

Sensoria Remota

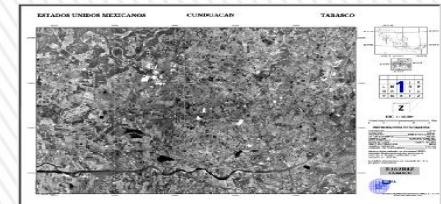
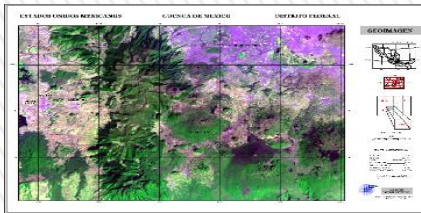


Profesor Ismael Minjárez
Semestre 2017-2

Cartografía

**“Ciencia que se ocupa de la representación gráfica de la superficie de la tierra”.
(Federico Alonso Lerch, 1986, p 7)**

“Ciencia y arte de confeccionar un mapa bajo ciertas normas, expresando gráficamente los rasgos físicos de la Tierra o de otros cuerpos celestes y todo aquello que constituya obra del hombre” (Glosario de Términos Cartográficos y Fotogramétricos, 1986, p 51)



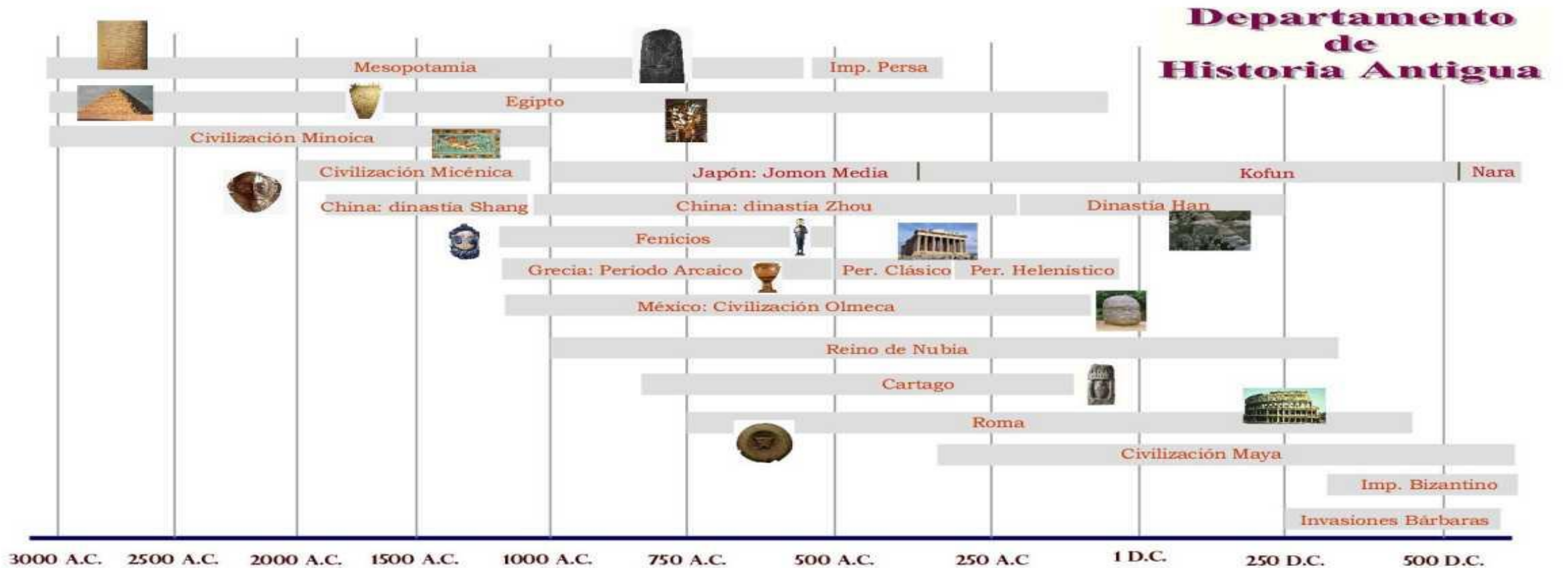
Objeto de la Cartografía

La Cartografía tiene por objeto el estudio y la aplicación de los diversos métodos empleados para construir mapas o cartas que sean la representación sobre un plano de la superficie terrestre o parte de ella.

El cartógrafo utiliza los datos originales tomados en el terreno y la información de planos existentes para organizarla, sintetizarla y expresarla por medio de mapas de acuerdo a una necesidad específica.



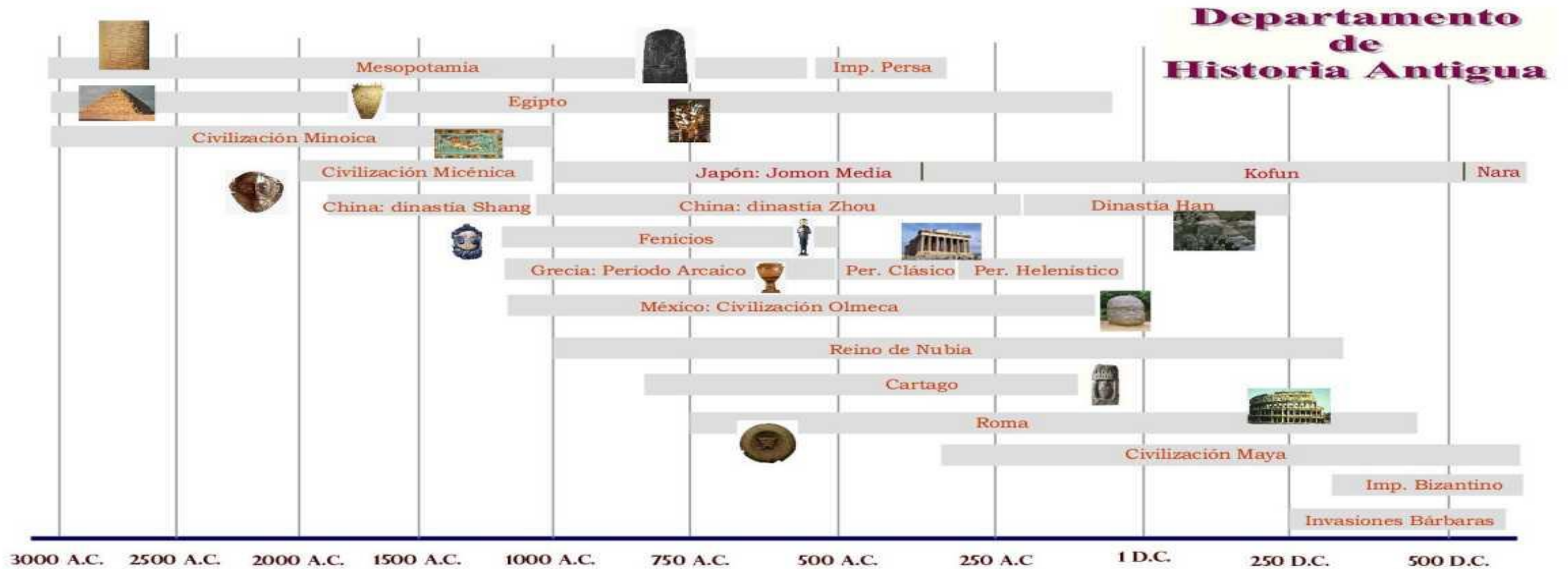
Marco histórico



Actualmente no se tienen noticias de la existencia de alguna sociedad humana que no haya representado gráficamente su territorio



Marco histórico



1.3.1.- Época Antigua

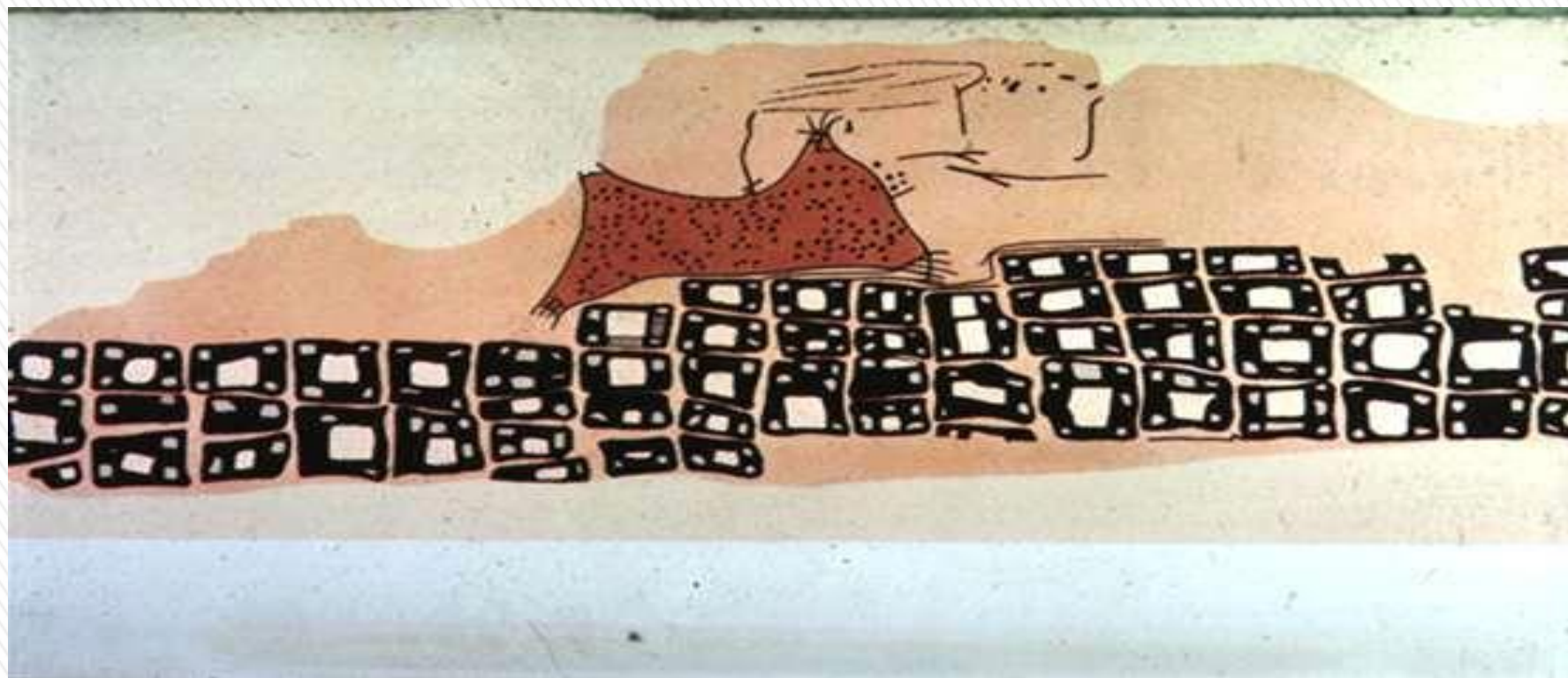
A Babilonia, China y Egipto se les refieren los primeros mapas de que se tienen registro.

Mapa Babilónico
(5,900 a.C.)



Libro de los Muertos
(1,285 a.C.)











Actualmente la cartografía se engloba en el concepto de geomática

La Geomática, se refiere a las técnicas para medir la Tierra

Es la disciplina de compartir, almacenar, procesar y presentar información geográfica.

Este término se aplica tanto a la ciencia como a la tecnología e integra las siguientes disciplinas específicas:

- Geodesia, topografía y Geoposicionamiento (GPS)
- Cartografía,
- Sensoria Remota
- Sistemas de Información Geográfica
- Análisis Espacial y Geoestadística



Geomatica

Sensoría Remota

Proceso de Imagen Foto aérea Imagen Satélite Fotogrametría

SIG

Raster SIG

Vector SIG

3D Modelos

GPS

Visualización

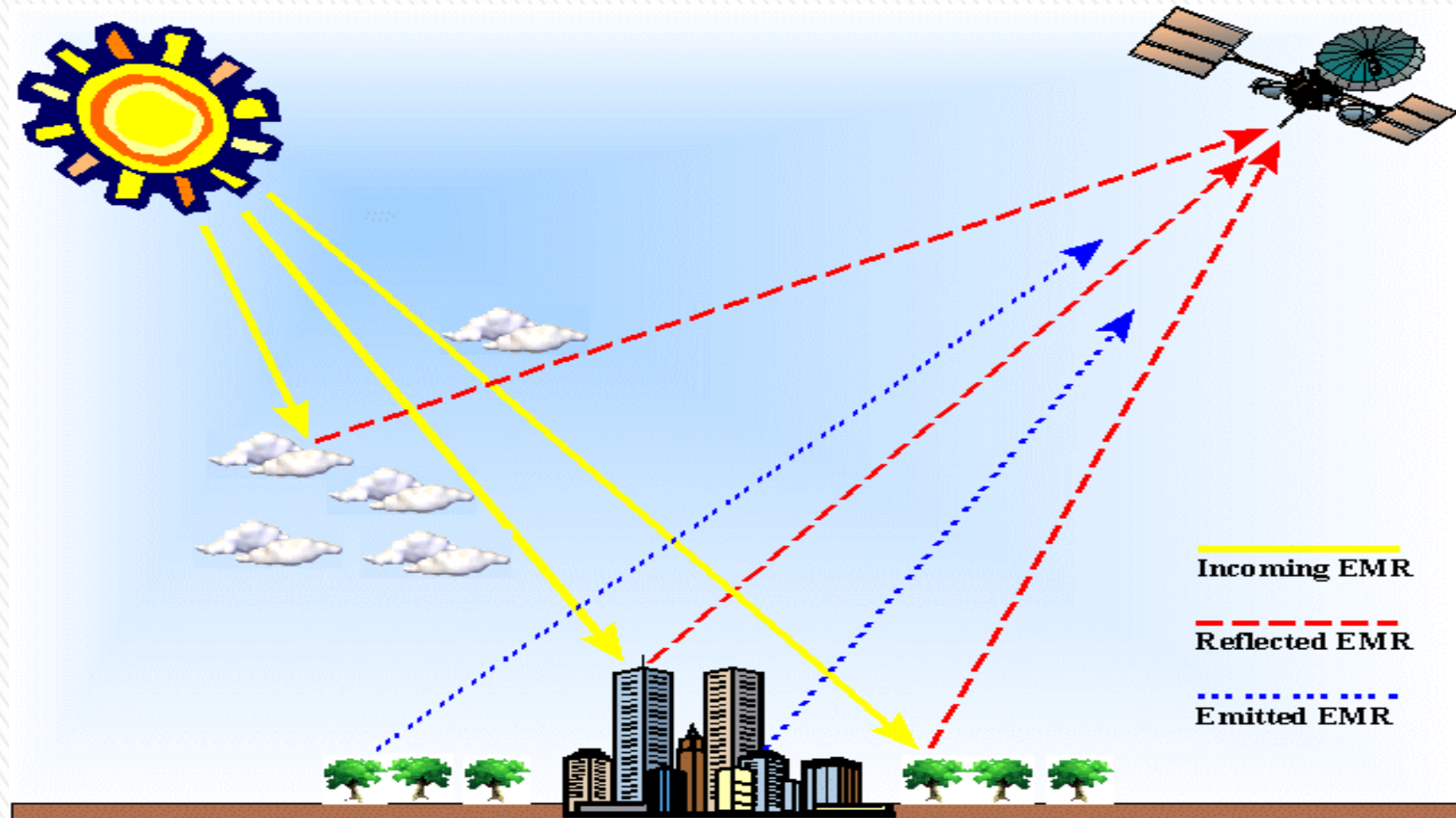
Redes

Bases de Datos

Internet

Respuestas a problemas espaciales complejos.

Sensoría Remota



An aerial photograph of a coastal landscape. In the foreground, a wide, sandy beach stretches across the frame, with some small, dark rocks scattered on it. To the left, the ocean waves are breaking onto the shore. The background is dominated by a series of steep, green hills or mountains. The hills have a distinct, terraced appearance, with many small, rounded peaks and valleys. The vegetation on the hills is a vibrant green, contrasting with the tan sand of the beach. The sky is a clear, deep blue, and the overall scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

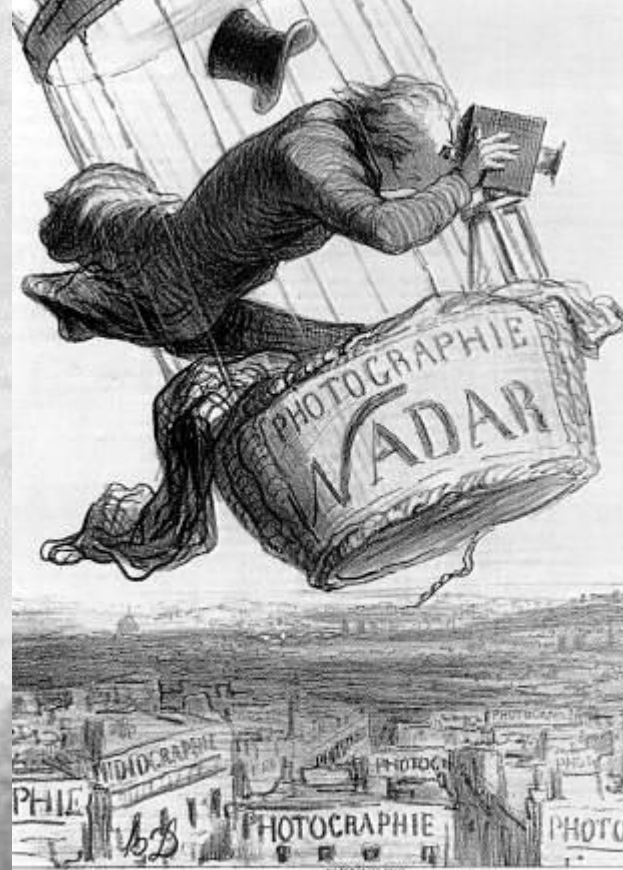
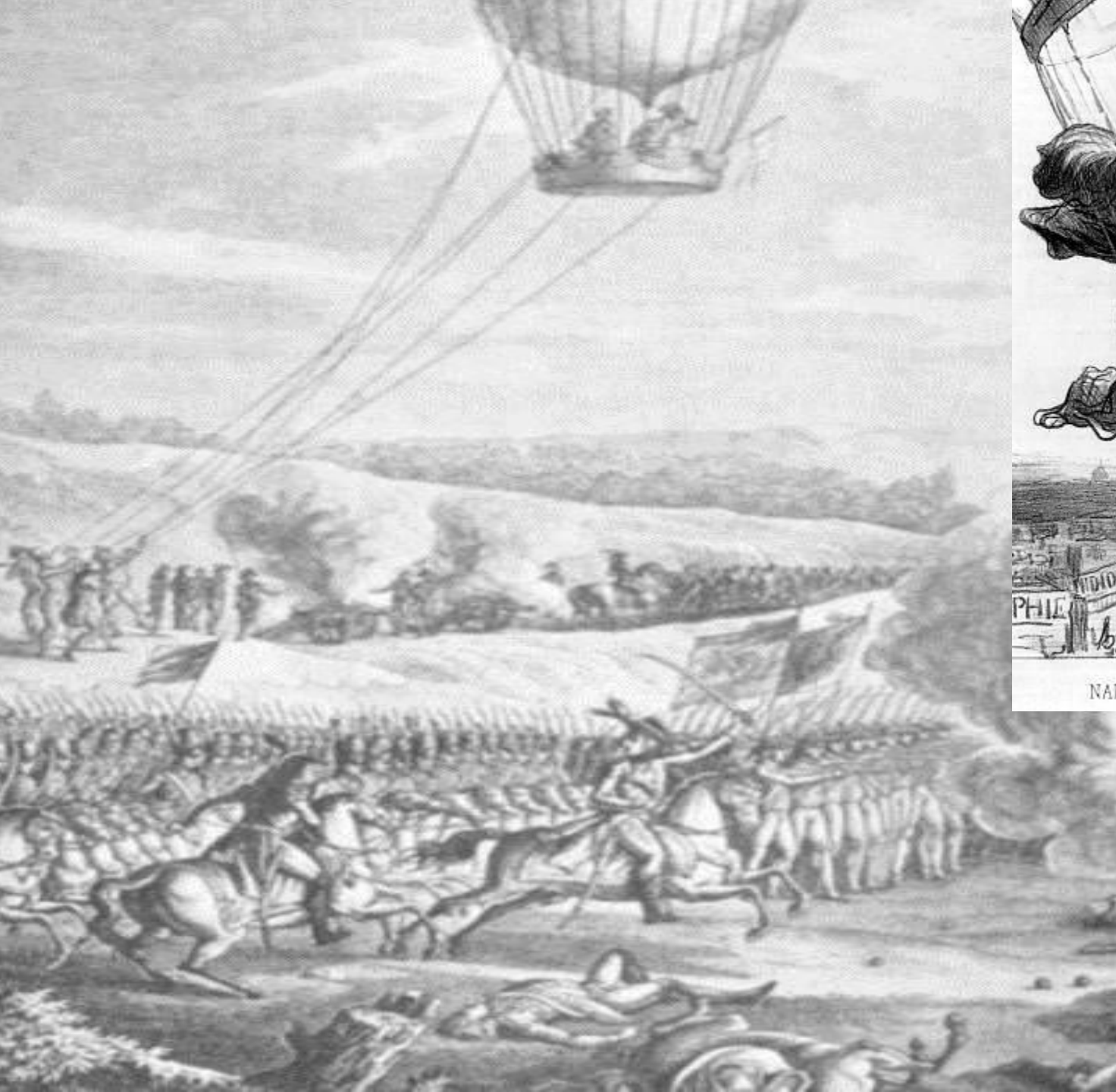
Un poco de Historia





Paris, 1858





NADAR. elevant la Photographie à la hauteur de l'Art.

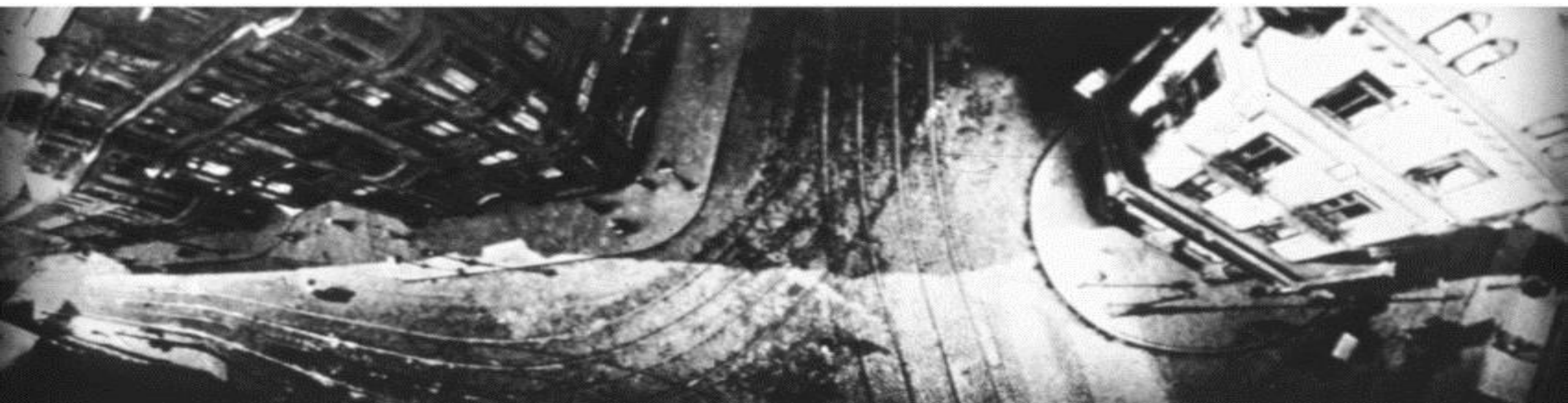
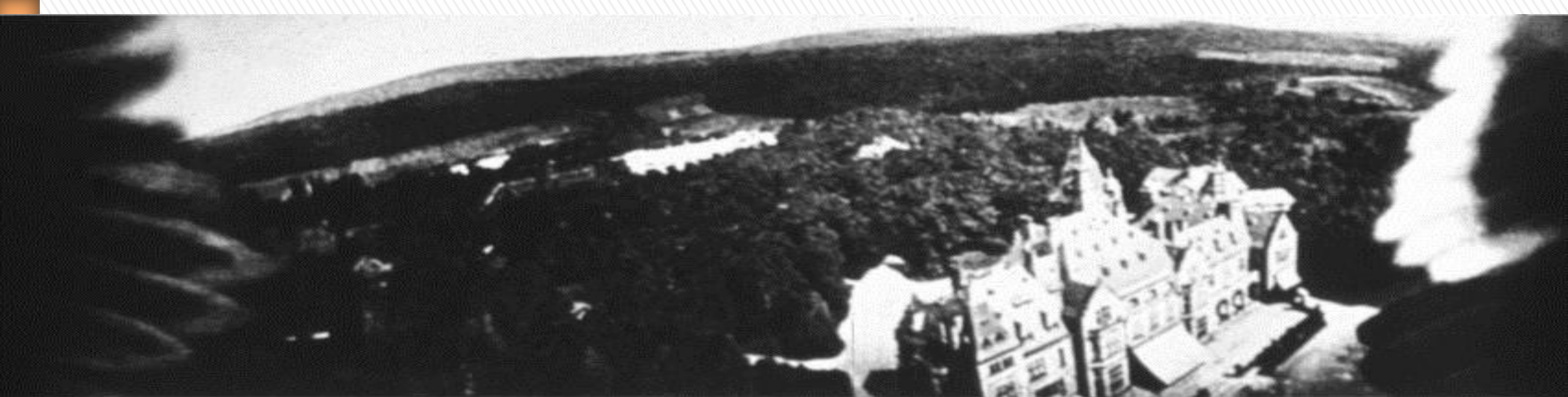


The first photo taken from balloon (1858)



Pichones Foógrafos





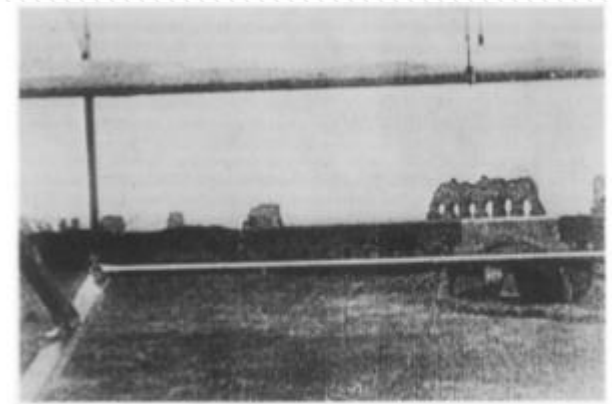


Terremoto San Francisco,
1906





FOTOGRAFIA AEREA



**First Aerial Photograph from Airplane:
Italy 24-04-1909 (Oblique view of walls
of Centocelli Italy, by Wibur Wright)**



**Early aerial photography by the U.S. Navy, 1914. This photograph illustrates
difficulties encountered in early efforts to match the camera with the airplane**

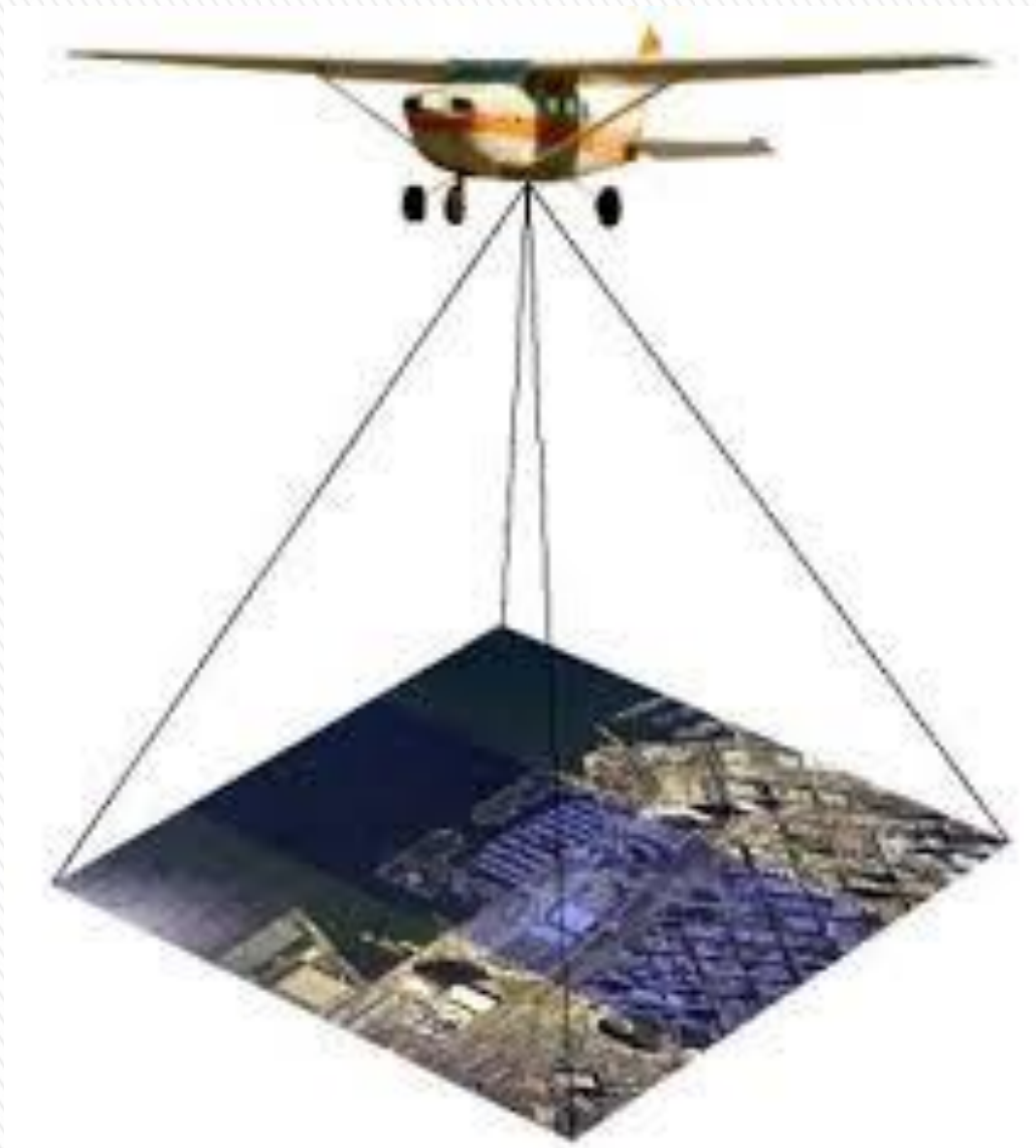


Aerial photography, World War I



Aerial photography, World War II





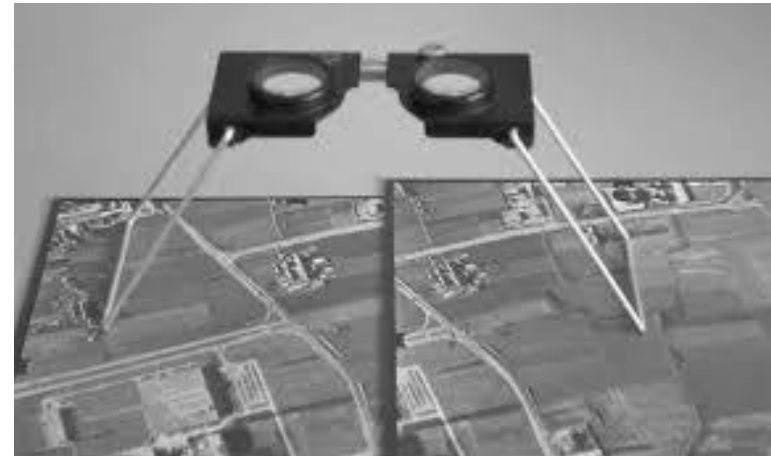
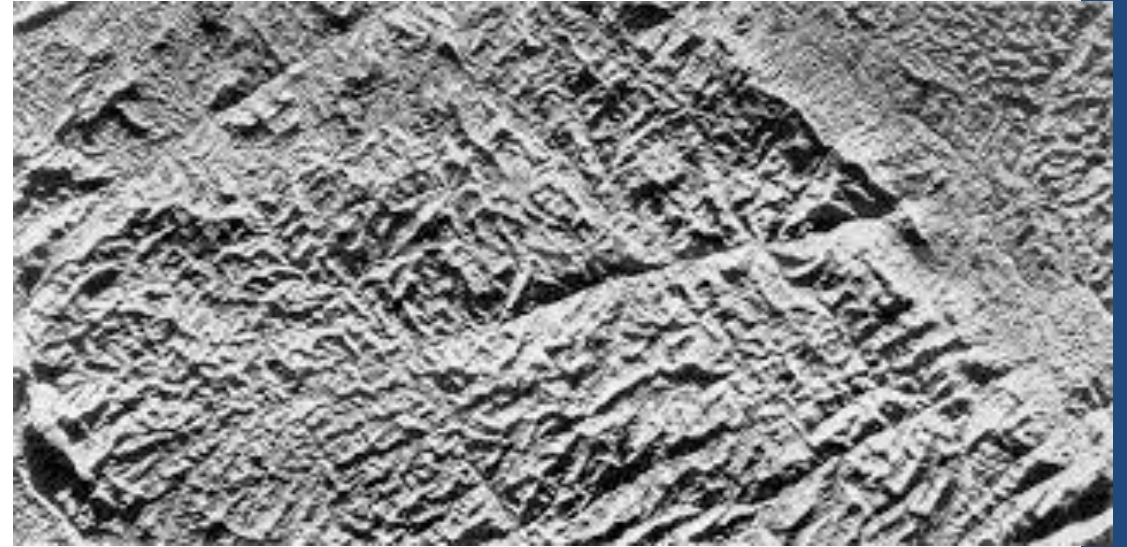
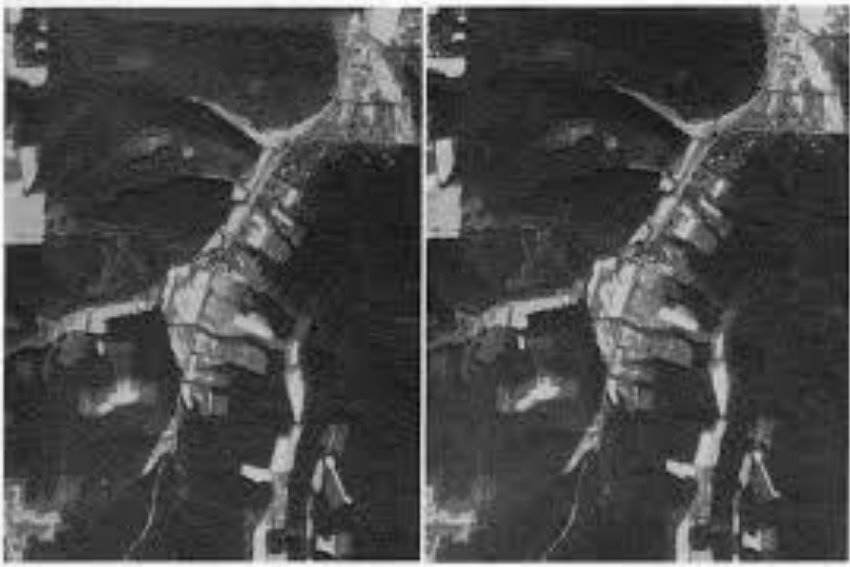
Fotogrametría y fotointerpretación

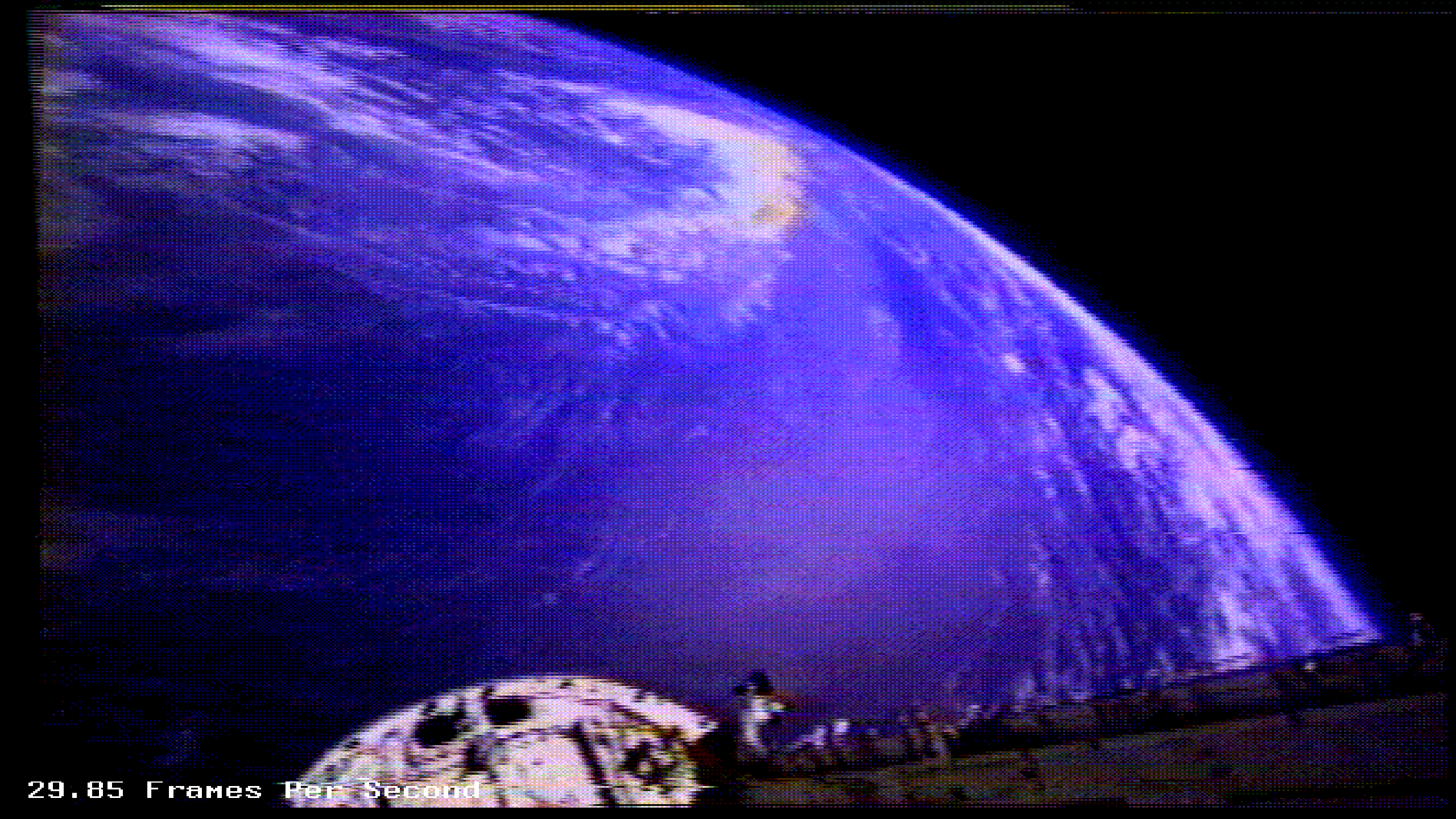


Lockheed U-2A
©USAF Museum



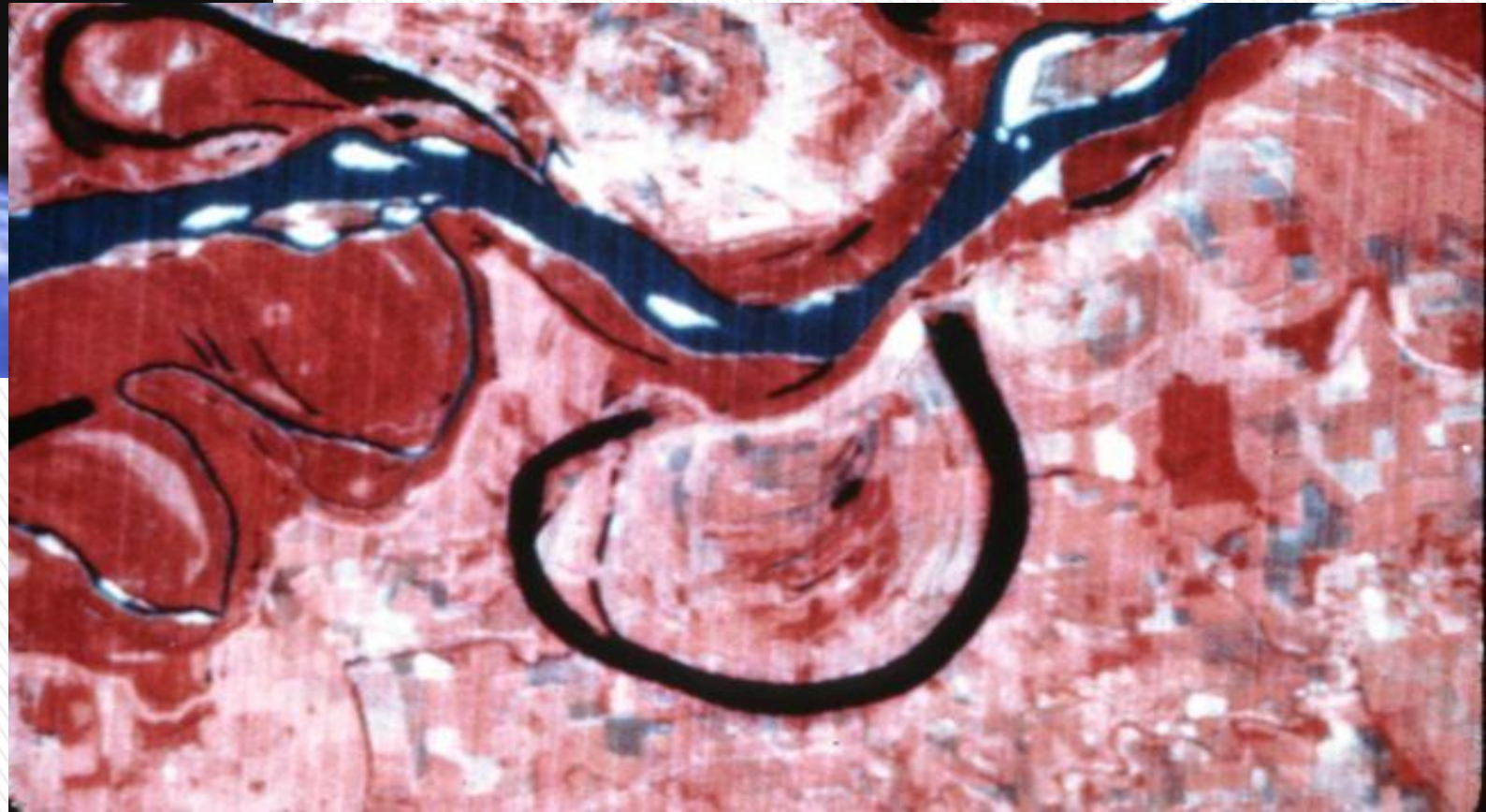
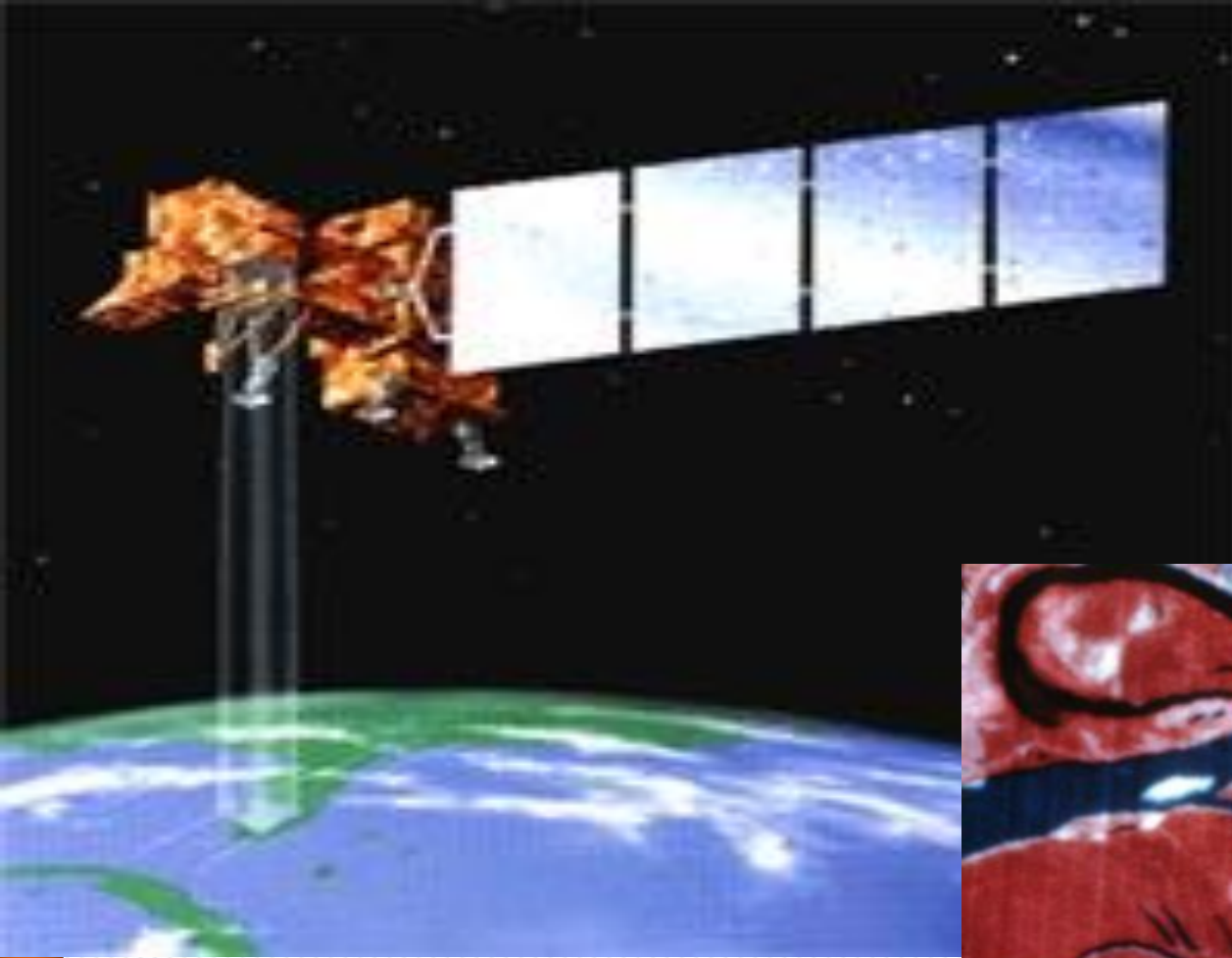
Fotografía aérea y Estereoscopia



A photograph taken from a space station showing two astronauts in white suits working on the exterior structure. The Earth's horizon is visible in the background, with a bright sun or moon partially obscured by a thin layer of white clouds. The image has a grainy, halftone texture.

