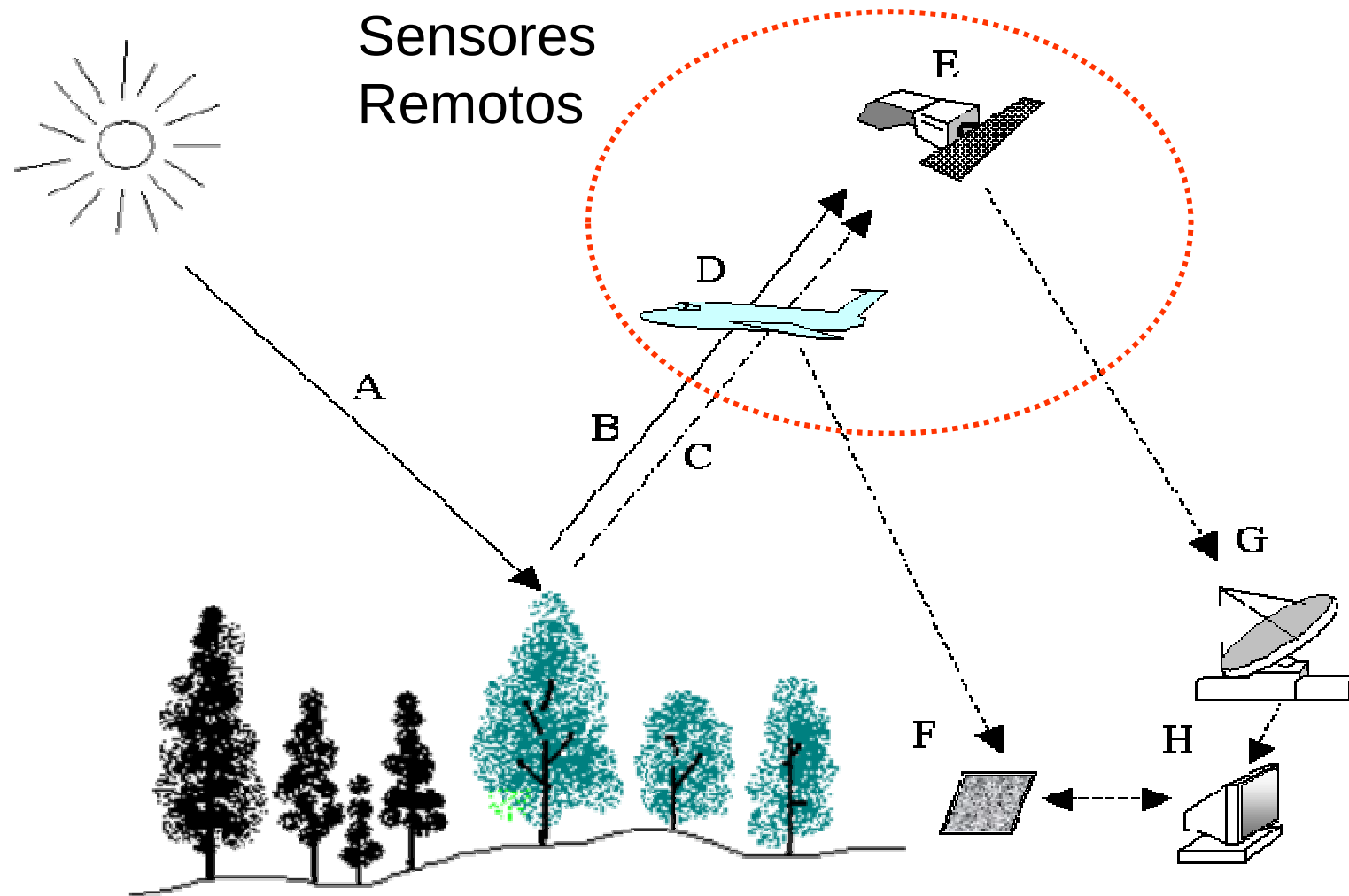


Instrumentos de Teledetección

Captura de Datos Primarios



Productos primarios de los sensores remotos:

- Imágenes digitales (RASTER)
- Datos georreferenciados (puntos, líneas, polígonos → VECTOR)

¿qué es una imagen digital?
(Ráster)

Imagen Digital

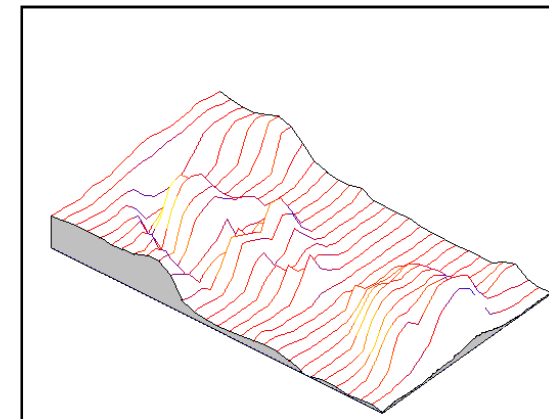
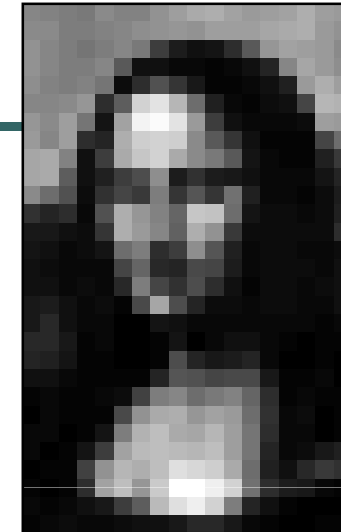
- ¿qué es una imagen digital?
- ¿contienen color o tonos de gris?
- ¿de qué depende su tamaño (Mb, Gb,...)?
- ¿qué relación tienen los datos de una imagen digital con la reflectancia?

Concepto de imagen digital

	132	128	126	123	137	129	130	145	158	170	172	161	153	158	162	172	159	152	
	132	128	126	123	137	129	130	145	158	170	172	161	153	158	162	172	159	152	144
132	128	126	123	137	129	130	145	158	170	172	161	153	158	162	172	159	152	144	137
139	136	127	125	129	134	143	147	150	146	159	157	158	166	171	173	154	144	143	137
144	135	125	119	124	134	121	62	29	16	20	47	89	151	162	158	152	137	143	137
146	132	125	125	132	89	17	19	11	8	6	9	17	38	134	164	155	143	156	156
142	130	124	130	119	15	46	82	54	25	6	6	11	17	33	155	173	156	178	156
134	132	138	148	47	92	208	227	181	111	33	9	6	14	16	70	180	178	152	152
151	139	158	117	22	162	242	248	225	153	62	19	8	8	11	13	159	152	108	108
153	135	157	46	39	174	207	210	205	136	89	52	17	7	6	6	70	108	57	57
167	168	128	17	63	169	196	211	168	137	121	88	21	9	7	5	34	57	36	36
166	170	93	16	34	63	77	140	28	48	31	25	17	10	9	8	22	36	30	30
136	111	83	15	48	69	57	124	55	86	52	112	34	11	9	6	15	30	34	34
49	39	46	11	83	174	150	128	103	199	194	108	23	12	12	10	14	34	46	46
26	24	18	14	53	175	153	134	98	172	146	59	13	14	13	12	12	46	15	15
21	16	11	14	21	110	126	47	62	142	85	33	10	13	13	11	11	15	18	18
17	14	10	11	11	69	102	42	39	74	71	28	9	13	12	12	11	18	19	19
																		16	16

En general, cualquier arreglo de datos de una variable aleatoria medida en puntos regulares sobre una malla bidimensional podría ser considerado como una imagen digital.

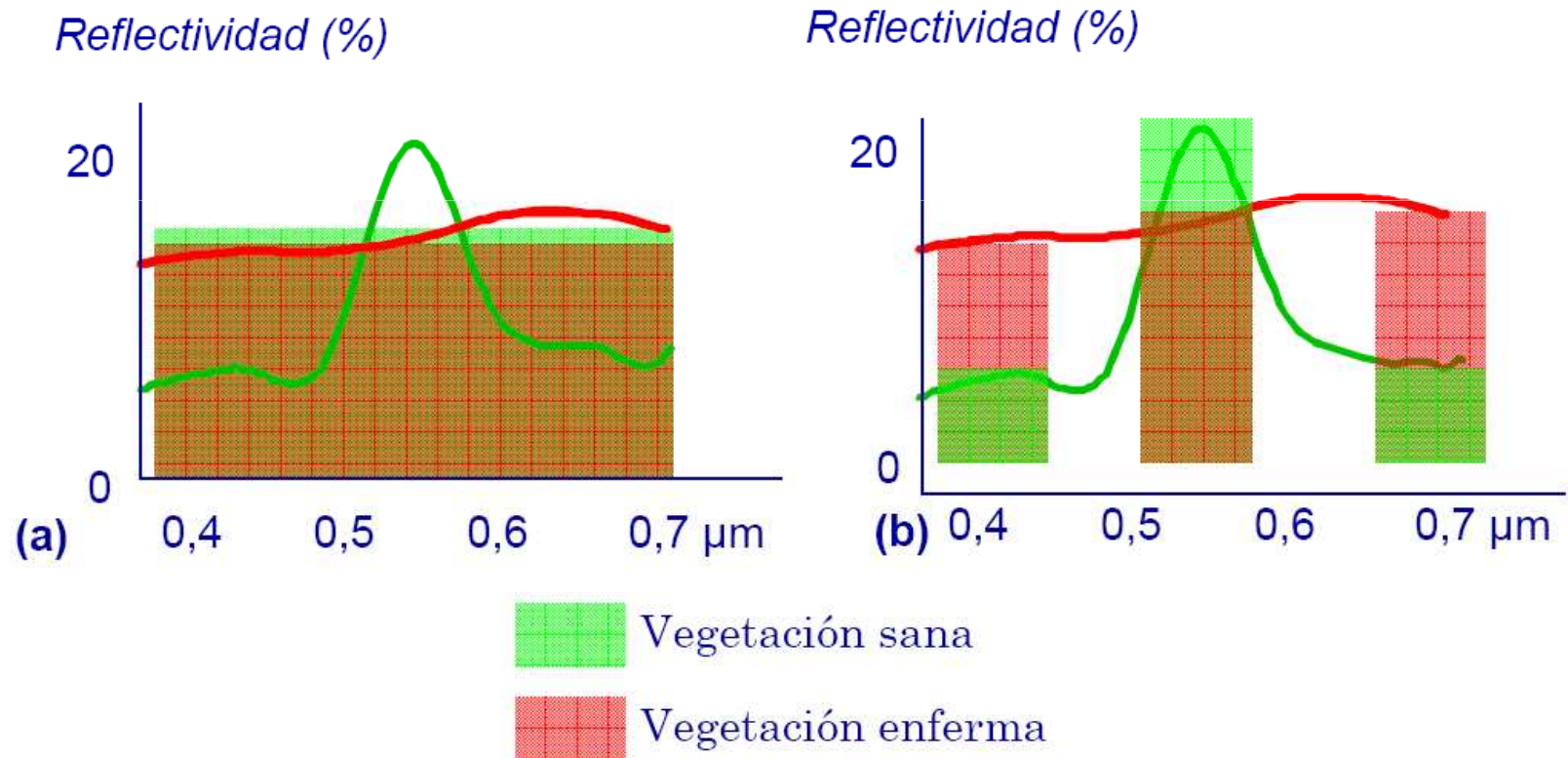
11	9	3	7	21	127	176	190	169	166	182	158	118	44	10	11	2	5	5	5
8	0	5	23	63	162	185	191	186	181	188	156	117	38	11	12	25	33	50	50
3	5	6	64	147	182	173	190	221	212	205	181	110	33	19	42	57	50	1	1
5	3	7	45	160	190	149	200	253	255	239	210	115	46	30	25	9	5	4	4
9	4	10	16	24	63	93	187	223	237	209	124	36	17	4	3	2	1		
7	8	13	8	9	12	17	19	26	41	42	24	11	5	0	1	7	4		



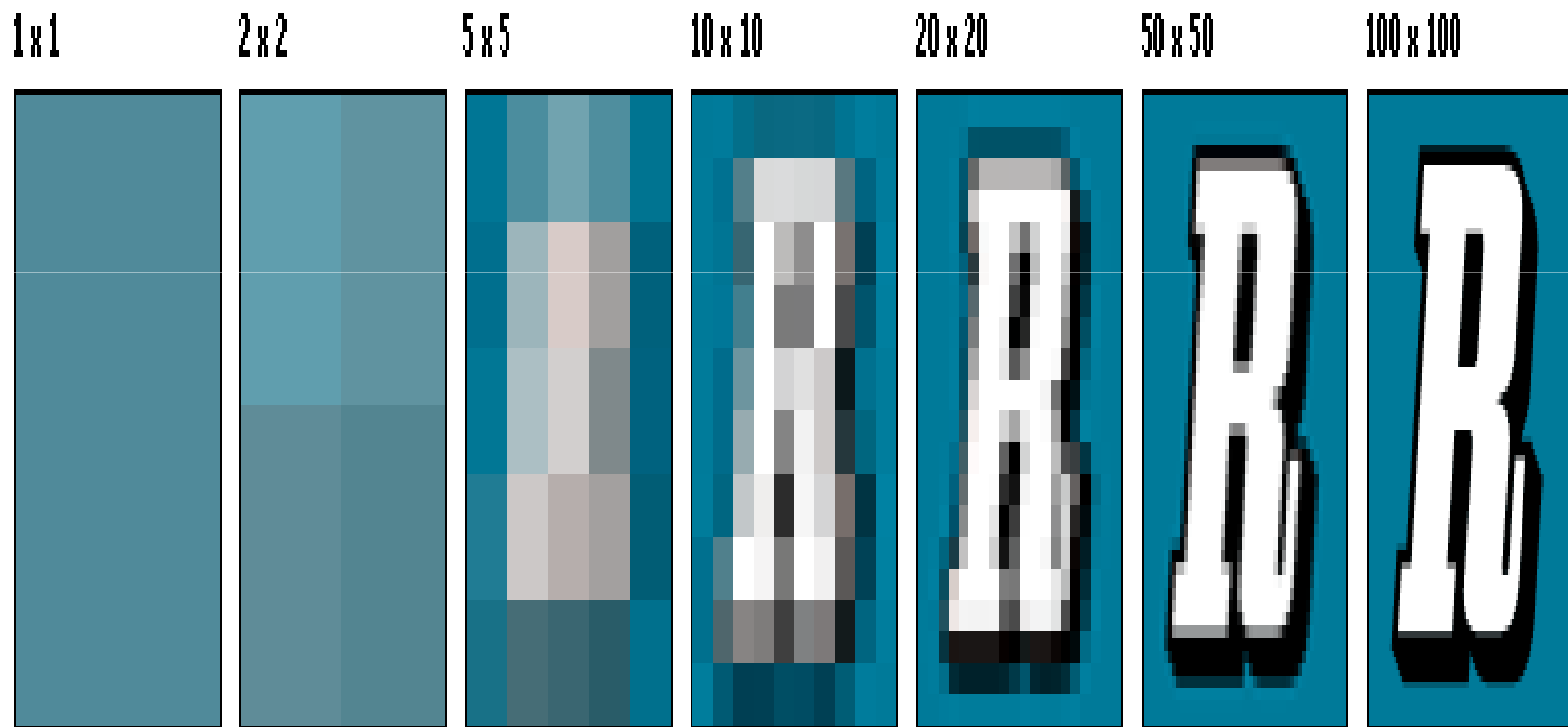
Resolución de los instrumentos

Resolución	Descripción
Espectral	Nº de bandas (<i>1= pancromática, 3= color o falso color</i>)
Radiométrica	Nº de niveles digitales (<i>cantidad de tonos de grises</i>)
Espacial	Tamaño del pixel (<i>tamaño medio de las partículas de bromuro de plata</i>)
Temporal	Tiempo de revisita

