, 1982	June 15, 2001	MSS/TM
Landsat 5	March 1, 1984	June 5, 2013	MSS/TM
Landsat 6	October 5, 1993	Did not achieve orbit	ETM
Landsat 7	April 15, 1999	Operational	ETM+
Landsat 8	February 11, 2013	Operational	OLI/TIRS

91

## Imágenes de satélite

### Características de los sensores *Landsat*:

#### Sensor MSS (MultiSpectral Scanner)

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
0.50-0.60 (verde)		79 m		
0.60-0.70 (rojo)				
0.70-0.80 (IRC)	256 ND	(120 en la	16 días	185 km
0.80-1.10 (IRC)	(8 bits)	banda		
10.4-12.5 (IRT)		térmica)		

92

## Imágenes de satélite

### Características de los sensores *Landsat*:

#### Sensor TM (Thematic Mapper) Landsat 4 y 5

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
0.45-0.52 (azul)				
0.52-0.60 (verde)		30 m		
0.63-0.69 (rojo)		(120 en la	16 días	185 km
0.76-0.90 (IRC)	256 ND	banda		
1.55-1.75 (IRM)	(8 bits)	térmica)		
10.4-12.5 (IRT)				
2.08-2.35 (IRM)				

93

## Imágenes de satélite

### Características de los sensores *Landsat*:

#### Sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper plus) Landsat 7

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
0.45-0.52 (azul)		30 m		
0.52-0.60 (verde)		30 m		
0.63-0.69 (rojo)		30 m		
0.76-0.90 (IRC)		30 m		
1.55-1.75 (IRM)	256 ND	30 m	16 días	185 km
10.4-12.5 (IRT)	(8 bits)	60 m		
2.08-2.35 (IRM)		30 m		
0.52-0.90 (PAN)		15 m		

94

## Imágenes de satélite

### Características de los sensores *Landsat*:

#### Sensor OLI + TIRS Landsat 8

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
0.43-0.45 (Coastal/Aerosol)		30 m		
0.45-0.51 (Azul)		30 m		
0.53-0.59 (Verde)		30 m		
0.64-0.67 (Rojo)		30 m		
0.85-0.88 (IRC)	4096 ND	30 m		
1.57-1.65 (IRM-SWIR1)	Resampleados	30 m	16 días	185 km
2.11-2.29 (IRM-SWIR2)	(16 bits)	30 m		
0.50-0.68 (PAN)		15 m		
1.36-1.38 (Cirrus)		30 m		
10.6-11.19 (TIRS 1)		100 m		
11.5-12.51 (TIRS 2)		100 m		

95

## Imágenes de satélite

### Características de los sensores Landsat:

Comparativa entre Landsat 7 (ETM+) y Landsat 8 (OLI + TIRS)

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

Tabla cortesía de B. Markham (Julio de 2013)

96

## Imágenes de satélite

### Algunos Sistemas de teledetección espacial:

Como ya hemos comentado anteriormente, el programa de satélites Landsat es el más nombrado y conocido; sin embargo no son, ni mucho menos, los únicos que existen (en la actualidad hay más de 100 satélites de teledetección en órbita alrededor de la Tierra)

Una vez vistas las características principales de esta serie, haremos un repaso a las del resto de satélites, aunque en menor profundidad\*.

\* Para una información más detallada, consultar el documento: [http://www.pfcyl.es/sites/default/files/biblioteca/satelites\\_de\\_teledeteccion\\_para\\_la\\_gestion\\_del\\_territorio.pdf](http://www.pfcyl.es/sites/default/files/biblioteca/satelites_de_teledeteccion_para_la_gestion_del_territorio.pdf)

97

## Imágenes de satélite

### SPOT:

Es una serie de satélites de observación terrestre del Centro Nacional de Estudios Espaciales de Francia (CNES) con soporte de Suiza y Bélgica.

Actualmente están en funcionamiento el SPOT 4 y 5.

Poseen varios tipos de sensores: HRV-XS, HRVIR y VEGETATION (SPOT 4); HRG, HRS y VEGETATION 2 (SPOT 5).