29.85 Frames Per Second

Imágenes de Satélite

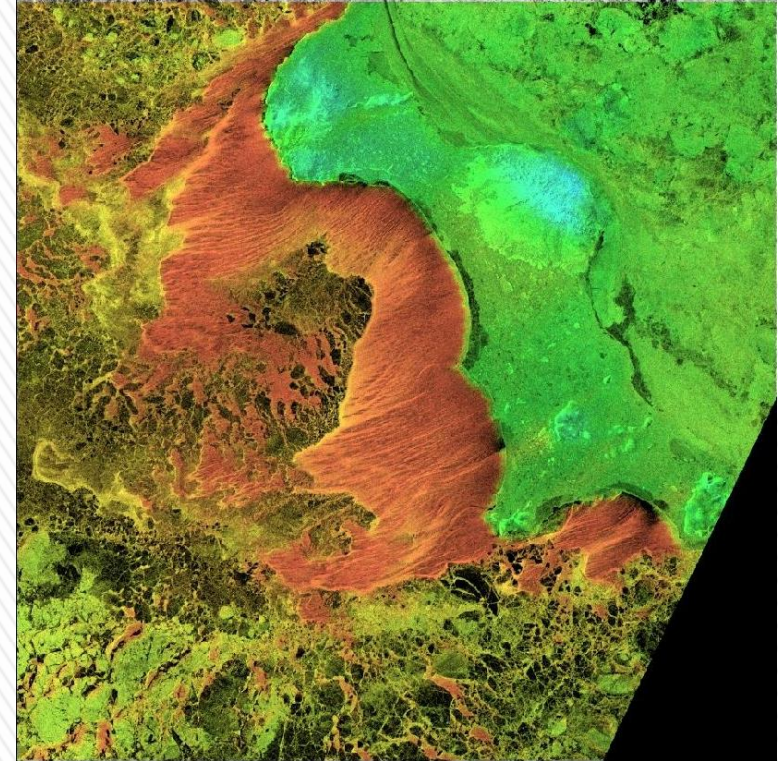
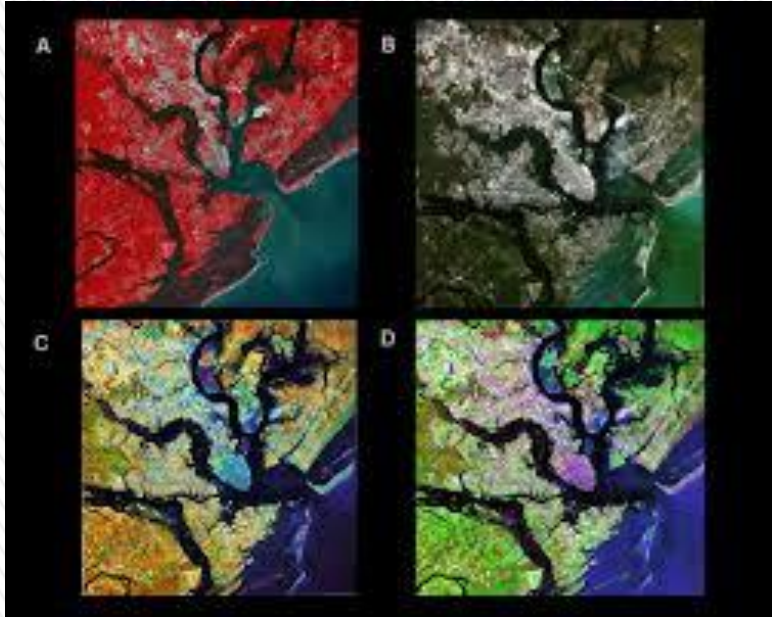




CCD
camaras



Imágenes de Color Compuesto o Falso Color



Satellites >>>



SATELITES DE OBSERVACION DE LA TIERRA



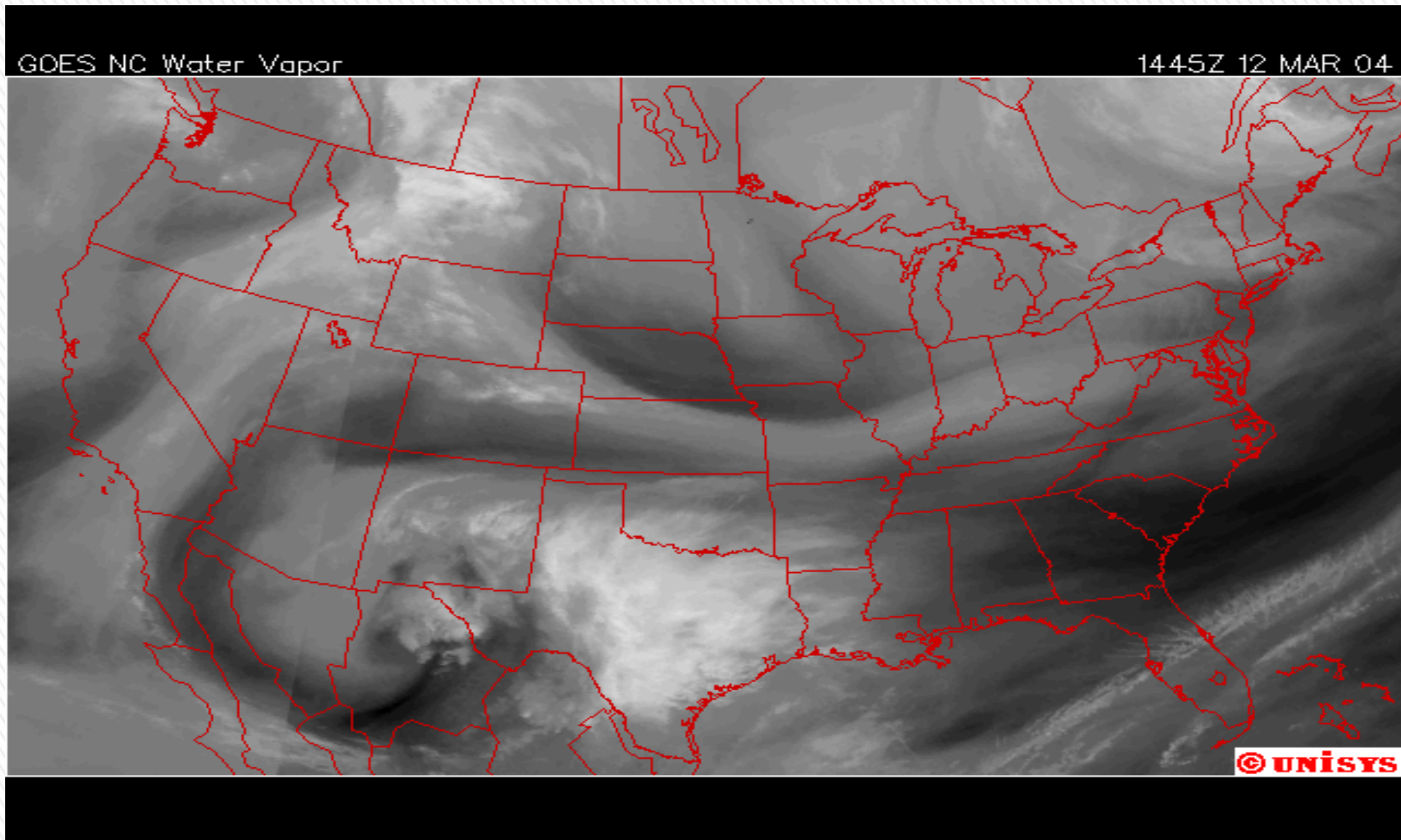


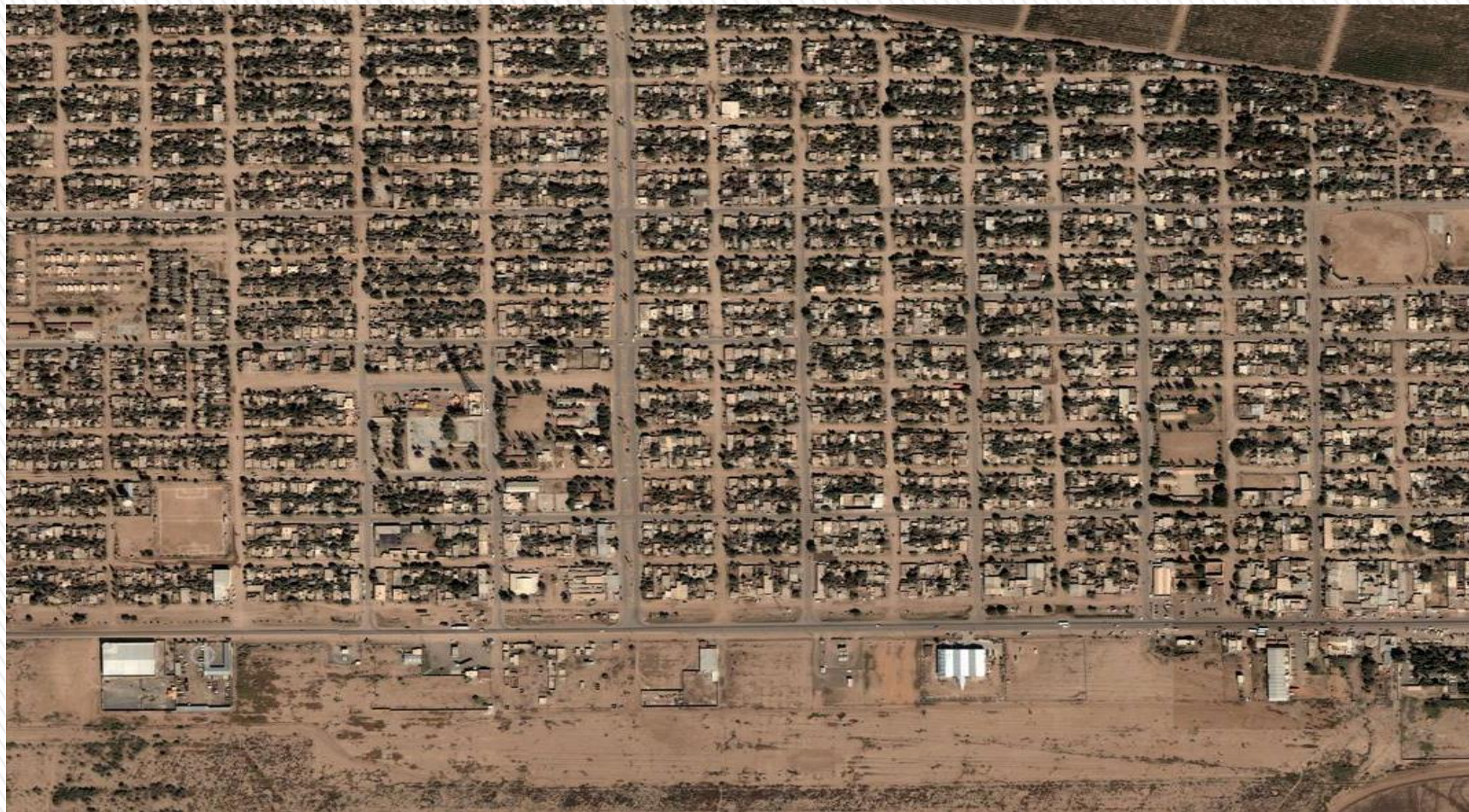


Imagen Landsat Zona Hermosillo



Imagen Quick Bird, Nogales





Calle 12, Imagen Google



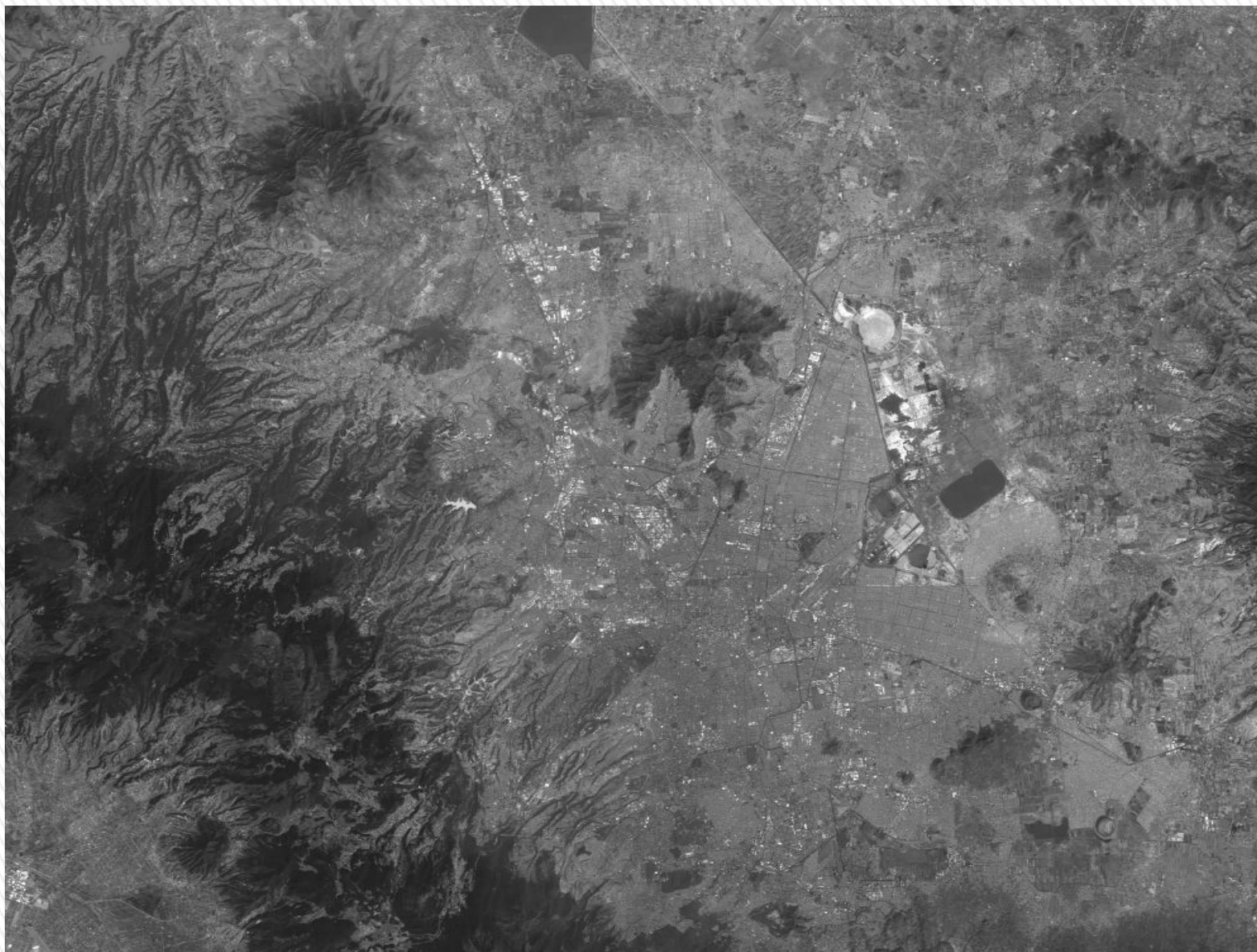


Imagen Spot, Mexico





El Pinacate en Radar



DRONES



INTRODUCCION

- **Objetivos del Curso**
- **Programa**
- **Evaluación**
- **Textos**



Objetivos del Curso

Desarrollar el entendimiento de los datos de Sensoría Remota en cuanto a su:

- 1. Adquisición
- 2. Procesamiento
- 3. Interpretación



Programa

- » **I. INTRODUCCION**
- » **Historia**
- » **Definiciones**
- » **El espectro electromagnético**
- » **Visión Natural e Imágenes Digitales**
- » **Plataformas de Sensores Remotos**
- » **2.- Procesamiento Digital de Imágenes**
- » **Imágenes Digitales**
- » **Falso Color**
- » **Aplicación de Filtros Digitales**
- » **Clasificación**
- » **3.- Integración de Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica**



- » **Procesamiento Digital de Imágenes**
- » **Uso de Google Earth**
- » **Uso de ArcGis para integración de Imágenes y cartografía**
- » **Fotointerpretación**
- » **GPS, Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos ***

Programa de Practicas



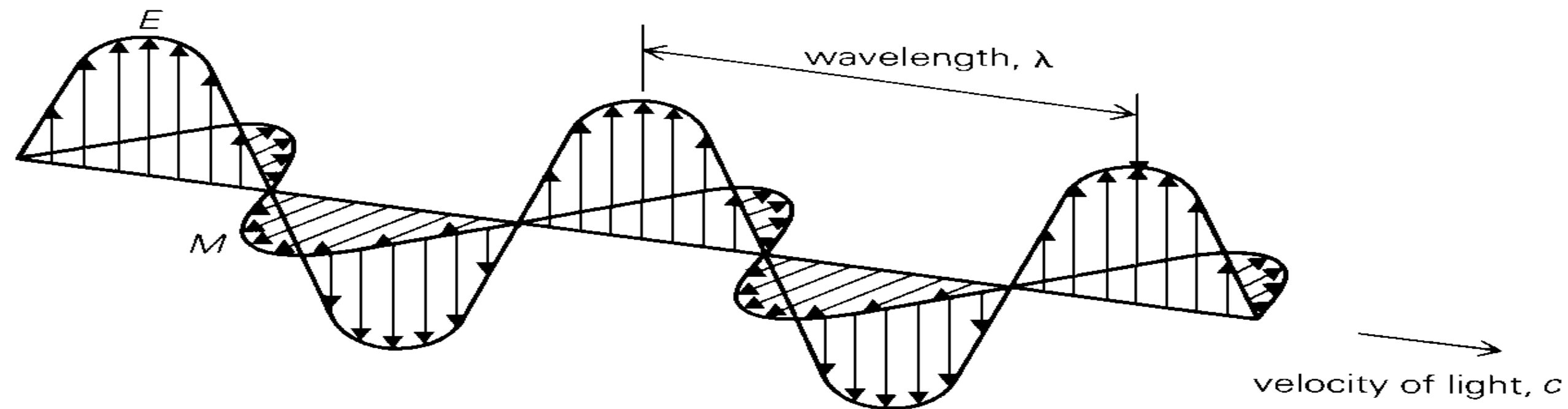
Habilidades a desarrollar

- » Comprensión de principios y técnicas de la interpretación de sensores remotos.
 - » Actitud abierta al uso de técnicas y software especializado.
 - » Visión espacial y actitud propensa al uso de técnicas de análisis espacial en cartografía
-
- » Evaluacion
 - » Trabajos prácticos 60%, trabajo final 40%



RADIACION ELECTROMAGNETICA

La radiación electromagnética es energía que se propaga
en forma de ondas.

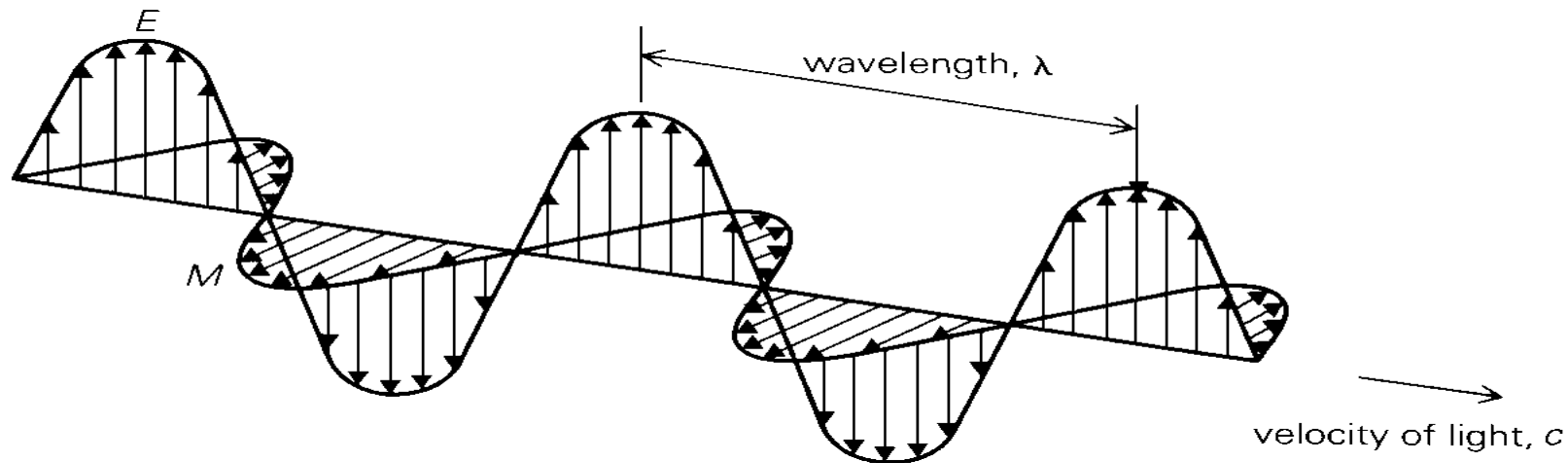


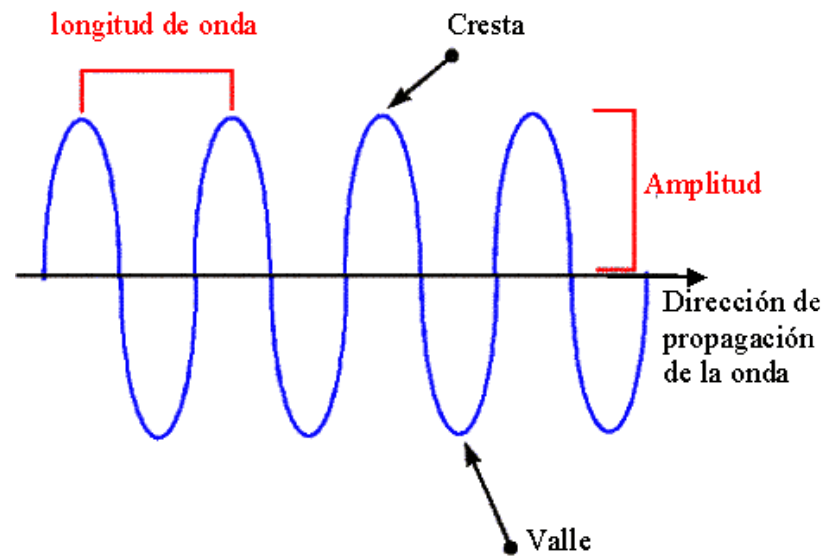
Ondas

- Se caracterizan por la frecuencia (f) o
- Por la longitud de onda (λ)

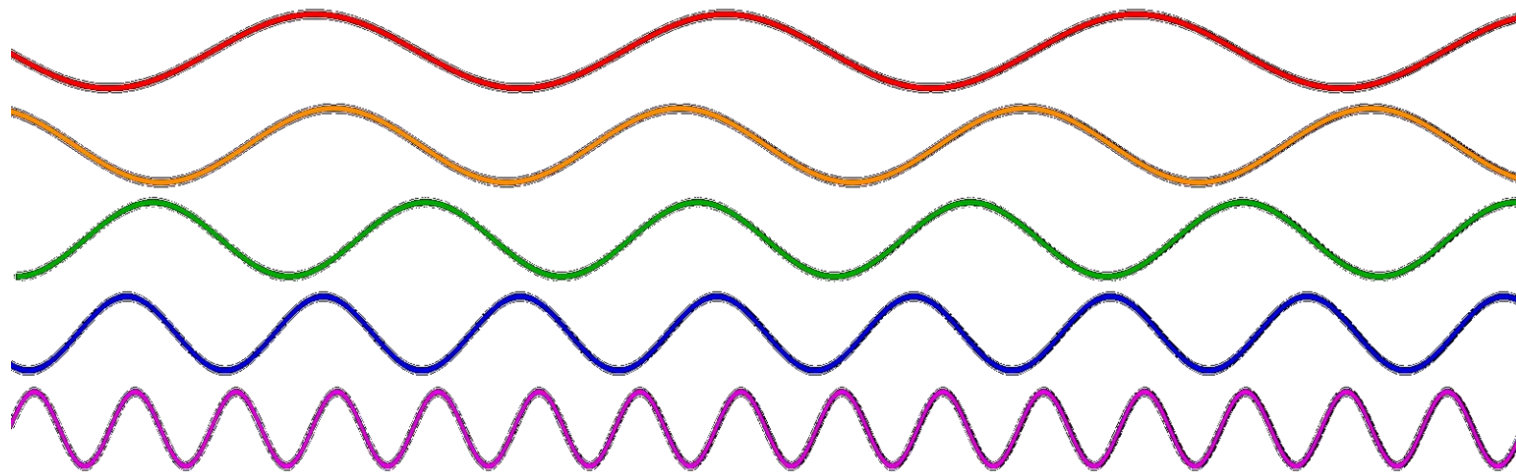
Frecuencia: número de ondas que pasan por un punto por segundo

Longitud de onda: distancia entre dos valles o dos crestas de onda





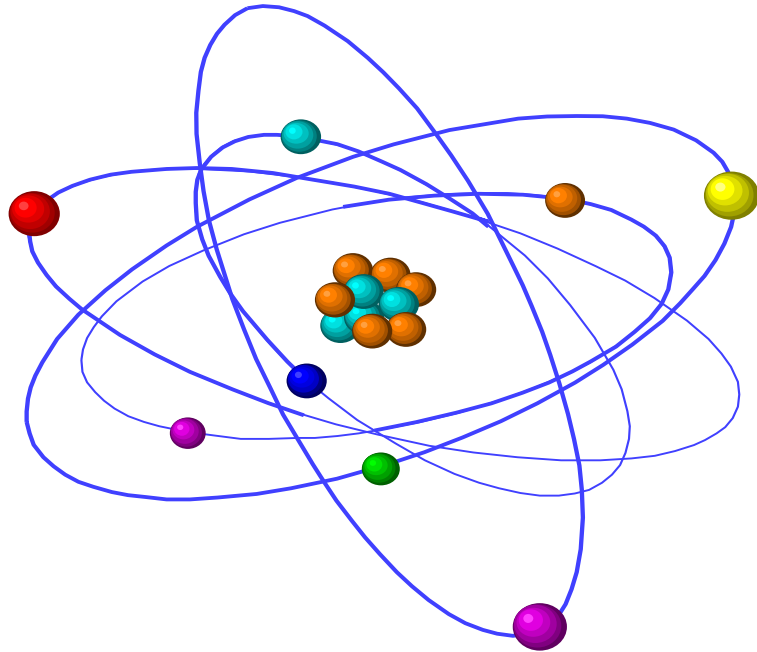
$$f = C / \lambda$$



+ ★ , -f

- ★ , +f

La radiación electromagnética es la base de la Sensoría Remota



Neutrones- Sin carga de energía

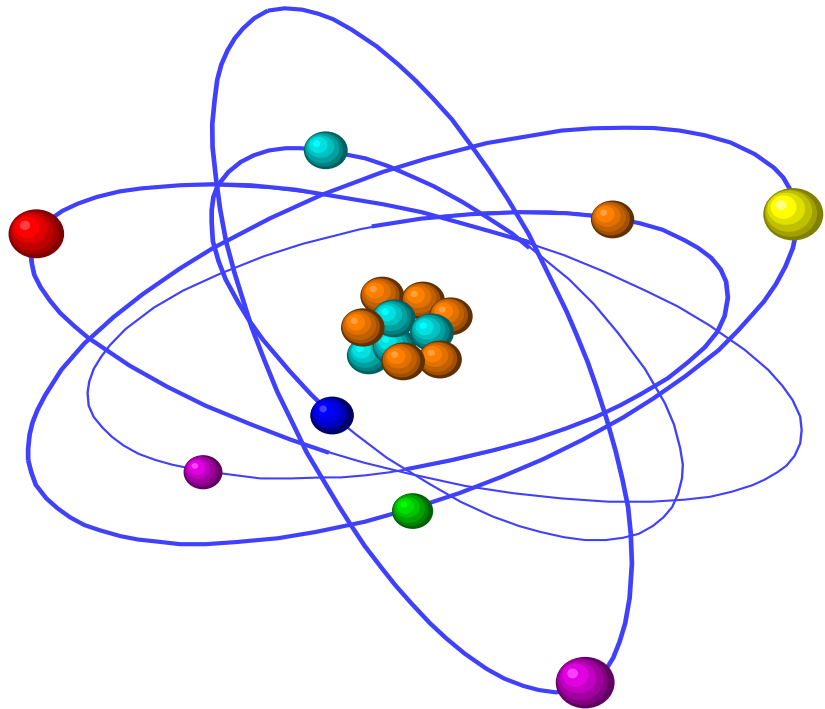
Protones- Carga positiva

Electrones- Carga negativa

Dada la diferencia de polaridad hay un potencial de energía entre el núcleo los electrones

En los átomos se genera radiación electromagnética

Radiación Electromagnética

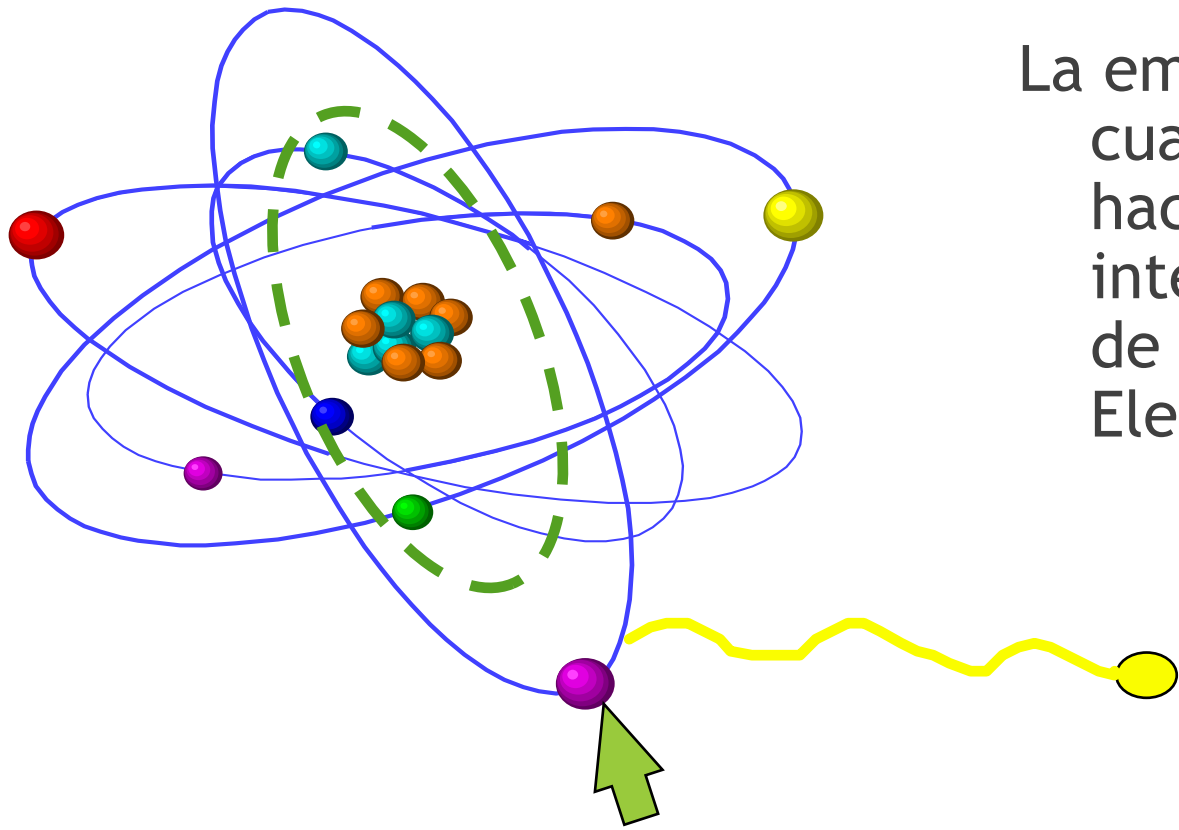


El nivel de energía de un átomo puede cambiar (ej. Por enfriamiento o calentamiento)

Las fuerzas dentro del átomo se adaptan al nuevo nivel de energía moviendo electrones hacia niveles más bajos o más altos.

Entonces emite energía.

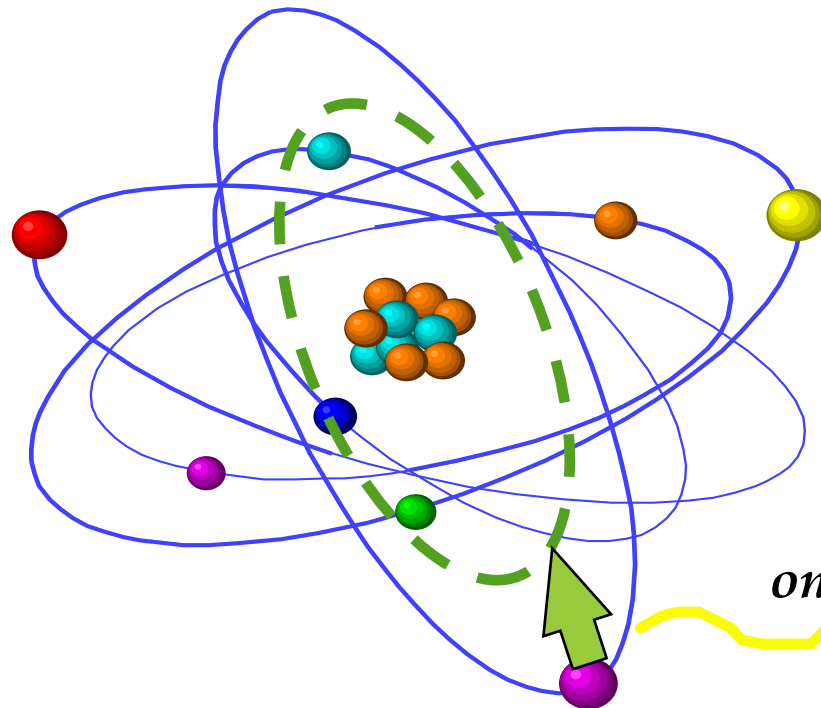
Radiación Electromagnética



La emisión de energía de un átomo cuando se mueven electrones hacia orbitas inferiores se ha interpretado que ocurre en forma de emisión de Radiación Electromagnética

Diferencial de Energía = 1 cuanto de Planck

Radiación Electromagnética



Una teoría la explica como un flujo de fotones que se mueve en forma de ondas.

Los fotones son partículas tan pequeñas que no tienen masa, se propagan a la velocidad de la luz

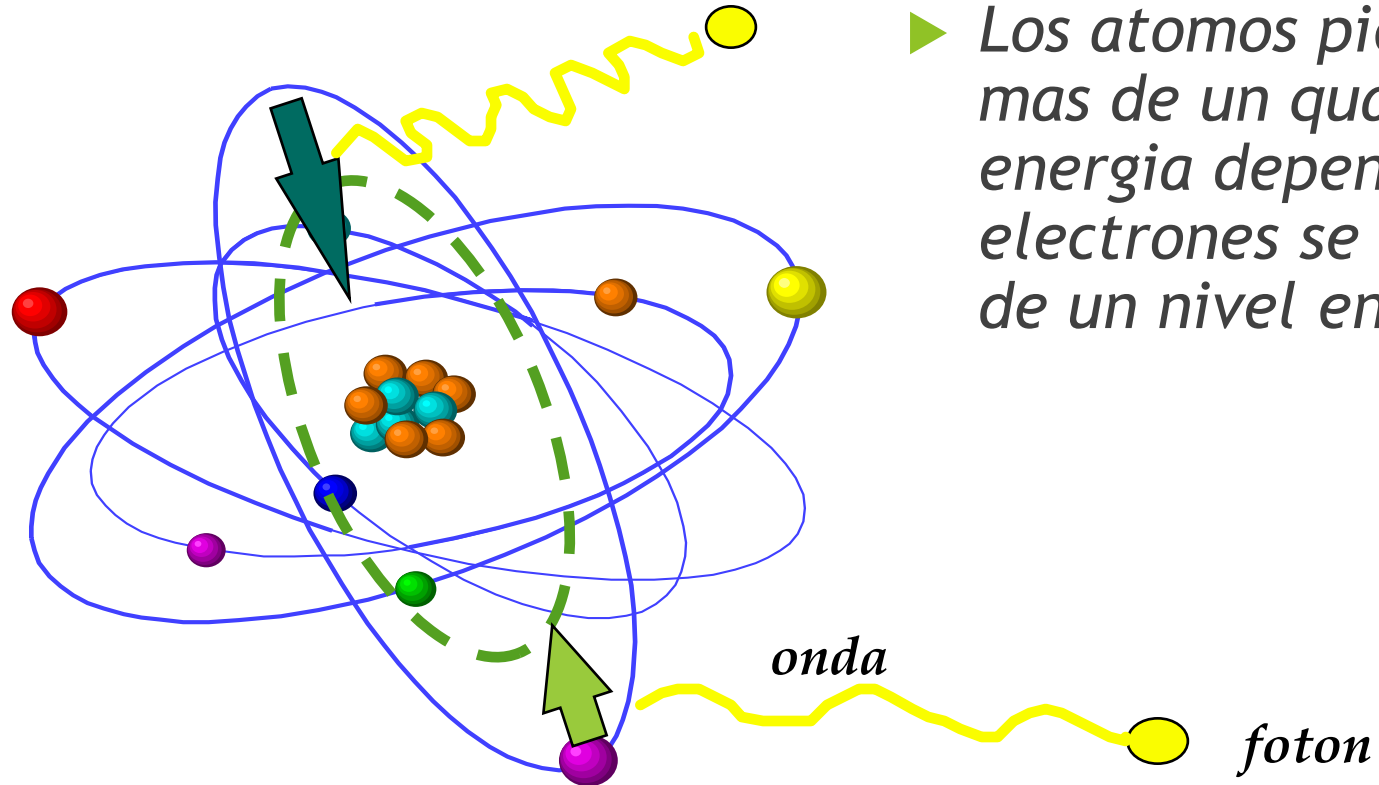
$c = \text{const} \sim 300000 \text{ km/seg}$

onda

Foton

Diferencial de energía = 1 cuanto de Planck

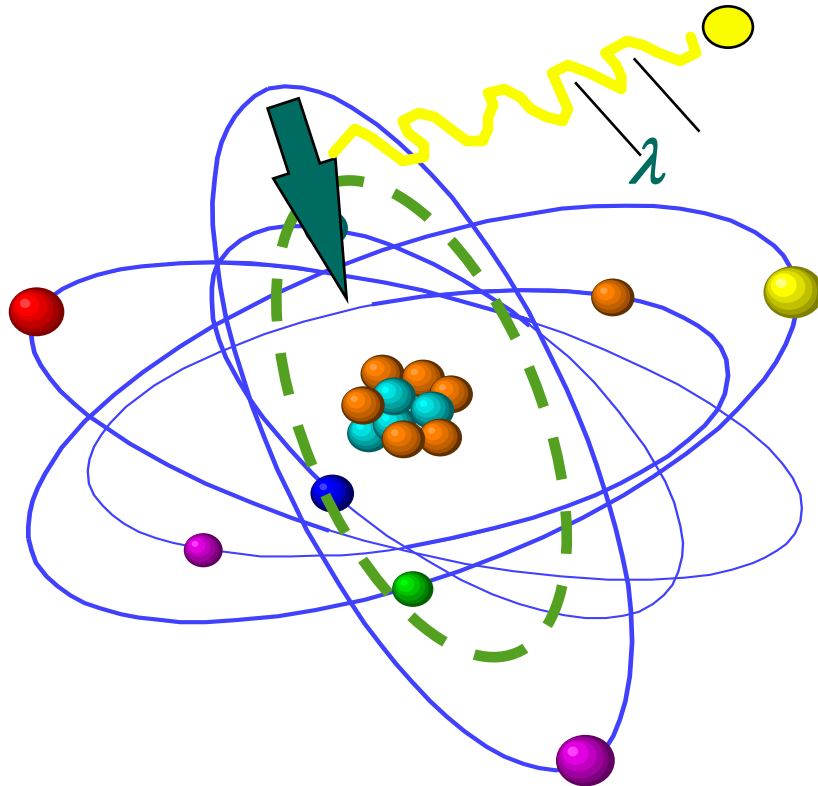
Radiación Electromagnética



- Los átomos pierden o ganan más de un cuanto de energía dependiendo si los electrones se mueven más de un nivel en el átomo.