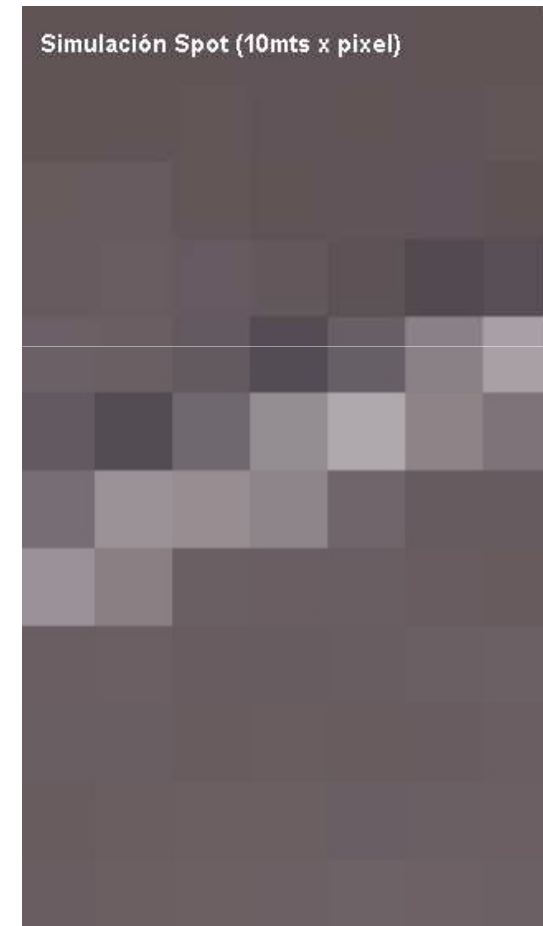
Efecto de la Resolución Espectral



Efecto de la resolución espacial

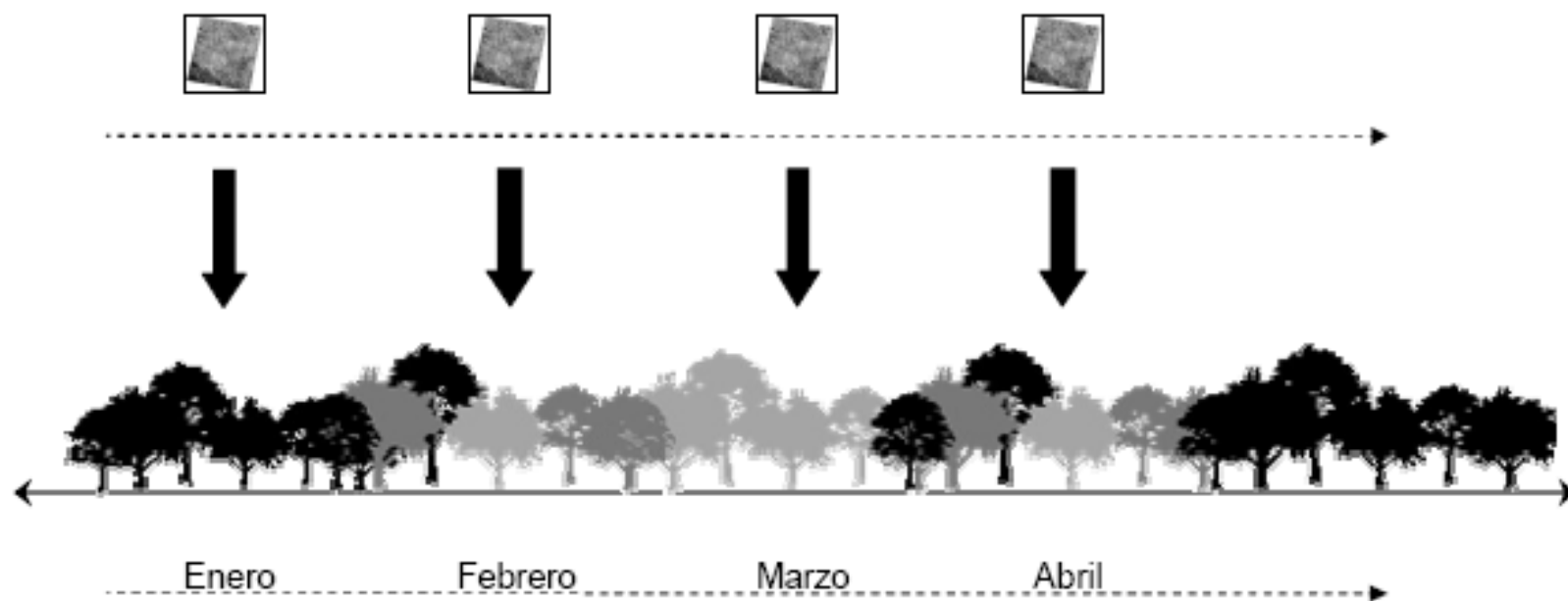


Efecto de la resolución espacial



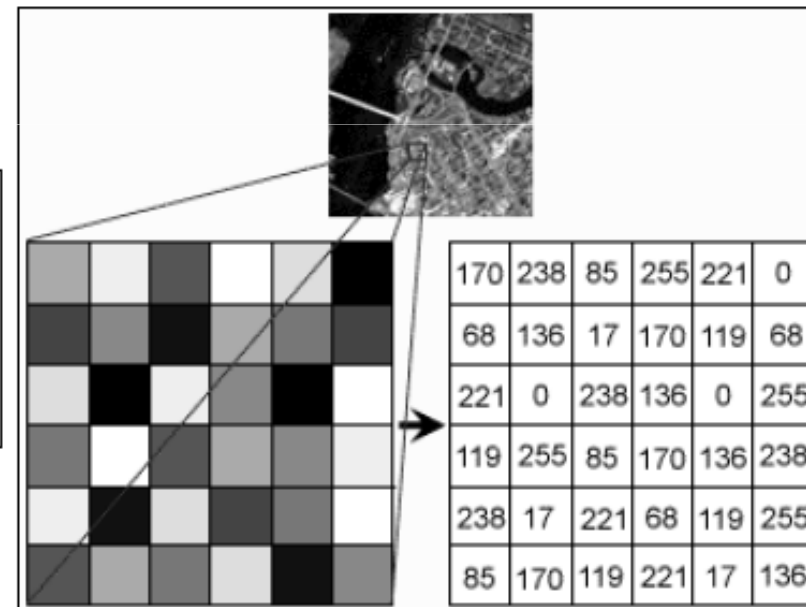
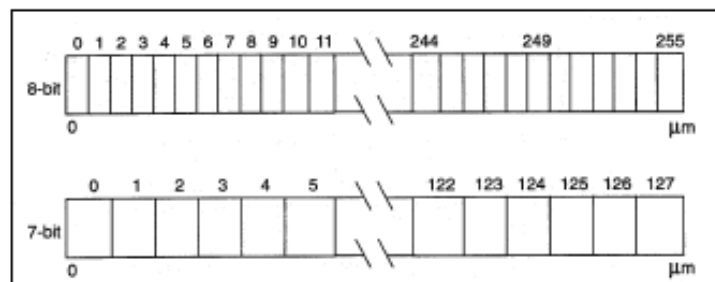
Resolución temporal

Corresponde a la frecuencia de observación del sensor



Resolución radiométrica

Corresponde al número de valores posibles de una banda. Para datos almacenados como 8-bit el rango es 0-255, para 7-bit 0-128 ...



Resolución radiométrica

(Tipos de datos)

Tipo	Unsigned	Signed
Binario	0 – 1	
4-bit	0 – 15 (2^4)	
8-bit	0 – 255 (2^8)	-128 → +128 ($\pm 2^7$)
16-bit	0 – 65.635 (2^{16})	-32.768 → +32.768 ($\pm 2^{15}$)
32-bit	0 → 4.294.916 (2^{32})	-2.147.483.648 → + 2.147.483.648 ($\pm 2^{31}$)
Float	variable	

Nota: 1 Byte = 8 bits

11 bits: 2048



8 bits: 256



**AREA 1: Areas
brillantes**



**AREA 2: Areas
oscuras**

Color en imágenes digitales

Para desplegar las imágenes en el monitor del computador sólo se pueden usar tres bandas a la vez, cada una de ellas para uno de los tres colores aditivos primarios: azul, verde y rojo. Trabajan con el principio aditivo en la formación del color:

$$Color = k_1 \cdot azul + k_2 \cdot verde + k_3 \cdot rojo$$

$$\sum_{i=1}^3 k_i = 1 \quad (100\%)$$

El color digital

Formación de tipo
aditiva, sumando los
tres colores
primarios: Azul,
Verde y Rojo.

$$\text{Color} = k_1 \cdot \text{azul} + k_2 \cdot \text{verde} + k_3 \cdot \text{rojo}$$

$$\sum_{i=1}^3 k_i = 1 \quad (100\%)$$

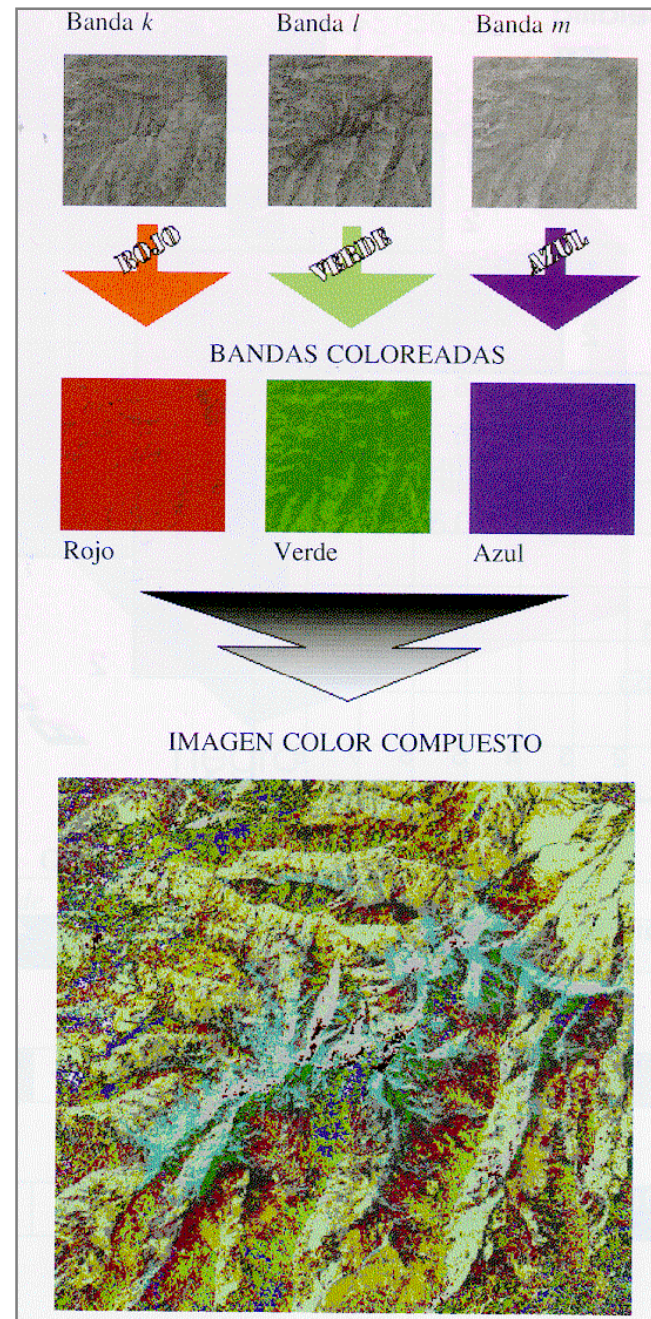
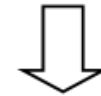


IMAGEN
Matriz original de Datos
Ejemplo: 0-255



PALETAS DE COLOR
Archivos con asignación
de colores a los ND en
forma arbitraria

FALSO COLOR
ESTÁNDAR

V	R	IRc
↓	↓	↓
A	V	R

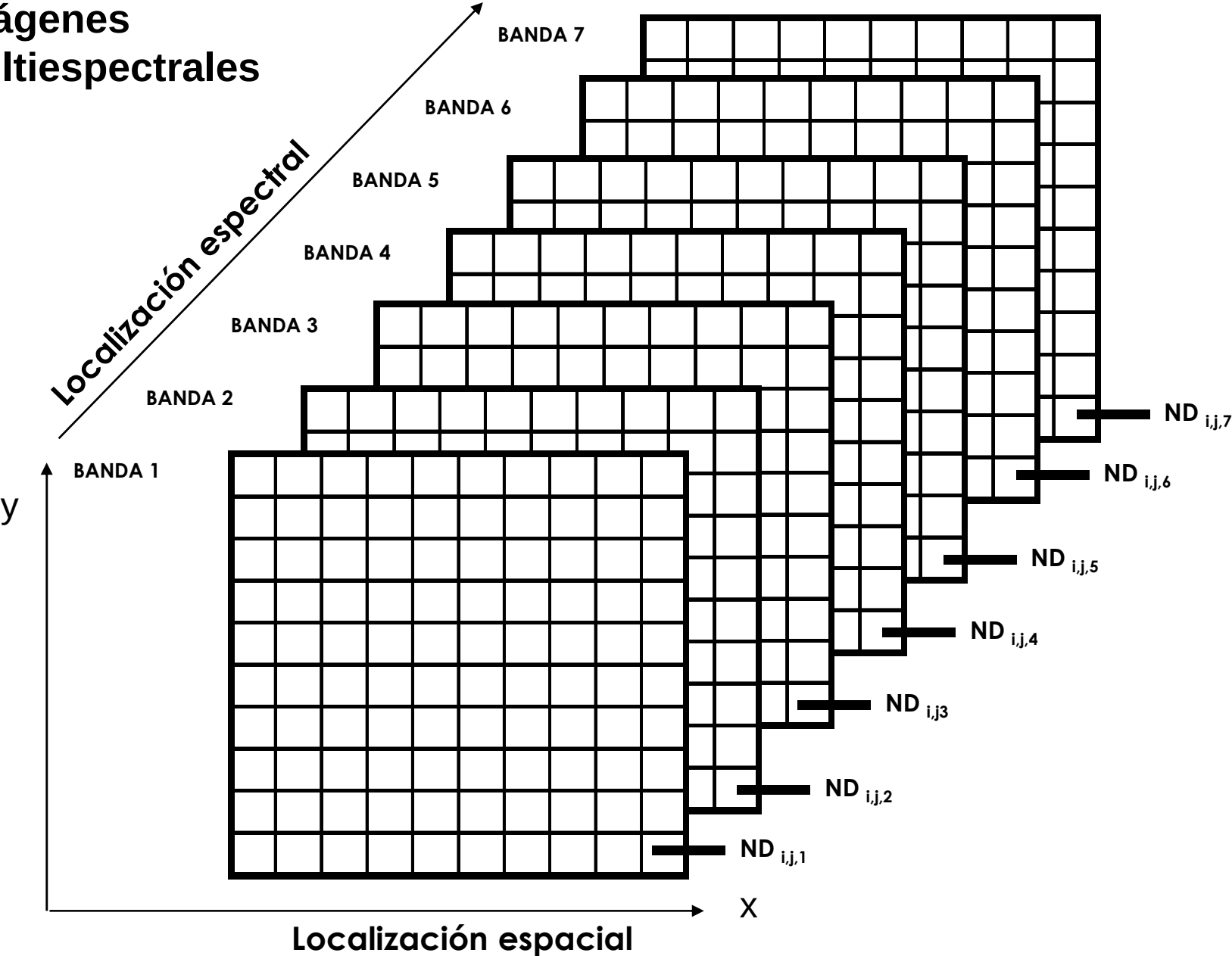
FALSO COLOR
En General

¿?	¿?	¿?
↓	↓	↓
A	V	R



INTERPRETACIÓN

Imágenes
Multiespectrales



Sensores Remotos

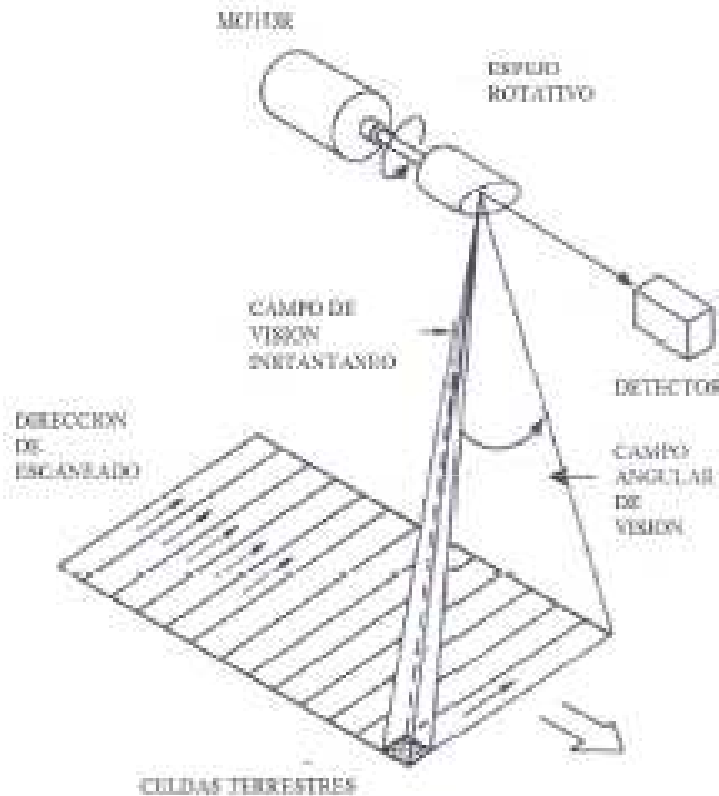
Pasivos óptico-electrónicos

- Multiespectrales (y pancromáticos)
- Hiperespectrales

Activos

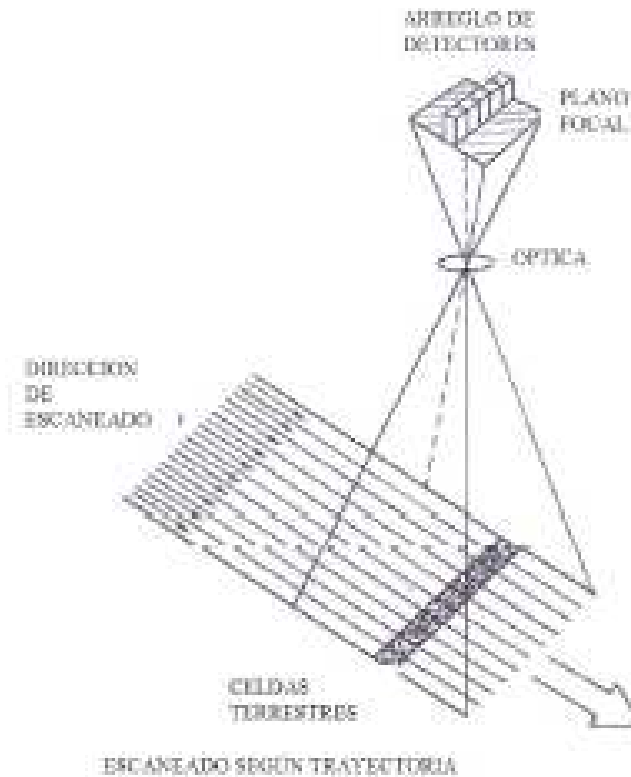
- Radar SAR (micro-ondas)
- Lidar (Láser)