#### Características del sensor HRV-XS:

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
0.50-0.59 (verde)	256 ND (8 bits)	20 m	26 días	60 km
0.61-0.68 (rojo)				
0.79-0.89 (IRC)				

98

## Imágenes de satélite

### Características del sensor HRVIR:

#### Modo monoespectral:

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
0.61-0.68 (rojo)	256 ND (8 bits)	10 m	26 días	60 km

#### Modo multiespectral:

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
0.50-0.59 (verde)	256 ND (8 bits)	20 m	26 días	60 km
0.61-0.68 (rojo)				
0.79-0.89 (IRC)				
1.58-1.75 (IRM)				

99

## Imágenes de satélite

### Características del sensor VEGETATION:

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
0.50-0.59 (verde)				
0.61-0.68 (rojo)	256 ND (8 bits)	1165 m	1 día	2250 km
0.79-0.89 (IRC)				
1.58-1.75 (IRM)				

Imágenes VEGETATION gratuitas: <http://free.vgt.vito.be>

100

## Imágenes de satélite

### Características del sensor HRG:

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
PAN 0.49-0.69		5 ó 2,5 m *		
0.49-0.61 (verde)		10 m		
0.61-0.68 (rojo)	256 ND (8 bits)	10 m	26 días	60 km
0.78-0.89 (IRC)		10 m		
1.58-1.75 (IRM)		20 m		

\* A partir de una operación de remuestreo exclusiva de SPOT, llamada "supermode", se genera a partir de dos imágenes pancromáticas de 5 m. de resolución adquiridas simultáneamente.

101

## Imágenes de satélite

### Características del sensor VEGETATION 2:

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
0.43-0.47 (azul) 0.61-0.68 (rojo) 0.78-0.89 (IRC) 1.58-1.75 (IRM)	256 ND (8 bits)	1000 m	1 día	2250 km

102

## Imágenes de satélite

### Características del sensor HRS:

#### Pares estereoscópicos

Resolución Espectral	Resolución radiométrica	Resolución espacial	Resolución temporal	Ancho Banda
PAN 0.49-0.69	256 ND (8 bits)	5* ó 10 m	26 días	120 km

\* A partir de una operación de remuestreo exclusiva de SPOT, llamada "supermode", se genera a partir de dos imágenes pancromáticas de 5 m. de resolución adquiridas simultáneamente.

103

## Imágenes de satélite

### Meteosat-7:

Fue lanzado en septiembre de 1997. Tiene una órbita geoestacionaria a una altura de 35900 km. Su posición es 0°N 0°E. Posee un sensor MOP Radiométrico.

Resolución Espectral	Resolución espacial	Resolución temporal
0.4-1.1 (Visible – Albedo)	2,5 km	
5.7-7.1 (IRM- Vapor de agua)	5 km	30 minutos
10.5-12.5 (IRT - Temperatura)	5 km	

104

## GEOMÁTICA (CURSO 2013-14)

### TELEDETECCIÓN

INTRODUCCIÓN  
IMÁGENES DE SATÉLITE.  
FUENTES DE INFORMACIÓN.  
BIBLIOGRAFÍA.

## Fuentes de Información

Las imágenes de satélite como fuente de información. ¿Qué se hace con ellas?

- Correcciones previas (pretratamiento)
- Examen previo: estadísticas básicas e histogramas
- Extracción de información
  - ✓ Análisis visual.
  - ✓ Análisis digital.
  - ✓ Técnicas de análisis multitemporal.

106

## Fuentes de Información

- Correcciones previas (pretratamiento)

*"Con este nombre se indican aquellos procesos que tienden a eliminar cualquier anomalía detectada en la imagen, ya sea en su localización, ya en los ND de los píxels que la componen. Estas operaciones tienen a disponer los datos en la forma más cercana posible a una adquisición idónea, tanto en la posición de los píxels como en la radiancia que significan." (Chuvieco, 1990, pág 238)*

Tipos de error:

**Geométrico:** Posición y/o tamaño de los píxeles

**Radiométrico:** Valores digitales

Estos errores pueden ser sistemáticos o no sistemáticos.