Radiación Electromagnética

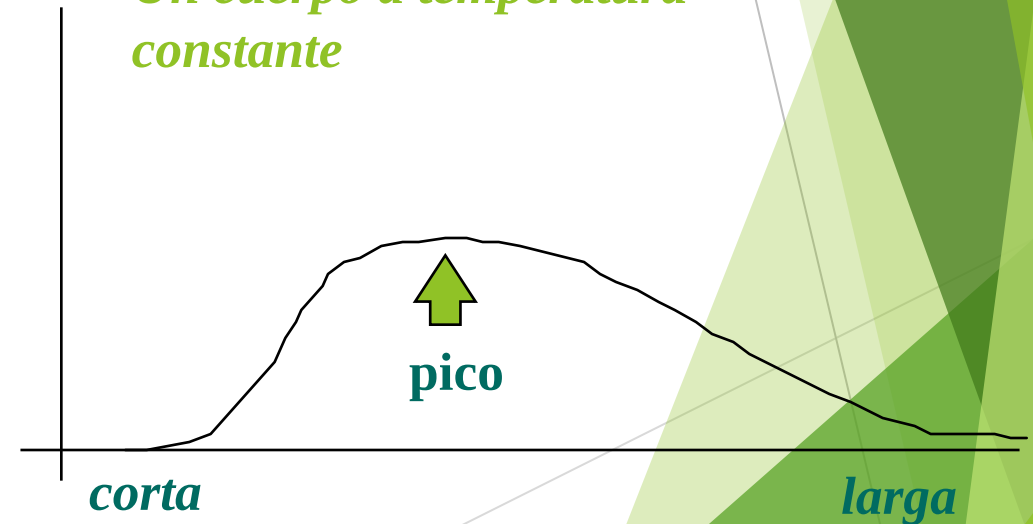
Dependiendo de la cantidad de energía emitida es el tipo de onda generada



$$c = \text{const} \sim 300000 \text{ km/sec}$$

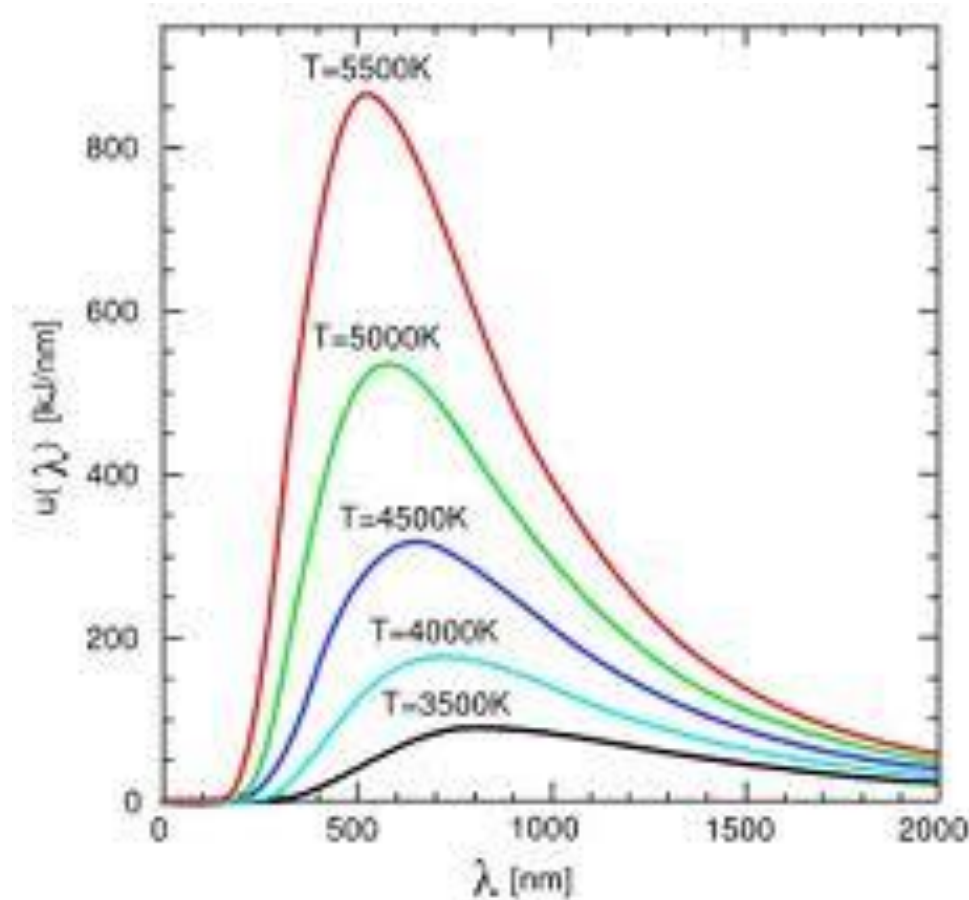
Radiacion total emitida

*Curva de energia emitida por
Un cuerpo a temperatura
constante*



Longitud de onda λ

LEY DE PLANCK



La intensidad de
La radiación es
Proporcional a la
frecuencia

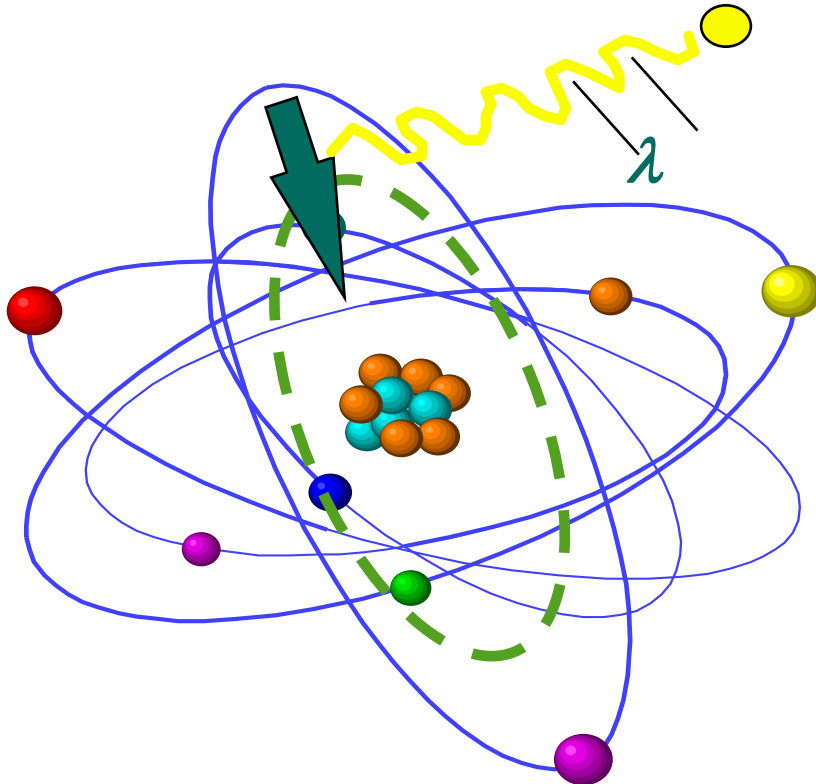
Cuerpo Negro

Radiación del cuerpo negro

- Emitida por toda materia arriba del cero absoluto de Temperatura
- La energía y su longitud de onda máxima depende de la Temperatura

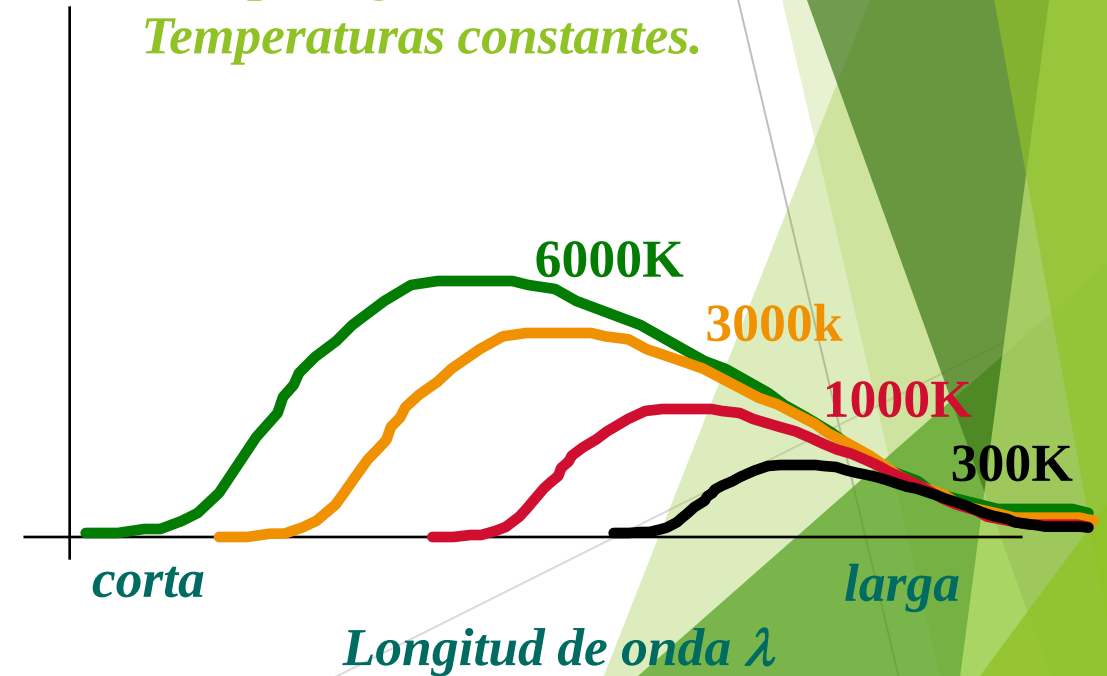
Mientras la longitud de onda sea mayor, es menor la intensidad de la radiación

Ley de Wien

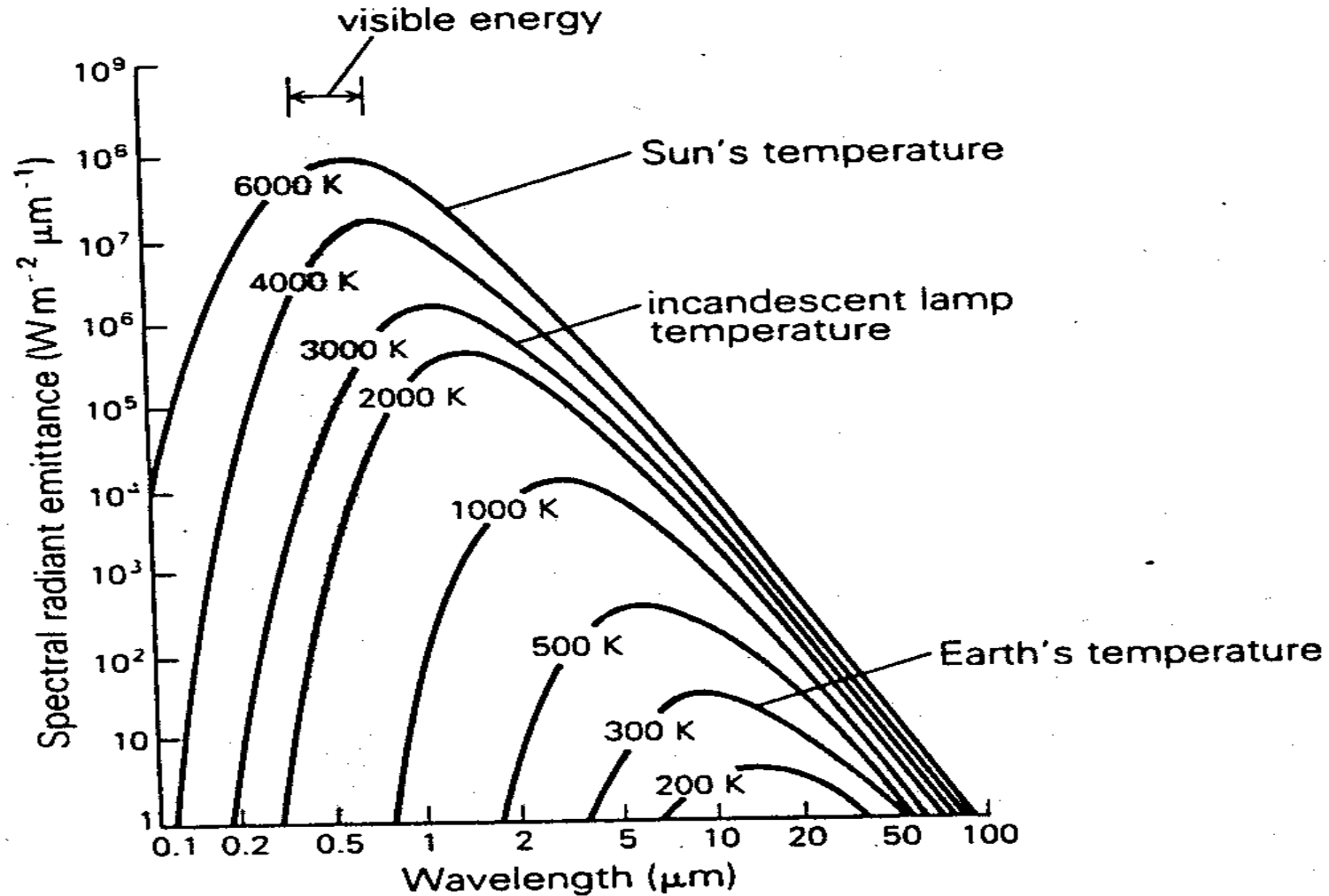


$0K = -273$ grados Celsius
 $300K = 27$ grados Celsius

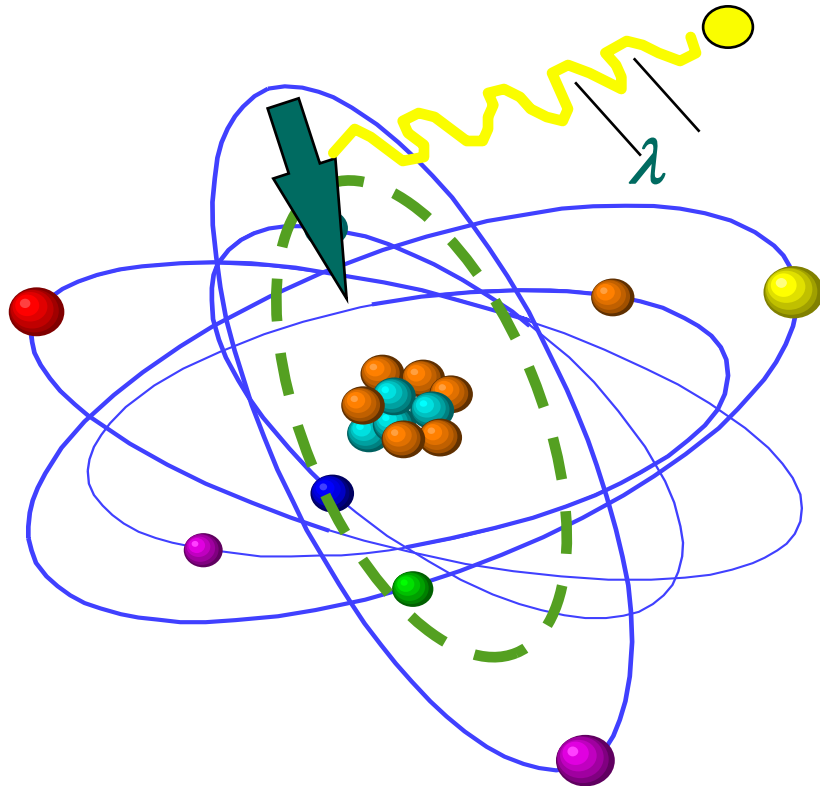
*Curvas de radiación de un
Cuerpo negro a varias
Temperaturas constantes.*



Radiación del cuerpo negro

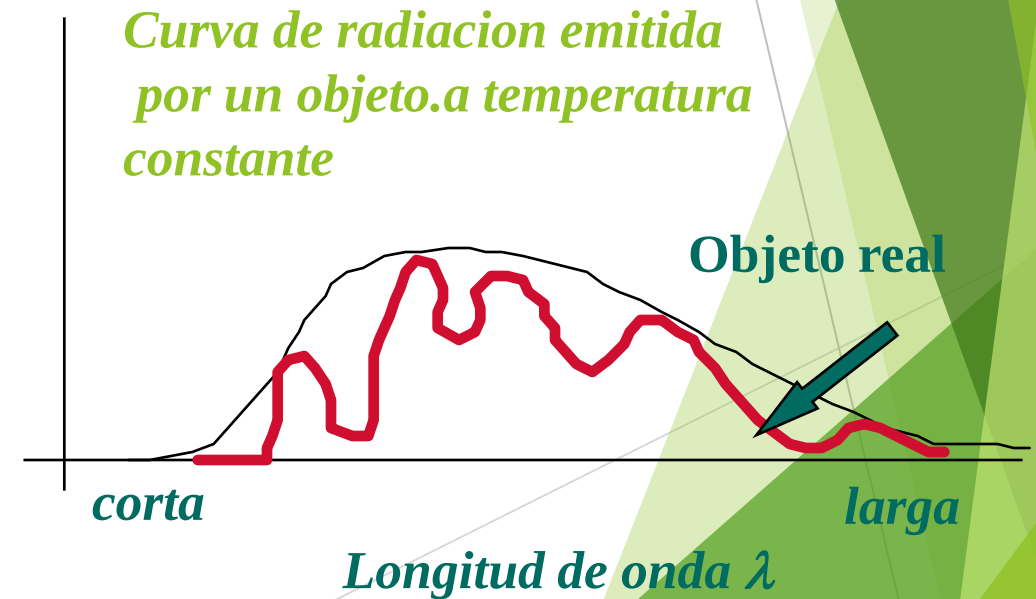


Radiación Electromagnética

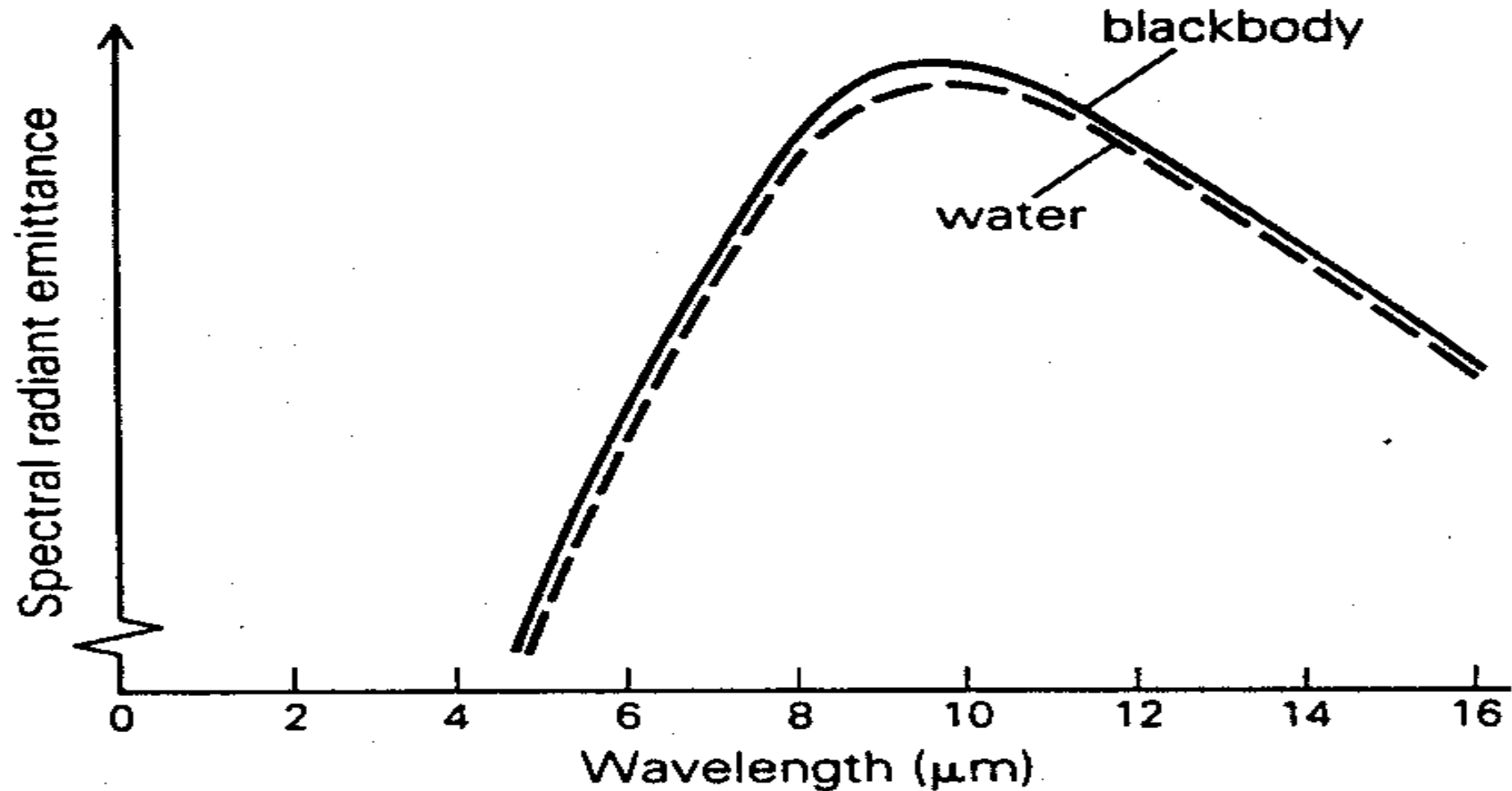


$$c = \text{const} \sim 300000 \text{ km/seg}$$

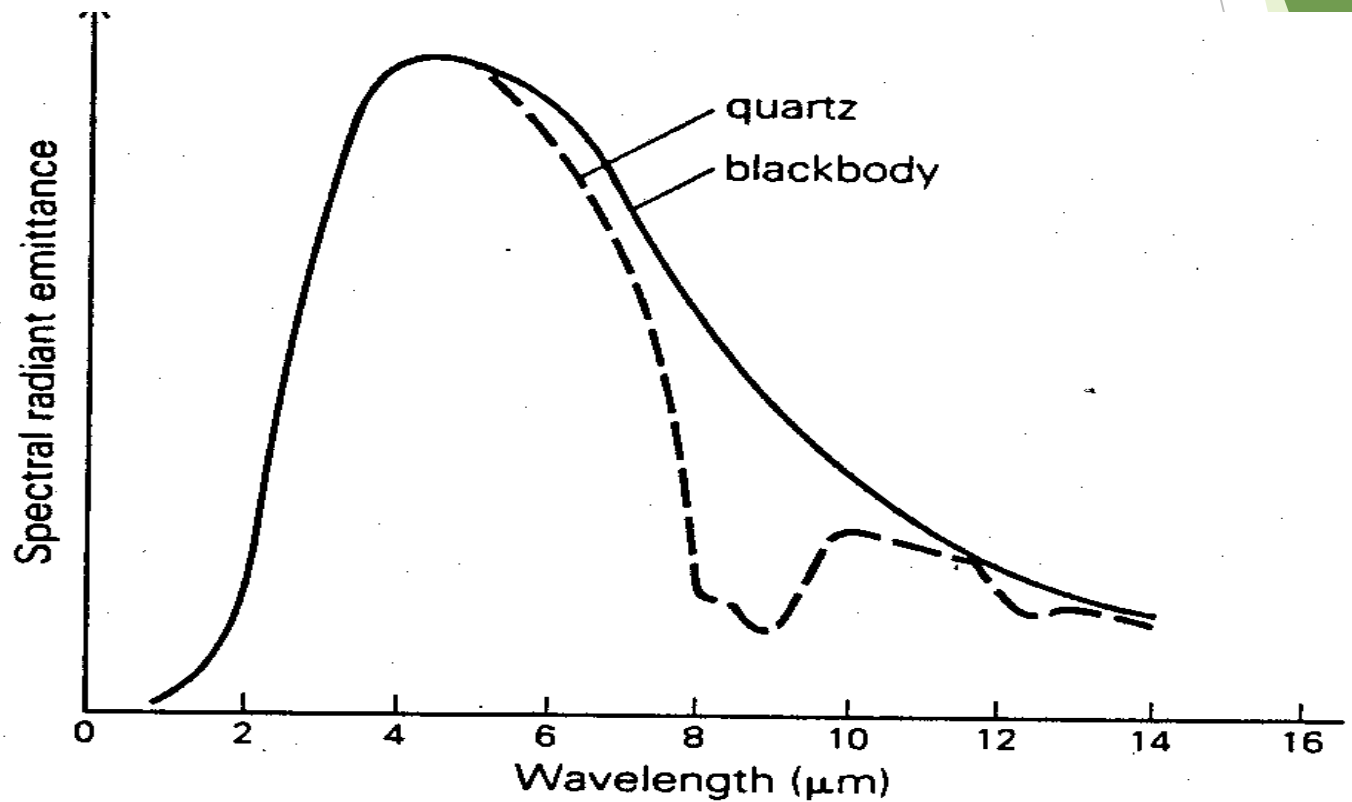
Un cuerpo negro es ideal
Los objetos reales producen
Curvas mas complejas



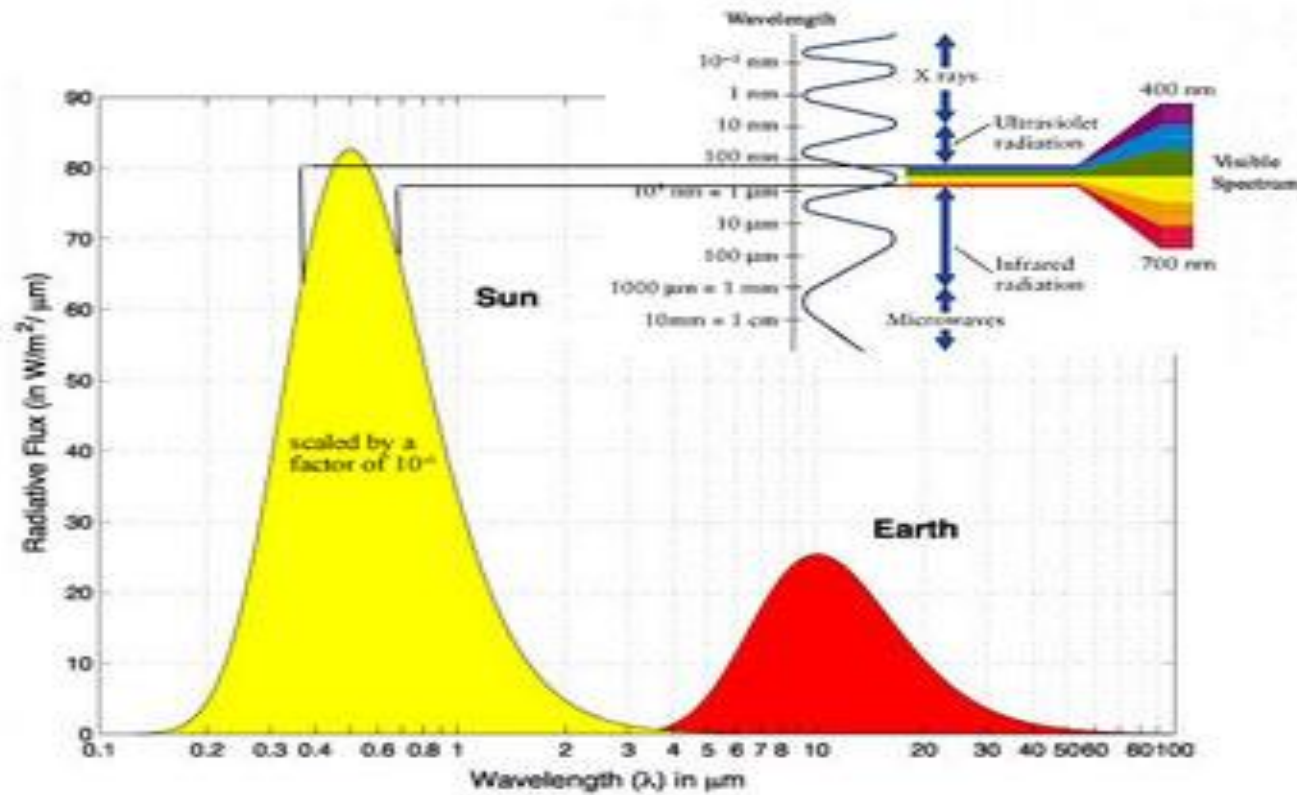
- El agua es una buena aproximación al cuerpo negro (cuerpo gris)



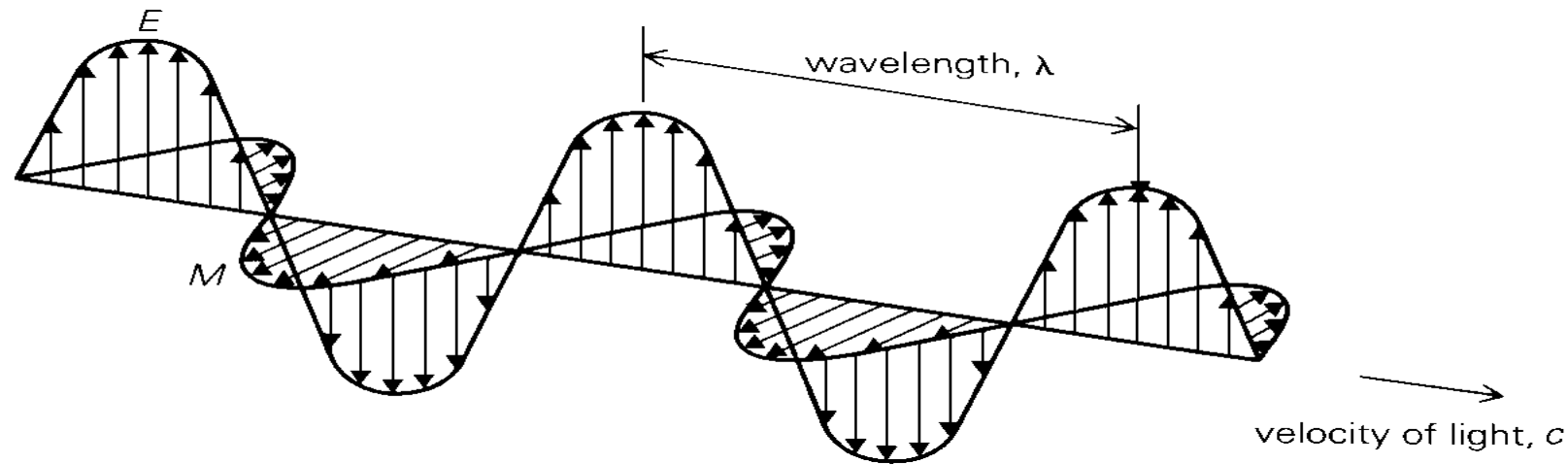
El cuarzo es un radiador selectivo. No buena aproximación al cuerpo negro.



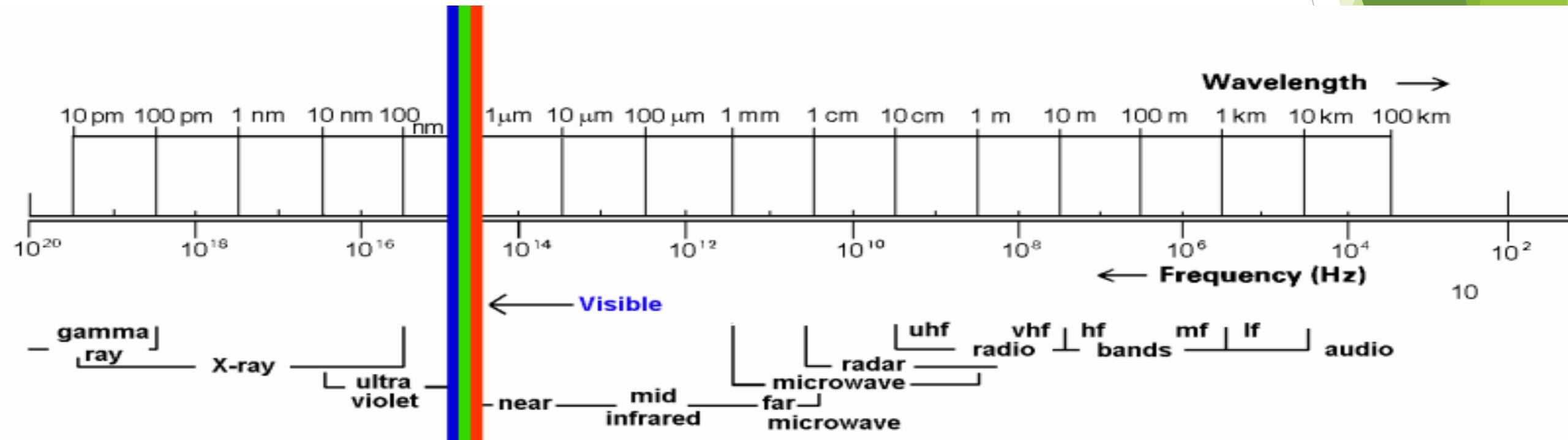
Espectros de radiacion emitida por la Tierra y el Sol



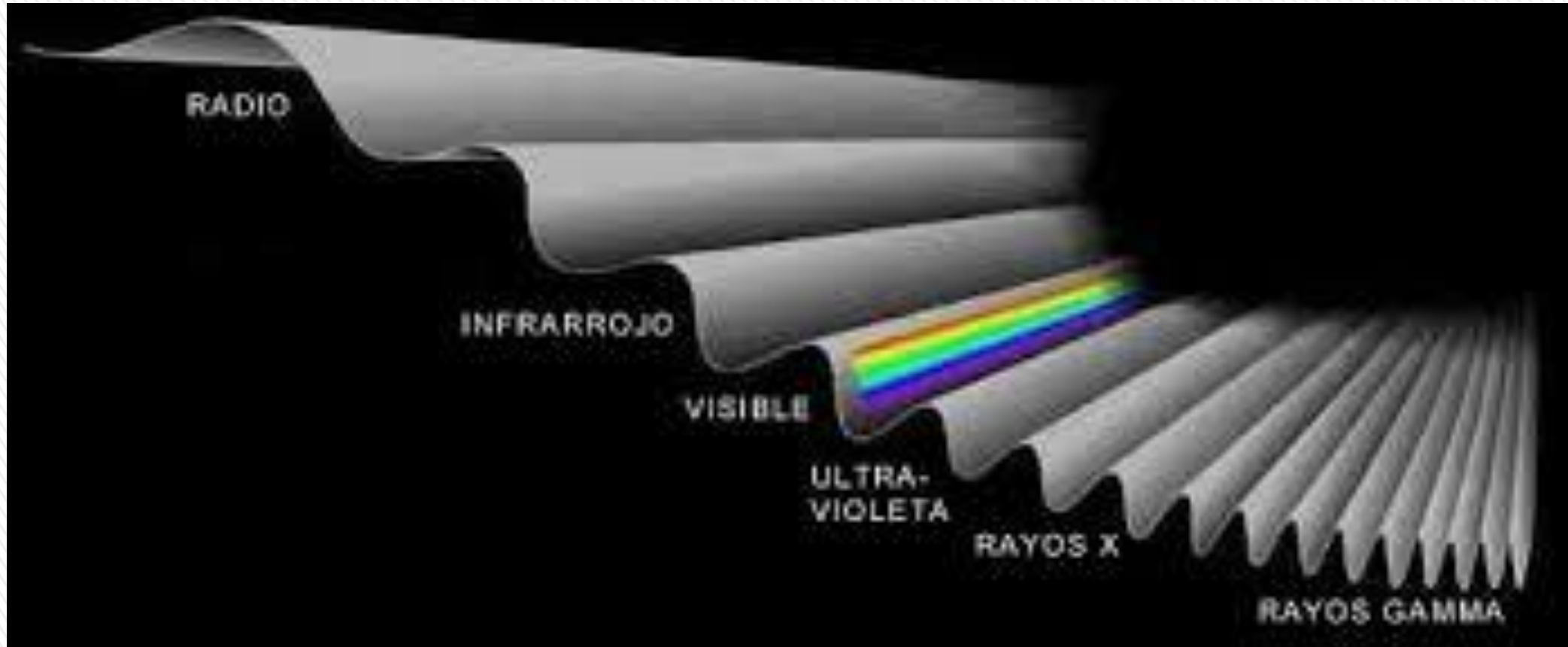
- La energía es inversamente proporcional a λ
- Ley de Planck
- $E = C.h / \lambda$)

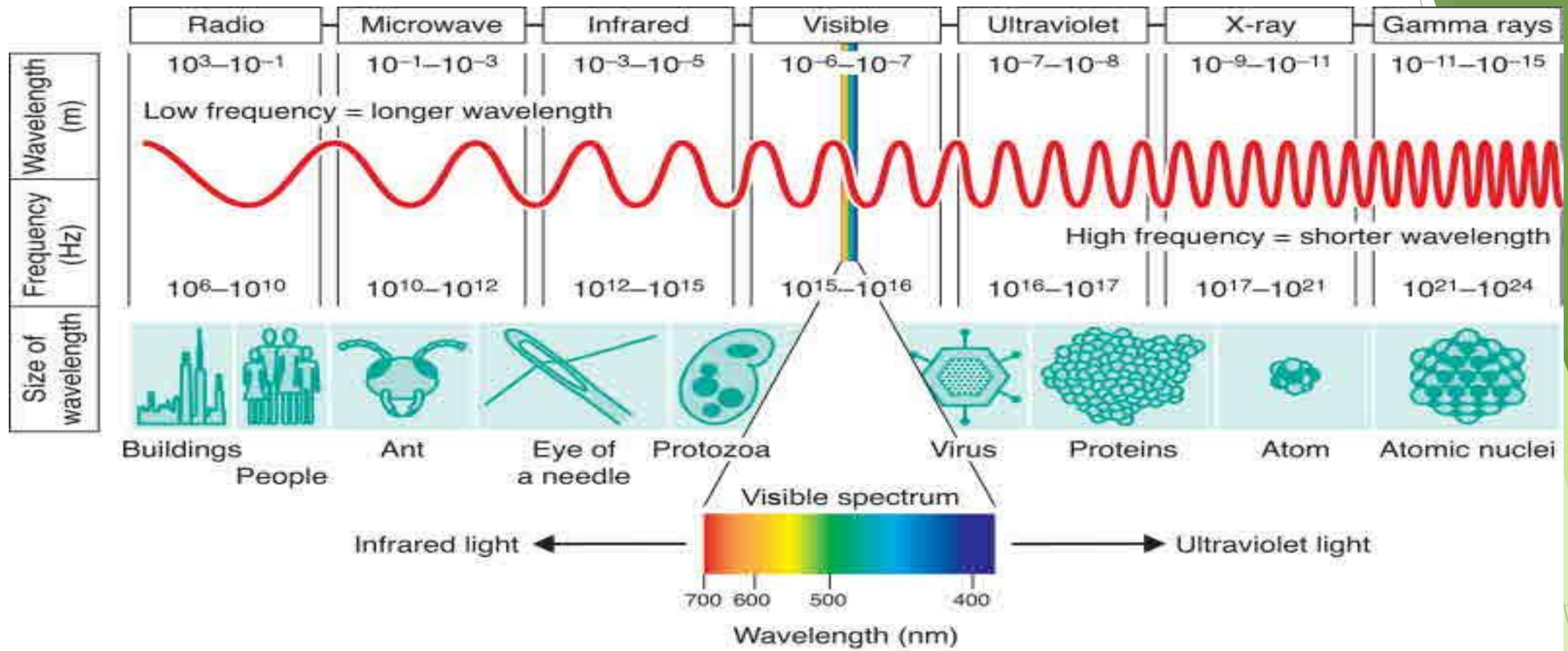


- Energía EM es directamente proporcional a f
- Energía determina la interacción con la materia