Opciones de barrido



El modo cruzado con la trayectoria (*cross track o whiskbroom mode*)

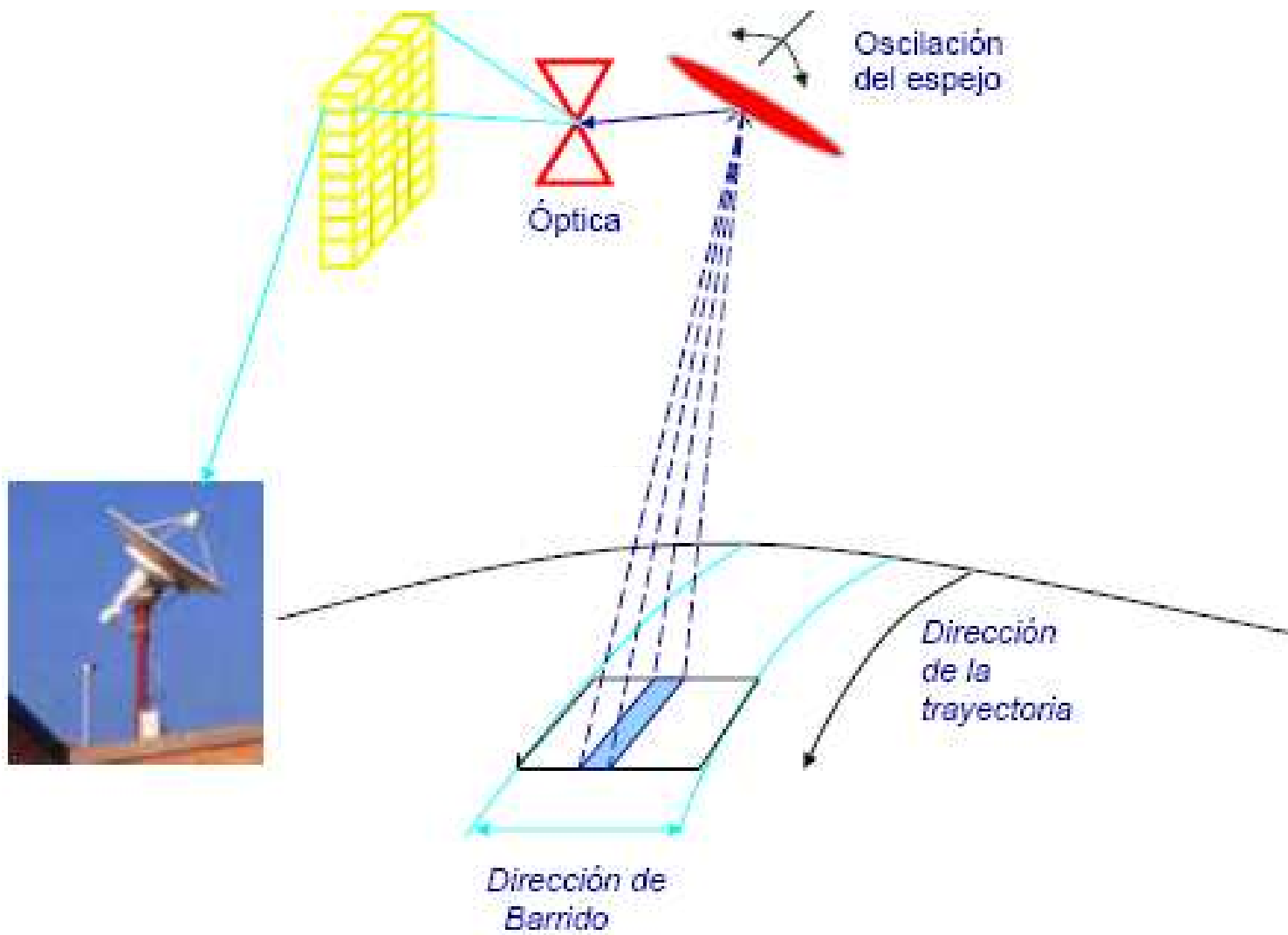
Normalmente utiliza un espejo rotatorio u oscilante, es decir que constituye un sistema óptico-mecánico



Modo de barrido en la dirección de la trayectoria (*along track pushbroom*)

Arreglo lineal de pequeños detectores

Cada detector es un dispositivo de acoplamiento de carga (*Charge-Coupled Device – CCD*)



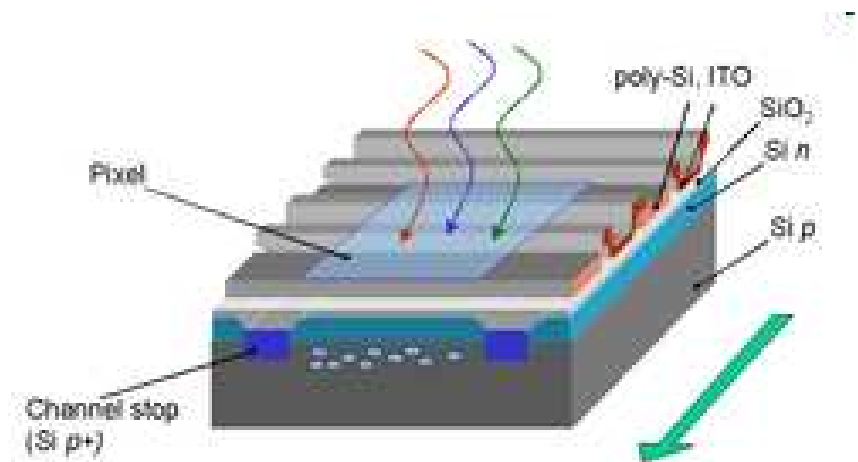
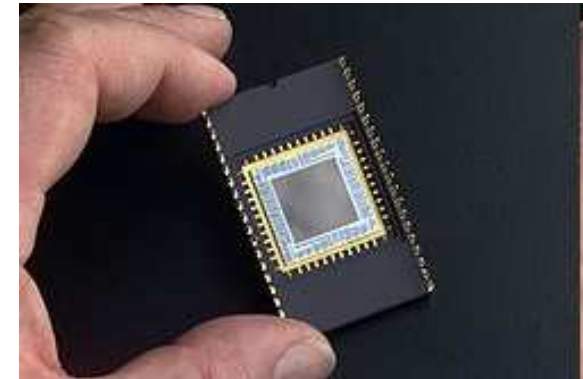
CCD

La sensibilidad del detector CCD depende de la *eficiencia cuántica* del chip

La cantidad de fotones que deben incidir sobre cada detector para producir una corriente eléctrica.

El número de electrones producido es proporcional a la cantidad de luz recibida (a diferencia de la fotografía convencional sobre negativo fotoquímico).

Esta cantidad proporcional se transforma en el Nivel Digital del píxel



Material fotosensible embebido en un chip de silicio

Plataforma	Sensor	Resolución		Principales Características
		Espectral	Espacial	
AVIÓN	Cámara Fotográfica	Pan (Visible) Pan (IRc) Color (Visible, 3 bandas) Falso color (IRc , 3 bandas)	Variable según altura de vuelo.	Analógico (película fotosensible). Formato más común: 152 mm de distancia focal y 230 mm para el negativo.
	ATM	10 bandas (0,42 – 2,35 μm) 1 banda (8,5 – 13,0 μm)		Ángulo de observación de 86°.
	MEIS II	8 bandas (0,39- 1,1 μm)		Ángulo de observación de 39,66° Tecnología similar a SPOT.
	TIMS	6 bandas (8,2 – 12,2 μm)		Ángulo de observación de 76°

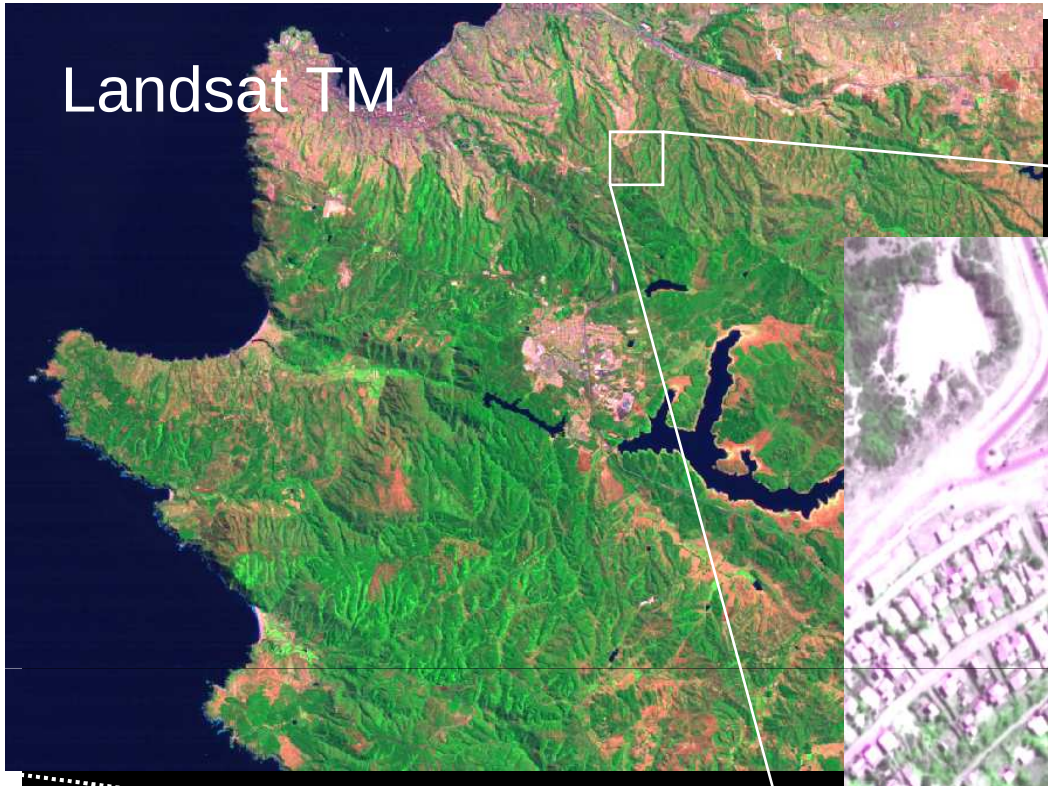
PLATAFORMA	SENSOR	RESOLUCIÓN ESPECTRAL	RESOLUCIÓN ESPACIAL	OBSERVACIONES
Satélite Landsat 5	TM (Thematic Mapper)	Multiespectral azul (0,45-0,52 μm), verde (0,52-0,60 μm), rojo (0,63-0,69 μm) IRc (0,76-0,9 μm), IRm ₁ (1,55-1,75 μm) IRt (10,4 –12,5 μm), IRm ₂ (2,08-2,35 μm)	30 m 120 m en la banda termal (IRt)	Ancho de barrido de 185 Km., órbita a 705 Km, resolución temporal de 16 días.
Satélite Landsat 7	ETM+ (TM mejorado)	Multiespectral azul (0,45-0,515 μm), verde (0,525-0,605 μm), rojo (0,63-0,69 μm) IRc (0,75-0,90 μm), IRm ₁ (1,55-1,75 μm), IRt (10,4–12,5 μm) IRm ₂ (2,09-2,35 μm) Pancromático (0,52-0,9 μm)	30 m 60 m en la banda termal (IRt) 15 m en Pan	Ancho de barrido de 185 Km. órbita a 705 Km, resolución temporal de 16 días.
Satélite SPOT 5	HRV	Multiespectral verde (0,50-0,59 μm), rojo (0,61-0,68 μm) IRc (0,79-0,89 μm), SWIR (1.58 to 1.75 μm) Pancromático (0,49-0,69 μm)	10 m 2,5-5,0 m en Pan	Ancho de barrido de 60 Km, órbita a 822 Km, resolución temporal de 26 días. Capacidad estereoscópica. SWIR = <i>Short-wave-infrared</i> .
Satélite IKONOS	IKONOS	Multiespectral Azul, verde, rojo, IRc Pancromático (0,45-0,9 μm)	4 m 1 m en Pan	Ancho de barrido de 13 Km, órbita a 681 Km, Resolución temporal de 2,9 días.
QuickBird	Quickbird	Multiespectral azul (0,450-0,520 μm), verde (0,520-0,600 μm) rojo (0,630-0,690 μm), IRc (0,760-0,90 μm) Pan (450-900 μm)	2,44 m 0,61 m en Pan	Ancho de barrido de 16,5 Km, órbita a 450 Km, resolución temporal de 1-3 días.
Terra	ASTER	VNIR (0.52-0.86 μm) SWIR (1.600-2.430 μm) TIR (8.125-11.65 μm)	VNIR 15m SWIR 30m TIR 90m	
Terra	MODIS	500 m (bands 3-7) 1000 m (bands 8-36)	250 m (bands 1-2)	Ancho de barrido de 2330 km por 10 km, órbita 705 km
Satélite NOAA	AVHRR	Multiespectral Visible (0,58-0,68 μm) , IRc (0,725-0,1,10 μm) , IRt ₁ (3,55-3,93 μm) IRt ₂ (10,30-11,30 μm), IRt ₃ (11,50-12,50 μm)	1,1 Km	Ancho de barrido de 2.700 Km, órbita a 833 Km, resolución temporal de 2 veces por día.

Nuevos satélites todo el tiempo

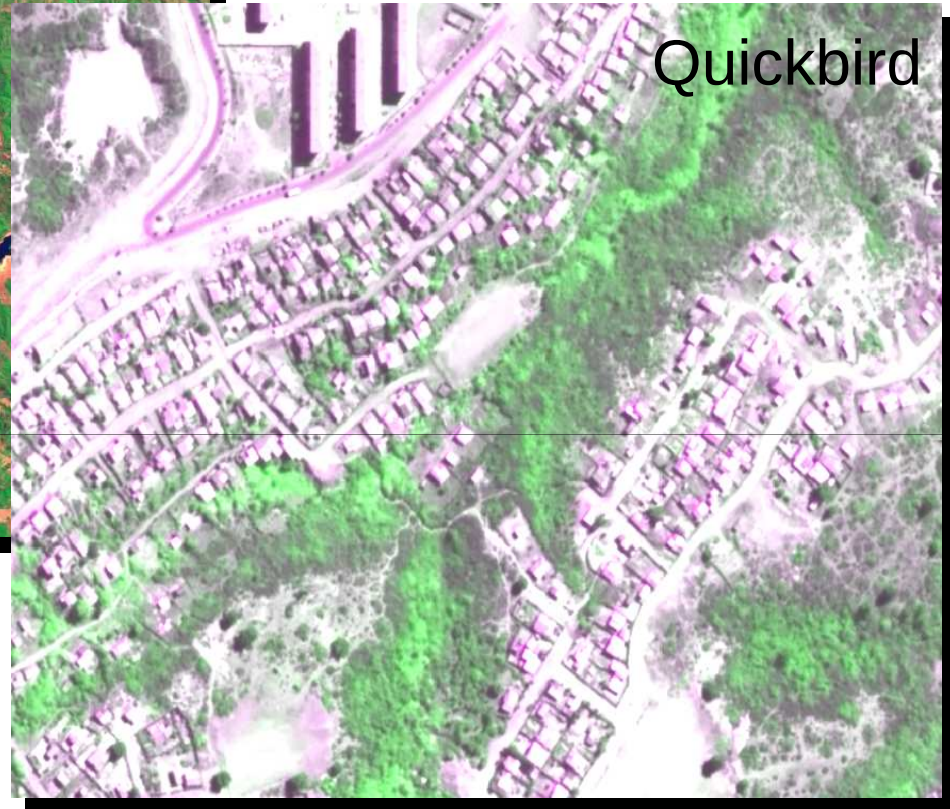
- WorldView I, II?
- Otros? ...