107

## Fuentes de Información

### Fuentes de error en una imagen:

1. **Plataforma:** distorsiones geométricas debidas a cabeceo, alabeo, giro lateral, cambios de altura... (No sistemático)
2. **Rotación terrestre.** (Sistemático)
3. **Sensor:**
  - Cambios de velocidad en el barrido (No sistemático)
  - Distorsión panorámica en los extremos del campo de visión (Sistemático)
  - Falta de calibración entre detectores: bandeado o líneas o píxeles perdidos. (No sistemático)
4. **Atmósfera:** Dispersión. (No sistemático)

108

## Fuentes de Información

### Corrección geométrica

#### Objetivo:

Ajustar la geometría de la imagen al sistema cartográfico de referencia.

#### Dos tipos:

1. Corrección orbital. Corrige errores sistemáticos, predecibles. Se suele realizar antes de la distribución de la imagen.
2. Corrección geométrica por puntos de control. Para la corrección de errores no sistemáticos. Proceso específico para cada imagen, laborioso. Normalmente la realiza el mismo usuario, aunque se pueden comprar las imágenes corregidas.

109

## Fuentes de Información

### Corrección radiométrica

#### Objetivo:

Modificar los valores digitales de la imagen para que se correspondan con los que tendría si el proceso de adquisición hubiera sido perfecto:

#### Corrección de errores de adquisición:

(Aunque la información que no se ha adquirido no se puede recuperar)

- Ruido por problemas de calibración (bandeado);
- Valores perdidos en la transmisión.

#### Eliminación del efecto de la atmósfera:

Correcciones atmosféricas. Necesitan complejos modelos del funcionamiento de la atmósfera e información sobre el estado de la atmósfera en el momento de adquisición de la imagen.

110

## Fuentes de Información

### • Examen previo

Una imagen digital está formada por números (que indican la cantidad de *eem* reflejada o emitida por la celdilla correspondiente), que se pueden someter a análisis estadísticos:

- Medidas de tendencia central (media...)
- Medidas de dispersión (rango, desviación típica...)
- Distribución de las frecuencias: *HISTOGRAMA*

111

## Fuentes de Información

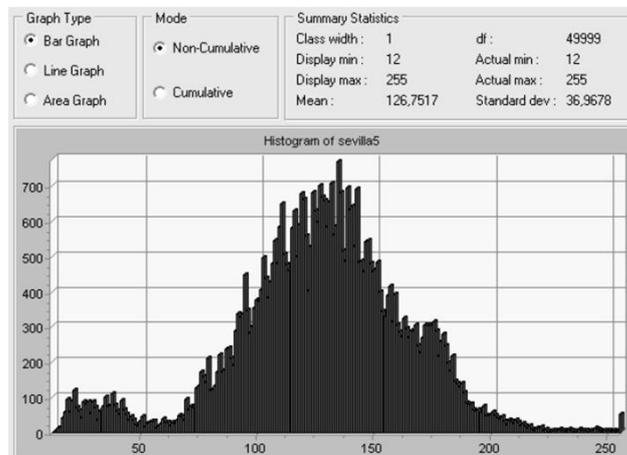
### Histogramas de imágenes:

- Muestra las frecuencias de los valores digitales para una longitud de onda determinada.
- Es muy útil en una primera valoración de la imagen:
  - Su posición informa sobre la tonalidad dominante en cada banda.
  - Su anchura se relaciona con el contraste (a mayor anchura, mayor dispersión y mayor contraste al visualizar la imagen).
  - Su forma nos puede indicar la presencia de cubiertas diferenciadas (picos...)

112

## Fuentes de Información

### Histogramas de imágenes:



113

## Fuentes de Información

### • Extracción de información

#### ✓ Análisis visual

- Visualización de bandas sueltas
- Realces: expansión del contraste
- Composiciones en color
- Integración de imágenes de diferente resolución espacial
- Realces: filtros digitales

#### ✓ Análisis digital

- Transformaciones: Índice de Vegetación
- Clasificación digital

#### ✓ Técnicas de análisis multitemporal

114

## Fuentes de Información

La extracción de información temática de las imágenes de satélite se puede realizar de dos formas:

✓ **Análisis visual**, similar a la fotointerpretación convencional aunque con criterios adaptados a las características de la fuente de información (resolución espacial, multiespectralidad, etc...)