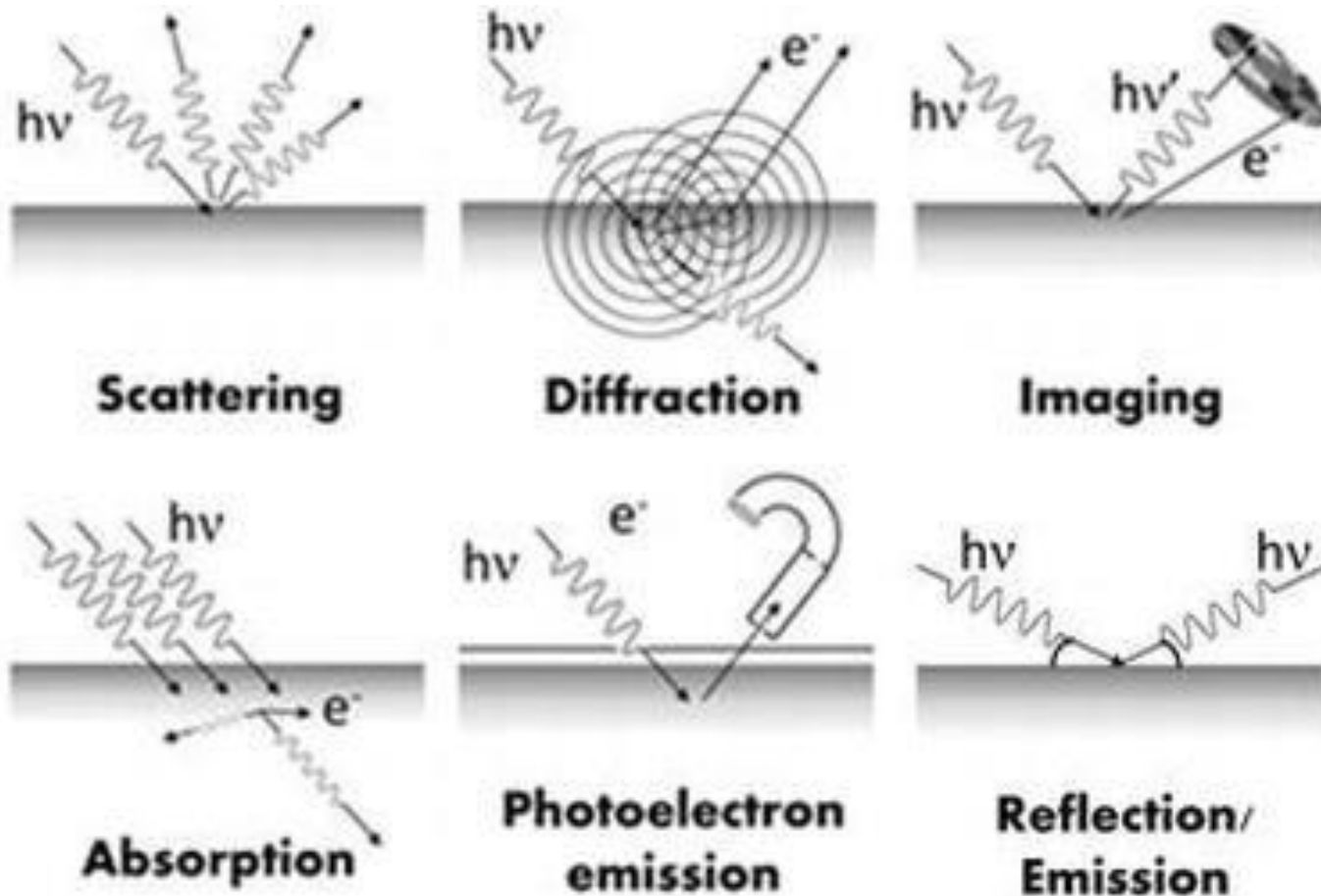


Tipos de radiación

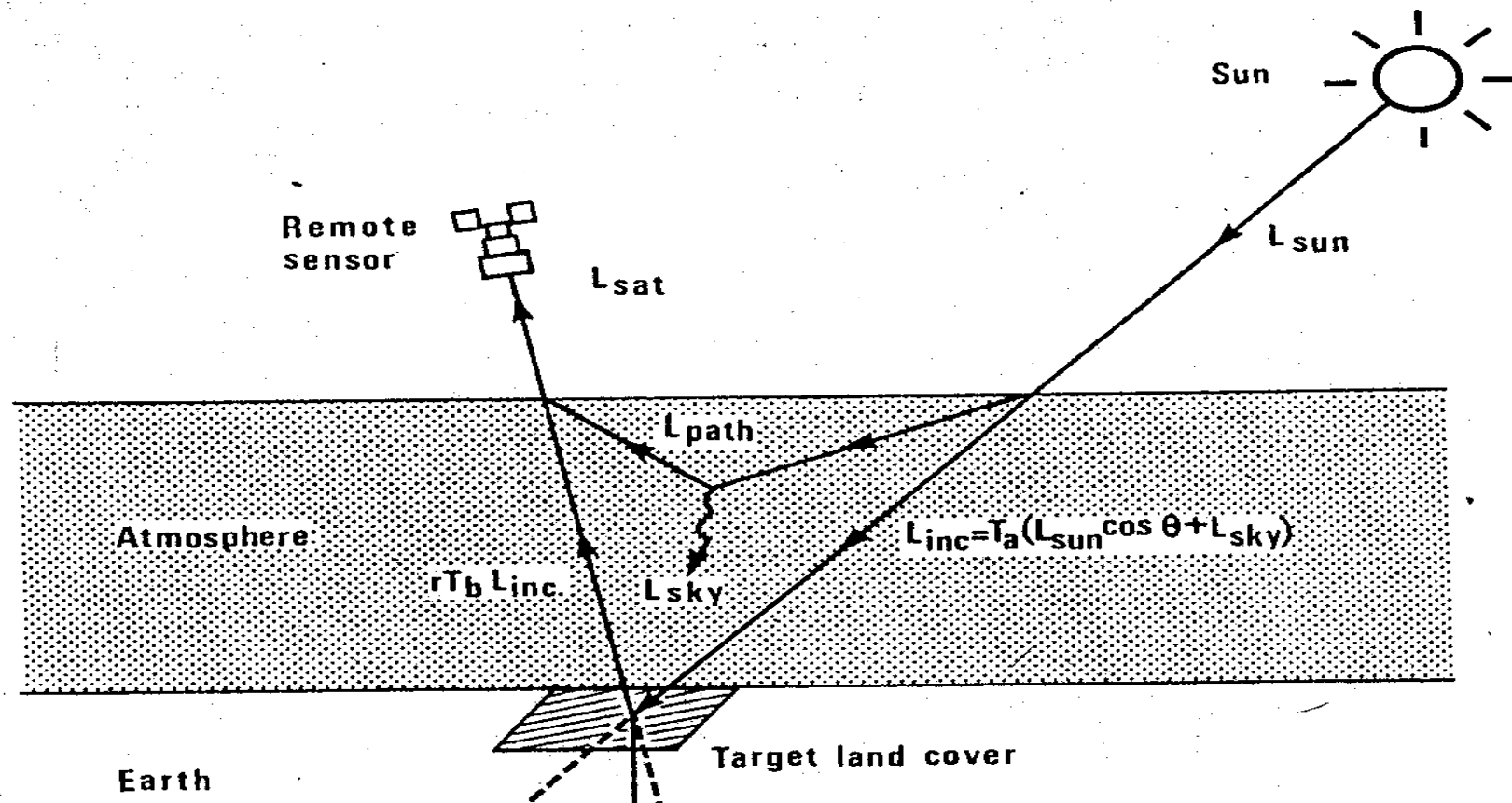




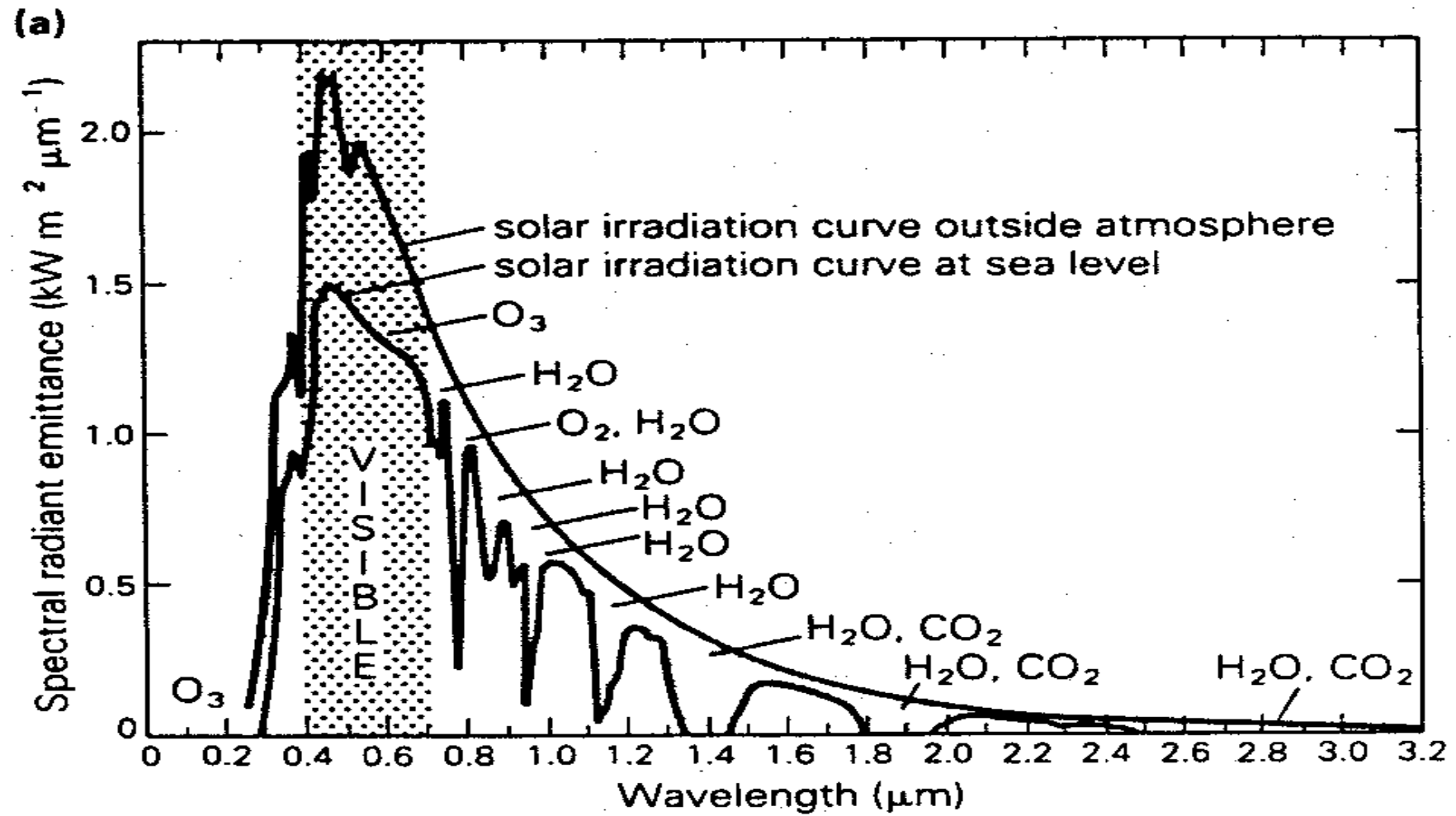
La radiación interactúa con los objetos



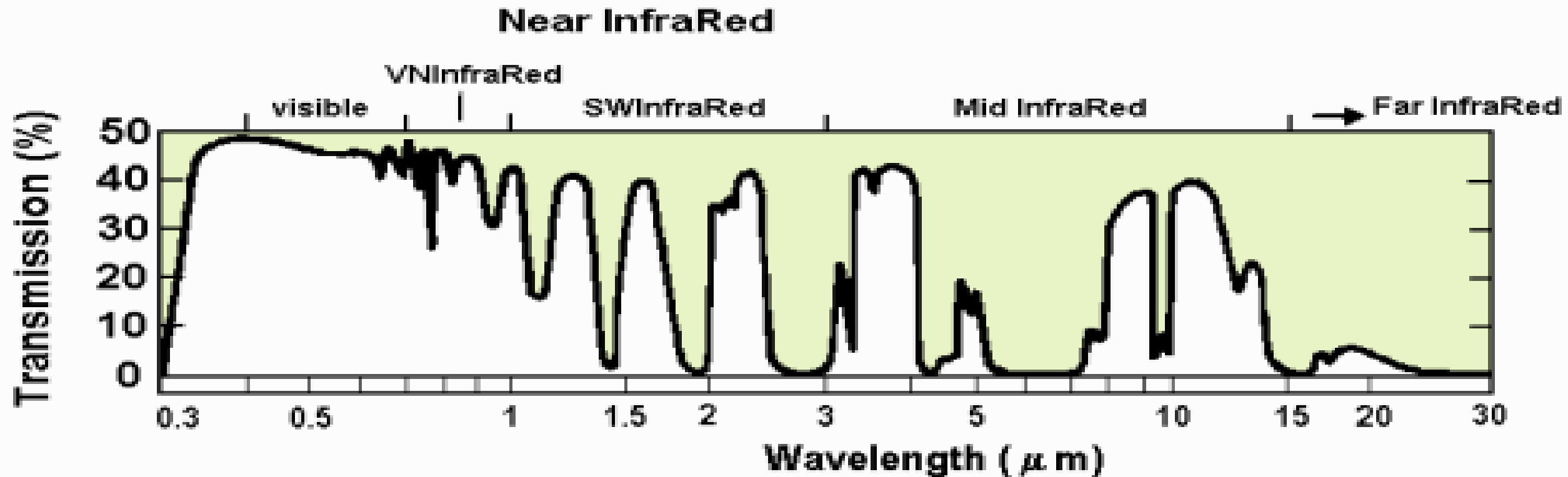
- ★ determina la interacción con los objetos y la atmósfera



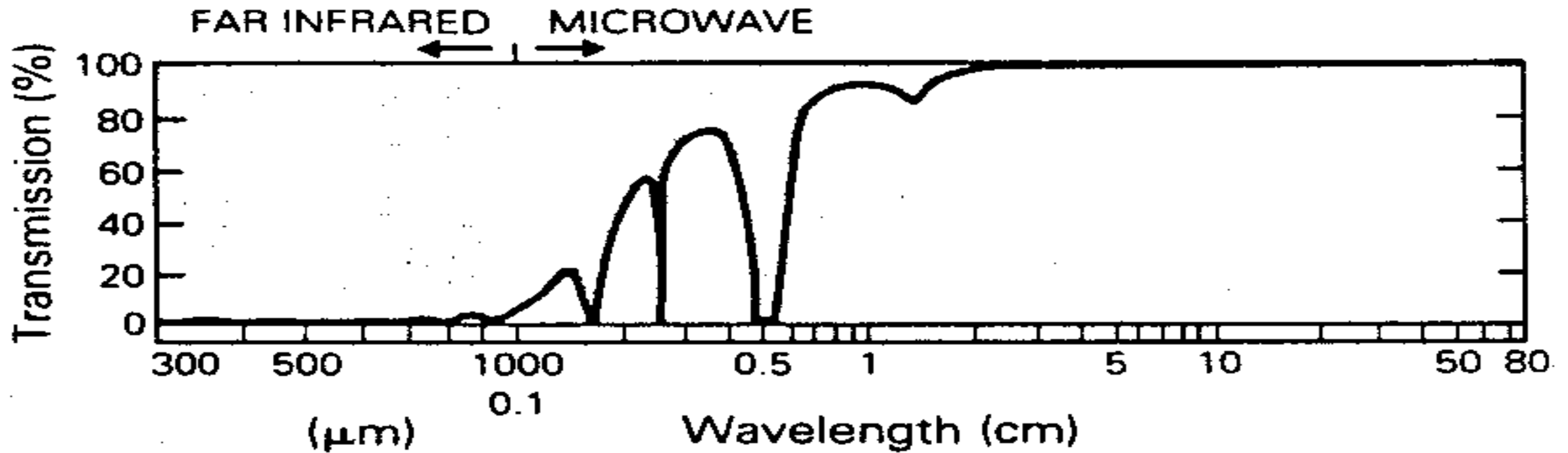
- Ventanas atmosféricas



Ventanas atmosféricas en el visible e infrarojo

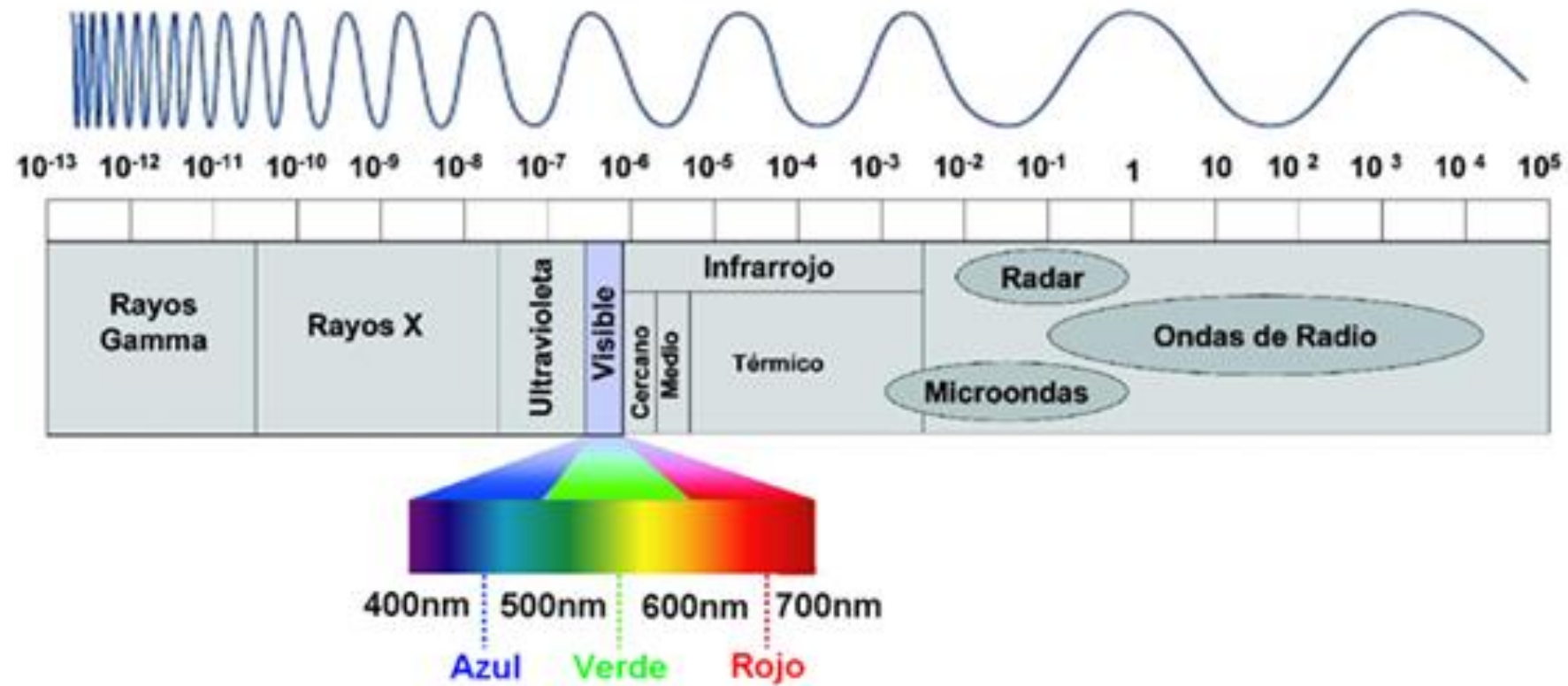


Ventanas atmosféricas en la región de microondas

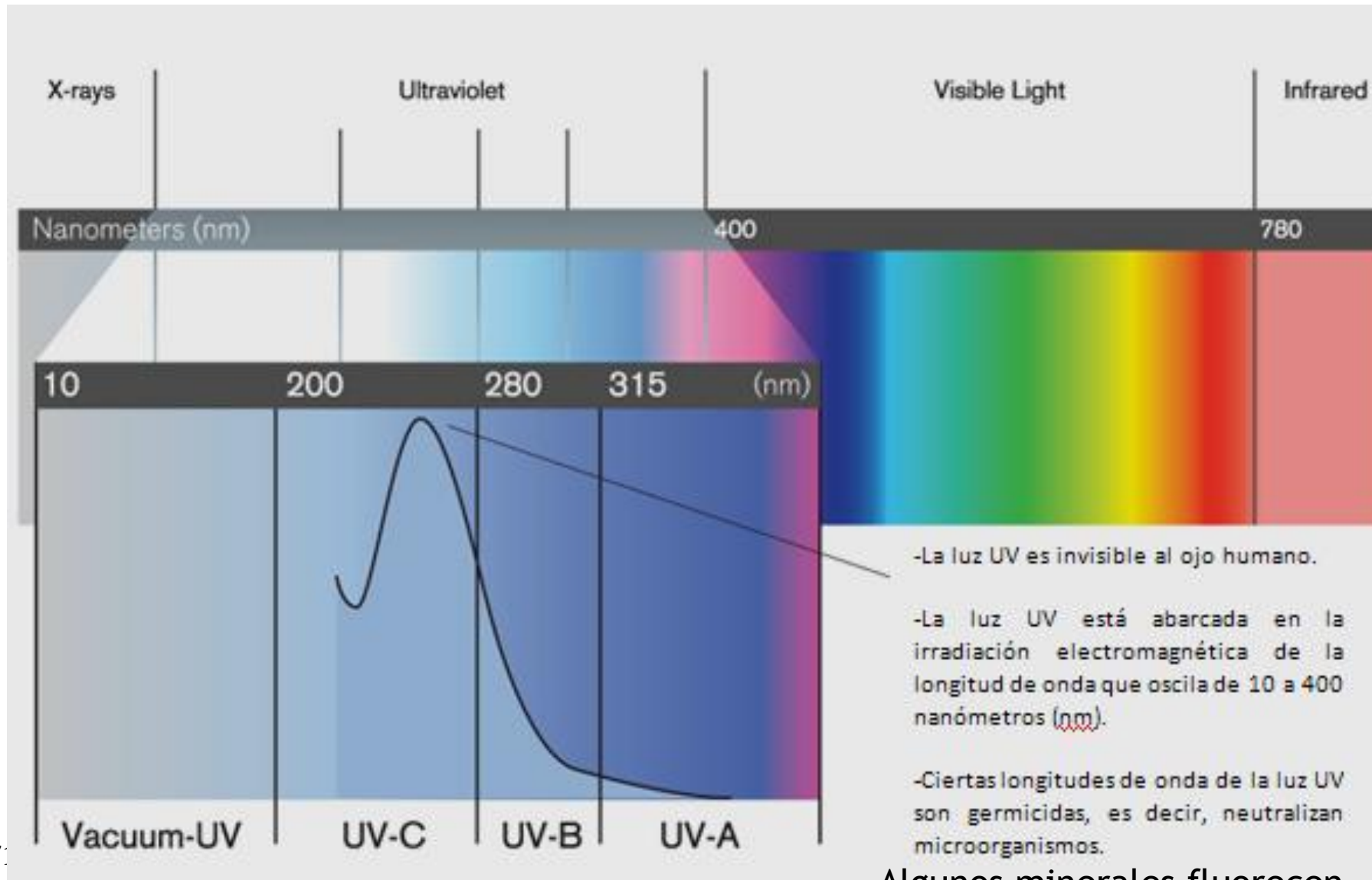


Espectro electromagnético.

Longitud de onda (λ) en metros.



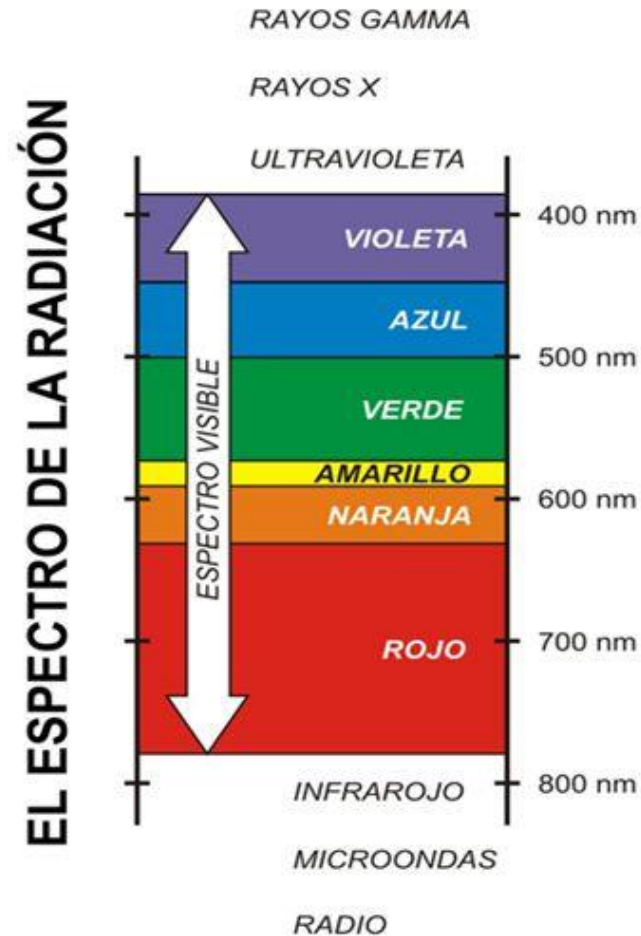
Radiación Ultravioleta

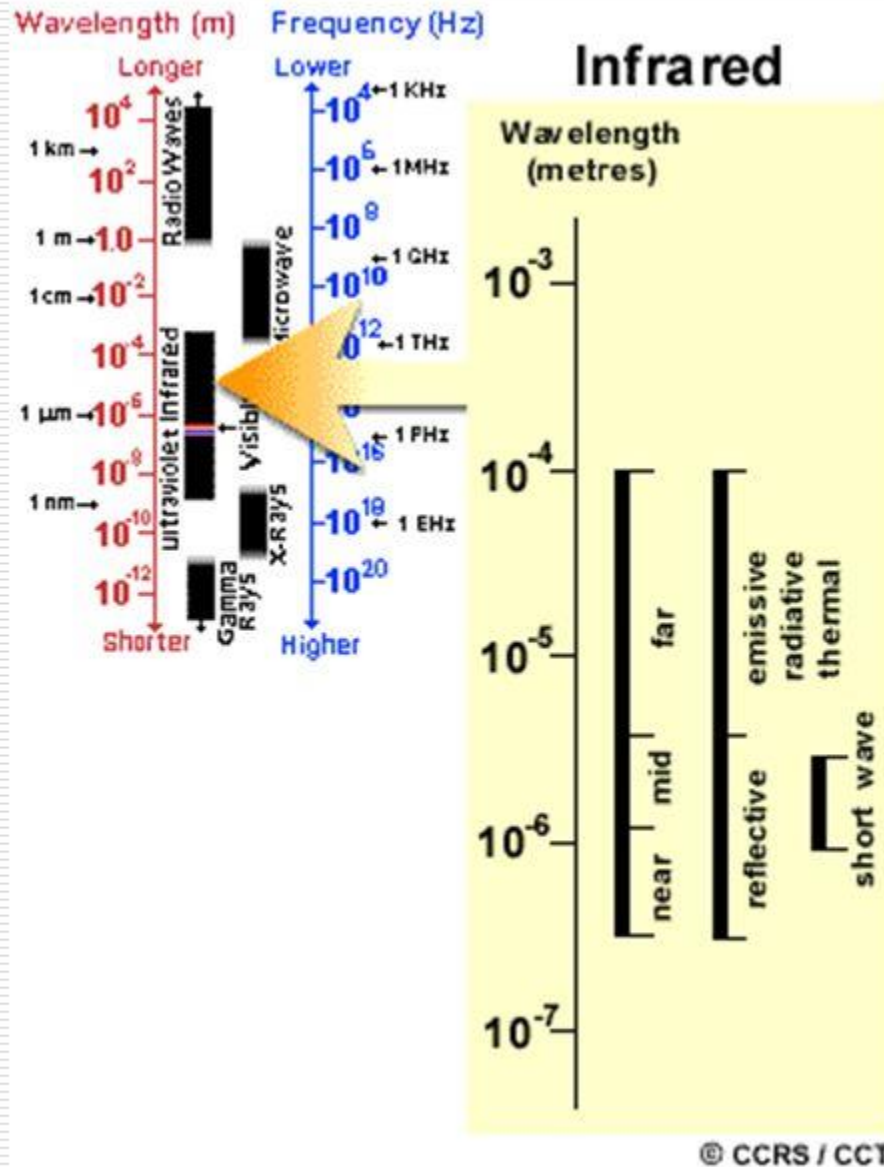


Algunos minerales fluorescen con luz ultravioleta

ESPECTRO VISIBLE

- Hay una porción visible.
- Se conforma de la luz emitida en diferentes longitudes.
- El ojo humano la detecta en forma de colores que van desde el rojo hasta el violeta.
- Pasando por el amarillo, verde y azul.
- El ojo humano NO puede detectar tipos de luz por encima del violeta o por debajo del rojo.





La siguiente parte del espectro que nos interesa es la región del infrarrojo (IR) que cubre una porción 100 veces mas ancha que el visible!

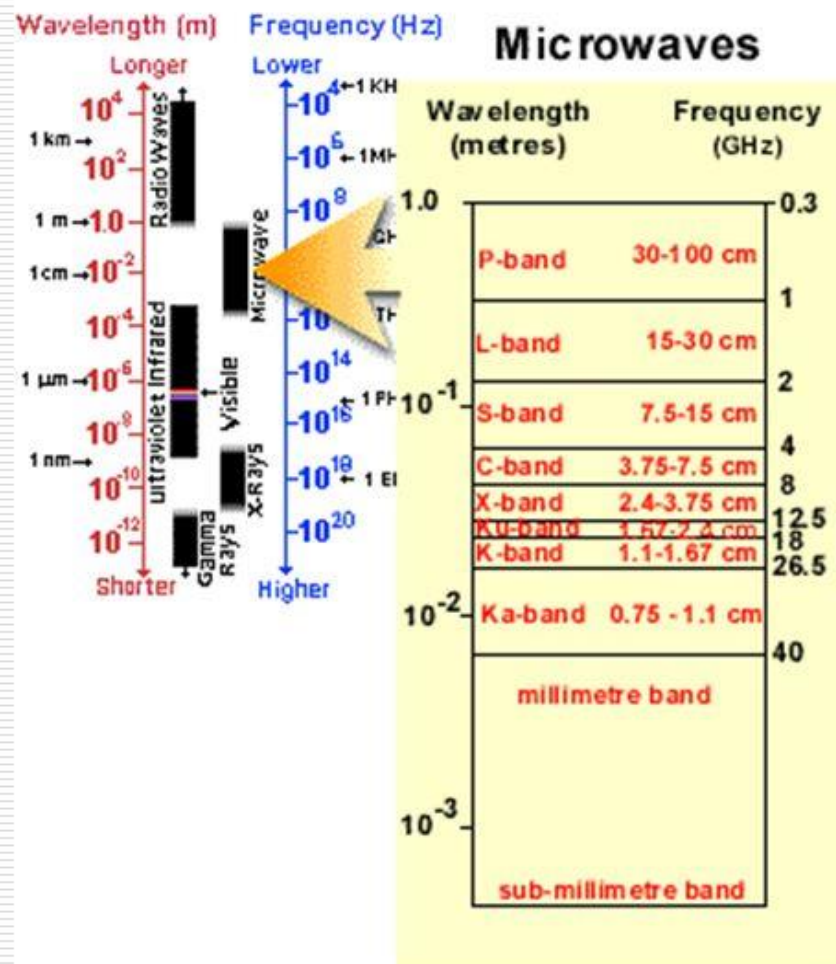
El Infrarrojo se divide en dos categorías según sus propiedades:

El infrarrojo reflejado

El infrarrojo emitido o Térmico

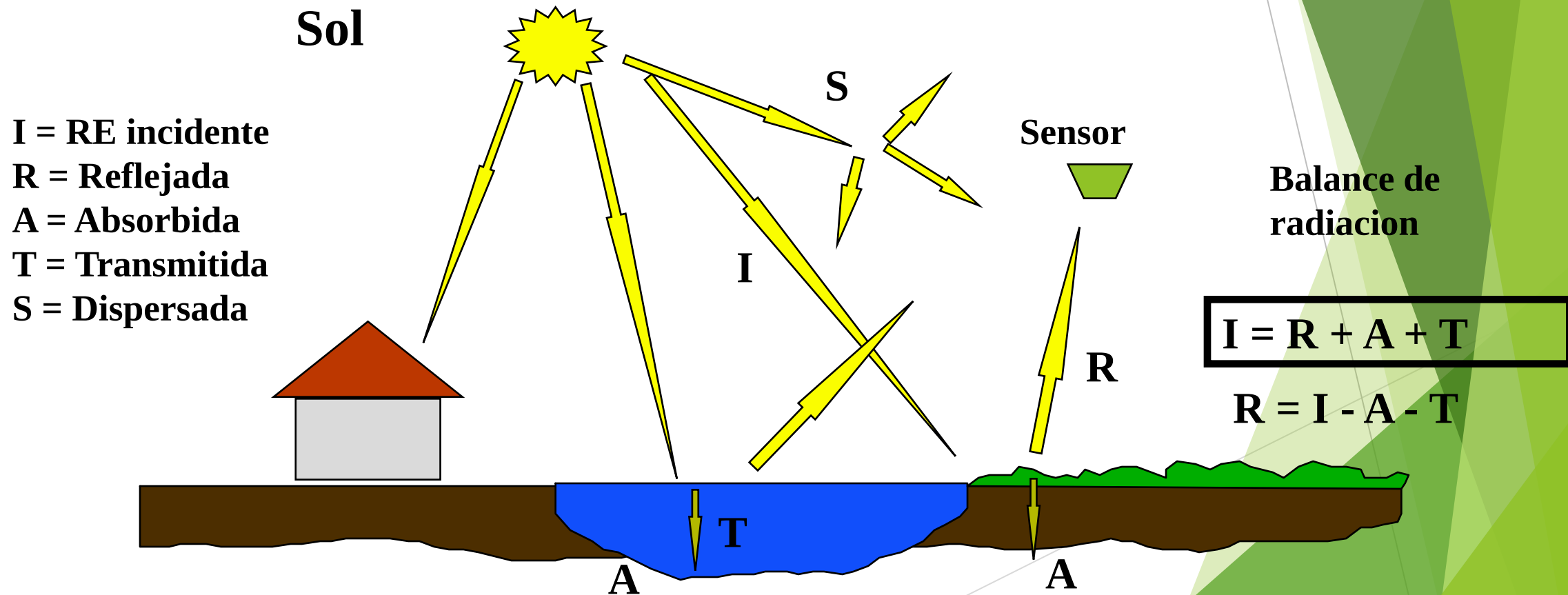
La radiación del infrarrojo reflejado es usado en teledetección de la misma manera que en el visible cubre la porción entre 0.7 mm y 3.0 mm

El IR Térmico es bastante distinto ya que esta energía es la que es emitida por la Tierra en forma de calor y cubre la porción entre 3.0 mm y 100 mm.



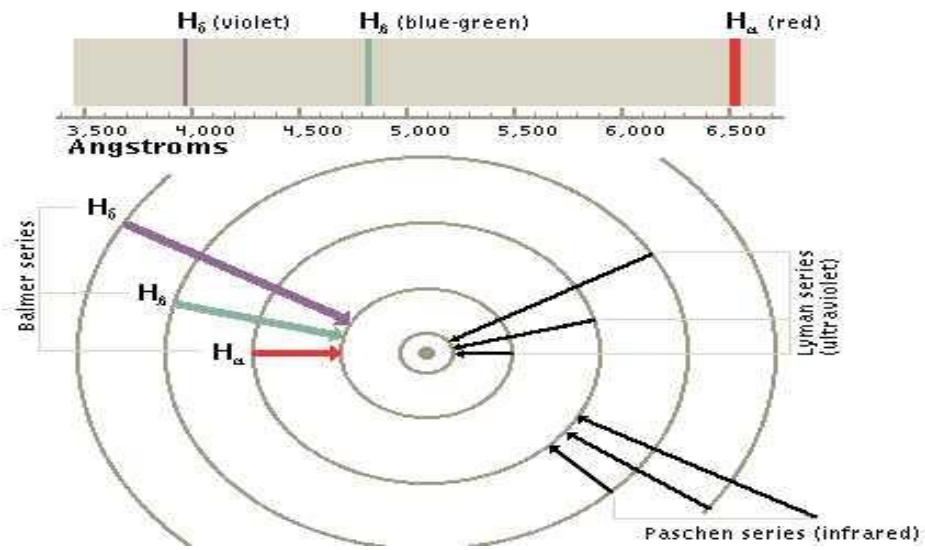
La región de las microondas es la parte del espectro de mas reciente interés en teledetección, desde 1 mm a 1 m. Esta región del espectro se estudiara separadamente.

El modelo general de la Sensoría Remota

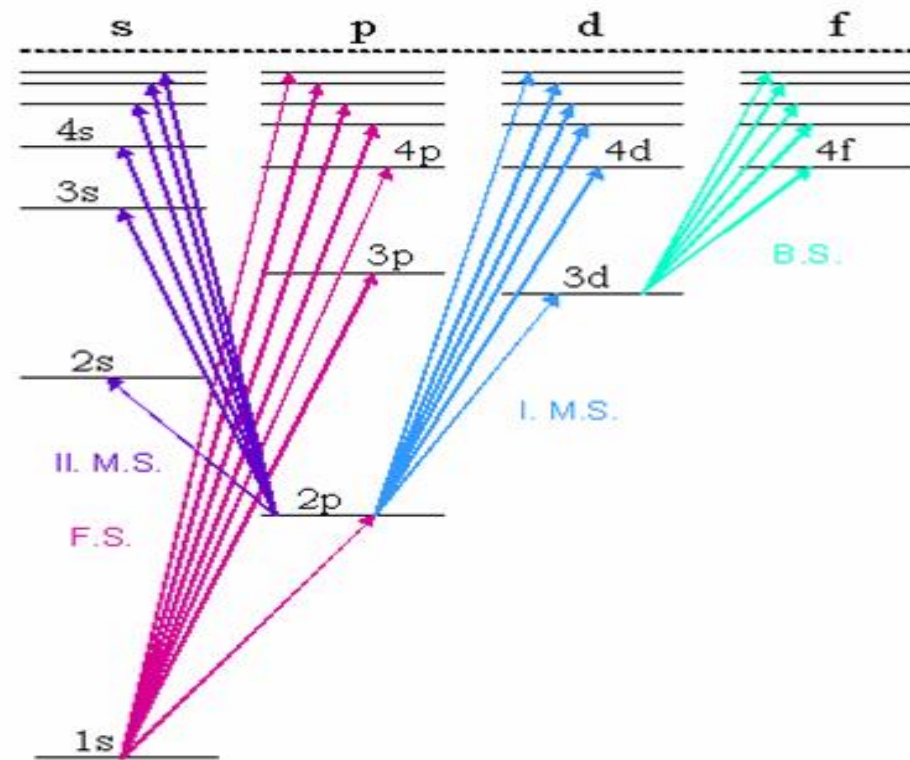




Preguntas?