MULTIESPECTRALES

Landsat TM



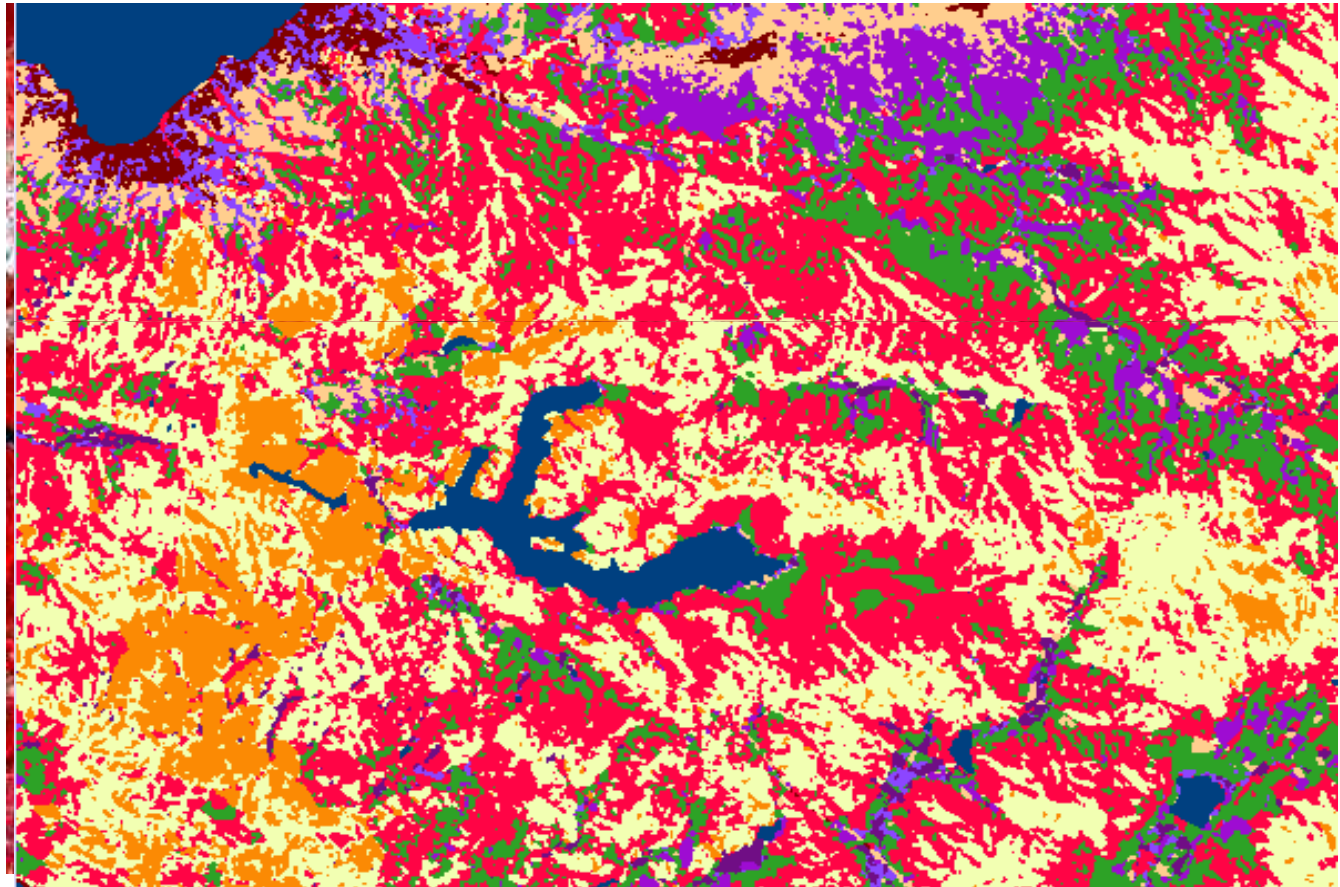
Quickbird



Datos multispectrales

Clasificación: Cobertura de suelo / uso de suelo

- 1: Aguas**
- 2: Plantaciones**
- 3: Ciudad/vías**
- 4: Agrícola**
- 5: Pastizales**
- 6: Espinal/matorral**
- 7: Bosque nativo**
- 8: Zonas blancas**

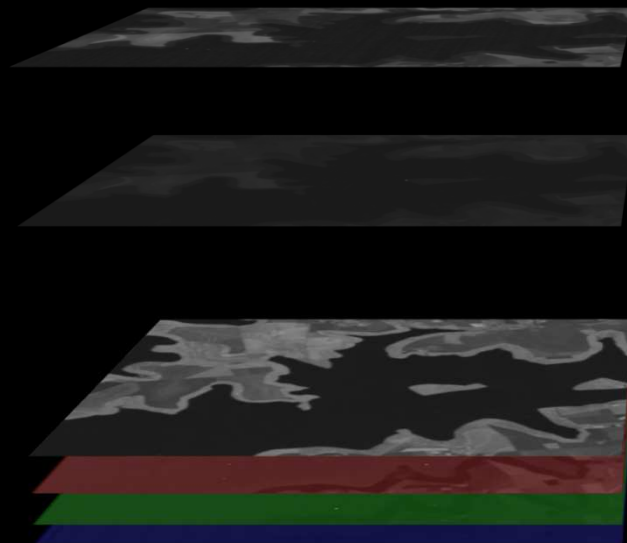


HIPER ESPECTRALES

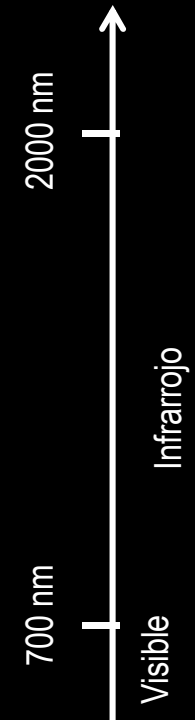
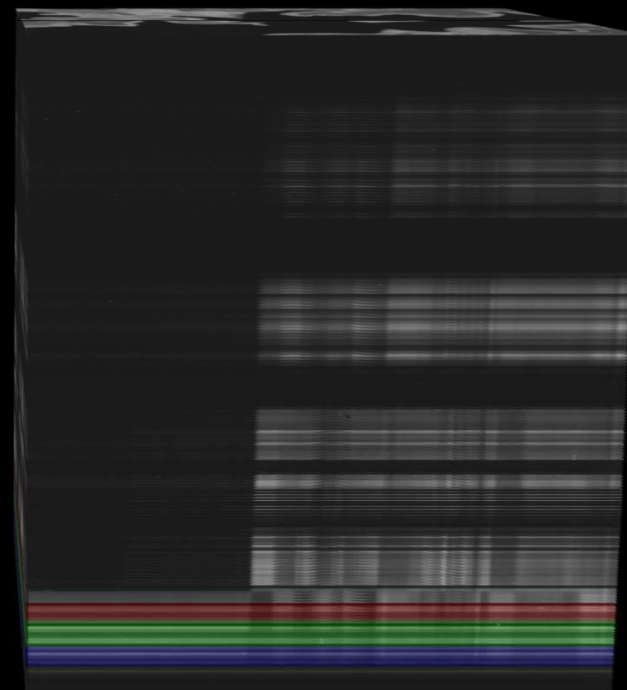
Hyperion		ALI		ETM+	
Band	Wavelength (nm)	Band	Wavelength (nm)	Band	Wavelength (nm)
1-90	430-1341	1	433-453	1	450-520
91-124	1462-1795	2	450-515	2	530-610
125-167	1976-2400	3	525-605	3	630-690
		4	630-690	4	780-900
		5	775-805	5	1550-1750
		6	845-895	7	2090-2350
		7	1200-1300		
		8	1550-1750		
		9	2080-2350		

Note: band numbers of Hyperion have been re-ordered. Its nominal band width is 10 nm.