✓ **Análisis digital**, utilizando software de tratamiento digital de imágenes de satélite para transformar las imágenes en información de la variable de interés: índices de vegetación, clasificaciones automáticas, etc...

115

## Fuentes de Información

### ✓ **Análisis visual:**

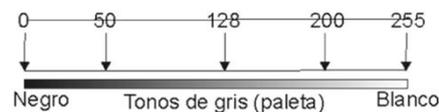
- **Visualización de Bandas sueltas.**

Las bandas sueltas se visualizan siempre en tonos grises.

Valores más bajos se representan en tonos más oscuros, porque al sensor llega menos energía.

Asignación directa de los tonos de gris en función del valor digital de cada celdilla.

Valores digitales de la imagen



116

## Fuentes de Información

- **Realces: expansión del contraste**

*"El objetivo de las operaciones de REALCE es la "mejora de la calidad visual de la imagen. En otras palabras, se trata de disponer mejor los datos para su análisis visual, de tal forma que sean más evidentes los rasgos de interés que presenta la imagen" (Chuvieco, 1990, pág. 270)*

El realce del contraste (en inglés *Contrast Stretch*) tiene como objetivo mejorar el aspecto visual de la imagen para facilitar su interpretación.

Tres técnicas fundamentales:

- expansión lineal
- expansión lineal con saturación
- ecualización del histograma

117

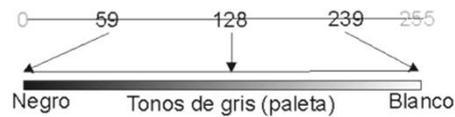
## Fuentes de Información

### - Expansión lineal del contraste

Se utiliza cuando la imagen no tiene valores que cubran el rango de niveles de visualización.

Ejemplo: en una imagen con valores digitales entre 56 y 239, el 56 pasaría a ser el 0 y el 239 el 255.

Valores digitales de la imagen



118

## Fuentes de Información

### - Expansión lineal del contraste con saturación

Se pierde el porcentaje de valores digitales inferiores y superiores que se desee, asimilándose al 0 y al 255 respectivamente.

Valores digitales de la imagen



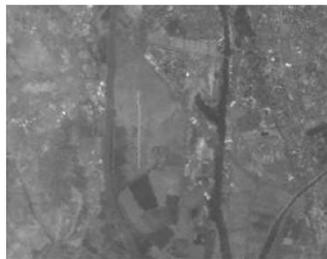
119

## Fuentes de Información

### - Ecuilización del histograma

Se intenta que en la nueva imagen haya el mismo número de celdillas con cada valor (aproximadamente).

Da como resultado imágenes más equilibradas a la vista, puesto que cada tono de gris ocupa la misma superficie en la imagen.



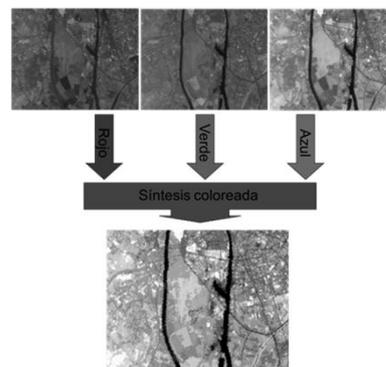
120

## Fuentes de Información

### • Composiciones en color

Tiene dos claros objetivos:

- Visualizar a la vez más información (tres bandas de la imagen en lugar de una)
- Facilitar la interpretación a través del uso del color (resulta más fácil de interpretar que los tonos de gris)



121

## Fuentes de Información

Distintas composiciones en color (las bandas cambian)



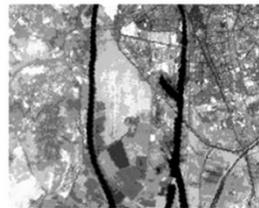
TM 123  
Color  
natural



TM 234  
Infrarrojo  
color



TM 345



TM457

122

## Fuentes de Información

Distintas combinaciones de color (las bandas no cambian, cambia el orden)