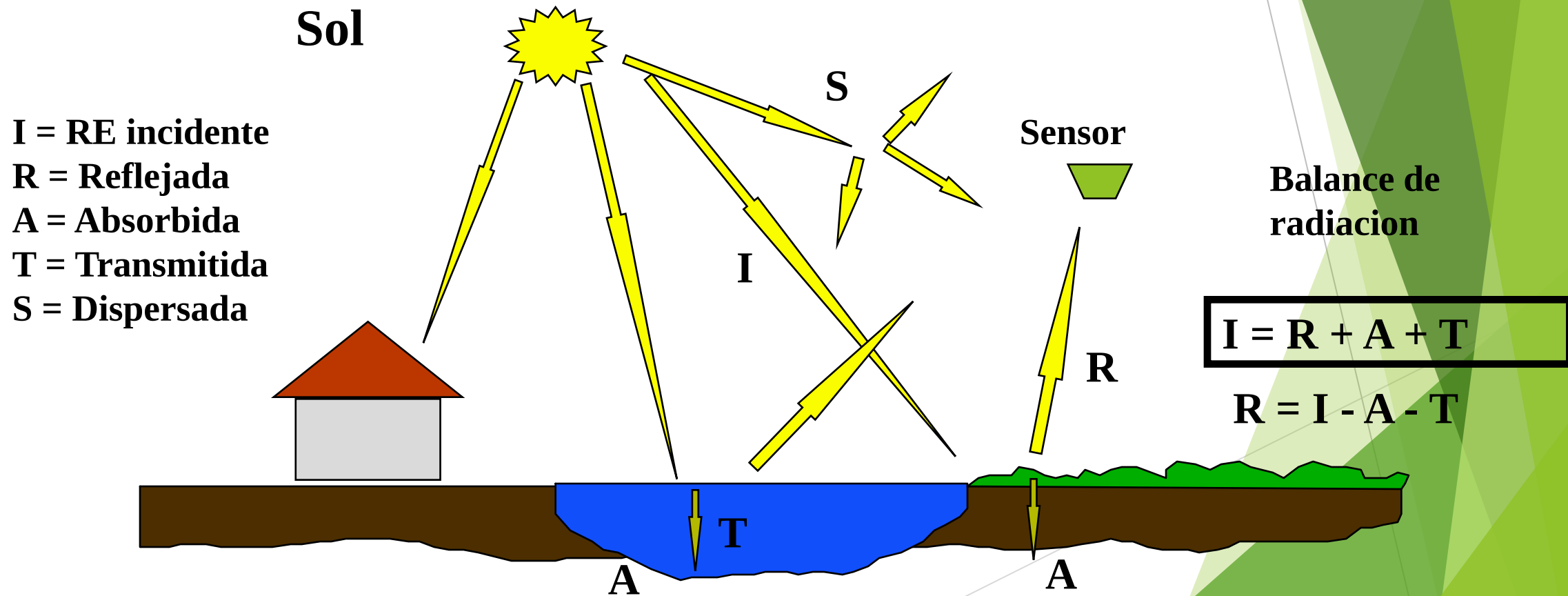


Serie de Balmer

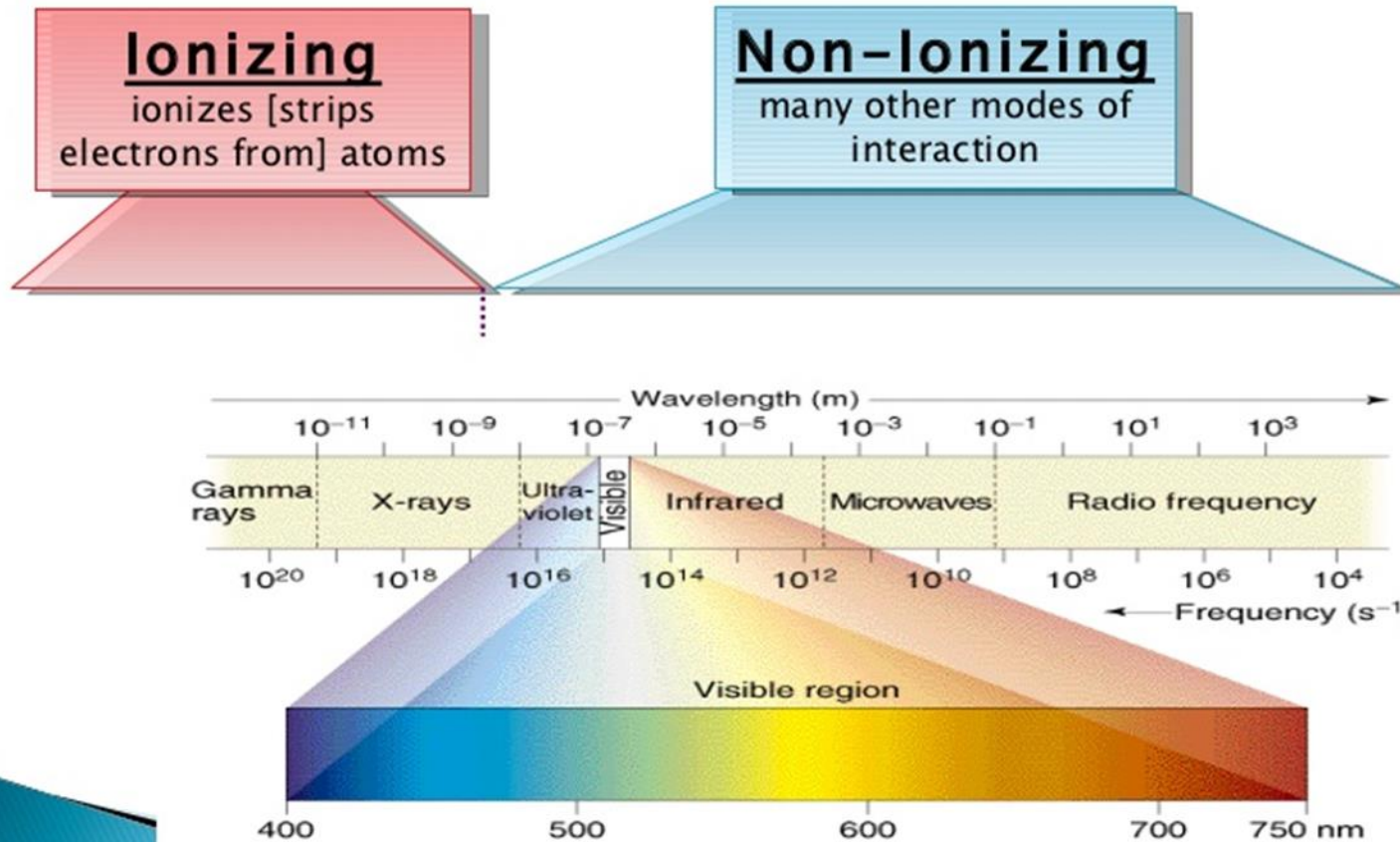


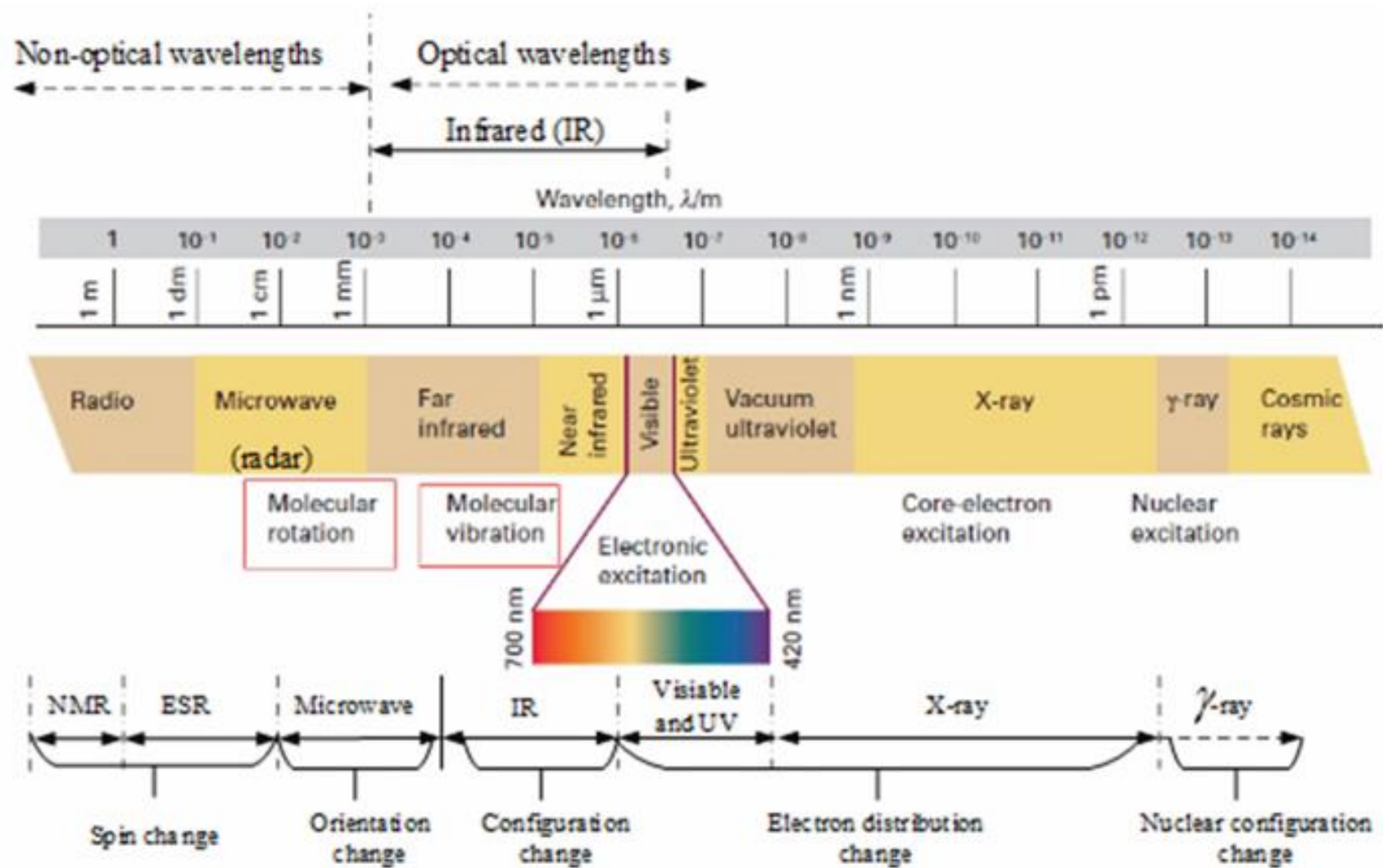
Interaccion materia energia

El modelo general de la Sensoría Remota



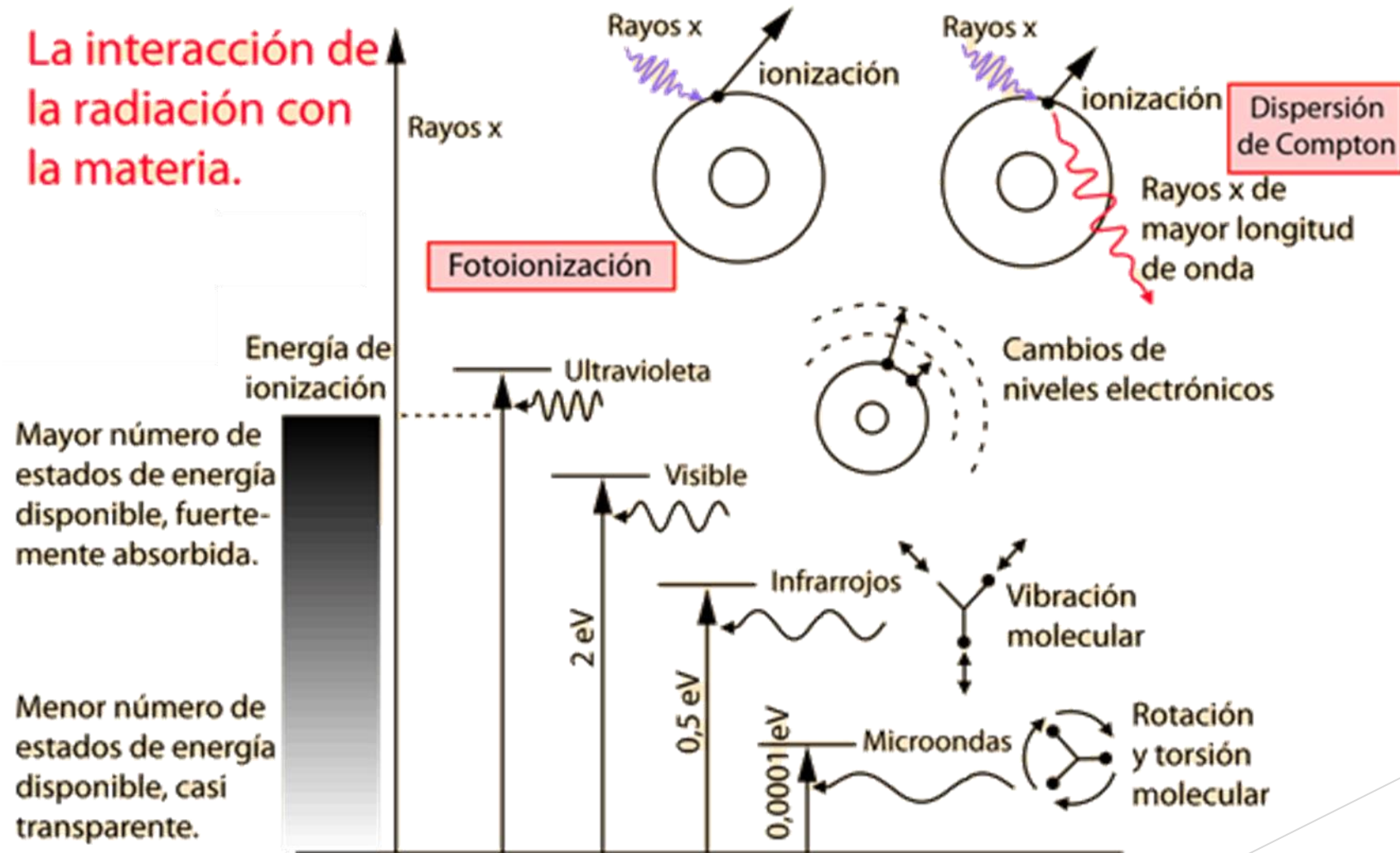
Electro Magnetic Spectrum (EMR)





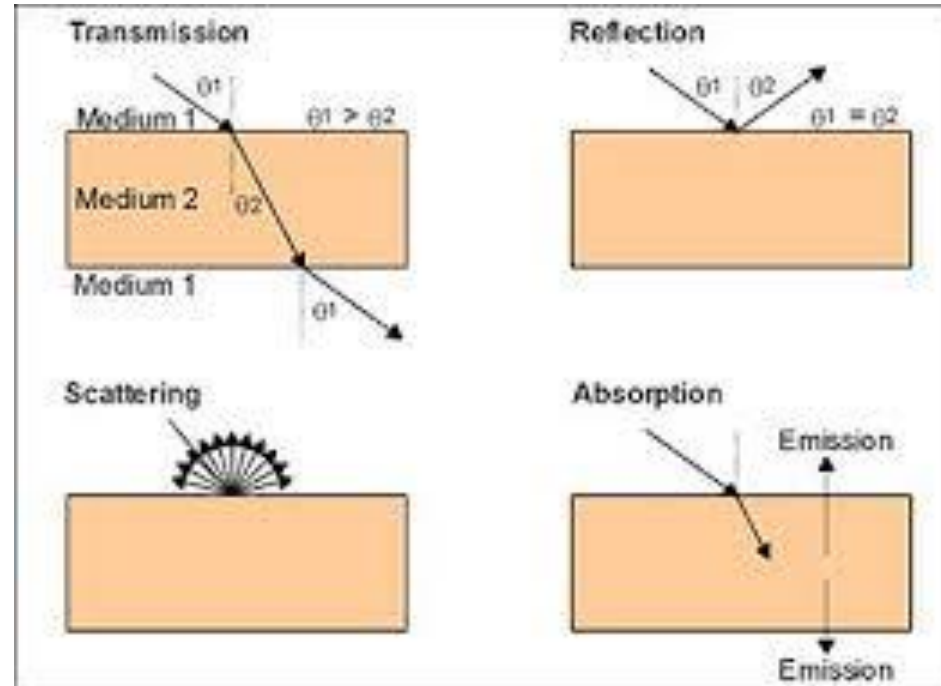
Interacción materia energía

La interacción de la radiación con la materia.

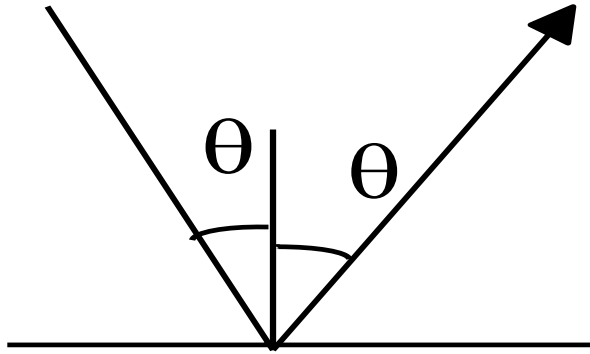


Radiación electromagnética y objetos

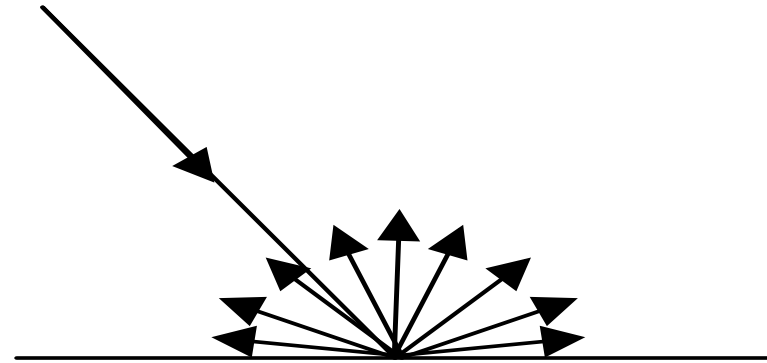
- ▶ Absorbida
- ▶ Pasa a través
- ▶ Reflejada
- ▶ Objetos calientes
- ▶ emiten radiación
 - ▶ Infrarojo termico



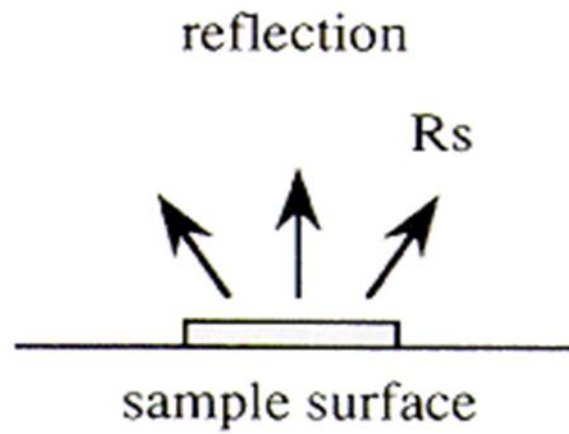
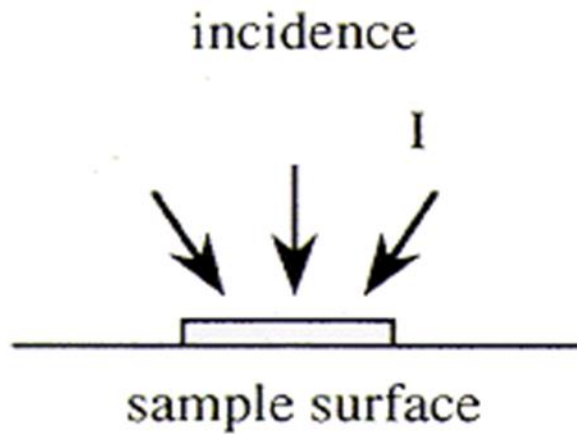
Reflexion



especular

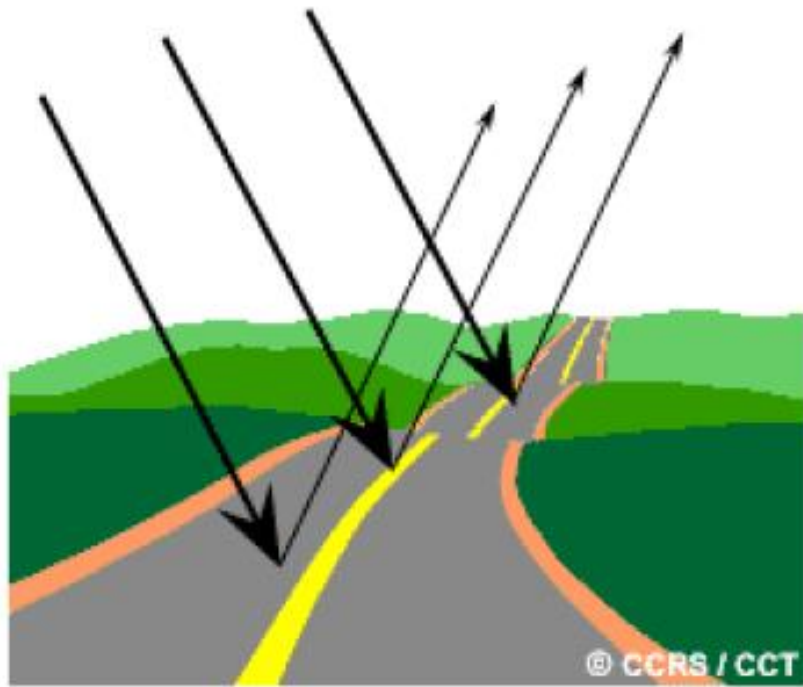


Difusa

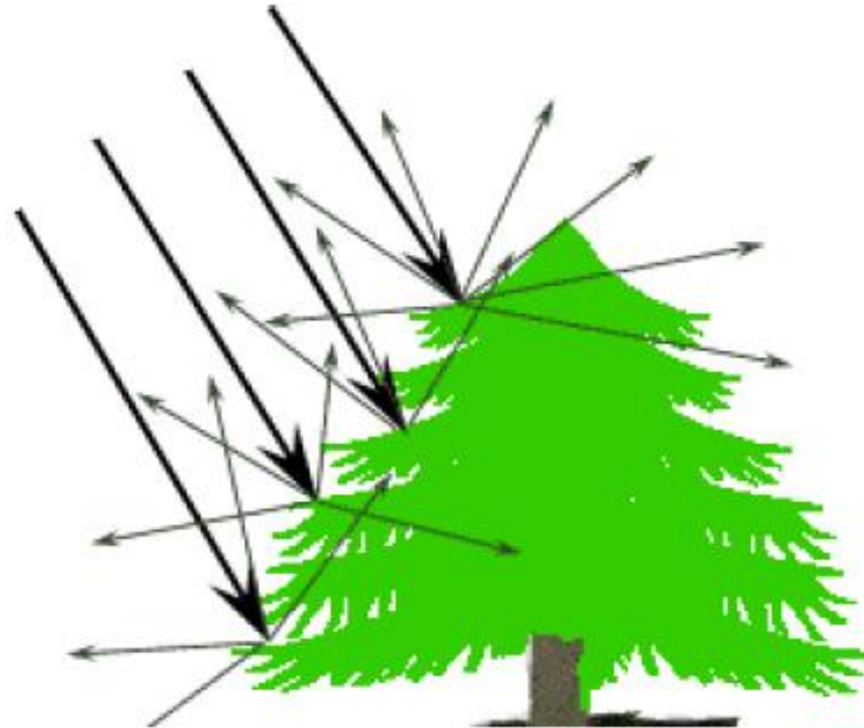


$$\text{reflectance} = \frac{R_s}{I}$$

Radiación especular
Superficies lisas



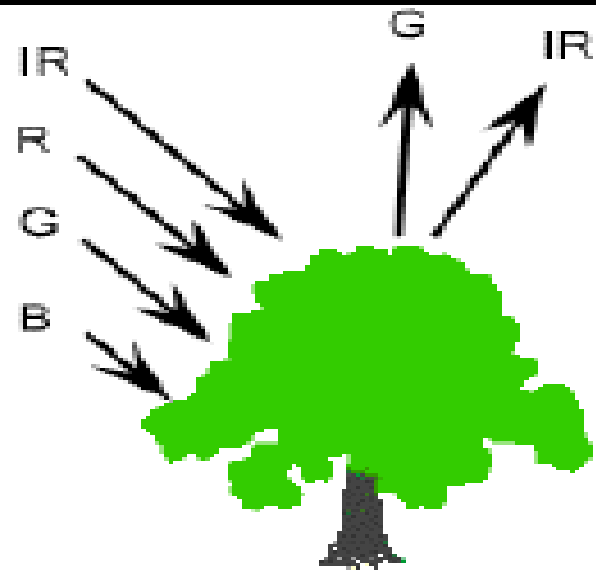
Radiación difusa
Superficies rugosas



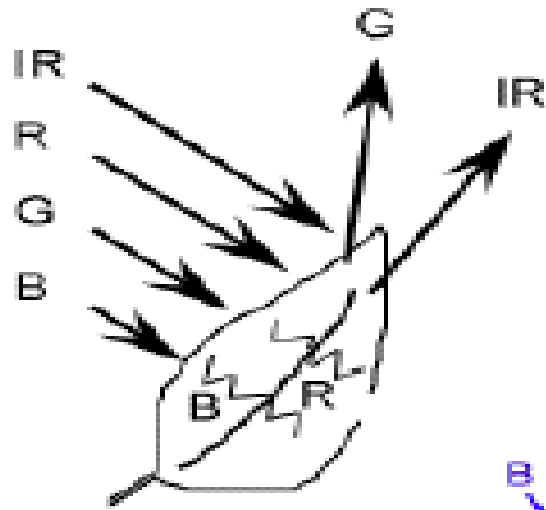
Interacciones de la superficie de un objeto y la radiación

- Absorpcion
- Reflexion
 - Especular
 - Difusa
- Transmision

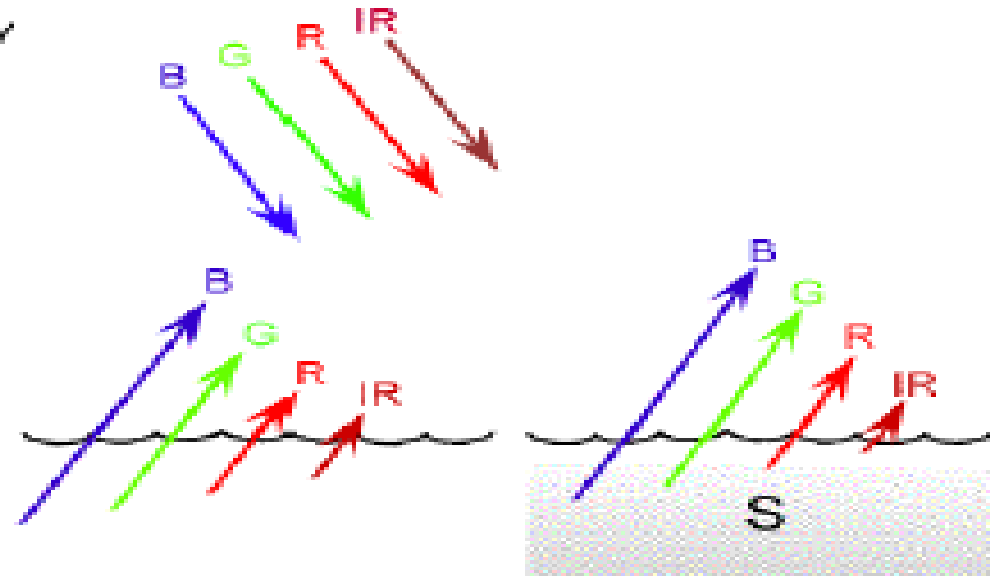




Water target

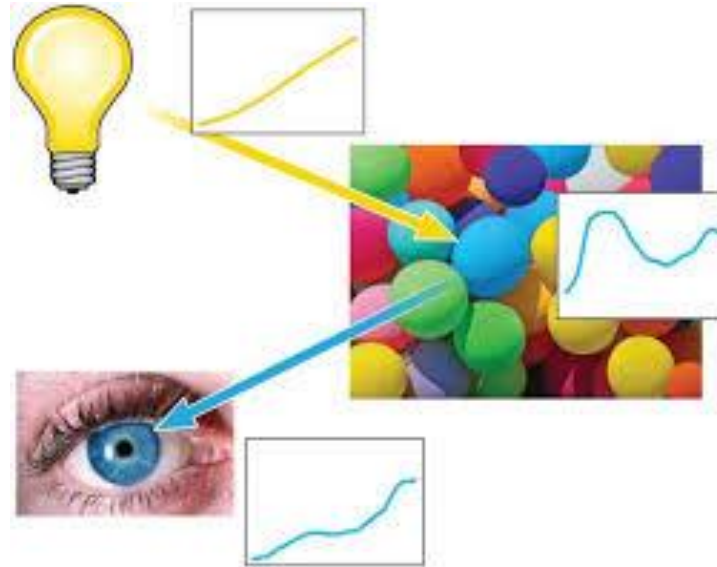


Leaf target



Interacciones luz objetos

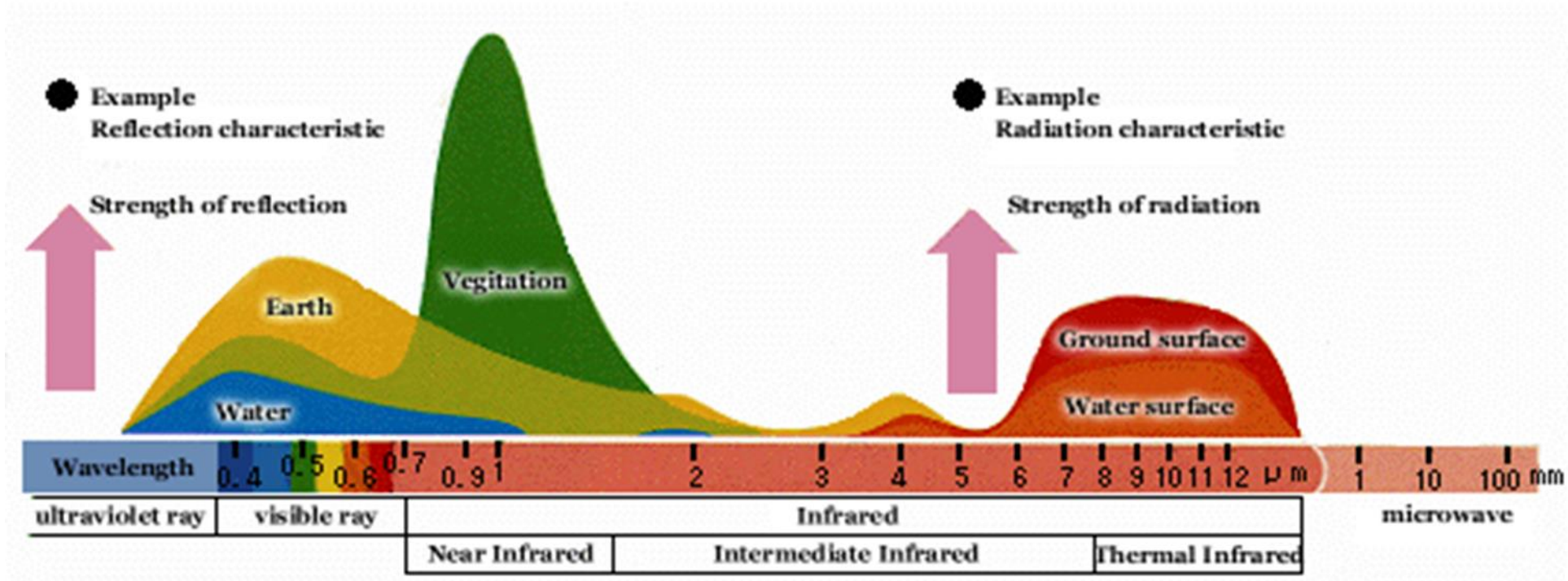
Luz Reflejada



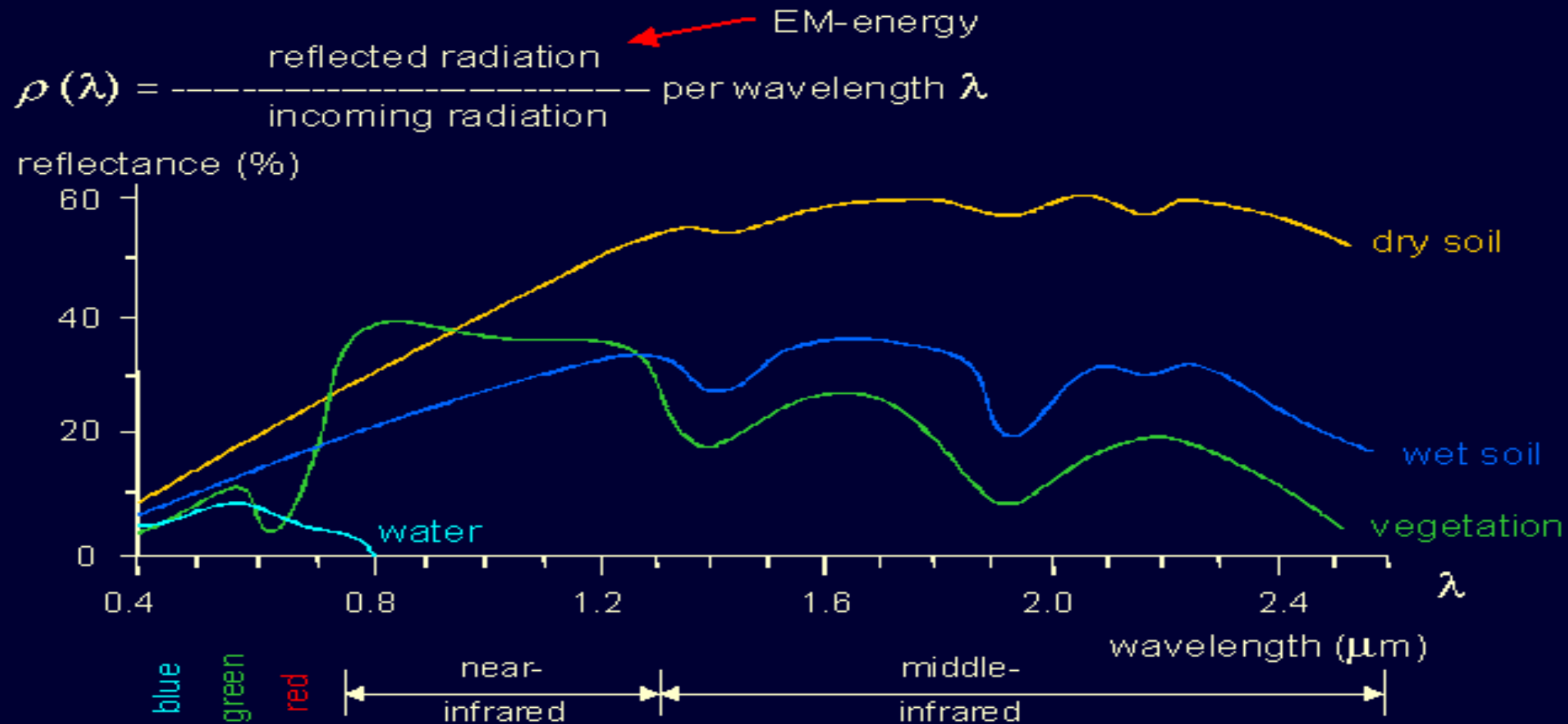
Luz transmitida



Que medimos con los sensores remotos?



What do we measure with RS?

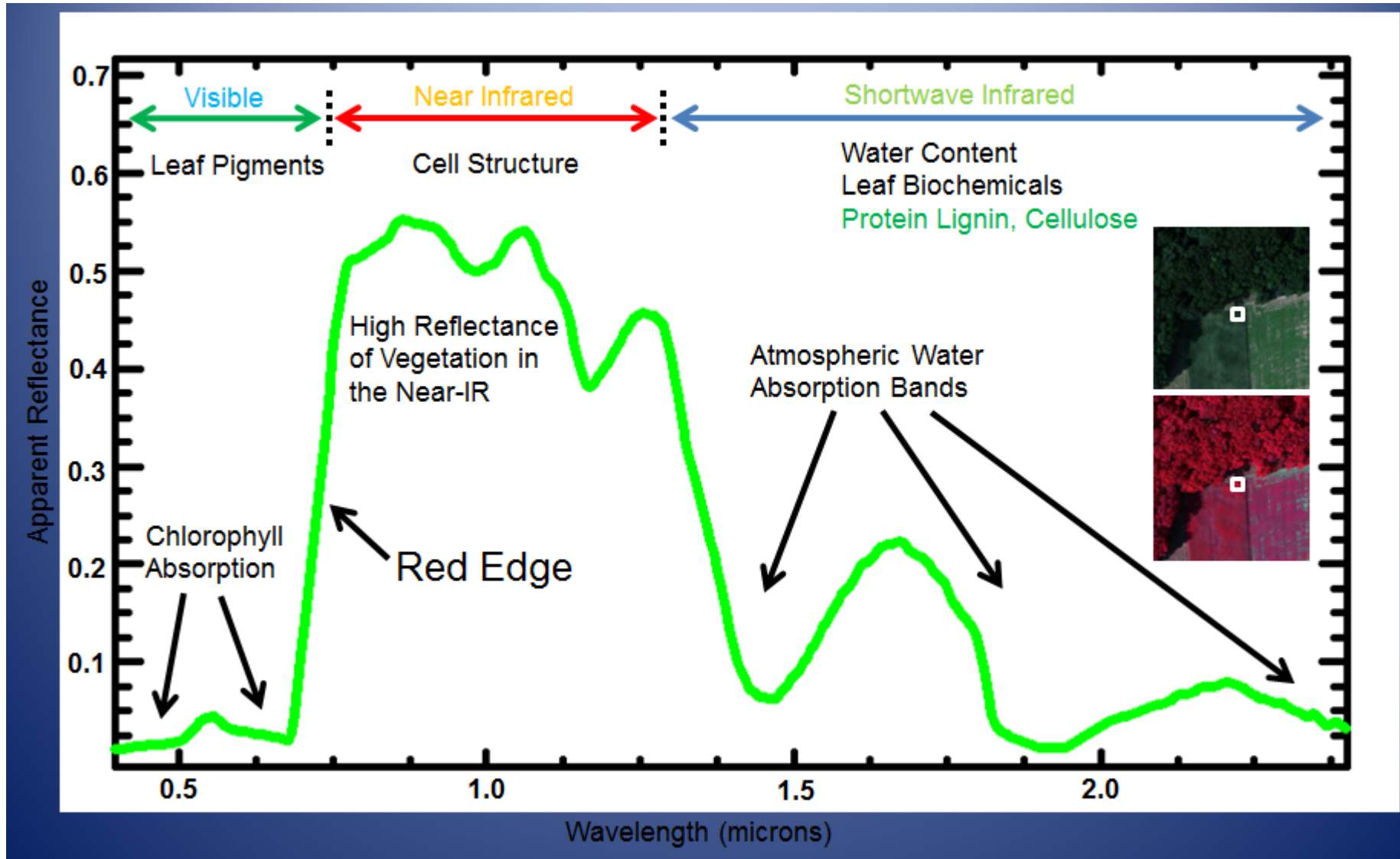


mostly: $\rho(\lambda)$ in wavelength band $\Delta\lambda_i$

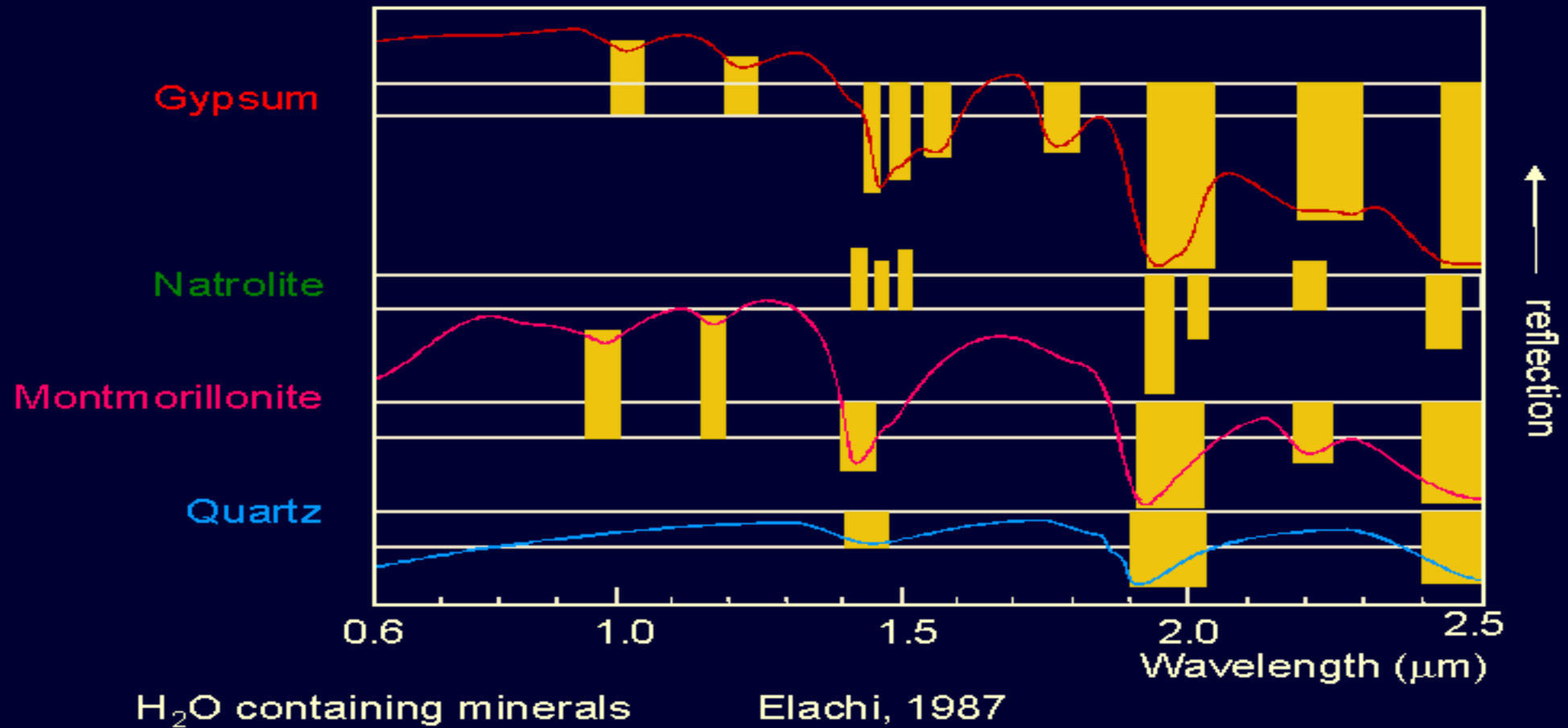
Albedo = $\frac{\text{total reflected}}{\text{total incoming}}$ (in all directions)

summed over the whole spectrum

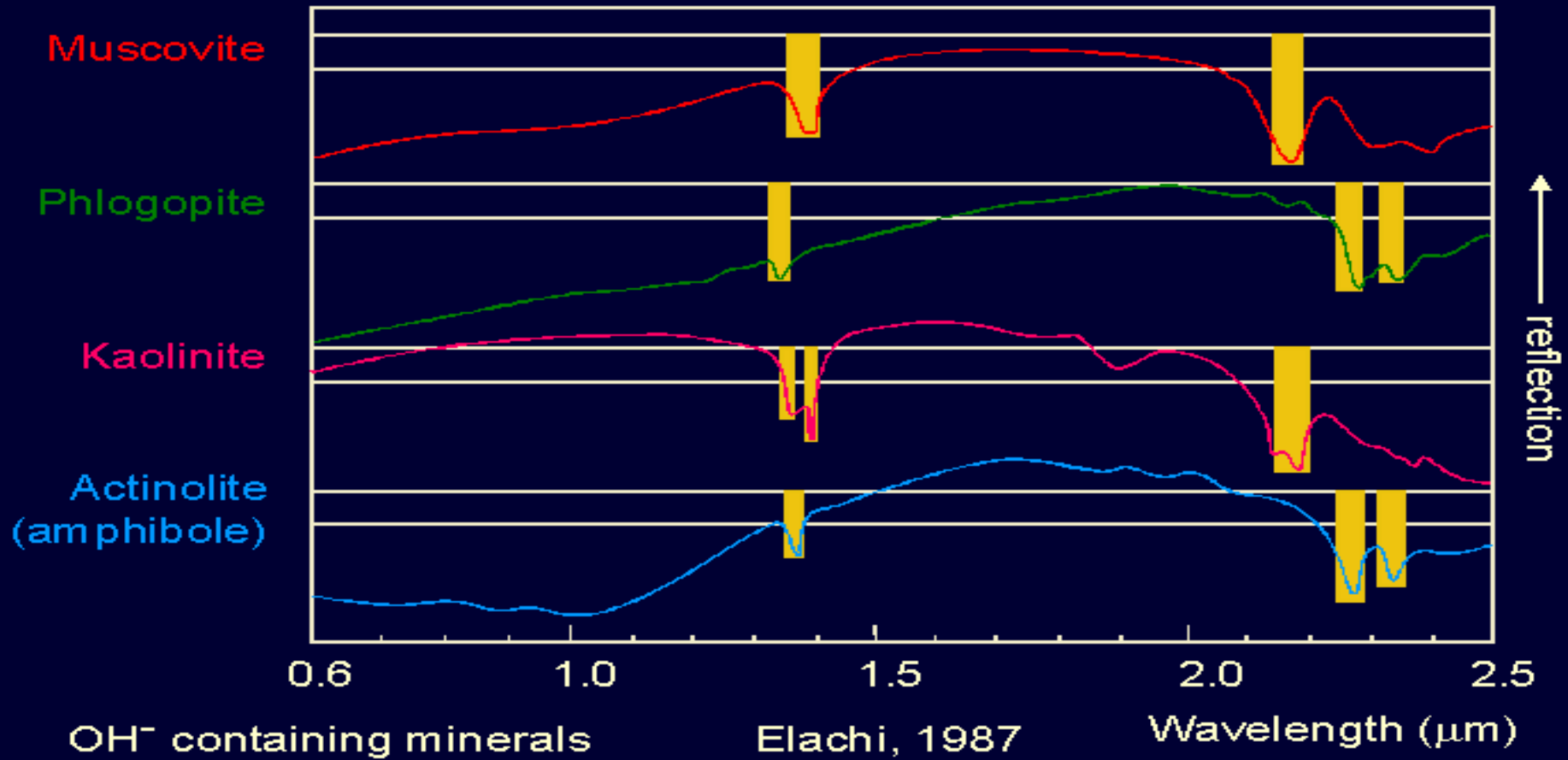
Comportamiento del espectro electromanetico reflejado en la vegetacion