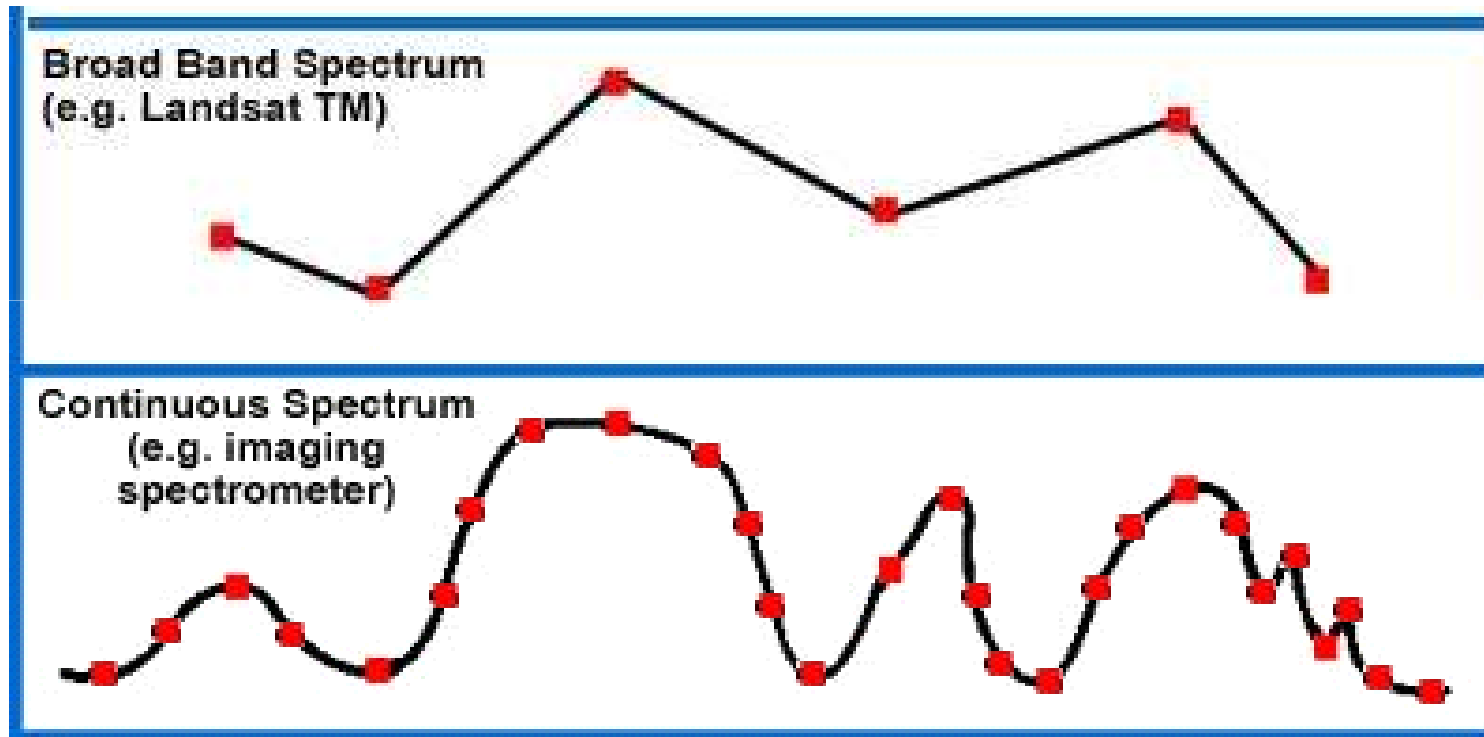
Landsat ETM+



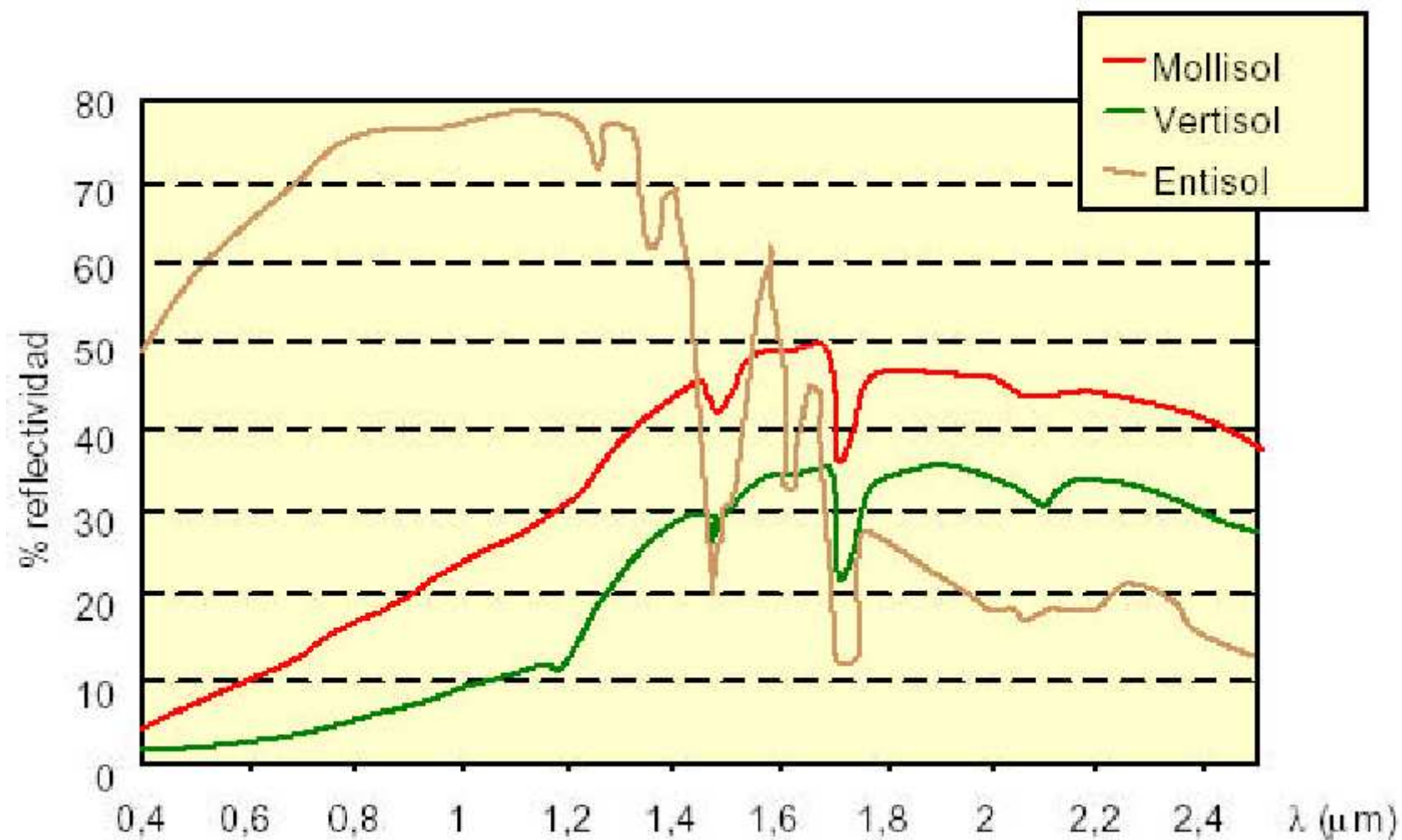
Hyperion



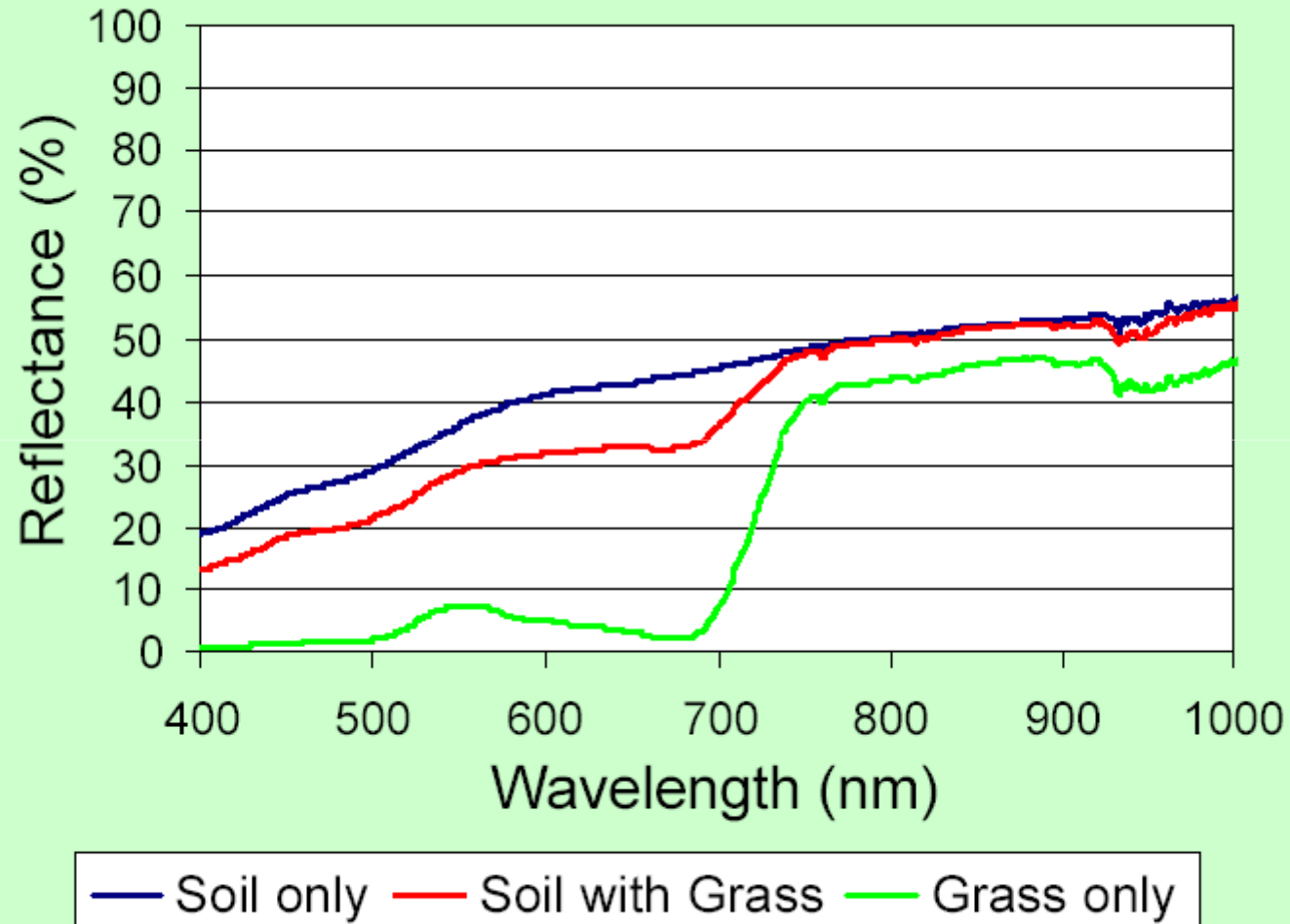
Firmas espectrales discreto vs continuo



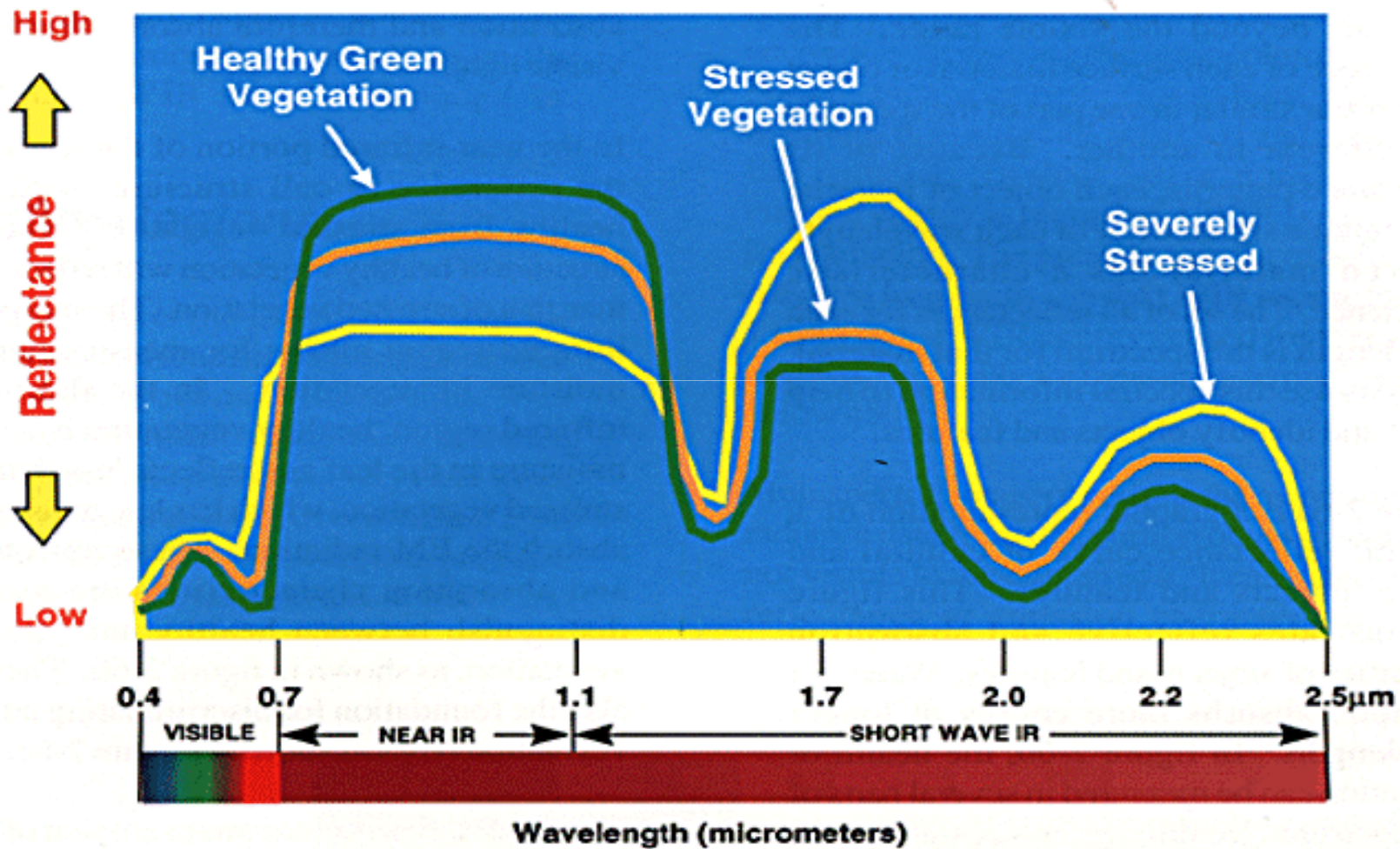
CURVAS DE REFLECTIVIDAD DE SUELOS



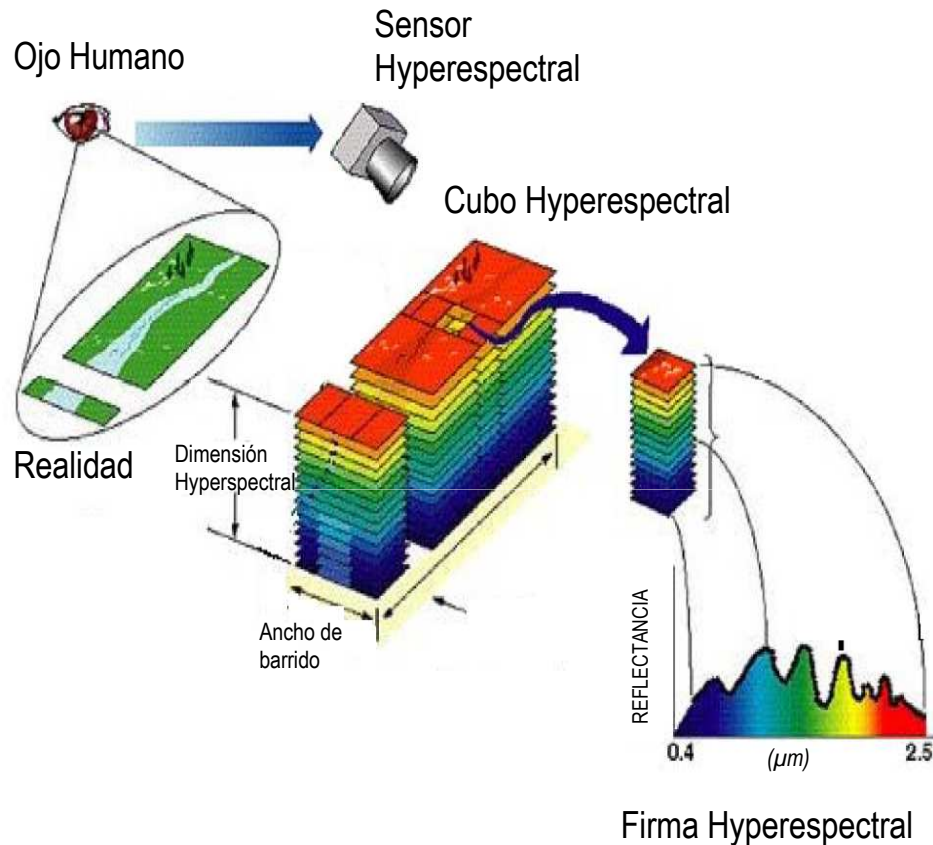
CURVAS DE REFLECTIVIDAD DE SUELOS - PASTO



CURVAS DE REFLECTIVIDAD DE VEGETACIÓN EN DIFERENTES ESTADOS SANITARIOS



SENSORES HIPERESPECTRALES



Exploración Minera

- ✓ Mapas litológicos (**minerales**)
- ✓ Cartografía geobotánica
- ✓ Control de efluentes y relaves

Medio Ambiente

- ✓ SEIA y seguimiento de precisión
- ✓ Sitios contaminados (minería)
- ✓ Conservación de precisión

Forestal

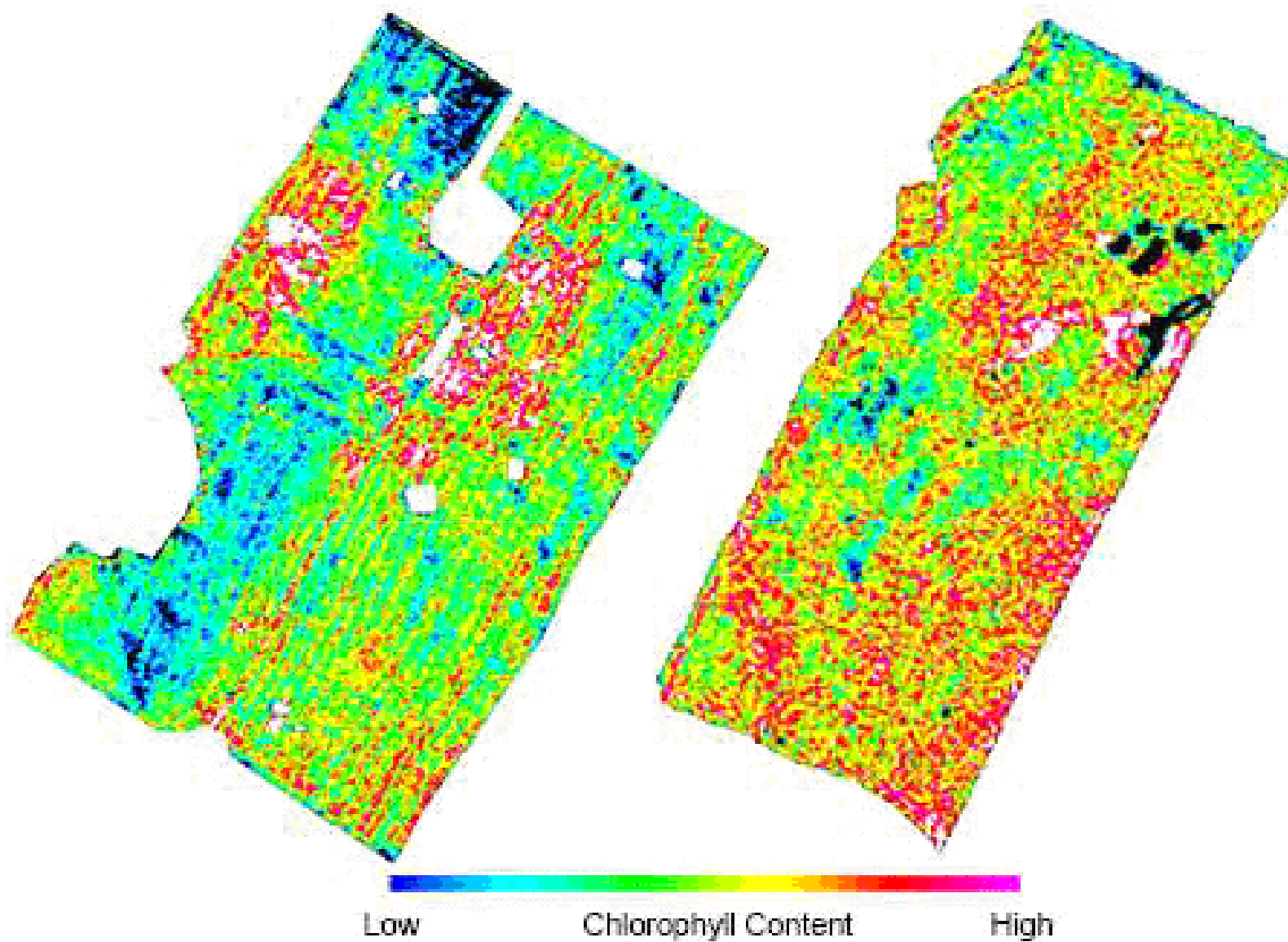
- ✓ Silvicultura de precisión (**por especie**)
- ✓ Detección cortas ilegales y plagas
- ✓ Estimación de Biomasa (BIOENERGIA)

Costas y Océanos

- ✓ Conflictos de usos de suelo
- ✓ Eutricación
- ✓ Monitoreo de Acuicultura

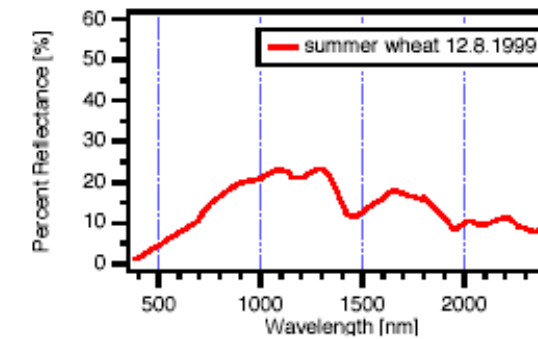
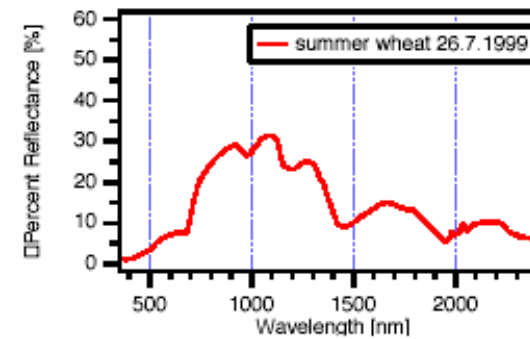
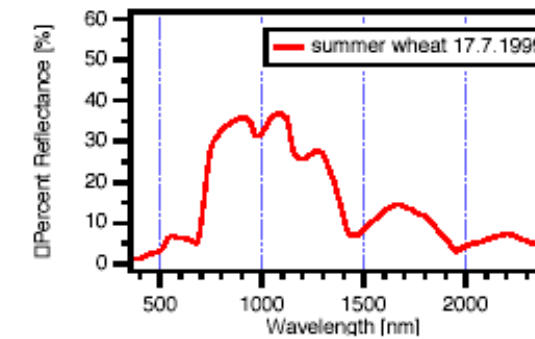
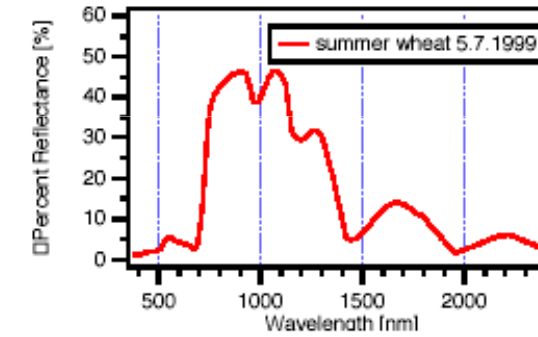
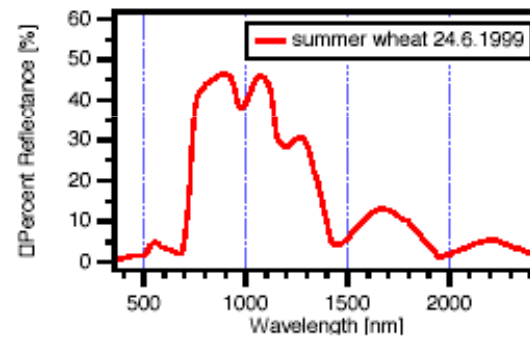
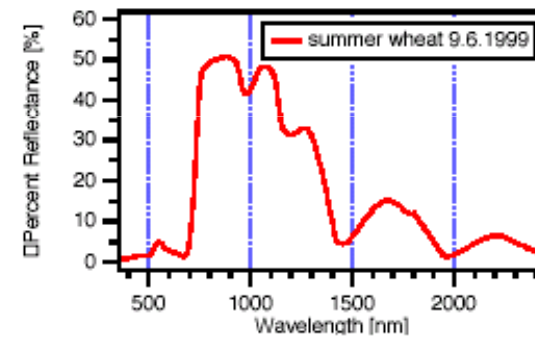
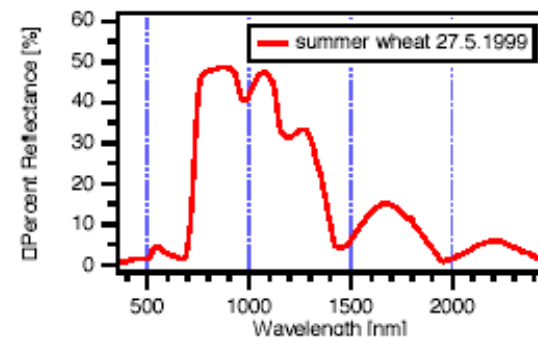
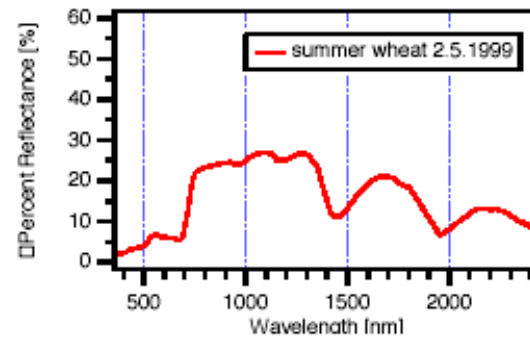
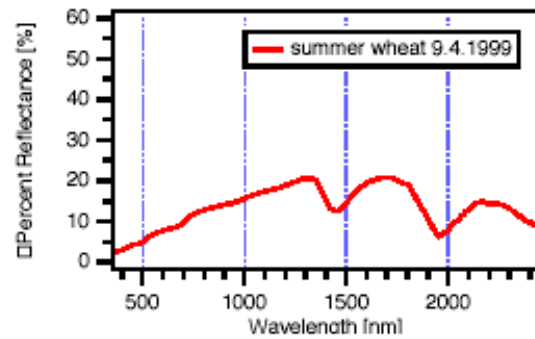
Agricultura