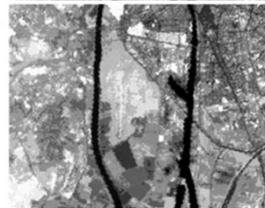
345



543



354



453

123

## Fuentes de Información

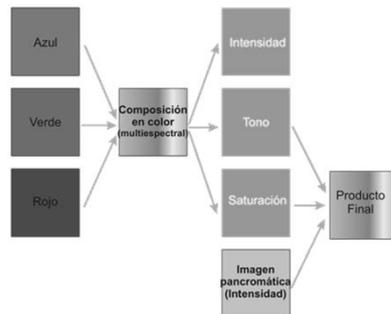
- Integración de imágenes de diferente resolución espacial

El objetivo es obtener una imagen con la resolución espacial de la pancromática y la resolución espectral de la multiespectral.

Método:

El más frecuente es la transformación *IHS*:

Tono-Intensidad-Saturación



124

## Fuentes de Información

- Realces: filtros digitales

Matriz de filtraje: Valor ponderado en función de los valores vecinos.

12	14	17	24	32	34
10	18	21	35	38	40
25	15	17	27	40	43
18	16	18	24	29	39
14	16	20	20	27	36

Imagen original

Chuvieco, 2002

1	1	1
1	2	1
1	1	1

0	0	0	0	0	0
0	17	21	29	35	0
0	17	21	28	35	0
0	18	19	25	31	0
0	0	0	0	0	0

Imagen filtrada

125

## Fuentes de Información

### Tipos de filtros

#### Filtros de convolución:

- Filtros de paso bajo.
- Filtros de paso alto:
  - Filtros direccionales.
  - Detectores de bordes.
  - Filtros de realce

#### Filtros estadísticos:

Media, Moda, Mediana, Variedad, Máximo...

126

## Fuentes de Información

### ✓ **Análisis digital:**

#### • Transformaciones:

Se trata de generar nuevas bandas (por combinación de las originales) que faciliten la extracción de información temática de la imagen.

Las más comunes son:

- Índices de vegetación.
- Cocientes o ratios.
- Tasseled Cap.
- IHS.
- Componentes principales.

127

## Fuentes de Información

### Efectos de los índices de vegetación (Chuvieco, 2002)

- ✓ Realzan la contribución de la vegetación en la respuesta espectral de las superficies.
- ✓ Atenúan otros factores: atmósfera, iluminación, suelo, topografía.
- ✓ Sirven como variable de entrada para modelos biofísicos (rendimiento de cultivos, estrés hídrico, cobertura verde del suelo).
- ✓ Permiten el seguimiento multitemporal de la vegetación:
  - Cambios.
  - Dinámica fenológica.
- ✓ Síntesis de la información.

128

## Fuentes de Información

### Índices de Vegetación que no tienen en cuenta el suelo

Cociente simple:

$$IRC/R$$

Cociente normalizado:

$$NDVI = (IRC - R) / (IRC + R)$$

Muy útil para el seguimiento multitemporal del estado de la vegetación: riesgo de incendios, sequía, etc...

Nota: los índices de vegetación deben calcularse a partir de los valores de reflectividad, no los ND de la imagen

129

## Fuentes de Información

### Índices de Vegetación que tienen en cuenta el suelo

#### Índice de vegetación perpendicular:

$$PVI = (IRC - BR - A) / [(1 + B^2)]^{\frac{1}{2}}$$

Richardson y Wiegand, 1977

#### Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI):

$$SAVI = [(IRC - R) / (IRC + R + L)] (1 + L)$$

Huete, 1988

L es un valor para ajustar la línea del suelo al origen, que oscila entre 1 (para zonas de muy baja densidad de vegetación) y 0 (para zonas del alta densidad, en cuyo caso SAVI = NDVI)

130

## Fuentes de Información

### Otros índices de vegetación

#### Índices de sequía:

Se construyen a partir de las bandas IRC e IRM.

Son sensibles al estrés hídrico de la vegetación.