Example influence of mineral composition:

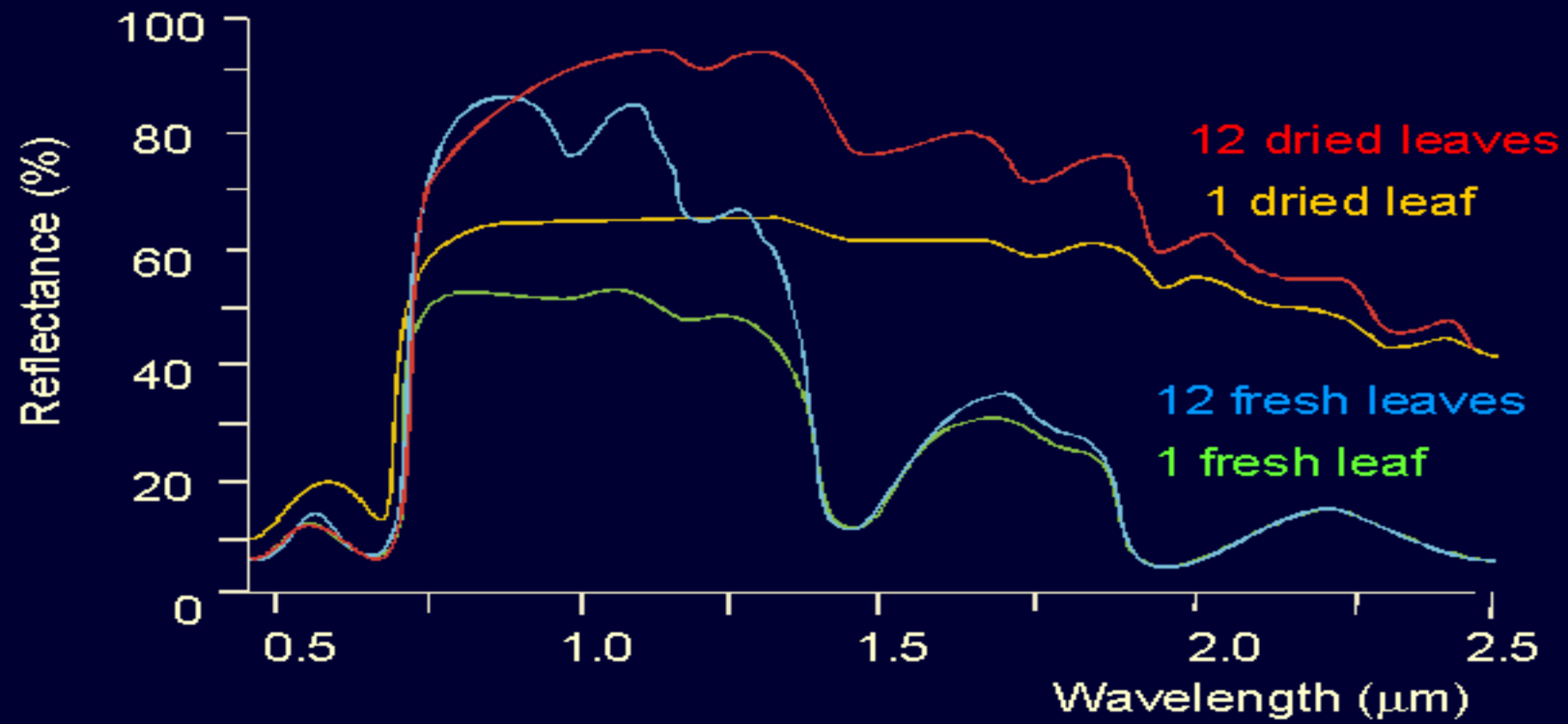


Mineral composition -2-



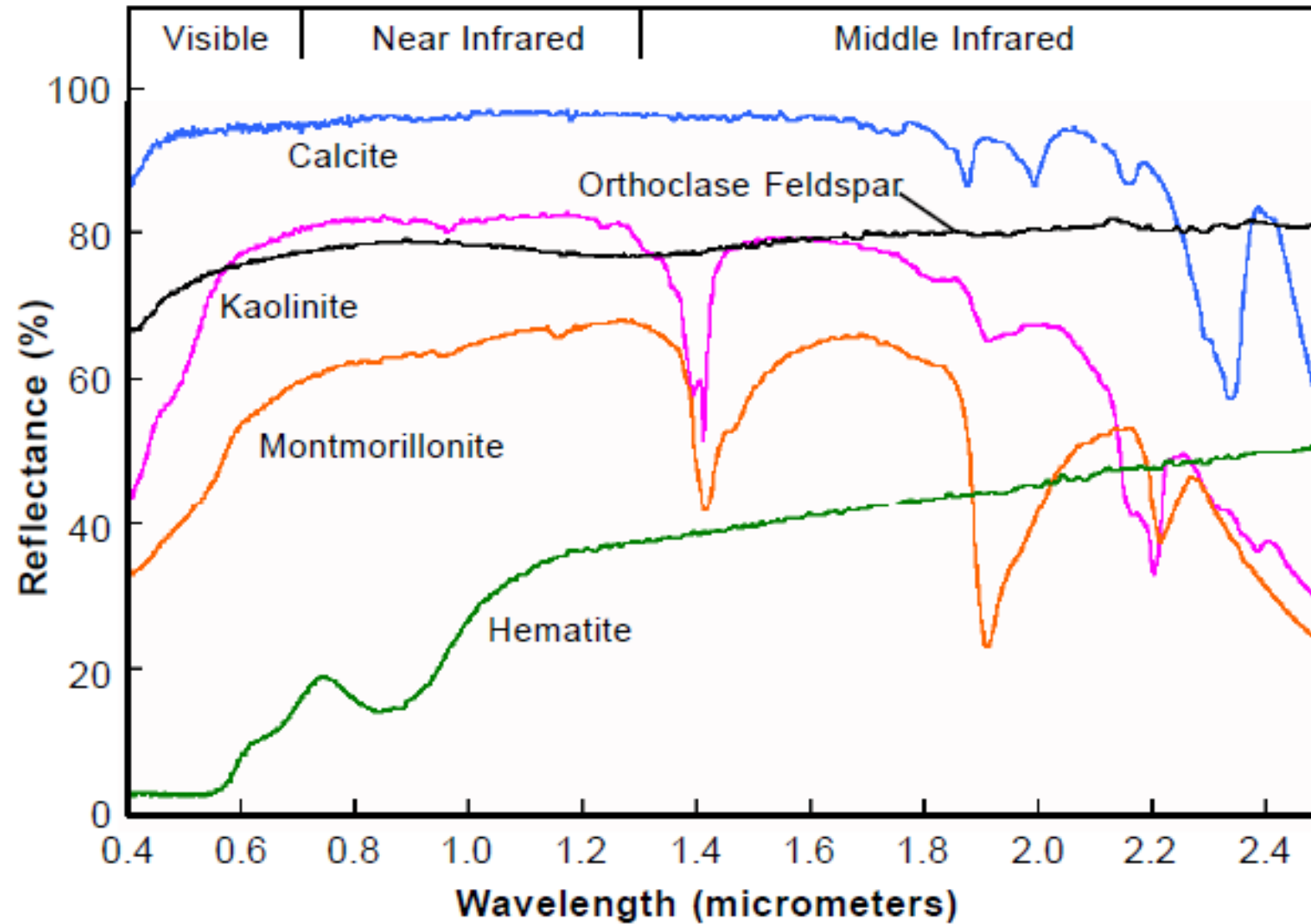
© Wageningen UR 1999

Drying effect

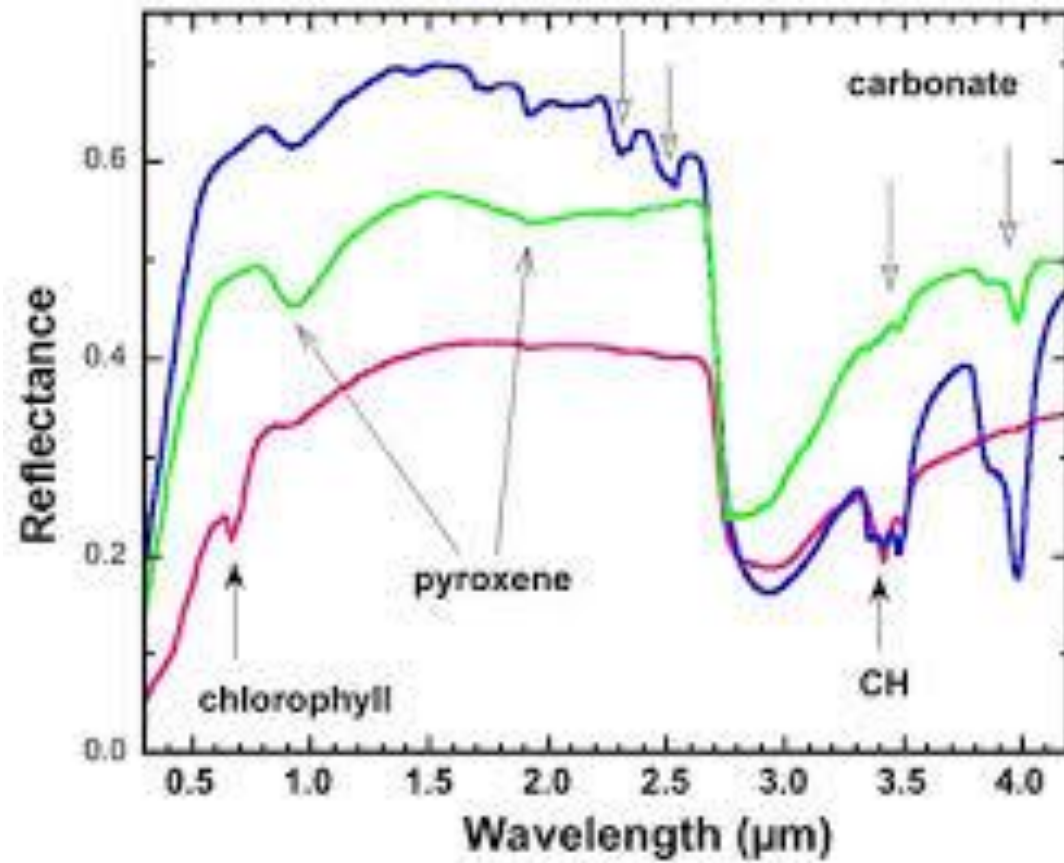


© Wageningen UR 1999

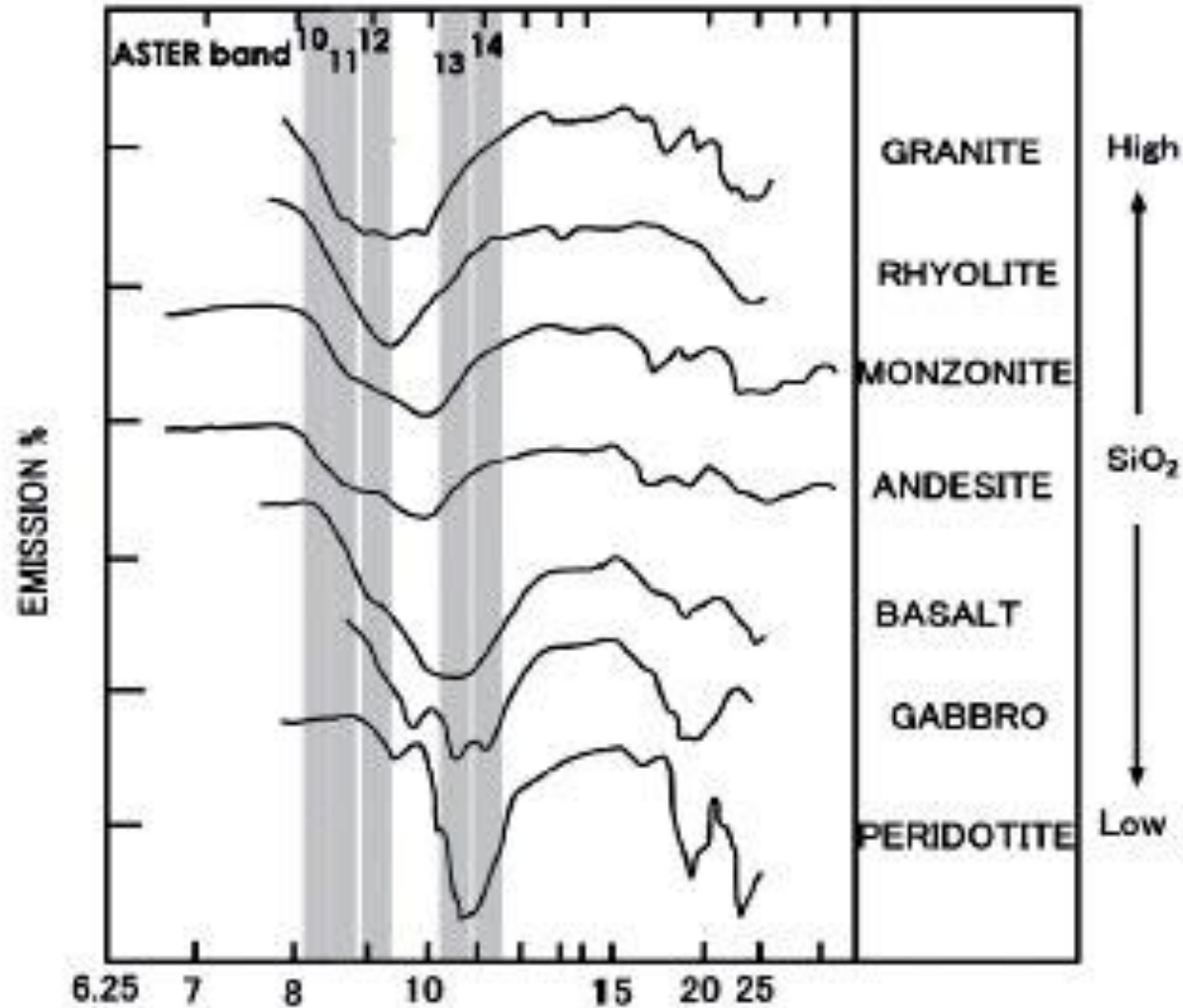
Firma espectral



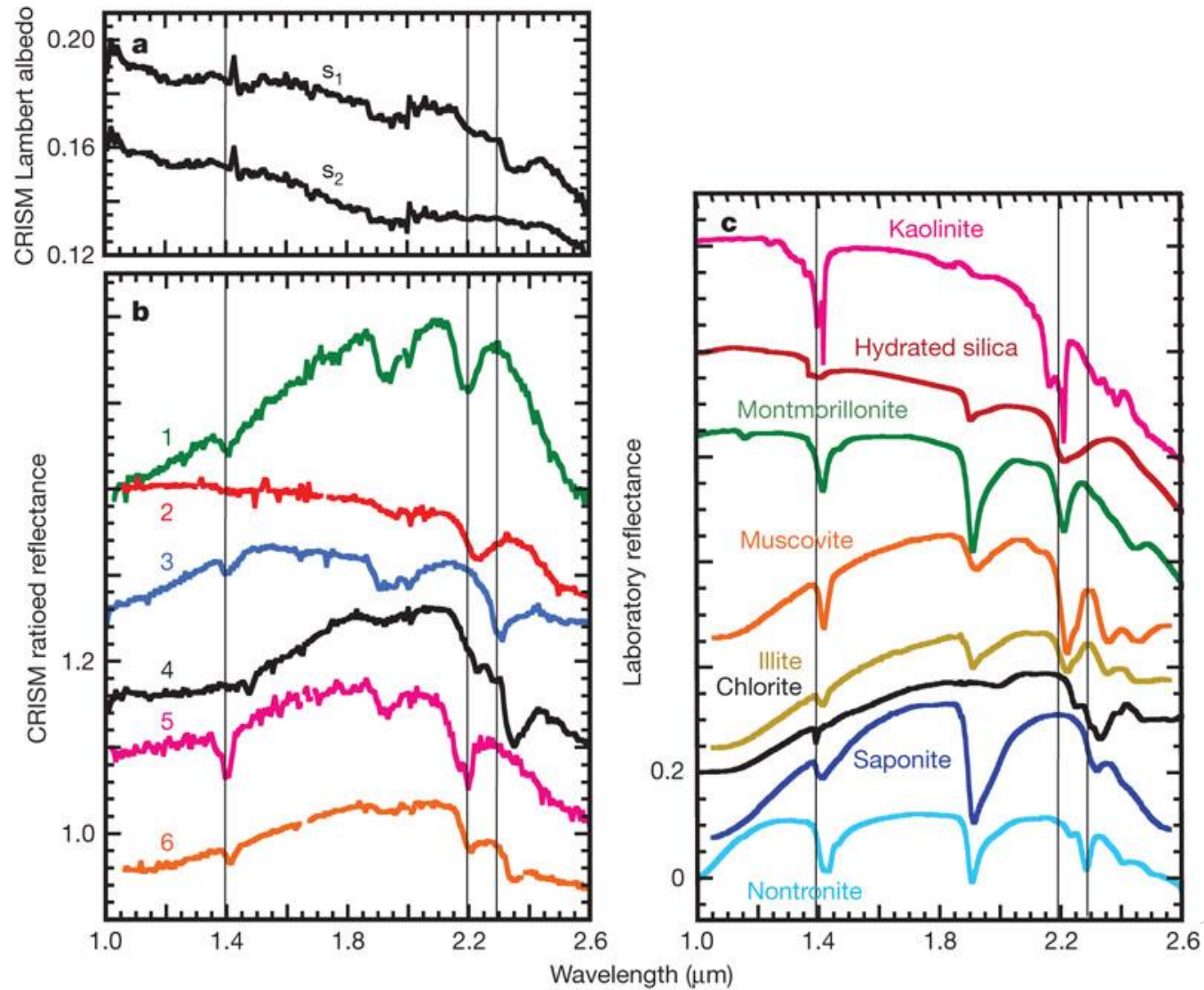
Firma Espectral



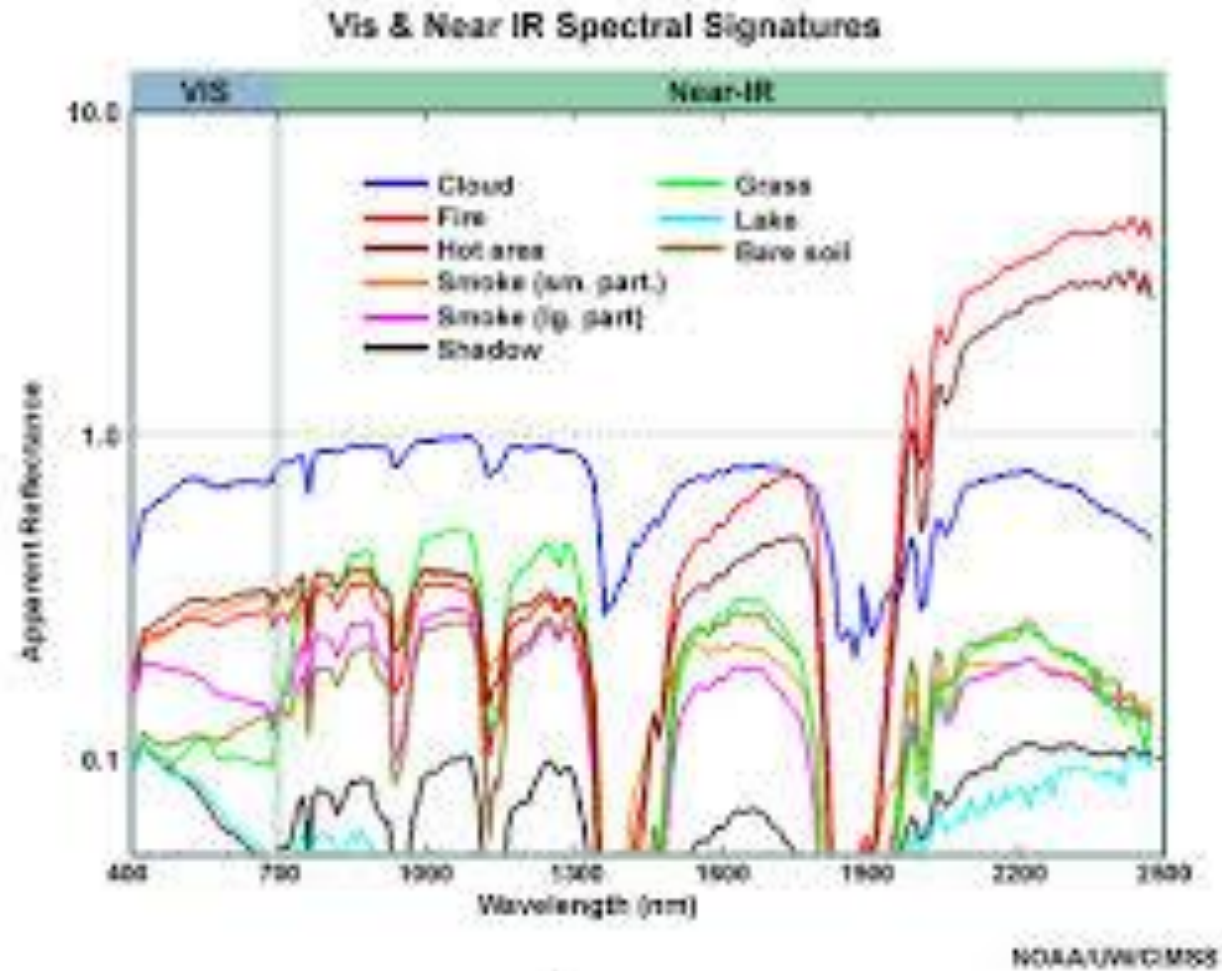
Firmas Espectrales rocas Igneas



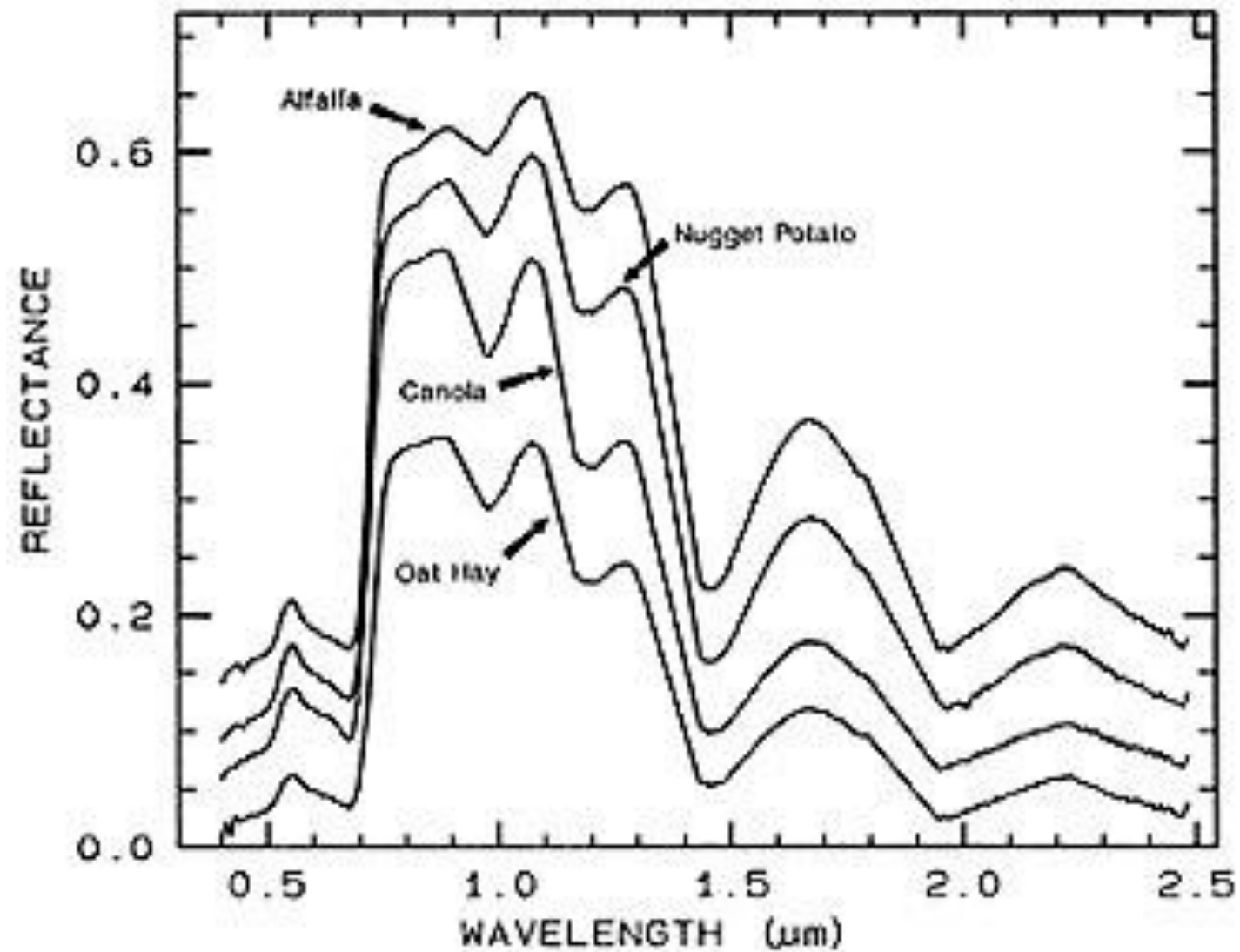
Firma Espectral(Marte)

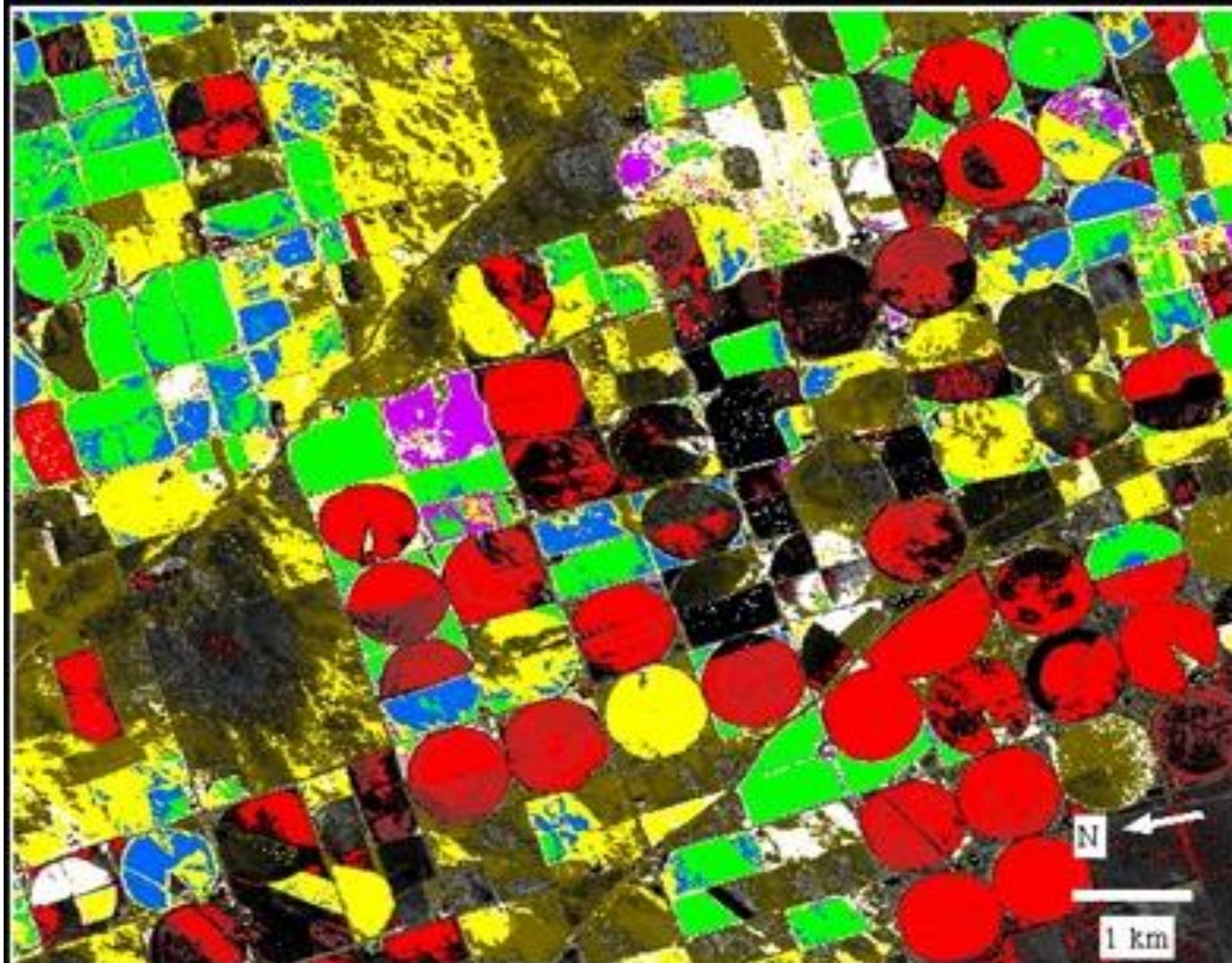


Firmas Espectrales



► Uso de las firmas espectrales

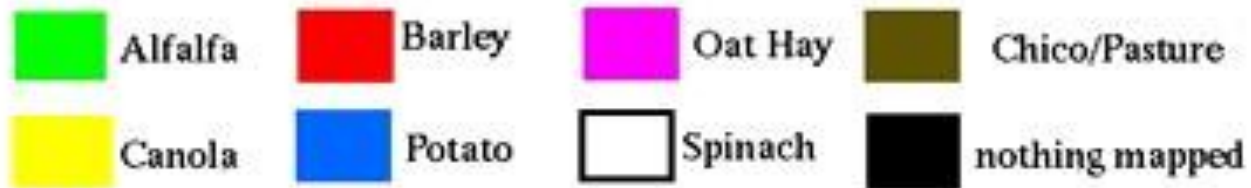




San Luis Valley, CO – Vegetation Distrubution Map

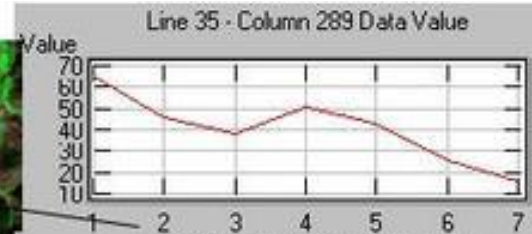
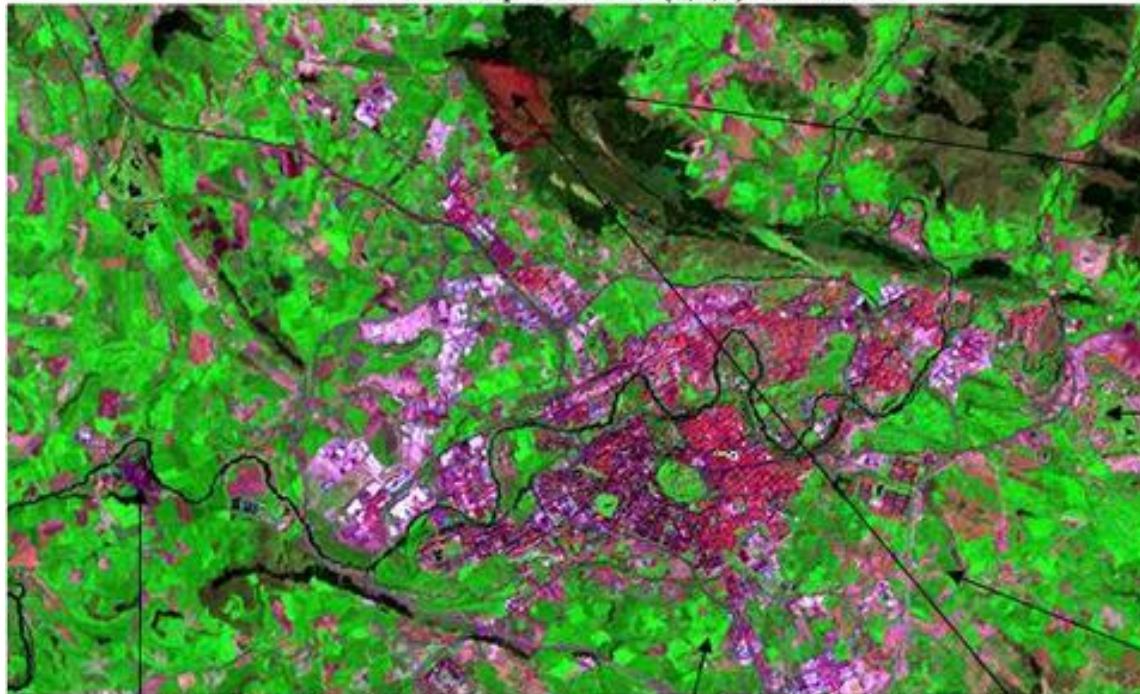
AVIRIS Sept. 3, 1993 Data

U. S. Geological Survey



Firmas espectrales e interpretación de imágenes

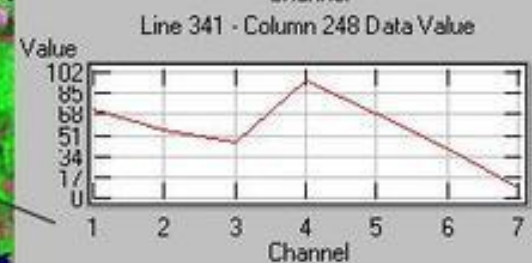
La comarca de Pamplona 2001 (6,4,2) GeoCover.



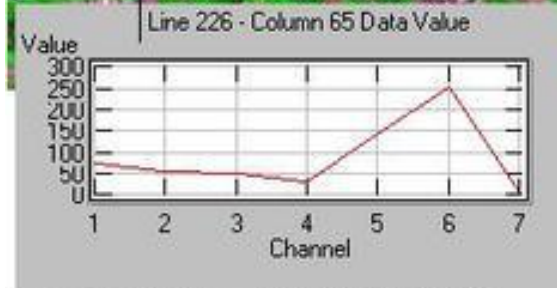
Bosque de coníferas
(Pino laricio).



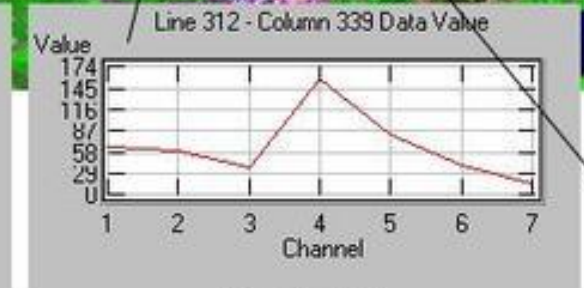
Césped de
ajardinamiento.



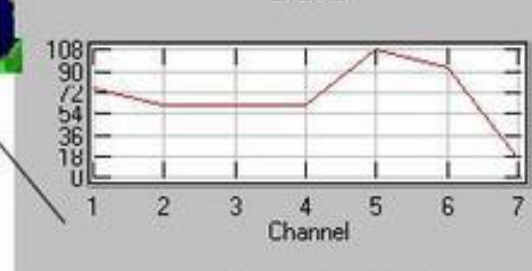
Campo de trigo



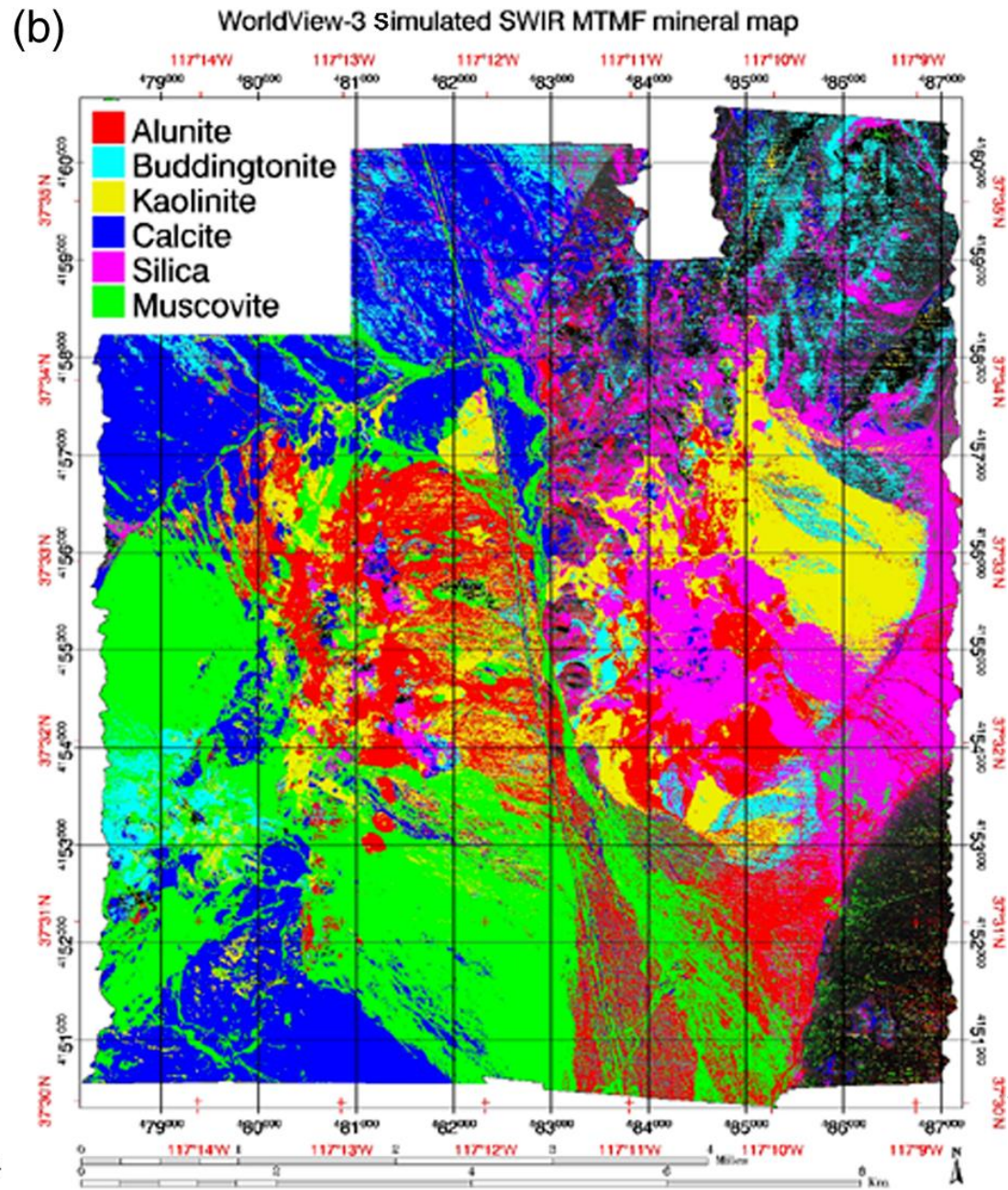
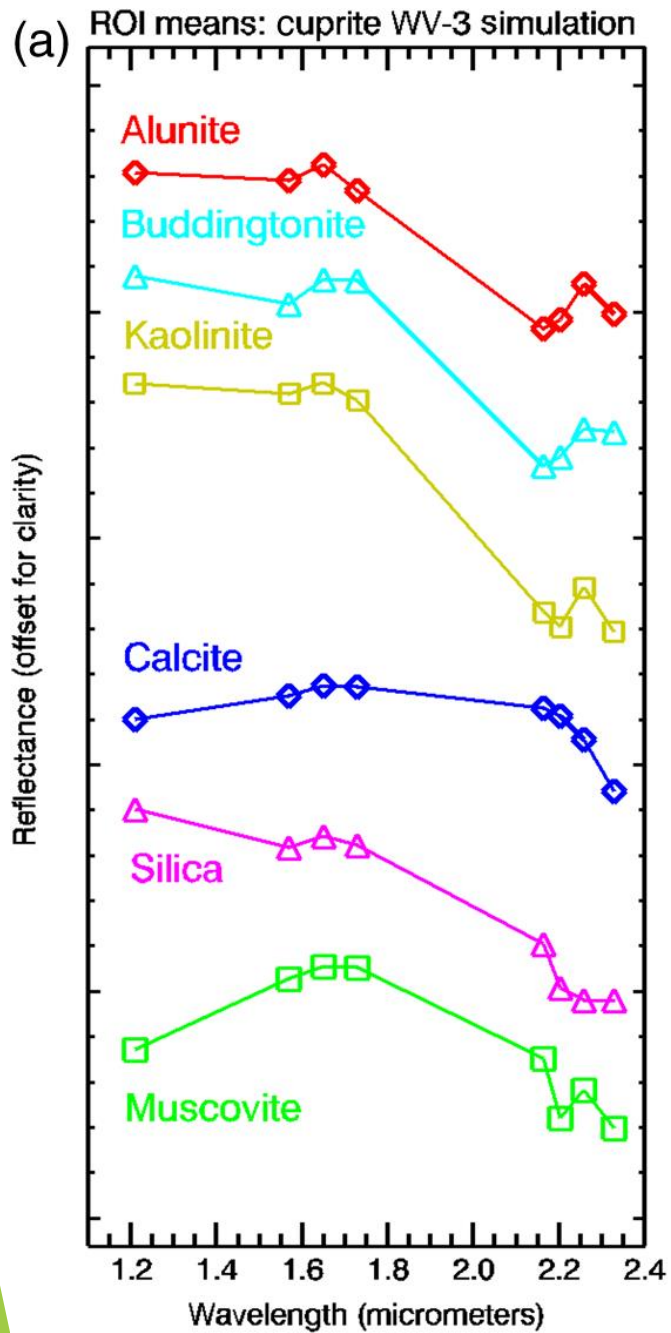
Punto caliente. Salida horno UCAR ELECTRODOS S.L.