- ✓ Agricultura de precisión (**por cultivo**)
- ✓ Predicción de rendimientos
- ✓ Monitoreo plagas y enfermedades

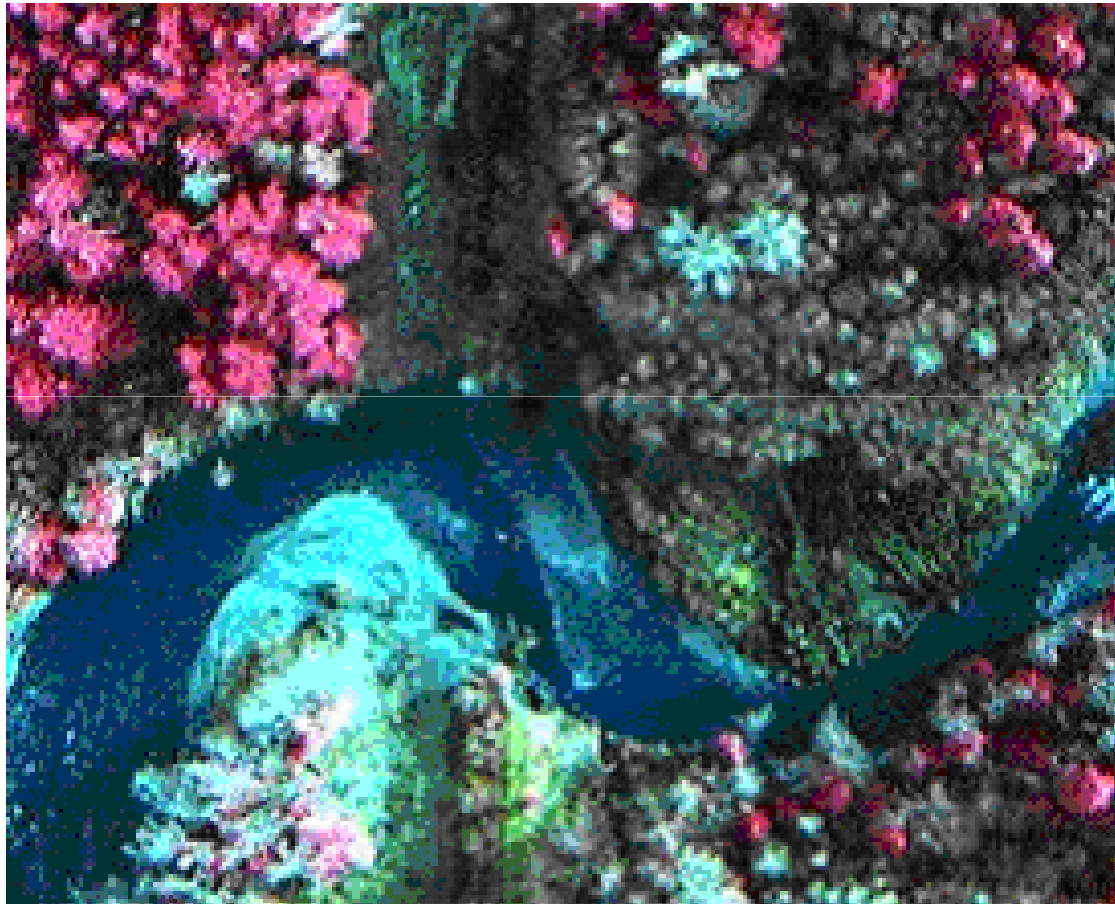


Contenido de clorofila en un campo de porotos (izq.) y de maíz (der.)

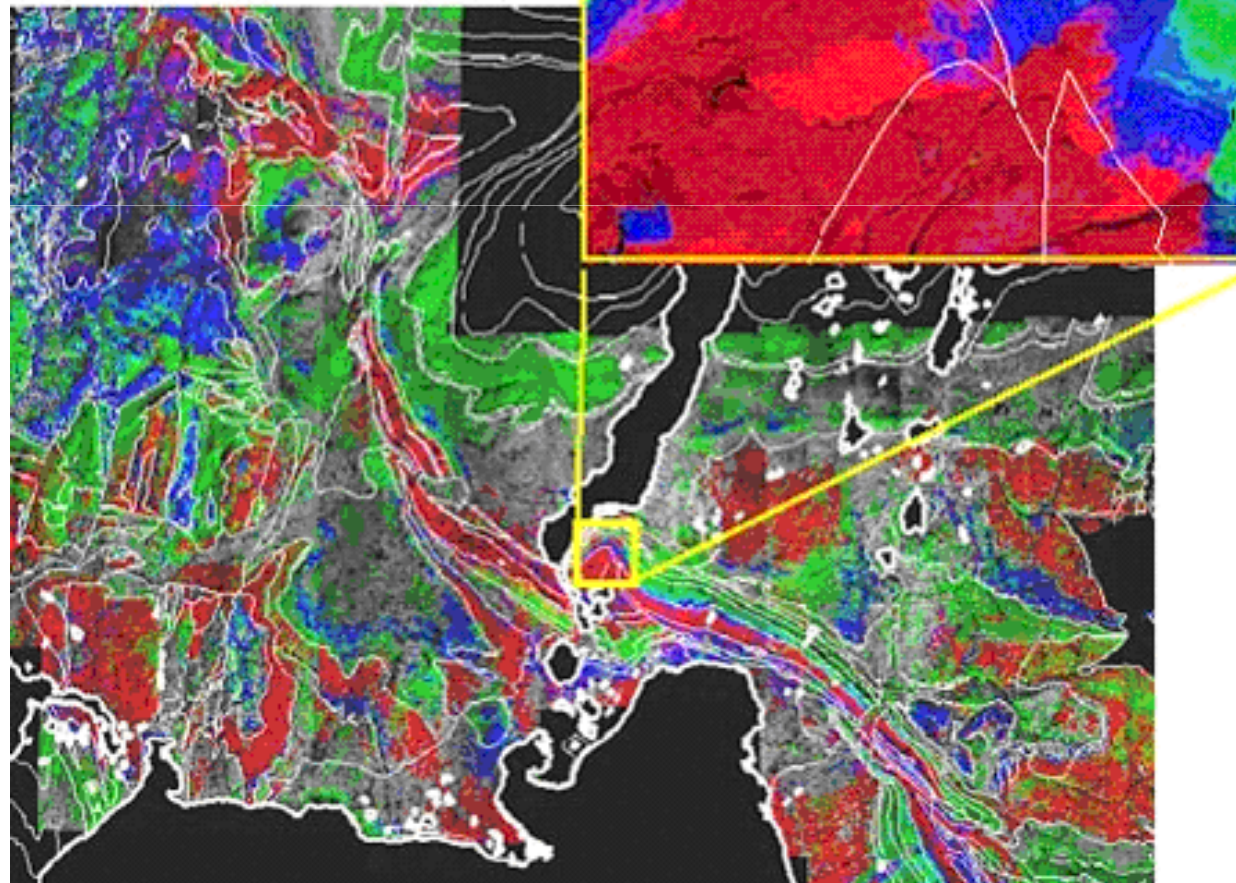
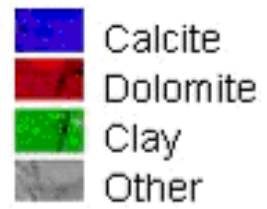
Seguimiento temporal