Más eficaces en la cartografía de áreas quemadas

Normalized difference infrared index:

$$NDII = (IRC - IRM) / (IRC + IRM)$$

131

## Fuentes de Información

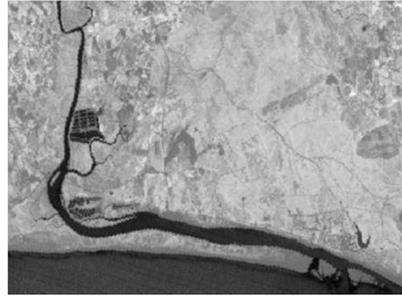
### Ejemplo

Índice NDII frente a NDVI:

NDII



NDVI

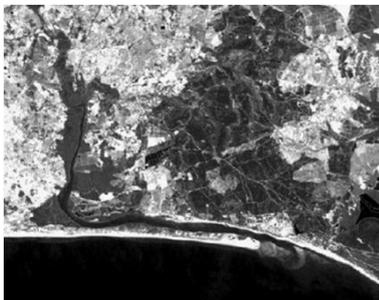


132

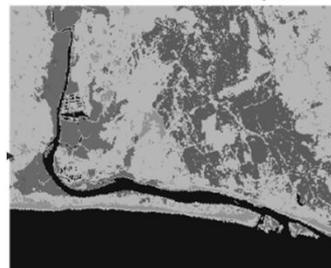
## Fuentes de Información

- Clasificación digital

Objetivo: asignación de los píxeles a clases temáticas, en función de sus ND.



Usos del suelo El Rompido



Agua  
Pinar  
Matorral  
Matorra  
Arena y suelo desnudo

133

## Fuentes de Información

### Fases de la clasificación digital

- Definición de las clases o categorías (entrenamiento)
- Asignación de los píxeles a las clases (asignación)
- Comprobación y verificación de los resultados.

### Tipos de clases que intervienen

#### Clases informacionales:

Leyenda de trabajo que pretende discriminar el intérprete.

Información que se busca en la imagen.

#### Clases espectrales:

Grupos de valores espectrales homogéneos dentro de la imagen.

134

## Fuentes de Información

### Problemas en la definición de las clases

Idealmente, debe existir una relación biunívoca entre clases espectrales e informacionales, pero en la práctica no será así.

#### Soluciones:

- Modificar la leyenda, haciendo clases más amplias.
- Acudir a criterios no-espectrales: texturas, contexto.
- Emplear información auxiliar: MDT, límites de propiedad.
- Información multitemporal, útil sobre todo para clases vegetales.

135

## Fuentes de Información

### Tipos de clasificación

#### - Supervisada:

Parte de las clases informacionales: se buscan en la imagen las clases que se han incluido en la leyenda diseñada previamente.

Implica un cierto conocimiento de la zona.

Subjetivo y artificial, puede forzar la discriminación de clases espectralmente no diferenciables.

#### - No supervisada:

Parte de las clases espectrales: se buscan grupos de píxeles homogéneos en la imagen y luego se les pone nombre.

Resultados difíciles de interpretar.

A veces los resultados no responden a las necesidades del intérprete.

136

## Fuentes de Información

### ✓ **Análisis multitemporal:**

La extracción de información de las imágenes de satélite también se puede realizar mediante:

Técnicas de análisis multitemporal:

#### - Series temporales:

- Seguimiento en el tiempo de fenómenos o variables dinámicas, como por ejemplo: temperatura del mar, estado de la vegetación...
- Cálculo de medias (anuales, estacionales, mensuales...)
- Perfiles temporales
- Diferencias: anomalías...

#### - Detección de cambios.

137

## Fuentes de Información

### Técnicas de análisis multitemporal: detección de cambios

El objetivo es detectar modificaciones en los rasgos del territorio en un determinado periodo.

Requisitos previos:

**Ajuste geométrico:** corrección geométrica muy precisa, superposición pixel a pixel.

**Homogeneización radiométrica.** 2 posibilidades:

1. Calibración absoluta: conversión a reflectividad y corrección atmosférica.
2. Homogeneización relativa entre imágenes.