Campo de cebada



Terreno afectado por incendio, sin vegetación.

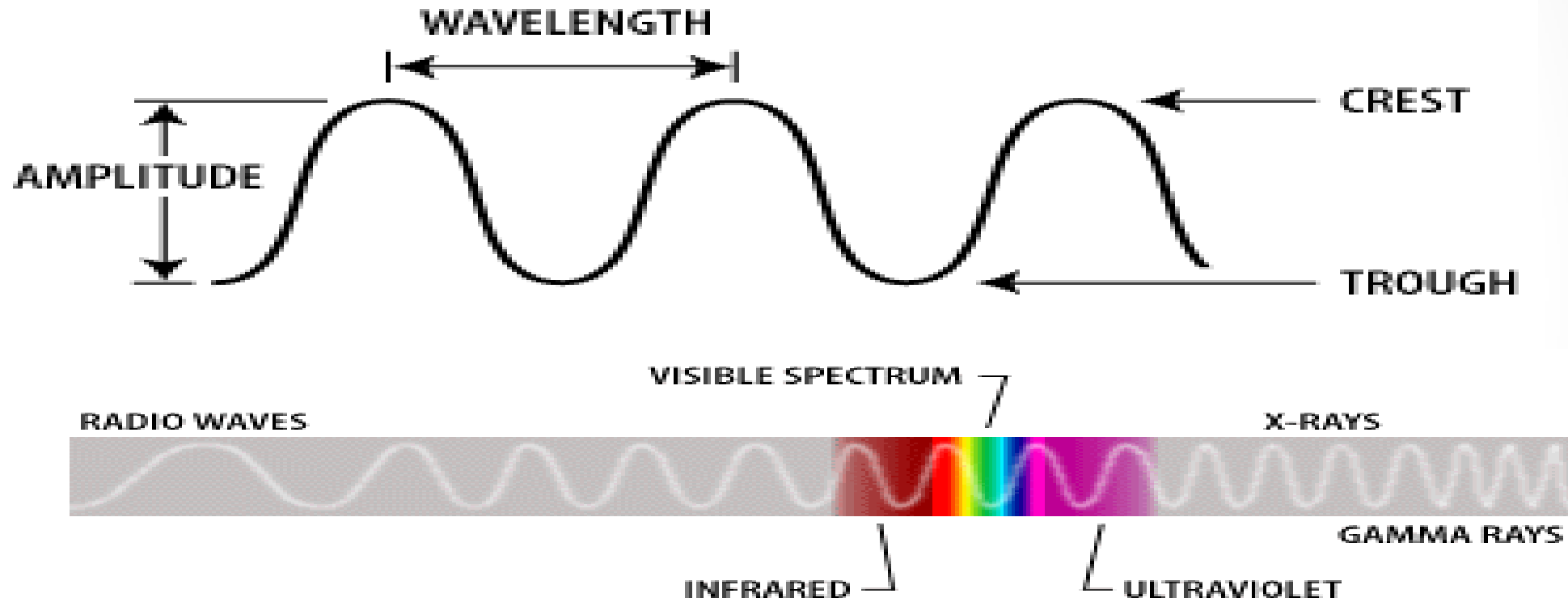


Preguntas?



Luz y Color

Propiedades de la luz y el color



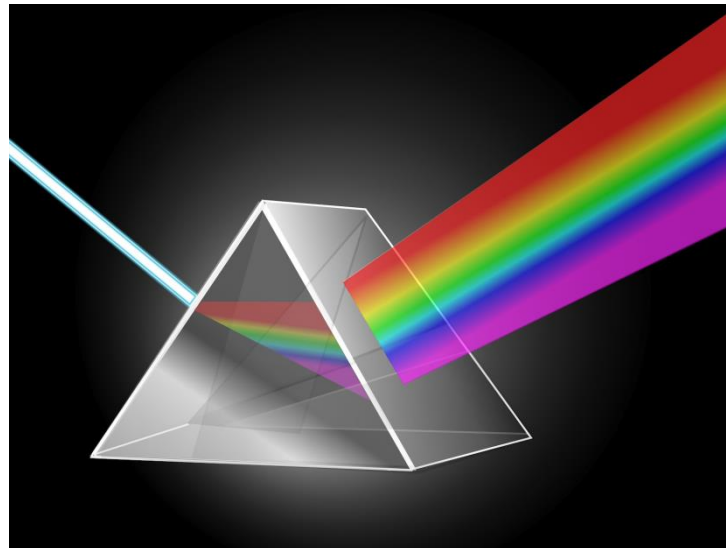
La luz es una banda estrecha dentro del espectro electromagnético y presenta todos los atributos de las ondas clásicas:

- Frecuencia
- Longitud de Onda
- Amplitud

Longitud de onda

- La frecuencia de la luz es muy alta.
- Los valores correspondientes a la **luz visible** oscilan entre 380 y 760 nm.
- La longitud de onda determina el color (desde el rojo hasta el violeta), esta gama forma el **espectro de color**.
- La mayoría de las fuentes de luz son policromáticas (combinación de longitudes de onda).

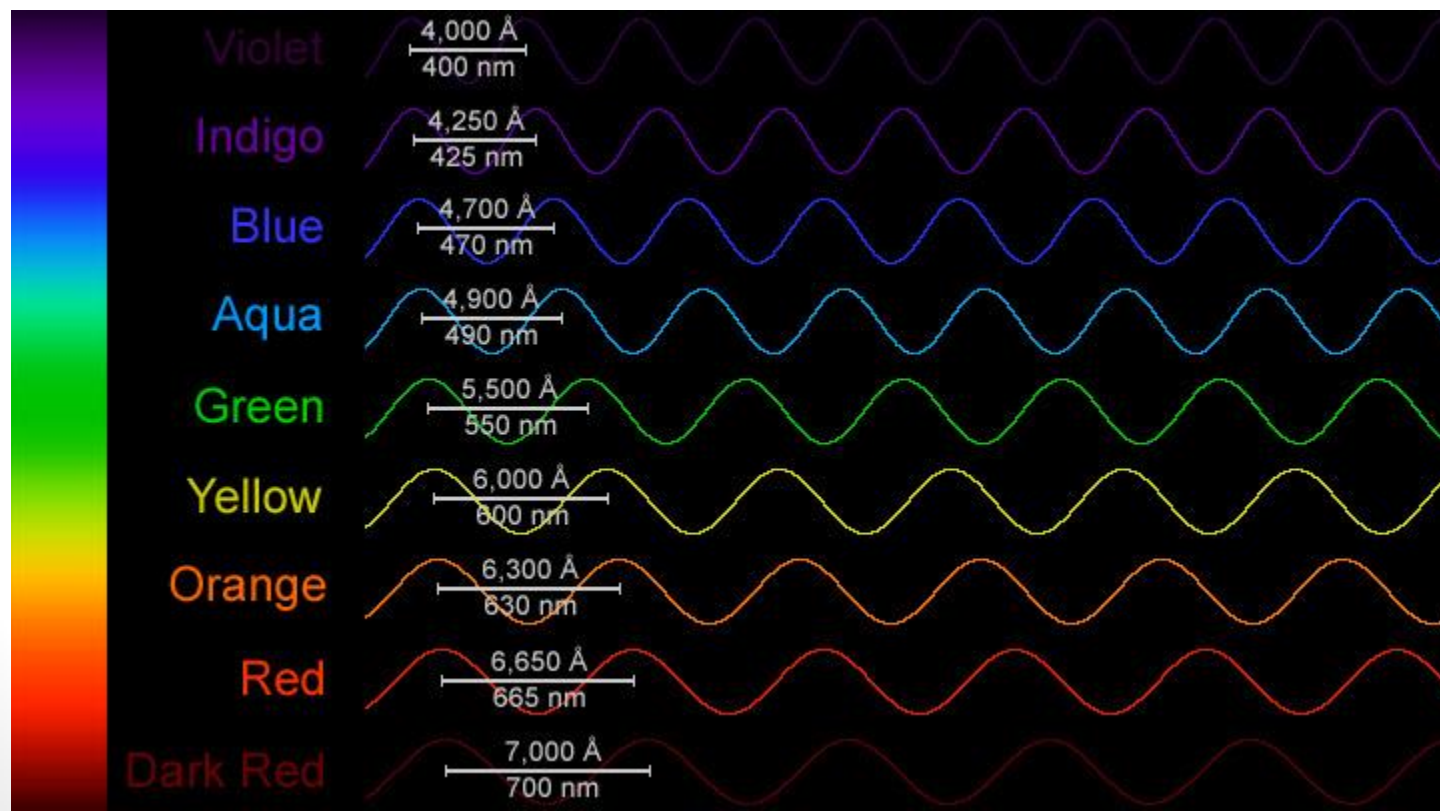
PRISMA DE NEWTON
Los rayos de diferentes longitudes de onda de la luz se refractan en distinto ángulo, mostrando la composición policromática de la luz



Longitud de onda

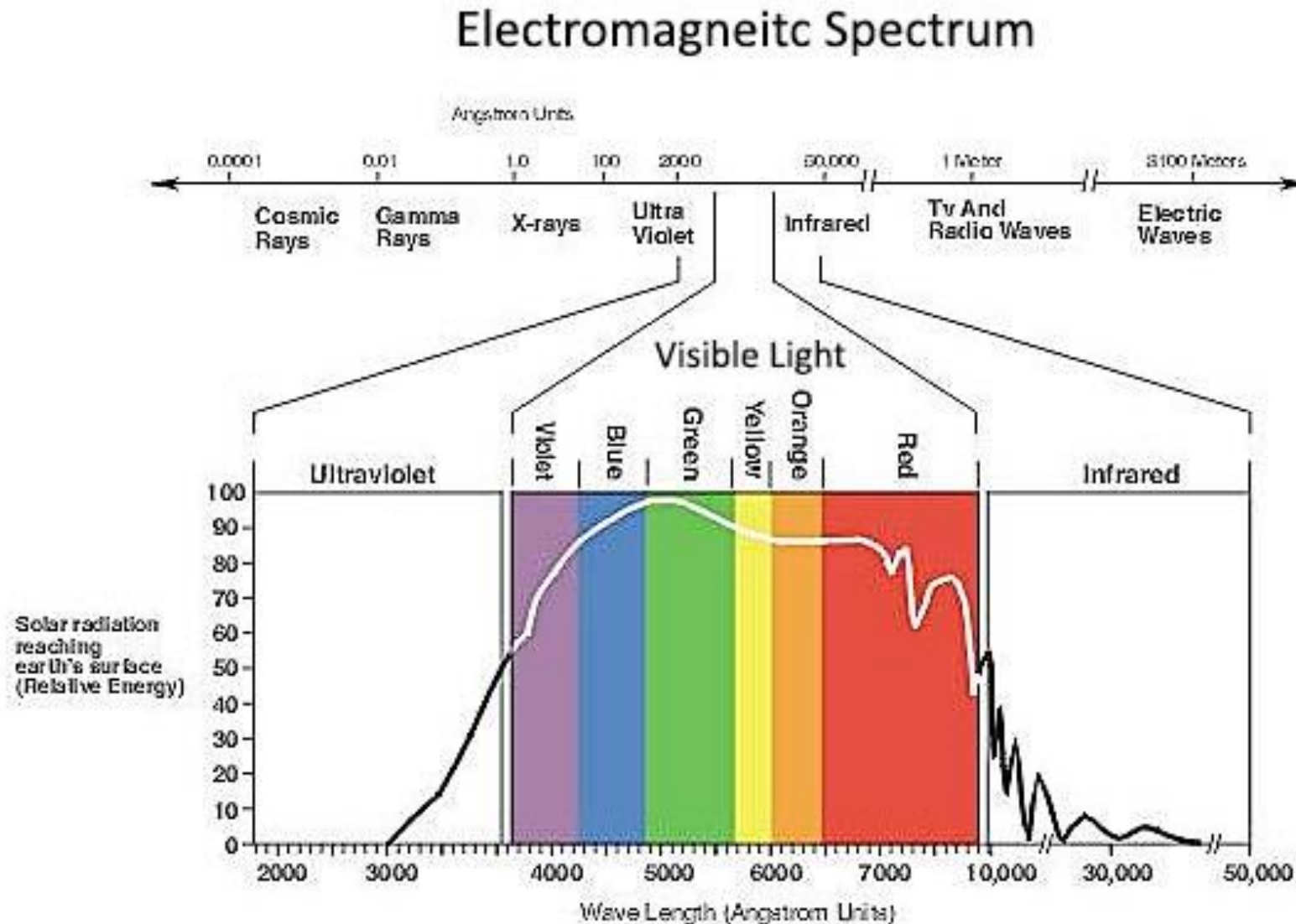
380nm 450nm 490nm 560nm 590nm 630nm 780nm

| | | | | |



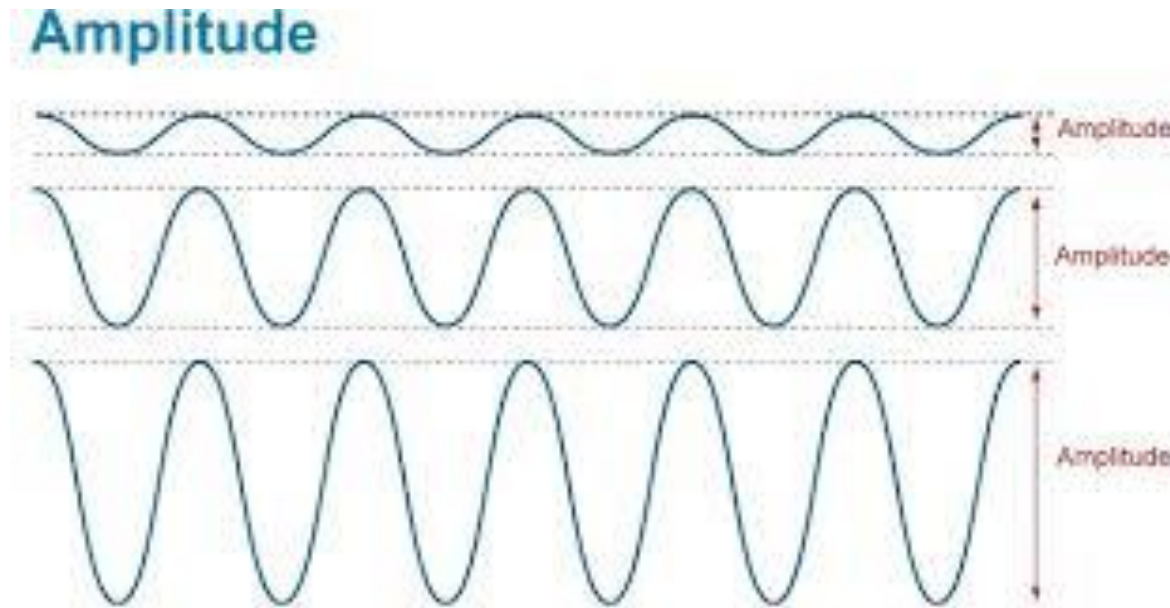
Luz visible		
Color	Frecuencia	Longitud de onda
Violeta	668–789 THz	380–450 nm
Azul	631–668 THz	450–475 nm
Ciano	606–630 THz	476–495 nm
Verde	526–606 THz	495–570 nm
Amarillo	508–526 THz	570–590 nm
Naranja	484–508 THz	590–620 nm
Rojo	400–484 THz	620–750 nm

Composición de la luz del sol



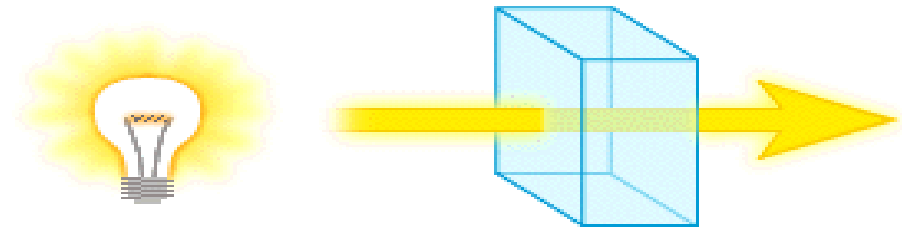
Amplitud

- Todas las fuentes de luz emiten ondas uniformemente en todas las direcciones.
- El ojo percibe la amplitud de las ondas como **brillantez** o **luminancia**.
- La atmósfera contiene partículas que absorben las ondas de luz.
- La amplitud de la luz emitida decrece proporcionalmente con el cuadrado de la distancia.



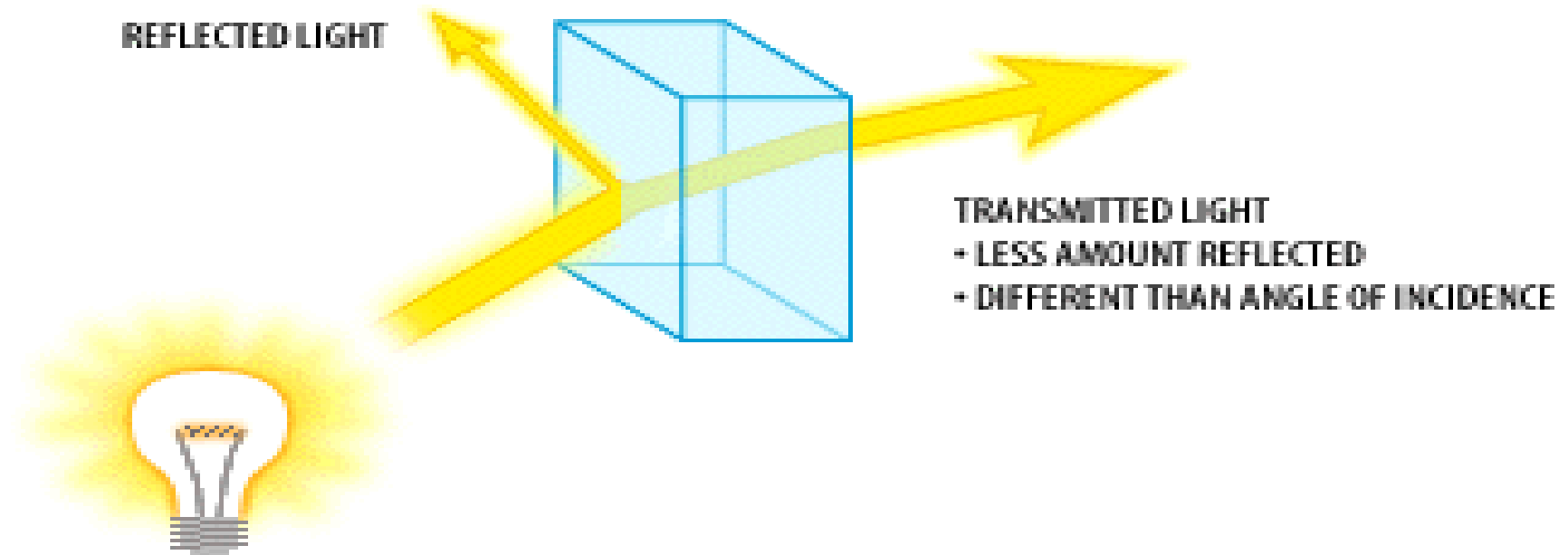
Transmisión de la luz

- Algunos objetos transmiten las ondas de luz atravesando su estructura.
- Dependiendo del grado de transmisión hablamos de:
 - Opacidad
 - Translucidez
 - Transparencia



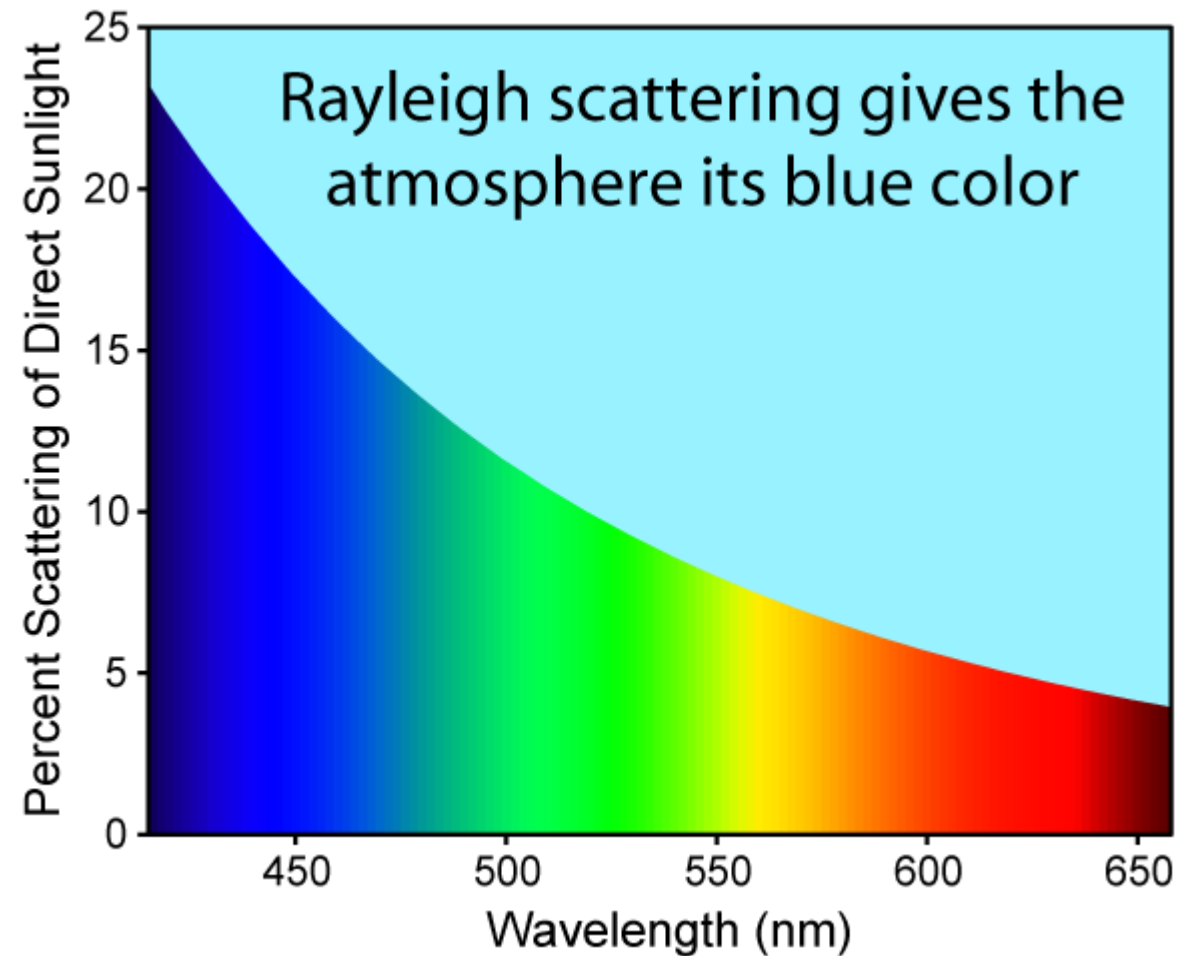
Transmisión de la luz

- Dependiente del fenómeno de transmisión es el fenómeno de **refracción**.



Dispersión

- Dispersión de la luz:
 - La luz del sol provoca que las moléculas de la atmósfera vibren produciendo fuentes adicionales de luz de amplitud reducida. Este efecto de dispersión de la luz produce la luz difusa ambiental.



Why is the sky blue?

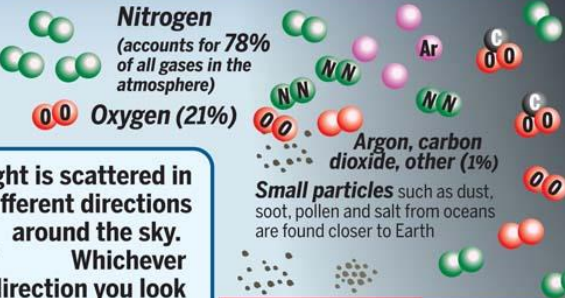
Contrary to what some people think, the blue sky colour is not a reflection of the water on Earth. The colour is due to Rayleigh scattering.

Visible light

- Visible light has a colour range of violet through red
- All the colours mixed together create white light
- Violet is the shortest wavelength
- Red has the longest wavelength (travels the farthest)

What's in the atmosphere

The atmosphere is the mixture of gases and other materials that surround the Earth in a thin, mostly transparent shell. It is held in place by the Earth's gravity.



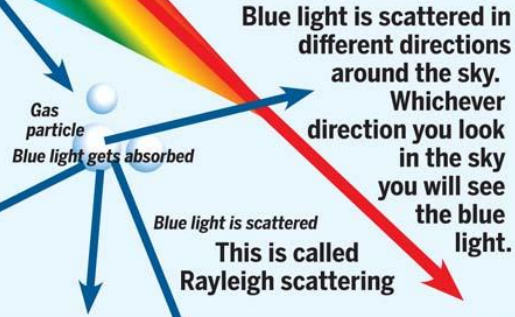
The black sky

Out in space, the sky looks dark and black, instead of blue. This is because there is no atmosphere — there is no scattered light to reach your eyes.

Light travels through space in a straight line as long as nothing disturbs it.

The blue sky

Gas particles make up the atmosphere. These are smaller than a wavelength of light. When light hits a gas molecule, some of it gets absorbed. The higher frequency blues are more often absorbed than the lower frequency reds. After awhile, the molecule radiates (releases, or gives off) the light in different directions. The colour that is radiated is the same colour that was absorbed.

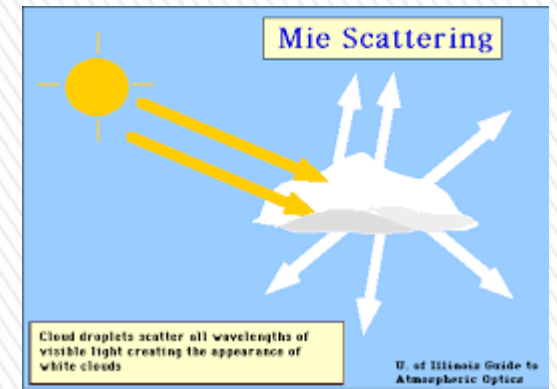
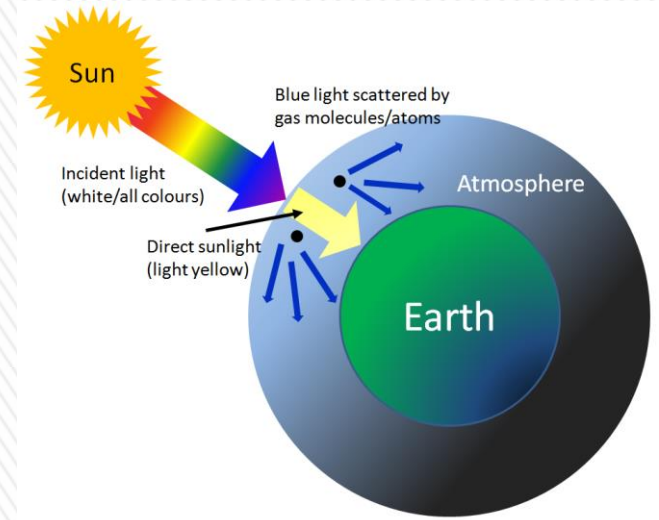
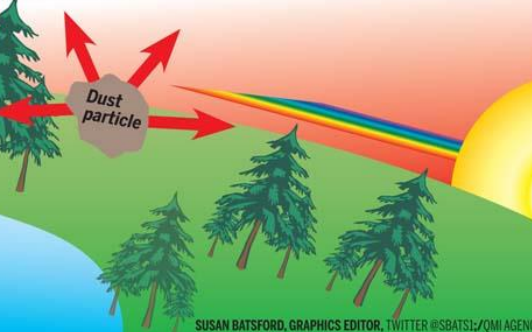


The white horizon

As you look closer to the horizon, the sky appears paler. To reach you, the scattered blue light must pass through more air. Some of it gets scattered away in other directions. Less blue light reaches your eyes.

The red sunset

As the sun begins to set, it's further away from you. The light must travel a longer path in the lower atmosphere to get to you. The lower atmosphere contains particles such as aerosols, dust and water droplets. These particles reflect the light that hits them, therefore you see more red.



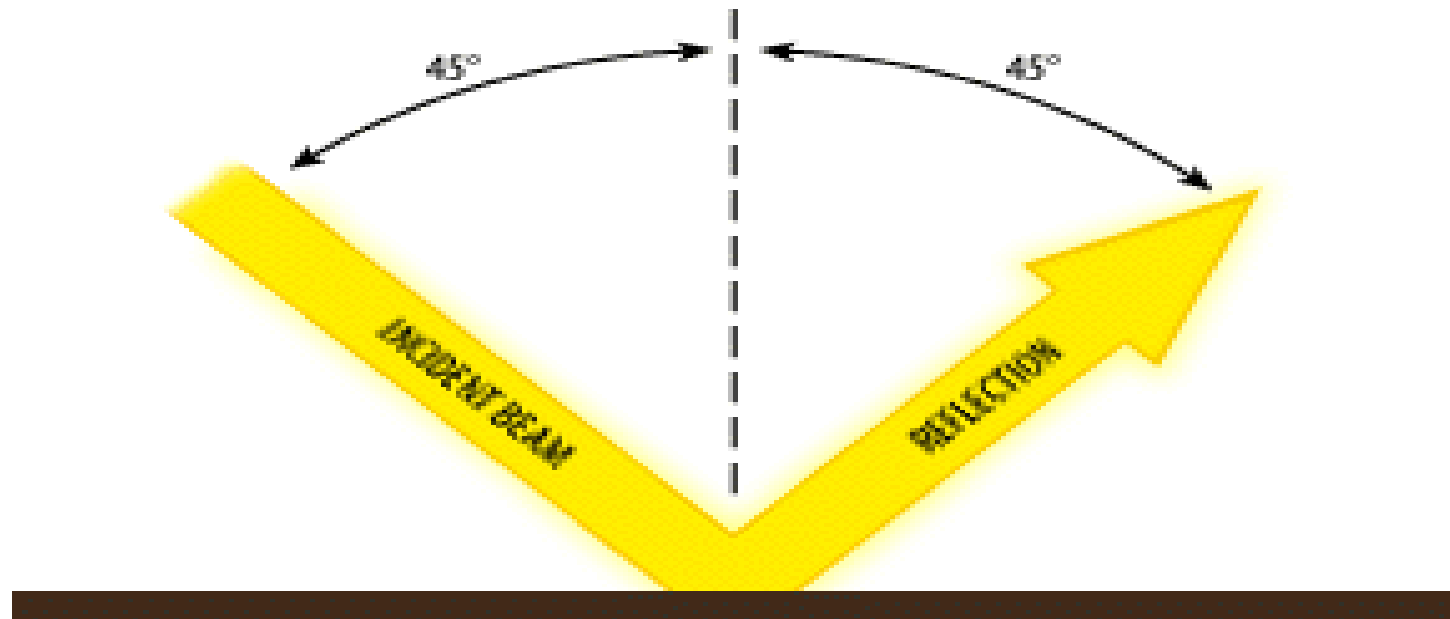
• TABLE 19.1

The Various Types of Scattering of Visible Light

TYPE OF PARTICLE	PARTICLE DIAMETER (MICROMETERS, μm)	TYPE OF SCATTERING	PHENOMENA
Air molecules	0.0001 to 0.001	Rayleigh	Blue sky, red sunsets
Aerosols (pollutants)	0.01 to 1.0	Mie	Brownish smog
Cloud droplets	10 to 100	Geometric	White clouds

Reflexión especular

- Es la producida por superficies tersas y pulidas como un espejo.



Reflexión difusa

- Es lo opuesto a la especular y se produce sobre superficies mates



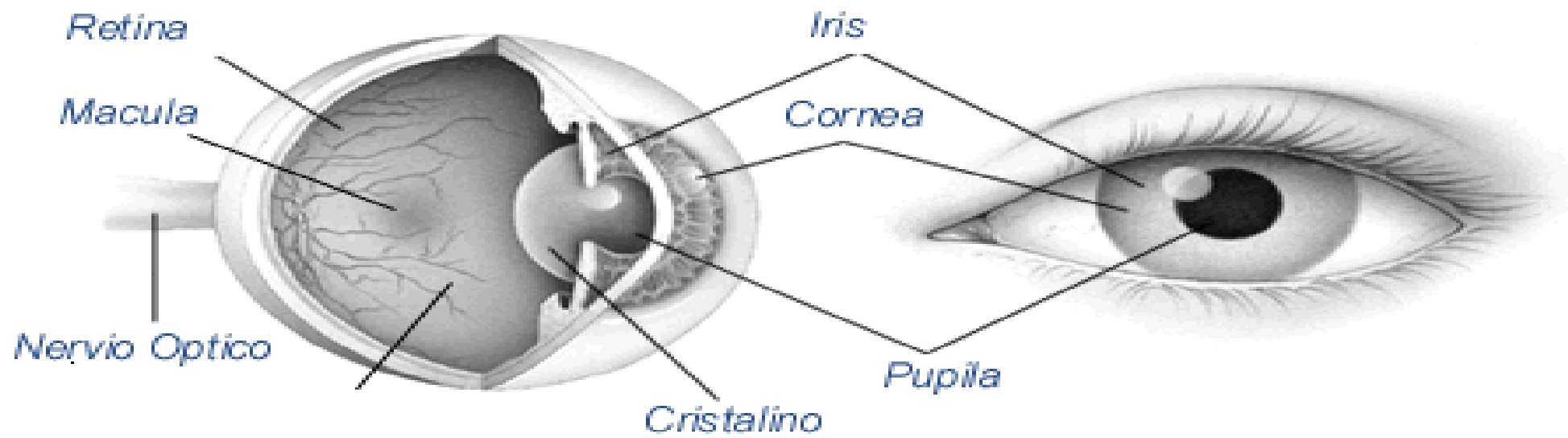


Visión humana y visión por computadora

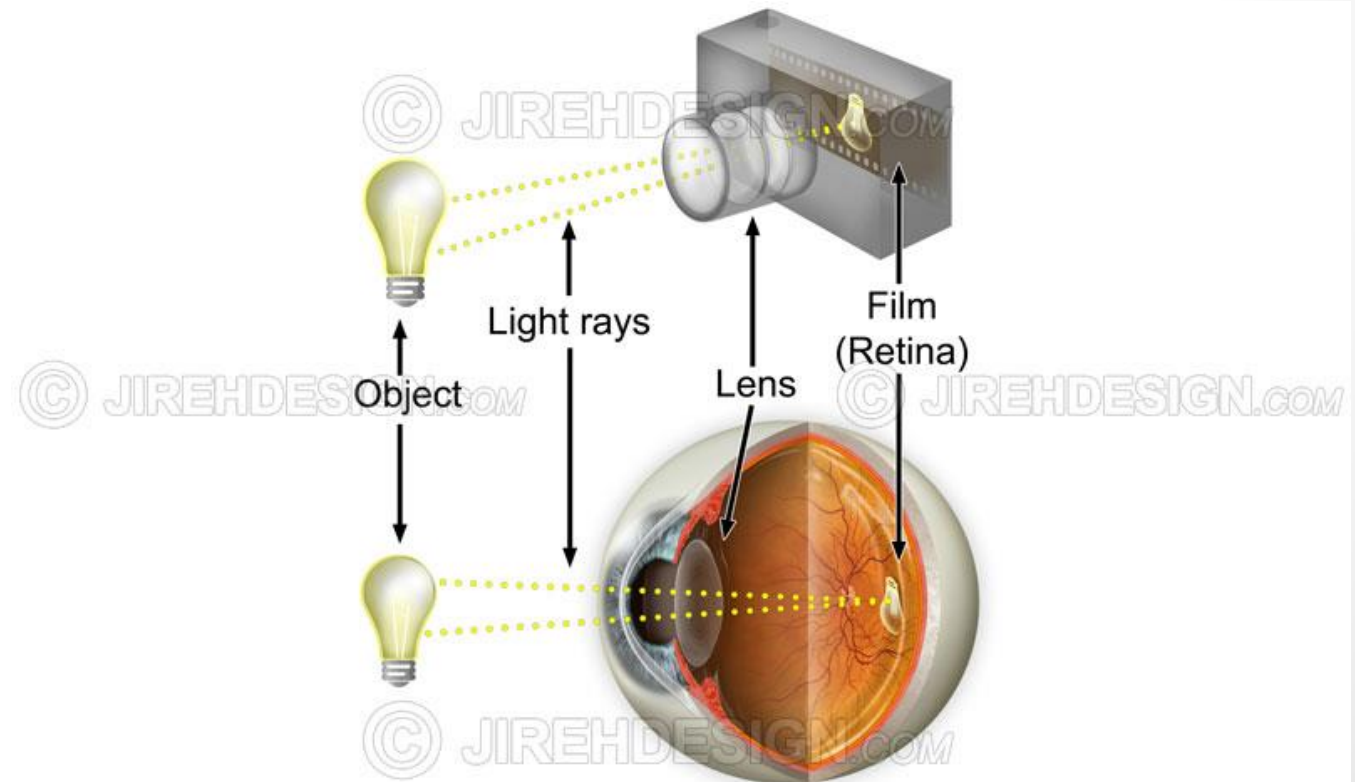
- **Visión Humana**

El Ojo



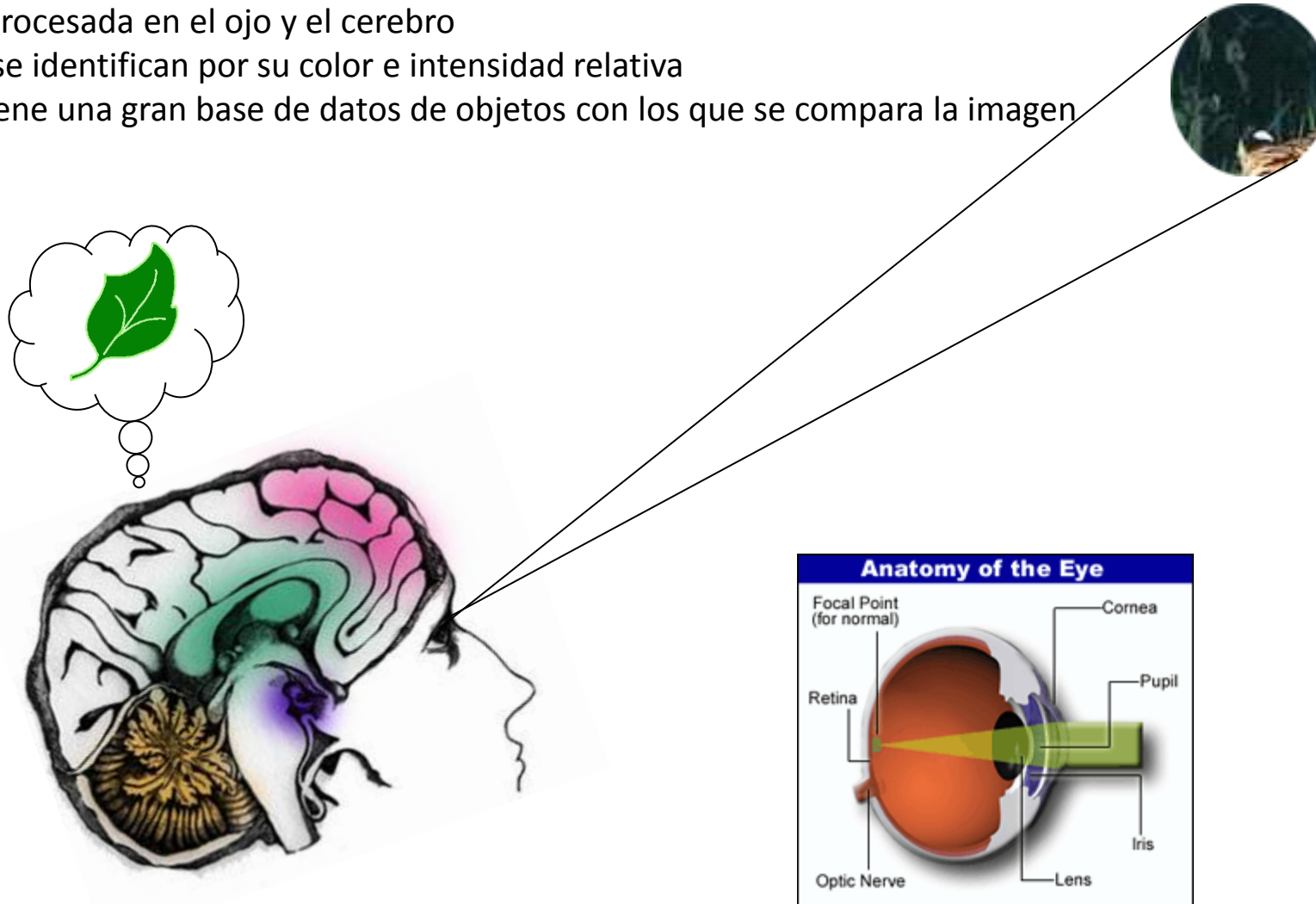


El ojo funciona como una cámara



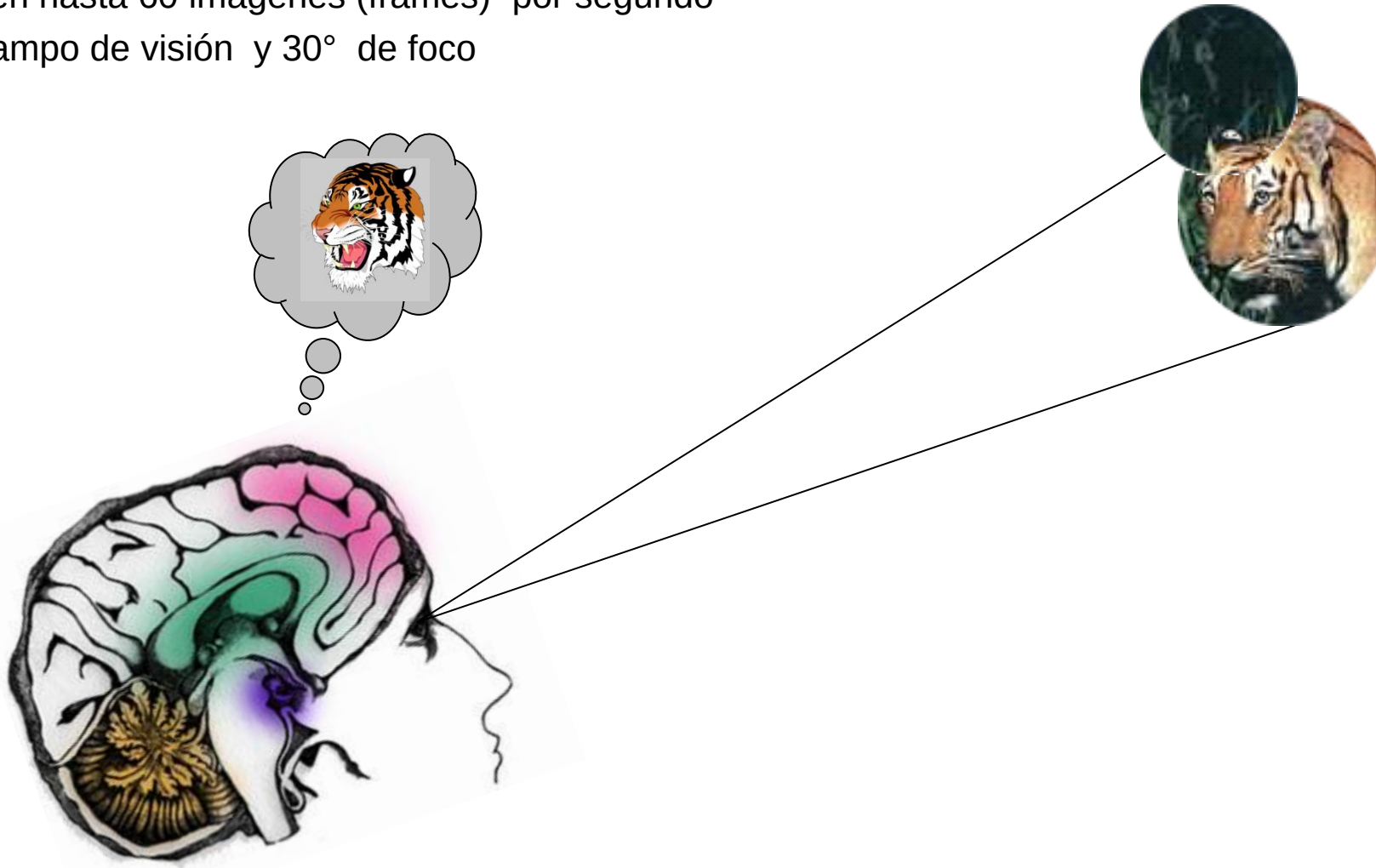
El ojo como un sensor remoto

- Trabaja en el espectro visible(350 - 750 nm)
- La señal es procesada en el ojo y el cerebro
- Los objetos se identifican por su color e intensidad relativa
- El cerebro tiene una gran base de datos de objetos con los que se compara la imagen