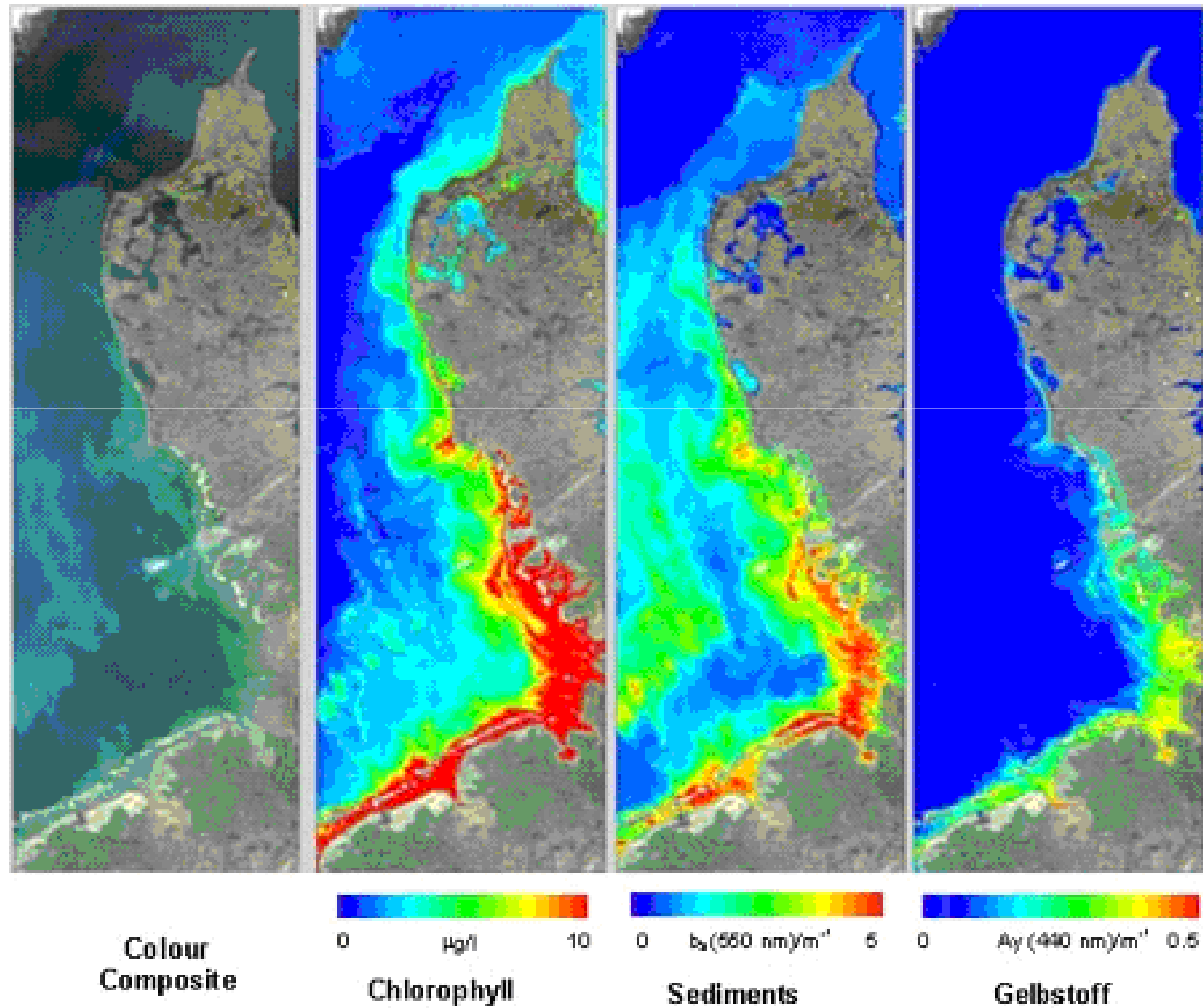
Identificación de especies forestales



Mapas Litológicos

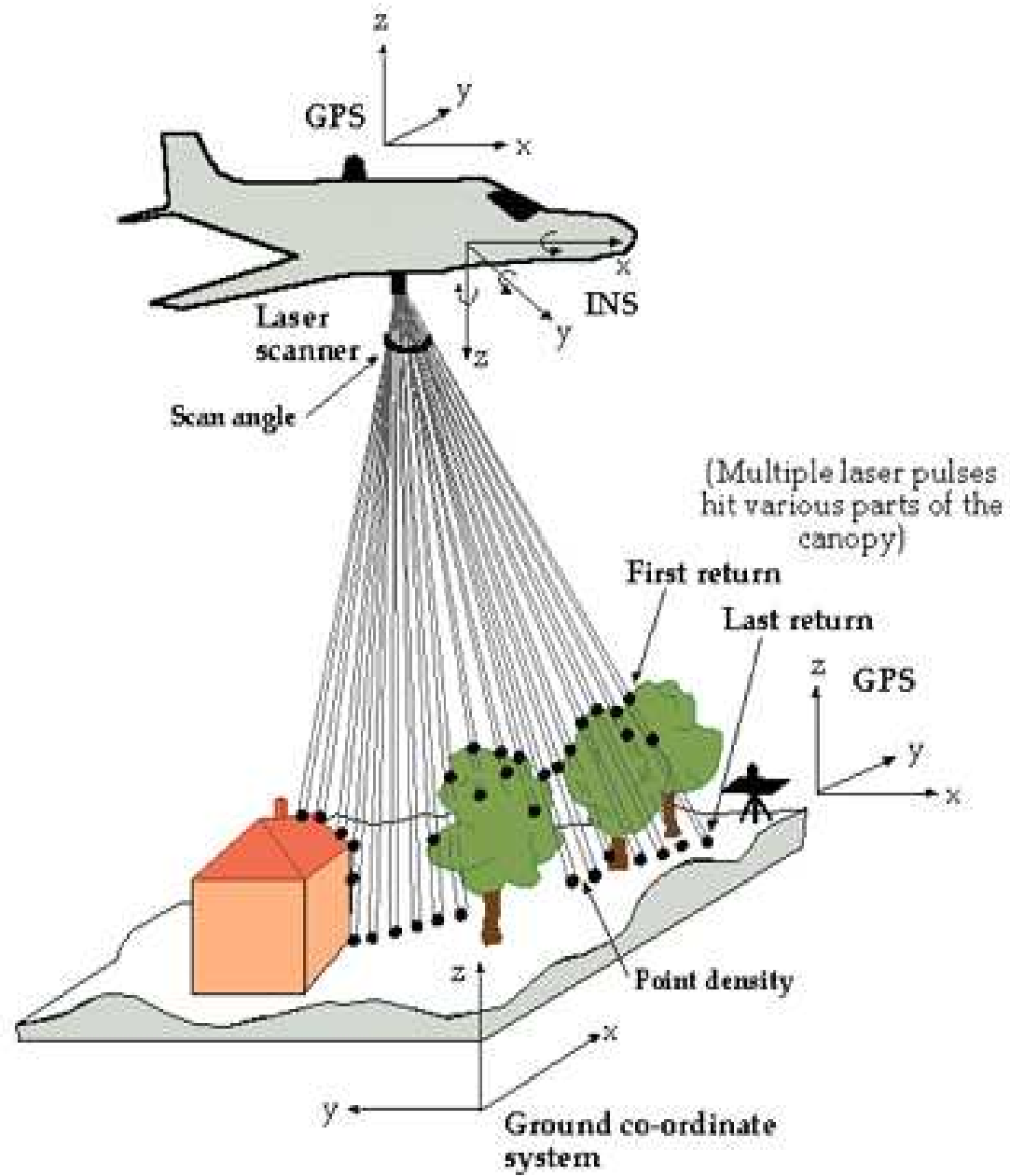


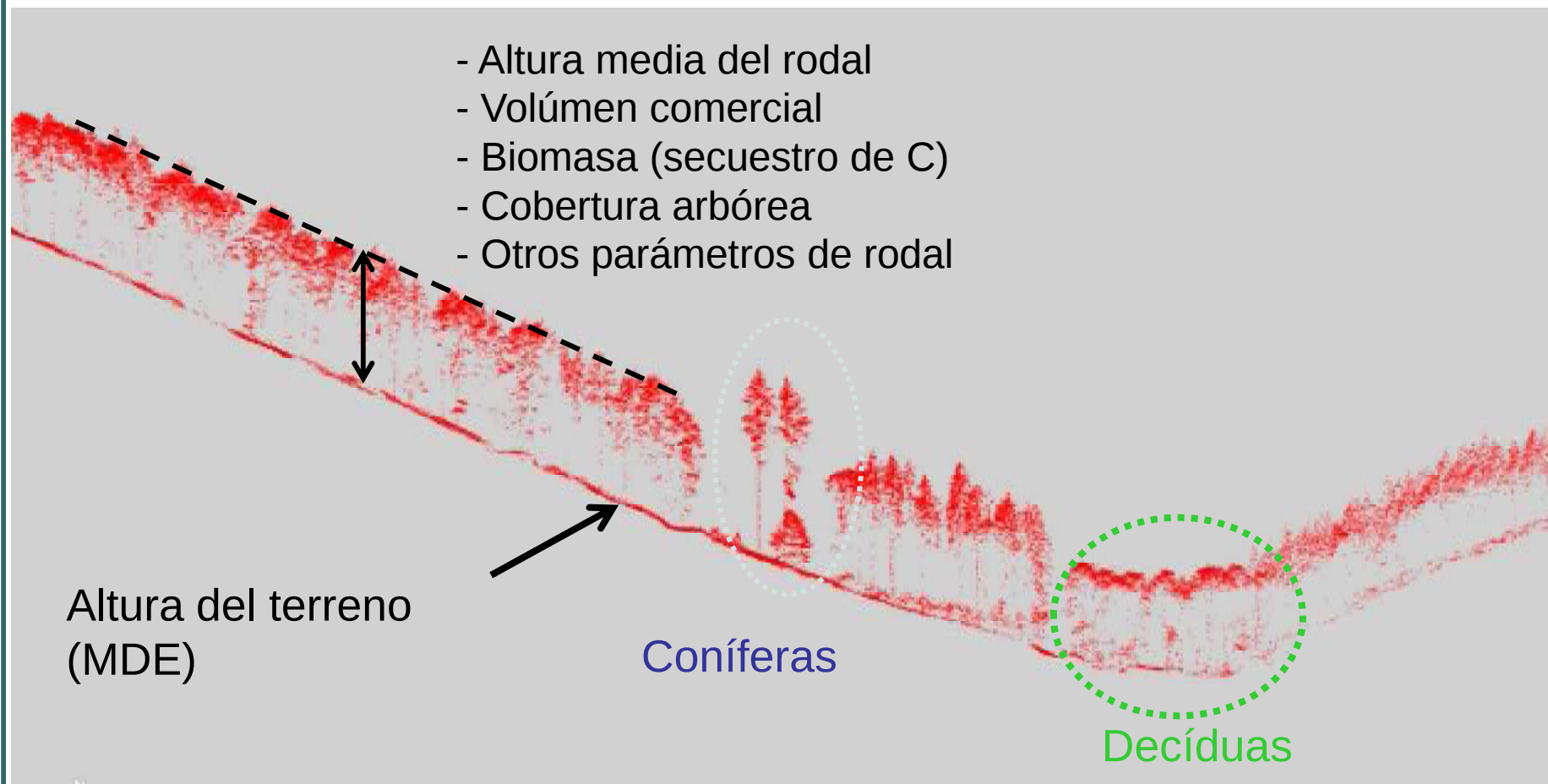
Procesos de eutrofización en sectores costeros



LIDAR y SAR

LiDAR (Aéreotransportado)

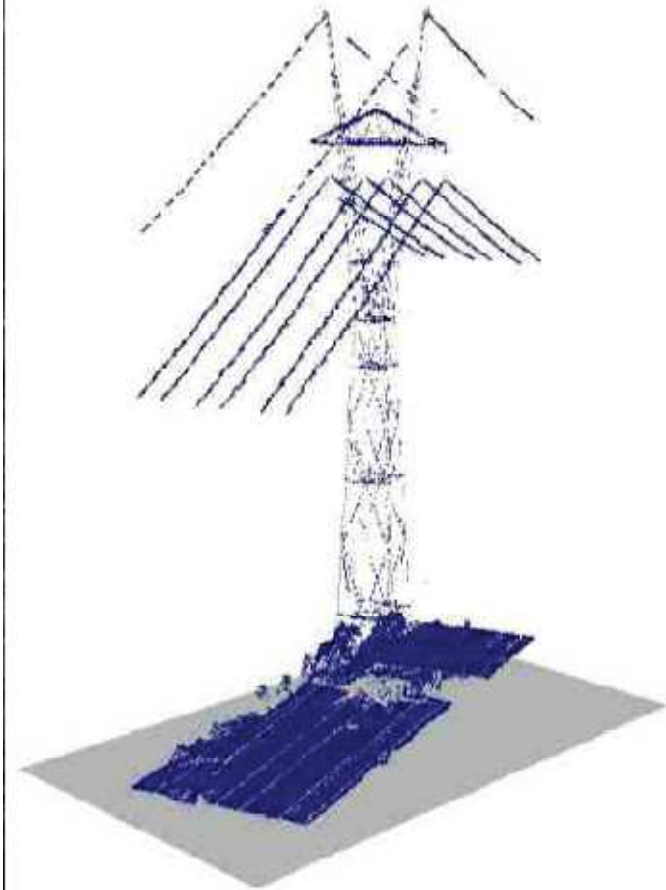
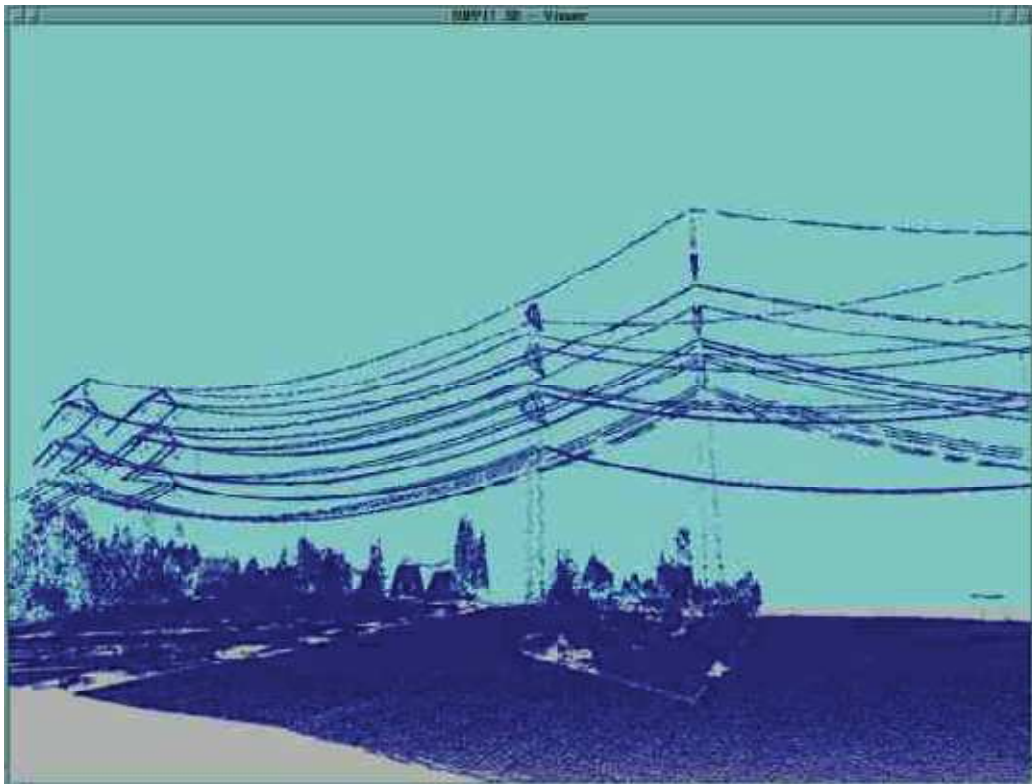




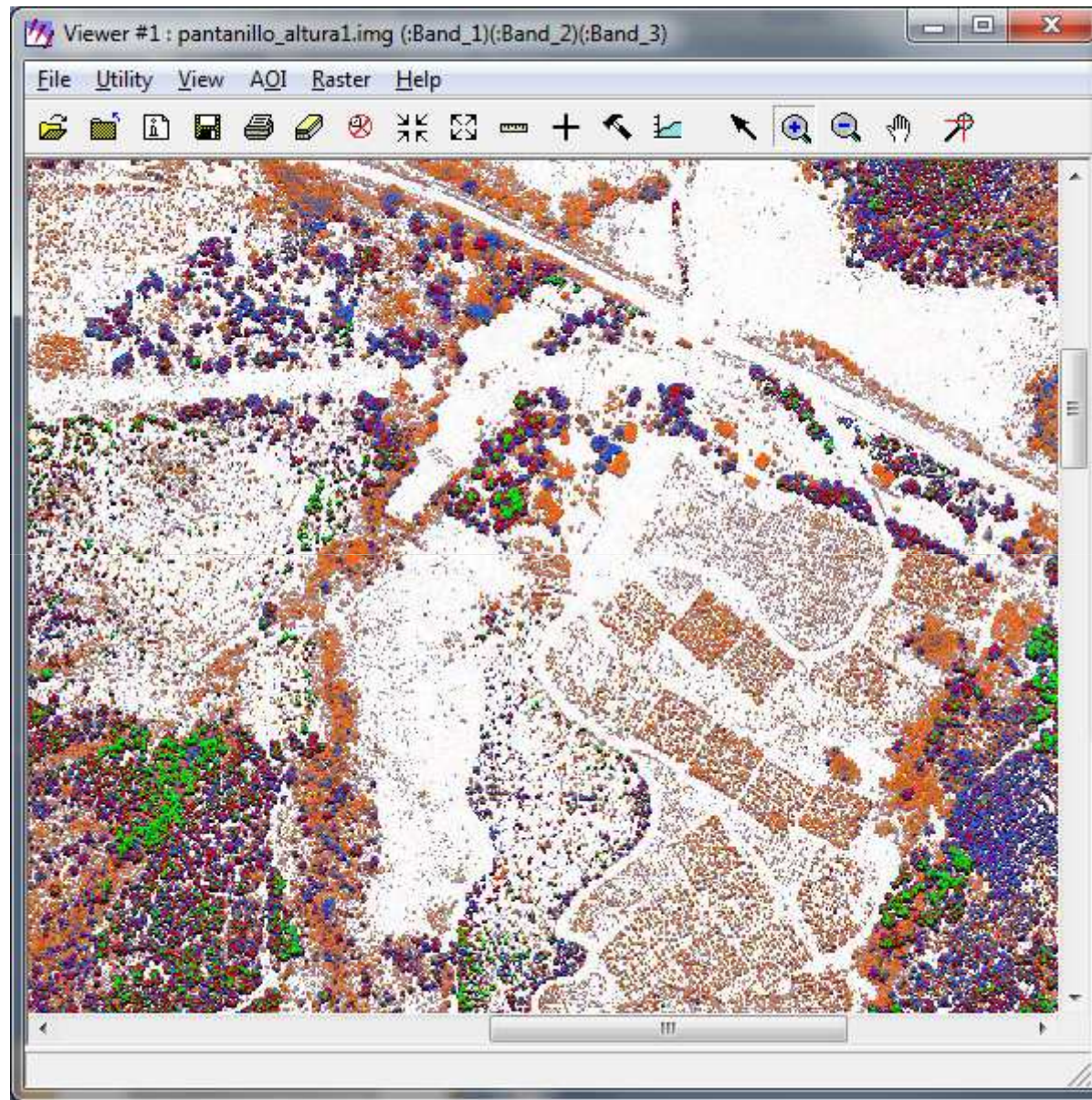
LiDAR: modelos de ciudad



Detección y monitoreo de cables de alta tensión (Toposys)

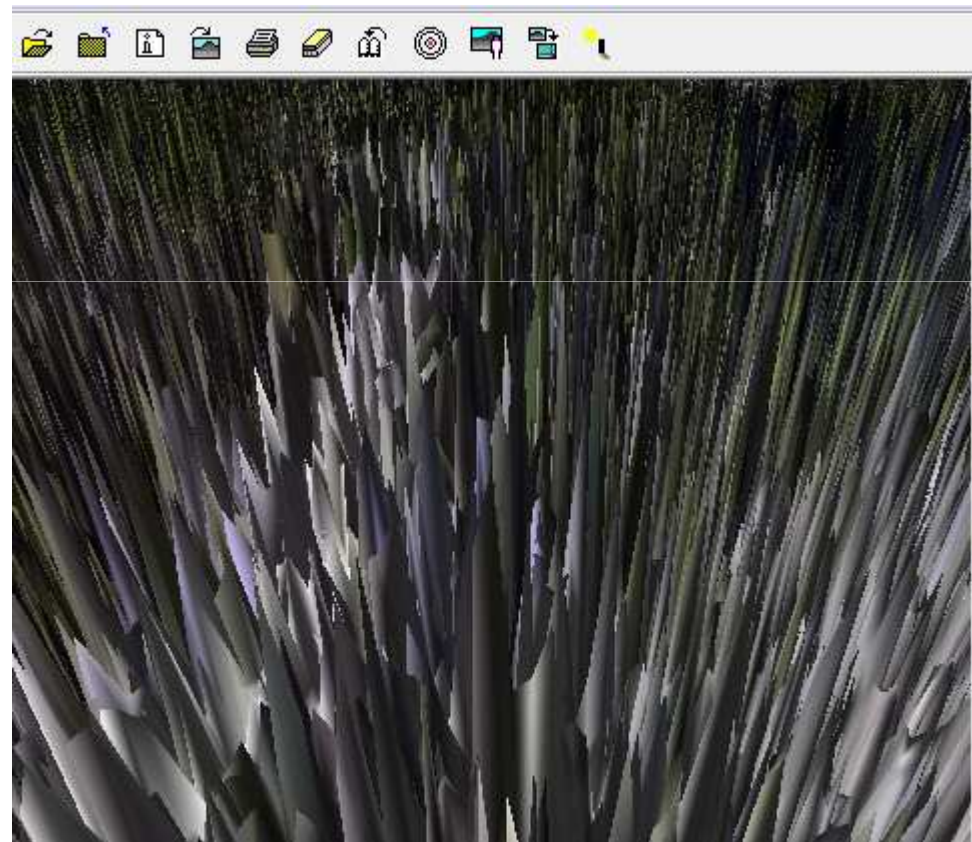
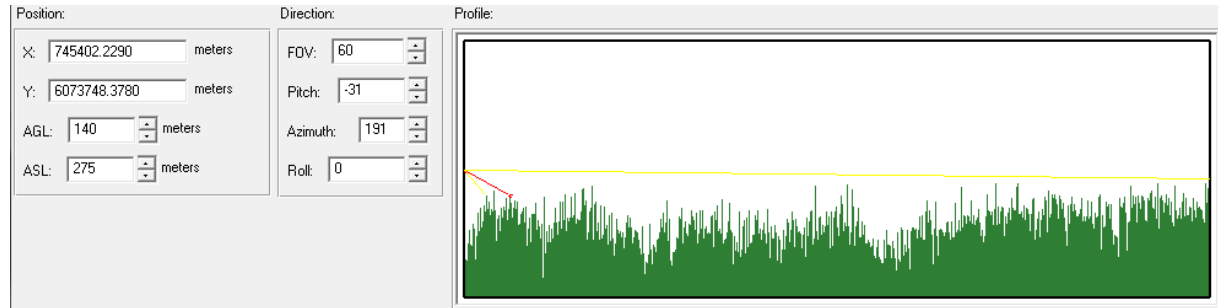