138

## Fuentes de Información

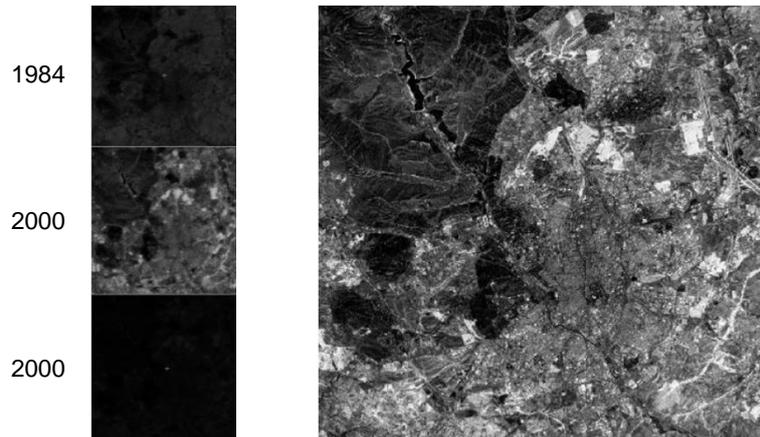
### Técnicas de detección de cambios

1. Composiciones en color multitemporales.
2. Diferencia entre imágenes.
3. Cocientes multitemporales.
4. Análisis de componentes principales.
5. Regresión entre imágenes.

139

## Fuentes de Información

Ejemplo: Composiciones en color multitemporales.



140

## GEOMÁTICA (CURSO 2013-14)

### TELEDETECCIÓN

INTRODUCCIÓN  
IMÁGENES DE SATÉLITE.  
FUENTES DE INFORMACIÓN.  
BIBLIOGRAFÍA.

## Bibliografía

### Bibliografía:

*Satélites de Teledetección para la Gestión del Territorio*. M. Labrador García, J. A. Évora Brondo y M. Arbelo Pérez. Edita Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. Febrero de 2012. ([http://www.pfcyl.es/sites/default/files/biblioteca/satelites\\_de\\_teledeteccion\\_para\\_la\\_gestion\\_del\\_territorio.pdf](http://www.pfcyl.es/sites/default/files/biblioteca/satelites_de_teledeteccion_para_la_gestion_del_territorio.pdf))

### Información y Recursos en línea:

American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS). *The Remote Sensing Core Curriculum*. Manual de Teledetección y Fotogrametría, en cuatro volúmenes: Introducción a la fotogrametría y fotointerpretación, Teledetección y medio ambiente, Introducción al procesamiento digital de imágenes y Aplicaciones de la Teledetección. <http://www.research.umbc.edu/~tbenja1/umbc7> Muy completo, con aportaciones de los principales autores de manuales de teledetección en Estados Unidos.

Landsat Science. Resources for students.  
[http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page\\_id=2378](http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=2378)

142

## Bibliografía

### Información y Recursos:

USGS. *Landsat Project Description*. Información completa del proyecto Landsat.  
[http://landsat.usgs.gov/about\\_project\\_descriptions.php](http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php)

NASA. *Earth Observatory*. Información sobre aplicaciones de la teledetección al estudio del medio ambiente, constantemente actualizada. Últimas imágenes de los diferentes fenómenos naturales que tienen lugar. Glosario de teledetección, ejercicios y posibilidad de suscribirse a una lista que envía semanalmente las últimas novedades. <http://earthobservatory.nasa.gov>

Plan Nacional de Teledetección del Centro Nacional de Información Geográfica  
[http://www.ign.es/ign/layoutIn/faimgsat\\_satelite.do](http://www.ign.es/ign/layoutIn/faimgsat_satelite.do).

Repositorio de la Junta de Andalucía desde donde se puede descargar imágenes Landsat, solicitándolas a la REDIAM (no para uso comercial)  
<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/rediam>

Proyecto internacional (Estados Unidos, Japón y Canadá) con múltiples sensores, que nos muestra una visión única de cómo funciona el sistema de la Tierra y cómo está cambiando. <http://terra.nasa.gov>

143