Pantanillos

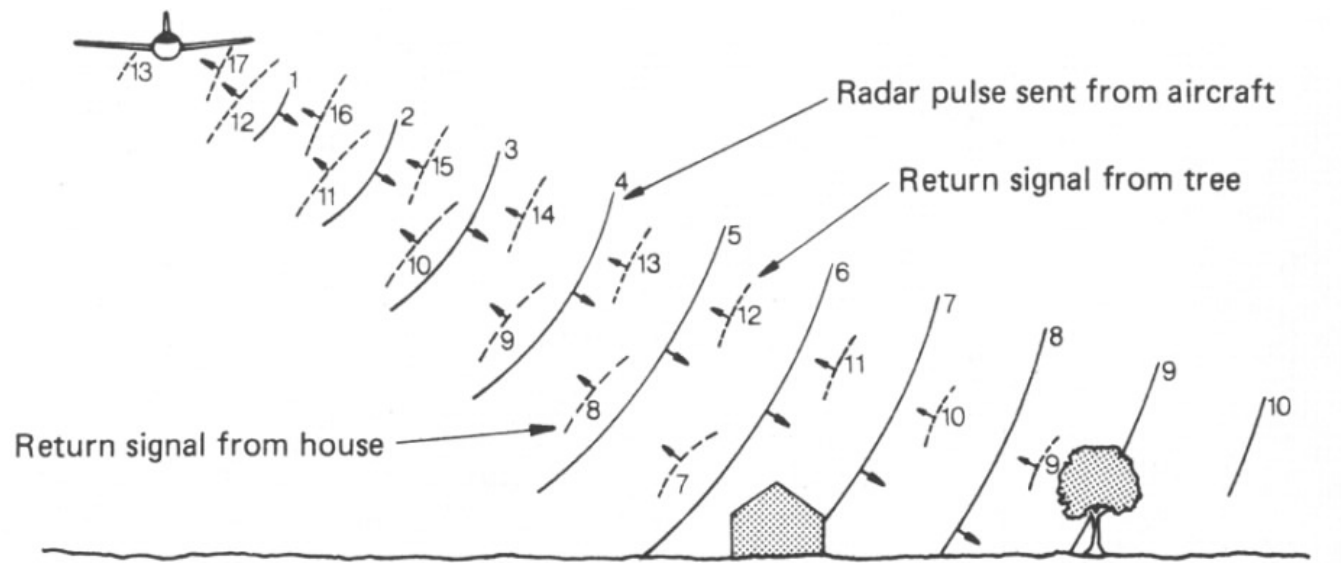




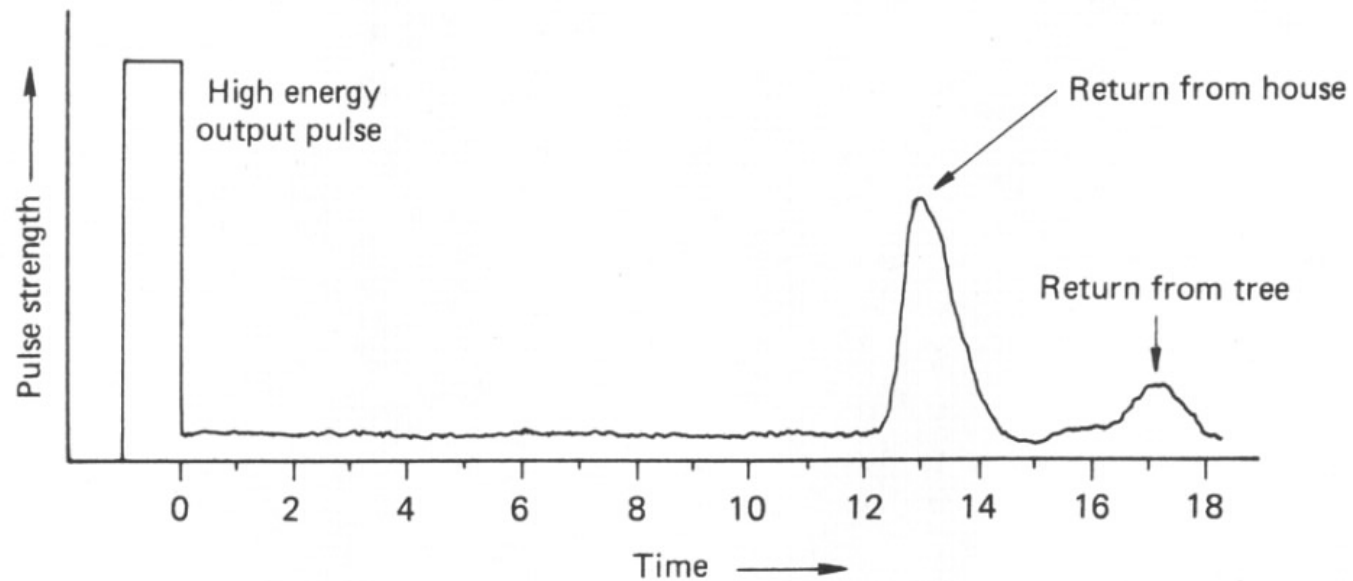
Pantanillos



Radar



(a) Propagation of one radar pulse (indicating the wavefront location at time intervals 1-17)



(b) Resulting antenna return

Respuesta de la retrodispersión como función de las condiciones de la cosecha

Indian Head, Saskatchewan 28 junio 2000

Trigo
(variedad AC Barrie)
(variedad AC Elsa)

Trigo y cebada
El radar detecta
zonas de humedad
y de desgaste por
falta de nitrógeno

**Cebada (parte oeste) y
Avena (parte este)**
Áreas con brillo representan **residuos
de la cosecha**

Canola
Los patrones se relacionan con la
variación de la biomasa de la cosecha.



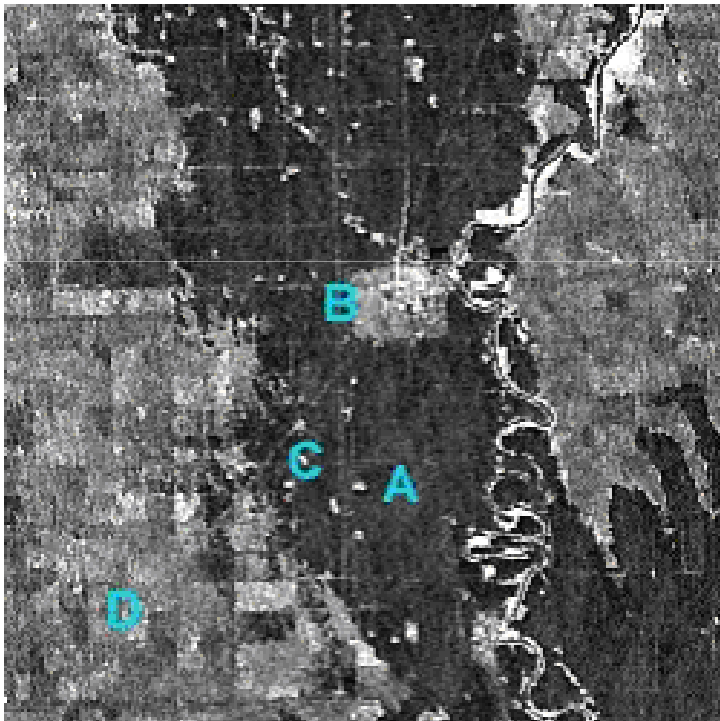
En este mosaico
compuesto se presenta
evidencia clara de
áreas con cosechas
con esfuerzos
relacionados al exceso
de humedad en el
suelo durante el inicio
de la temporada.



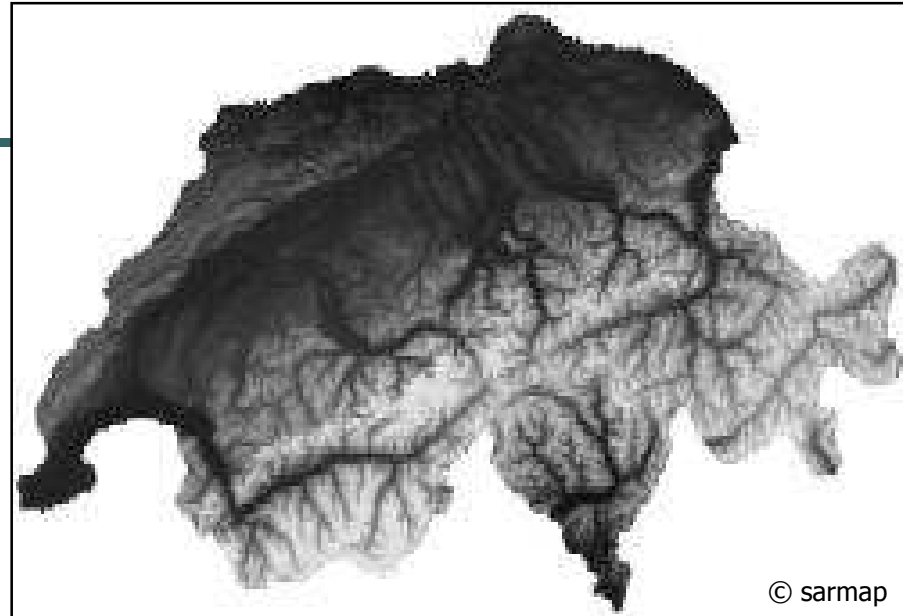
CV-580 Radar aéreo

Mosaico compuesto de multipolarización (R=VV; G=VH; B=HH)

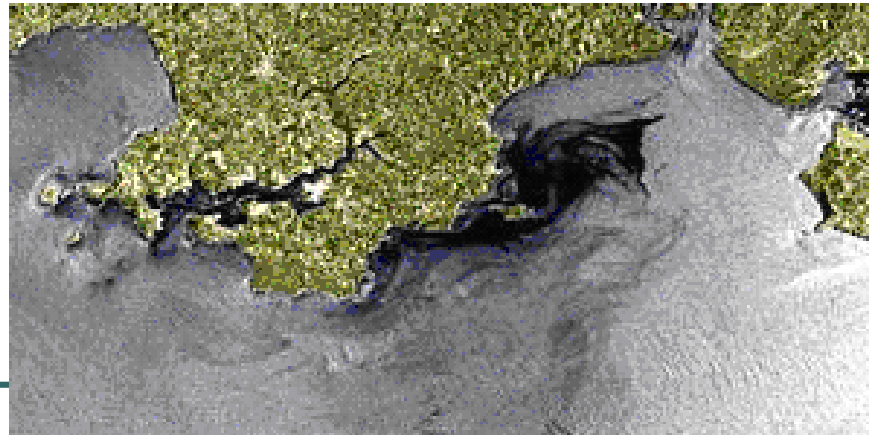
Humedad del suelo e inundaciones



Modelos digitales de elevación



Derrame de petróleo

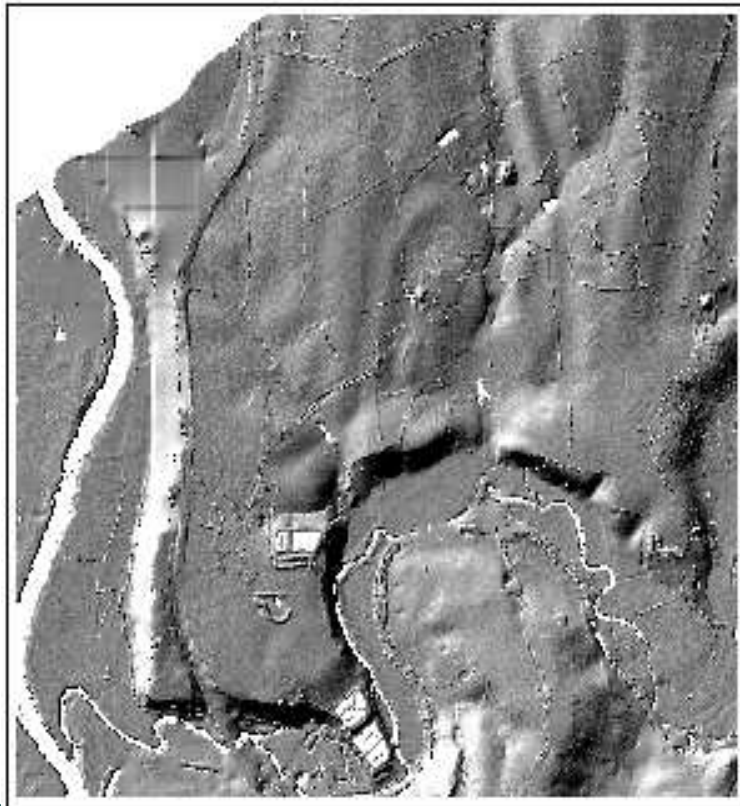


Modelos Digitales de Elevación

DEM	RMSE (m)
USGS DEM	3.2
Lidar	0.5
IFSAR	1.3
SRTM	5.0
IKONOS DEM	4.4

LiDAR y IfSAR DEMs

Lidar DTM

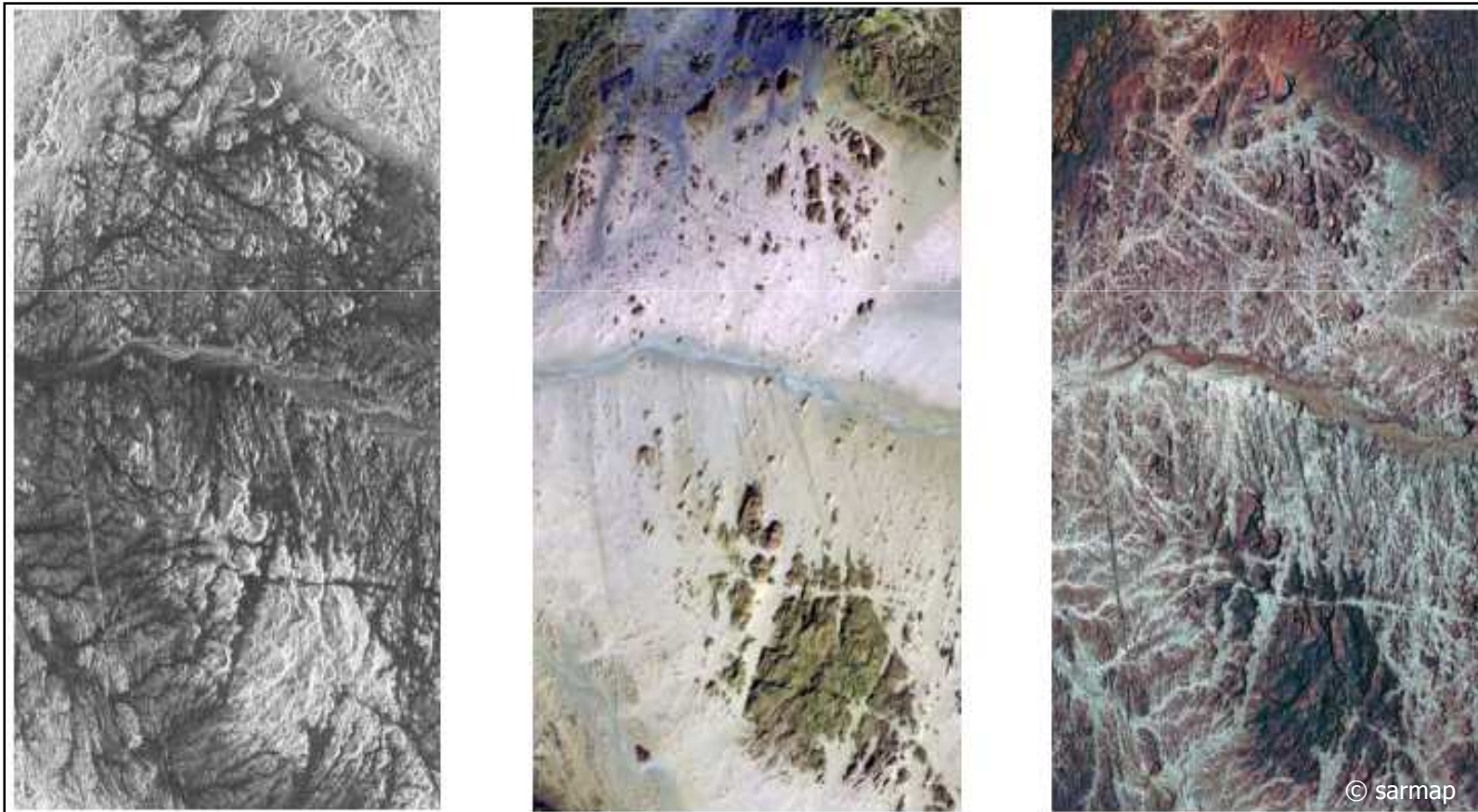


IfSAR DTM

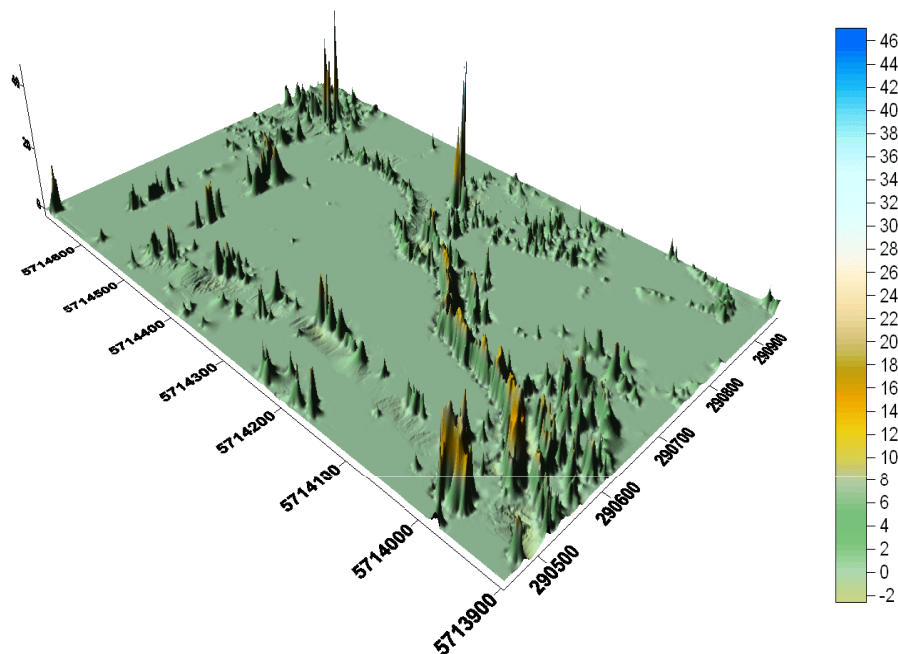


Combinación de sensores

Ejem: Landsat + SAR



LiDAR + Sensores multiespectrales



Krigeado de puntos LiDAR en zonas de árboles (edificios removidos)



Copas ajustadas finales