El ojo como un sensor remoto

- Los ojos ven hasta 60 imágenes (frames) por segundo
- 170° de campo de visión y 30° de foco

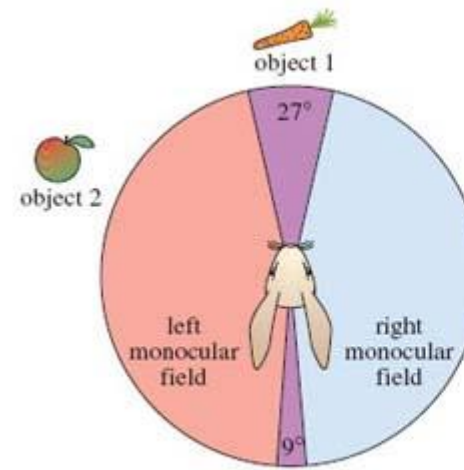
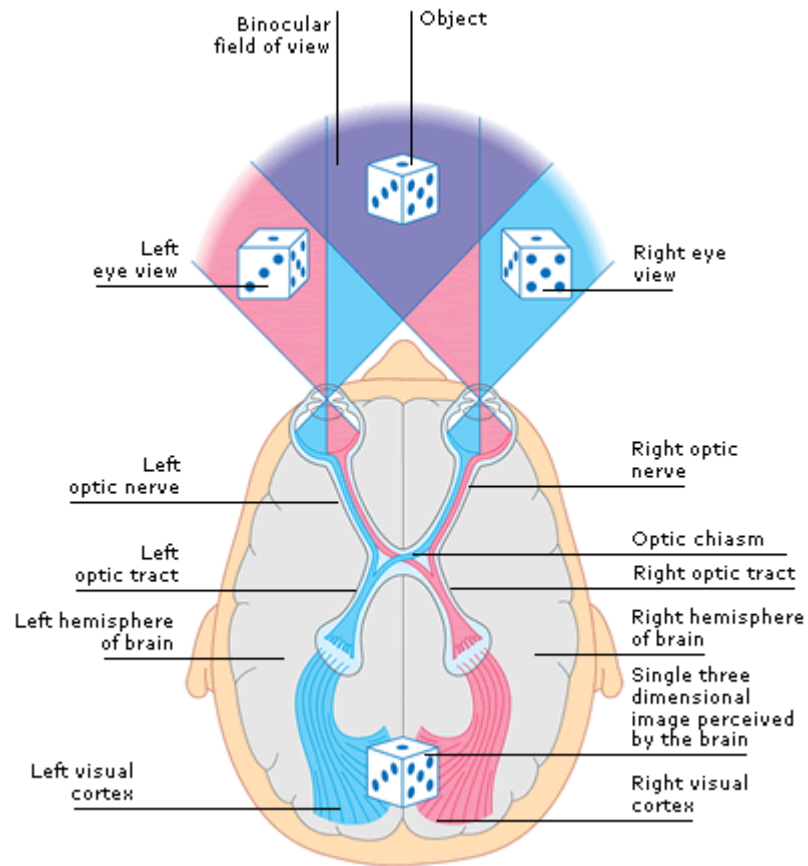


El ojo como un sensor remoto

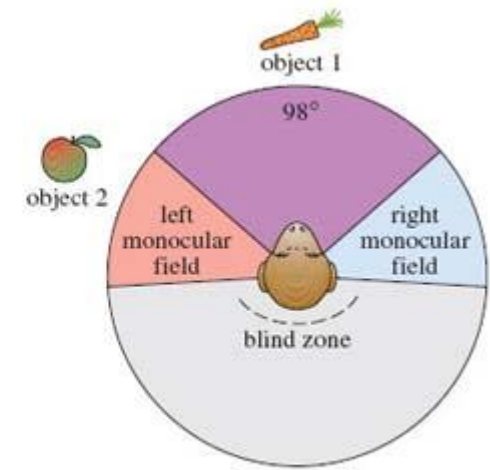
- El ojo tiene vista estereoscópica y con su base de datos cerebral, procesa la imagen y permite detectar posición, distancia, tamaño y movimiento de los objetos.



Vista estereoscópica



(a) rabbit

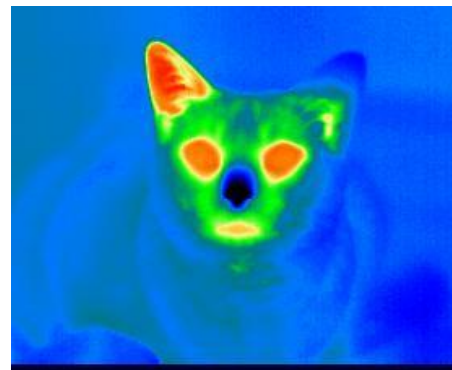
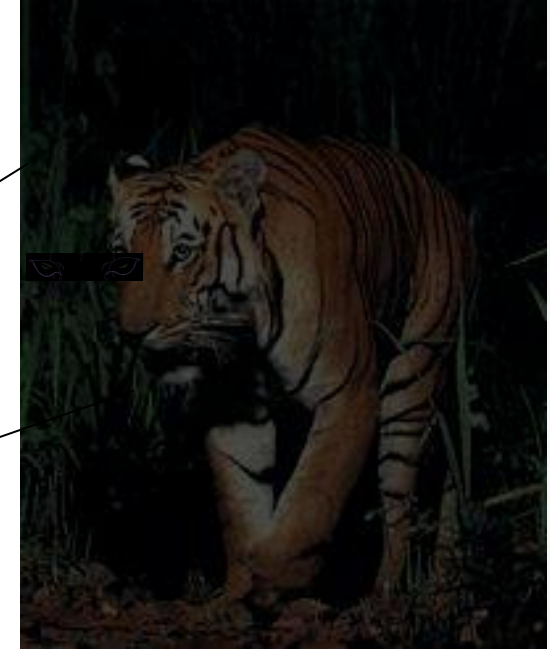


(b) monkey



El ojo como un sensor remoto

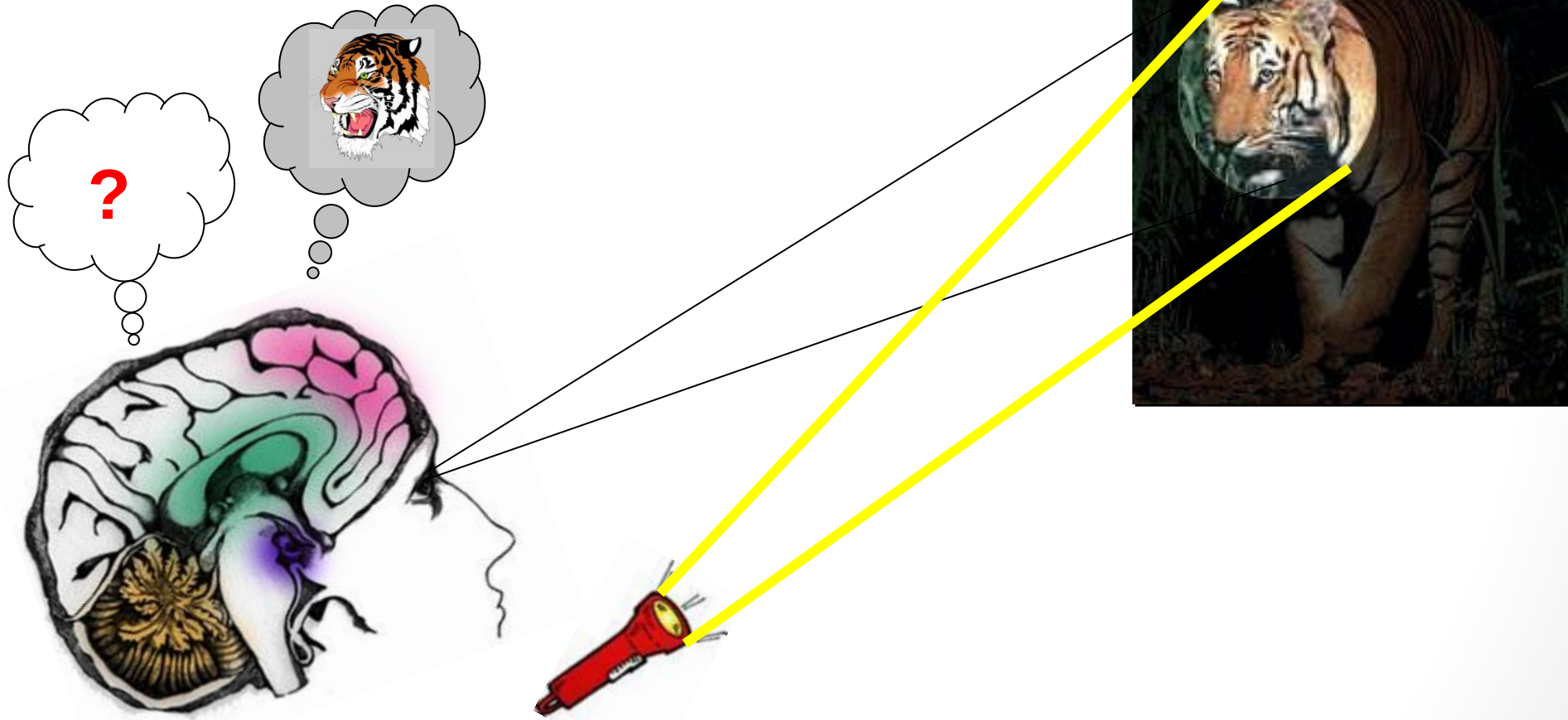
- El ojo es un sensor remoto pasivo, utiliza la luz del sol reflejada por el objeto.
- No detecta las emisiones térmicas de los objetos



8-14 microns image of a cat

El ojo como un sensor remoto

- O puede funcionar como un sensor remoto activo, cuando se utilizan fuentes artificiales de luz para ver objetos

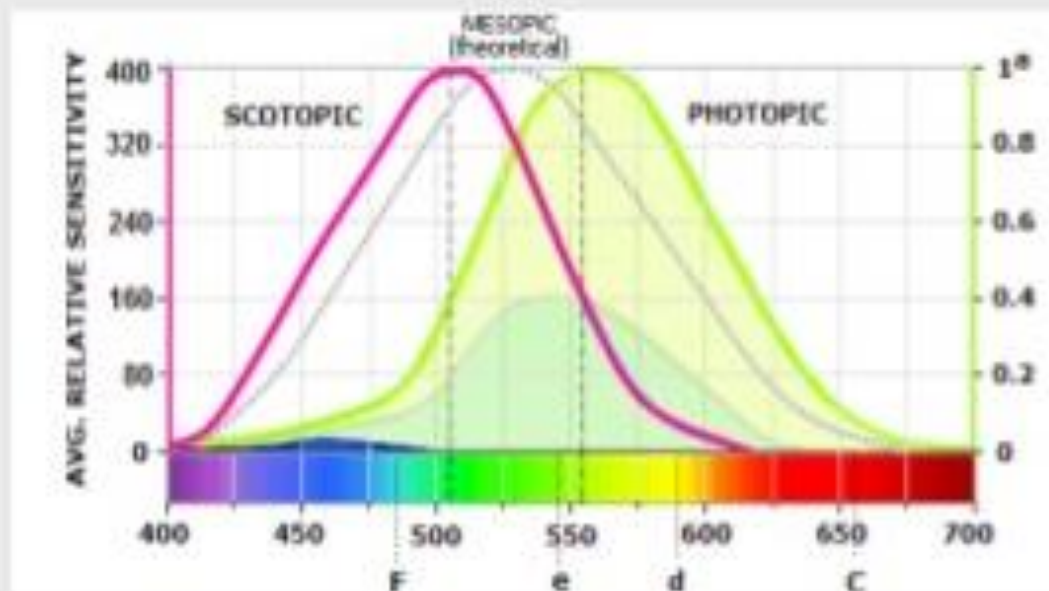


LUZ Y SISTEMA HUMANO DE VISIÓN

En la retina existen dos tipos de células fotosensibles:

- **Conos:** Responsables de la visión del color (visión fotópica). Hay tres tipos de conos: sensibles al rojo, verde y azul respectivamente. Dada la forma de conexión de las terminaciones nerviosas que van al cerebro, son responsables de la definición espacial.
- **Bastones:** Se concentran en zonas alejadas de la fovea. Responsables de la visión escotópica (visión a bajos niveles de intensidad). No son sensibles al color.

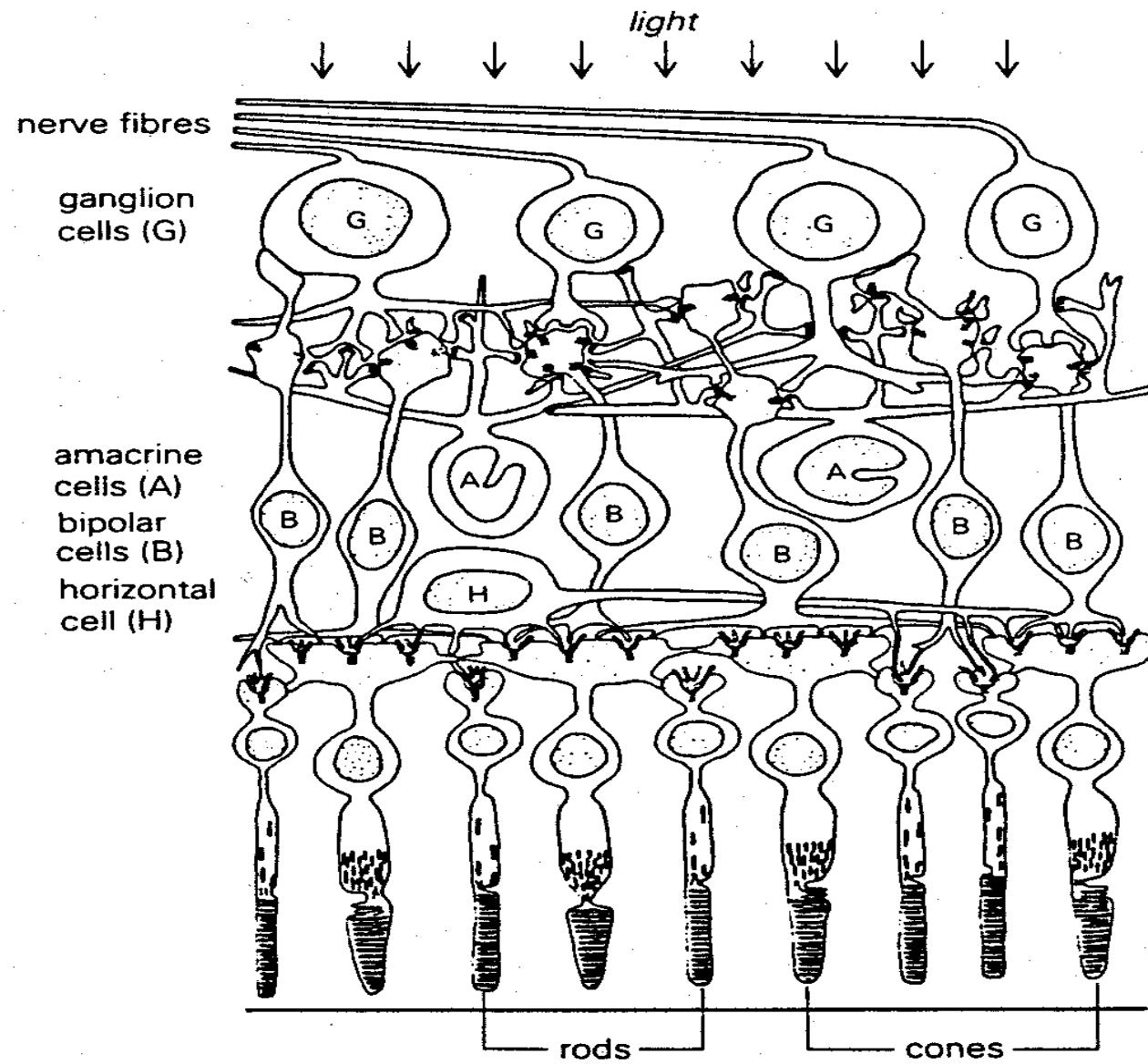
LA VISIÓN



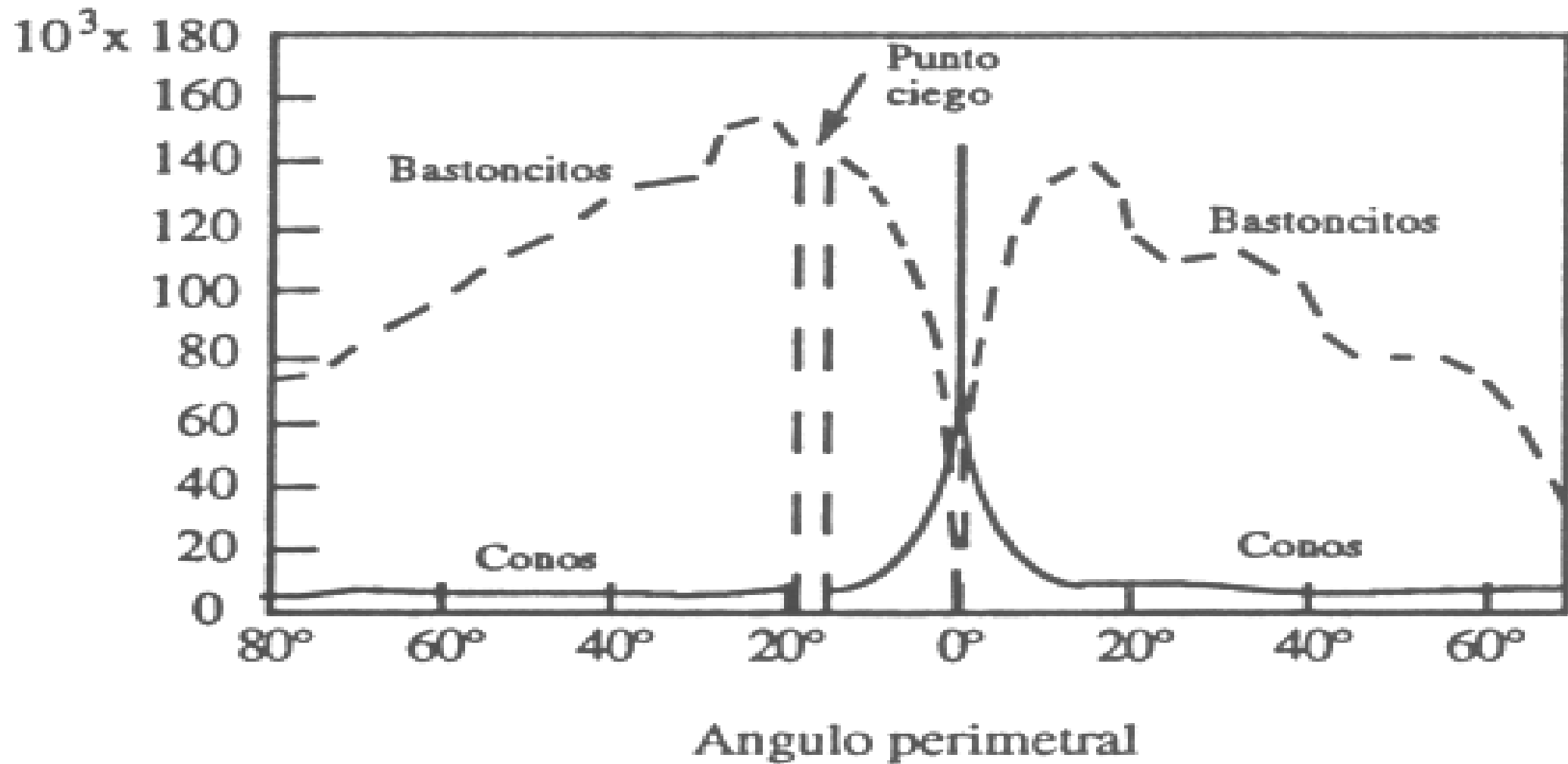
Nuestros ojos captan:

Color: Energía luminosa en ciertas gamas del espectro- Visión Fotópica - Conos

Intensidad luminosa: Visión Escotópica- Bastoncitos

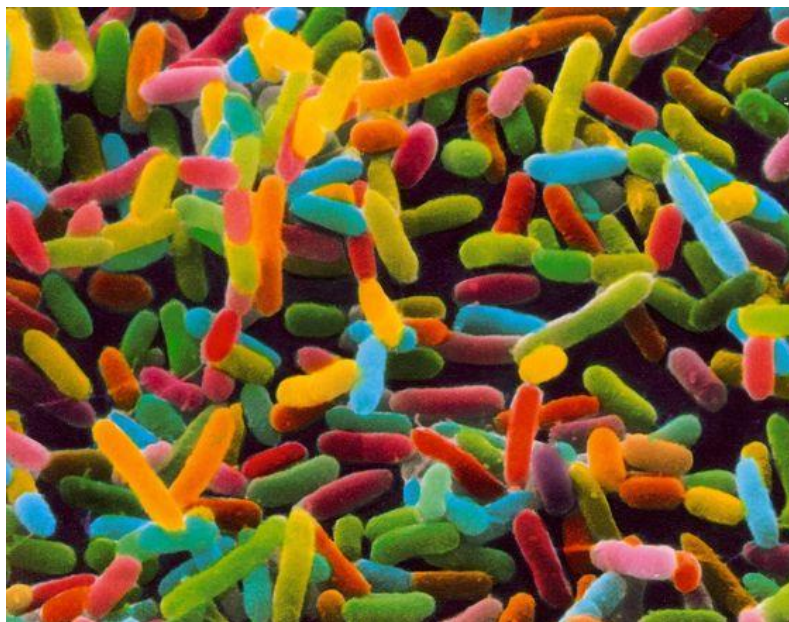
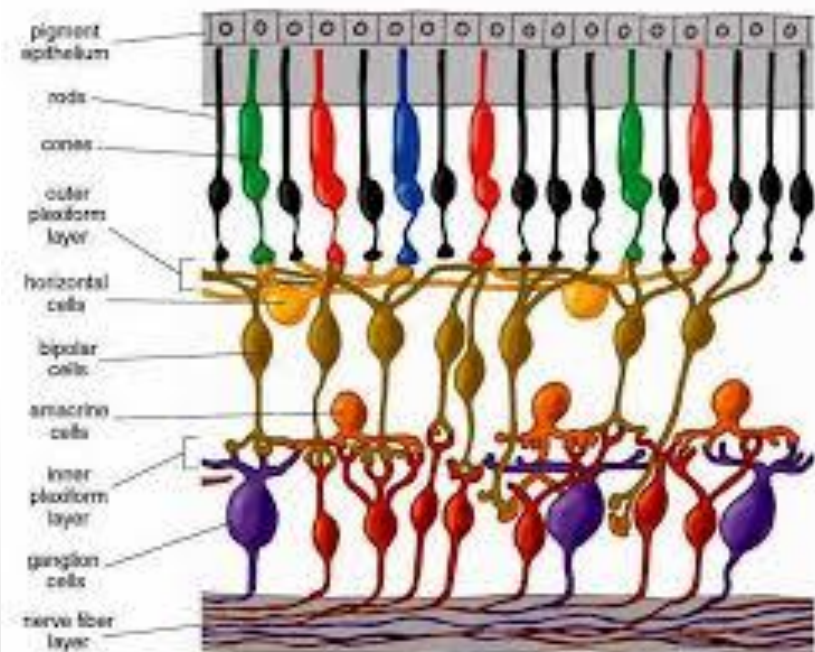


LUZ Y SISTEMA VISUAL HUMANO

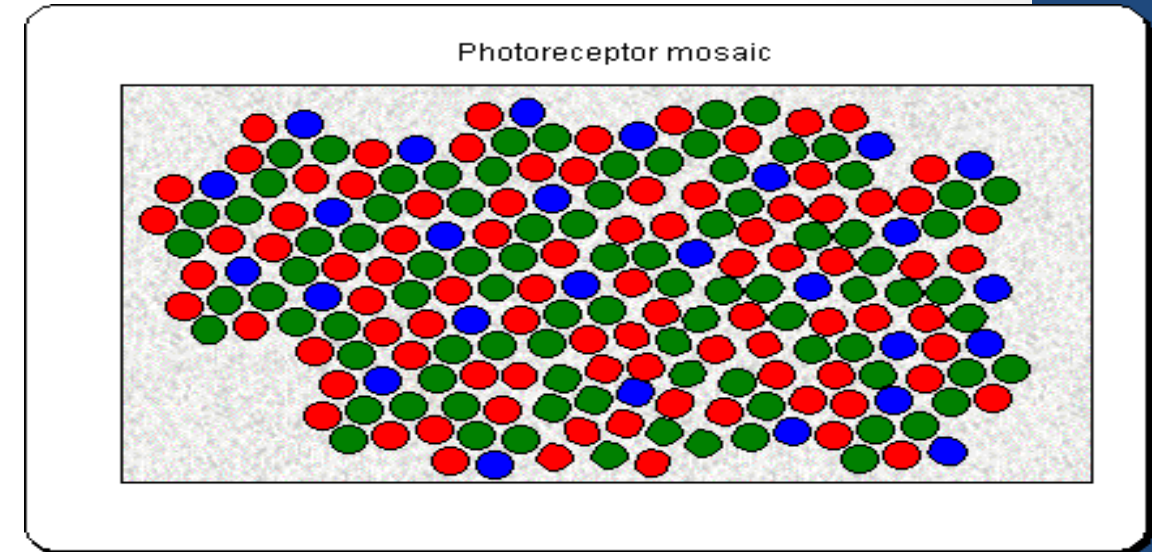
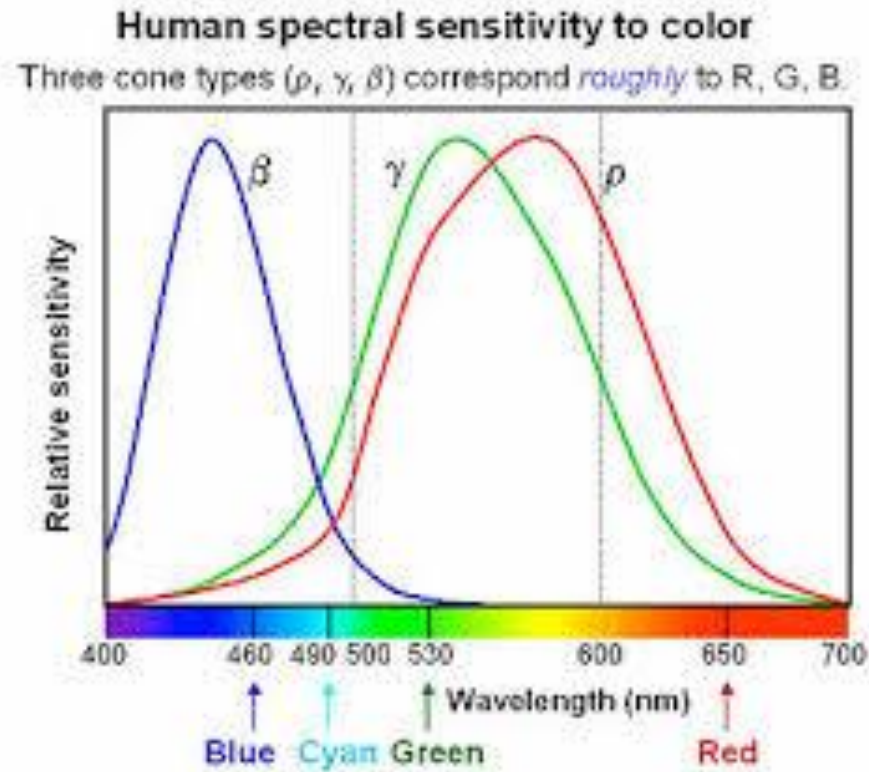


Vision de Color CONOS

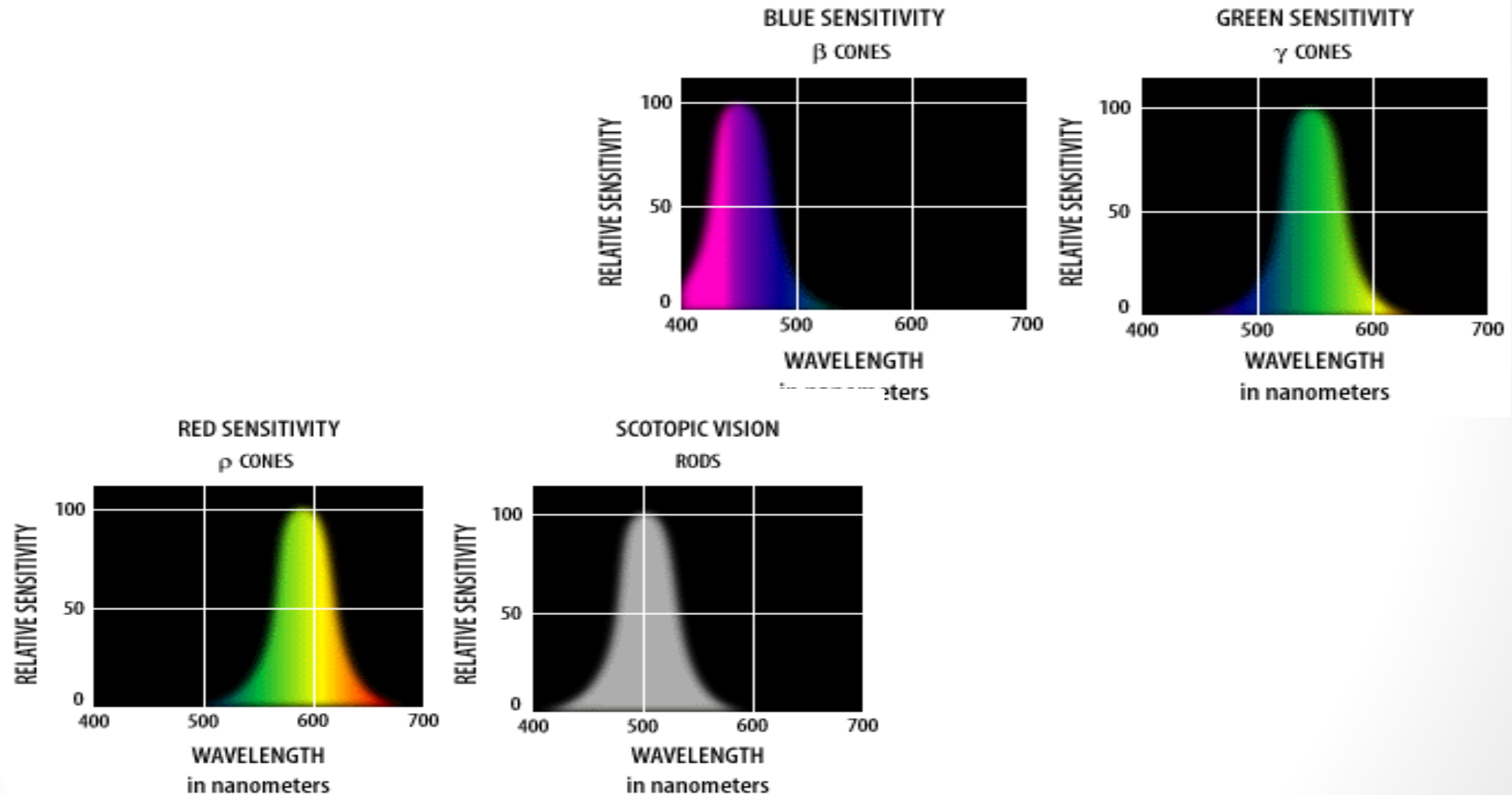
- Colores azul, rojo y verde
- Responsables de la visión en color
- Operan con altos niveles de luz
- Se concentran en el centro del ojo
- Pueden detectar al menos 8 millones de colores
- Los conos más comunes son rojos y verdes
- Normalmente están juntos



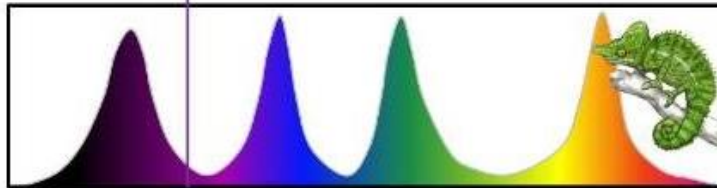
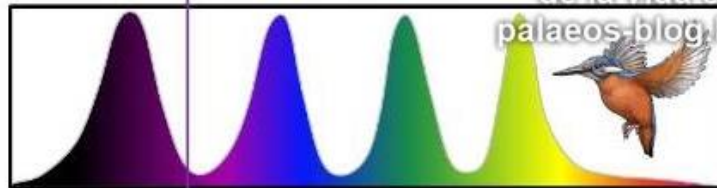
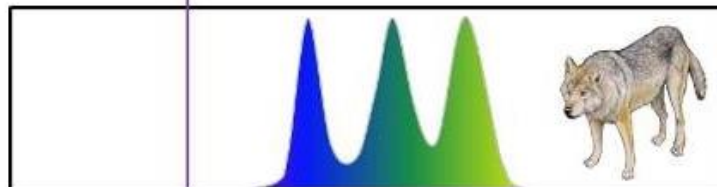
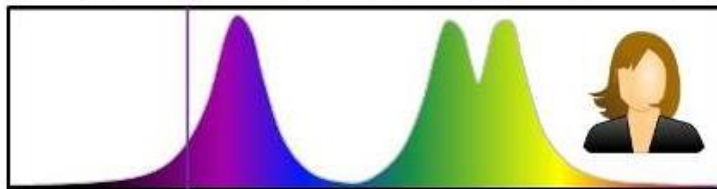
Visión humana del color



Visión humana del color



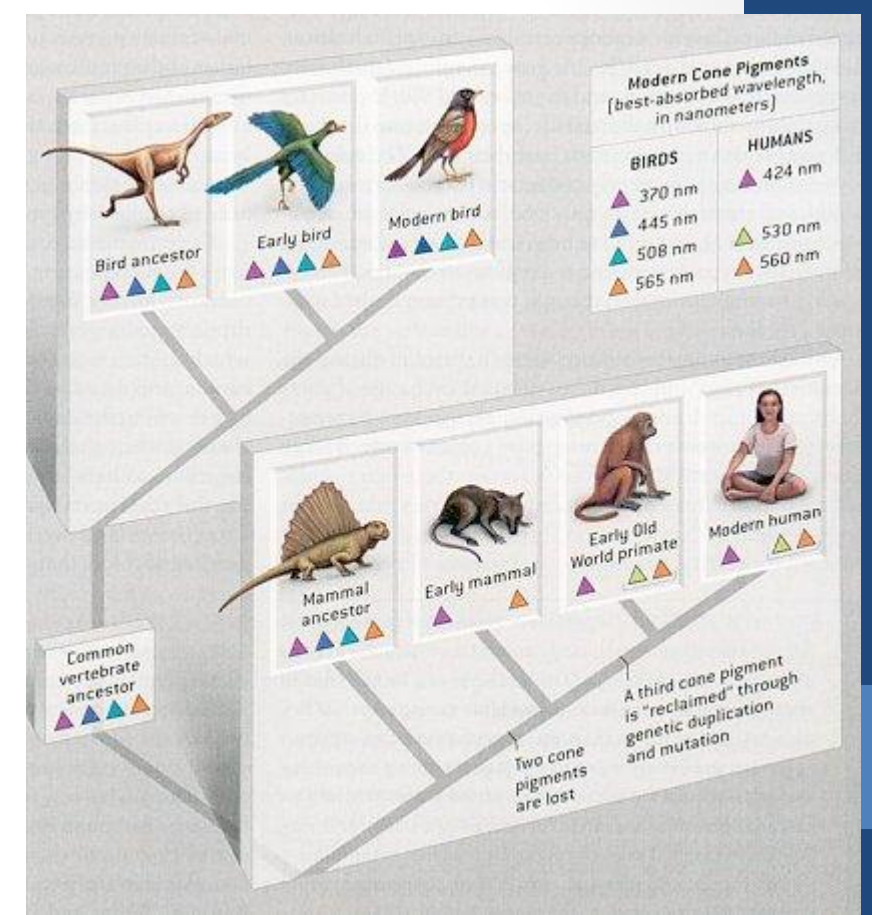
Longitud de onda
nm 350 400 450 500 550 600 650



Palaeos, la historia
de la vida en la tierra
palaeos-blog.blogspot.mx

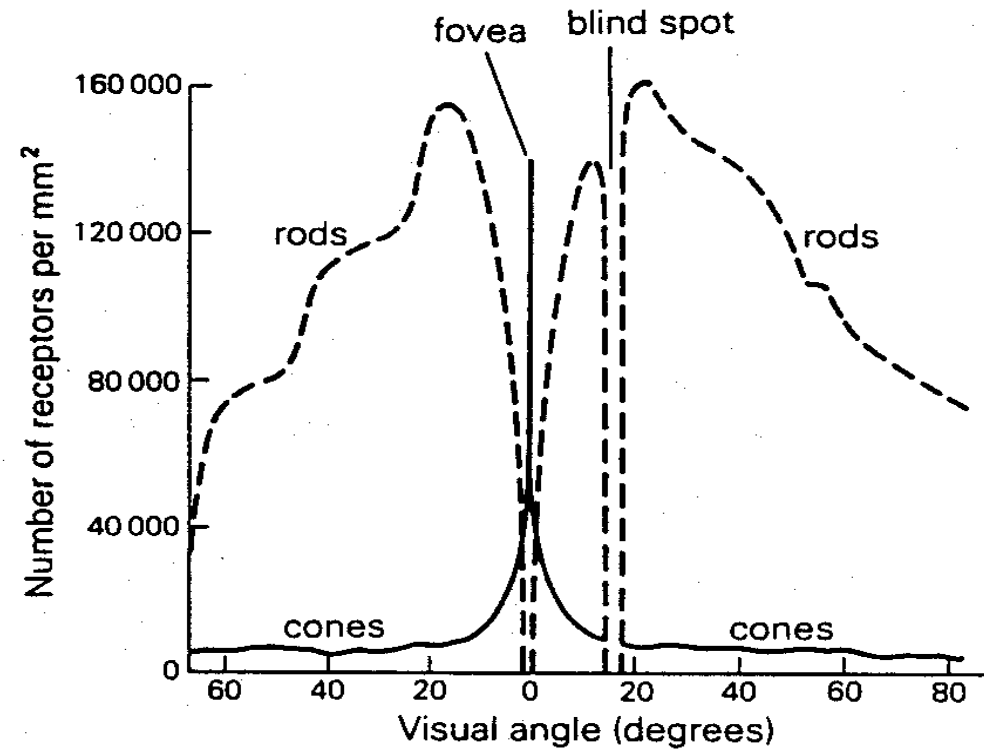


NO TODOS LOS ANIMALES VEN EL COLOR IGUAL

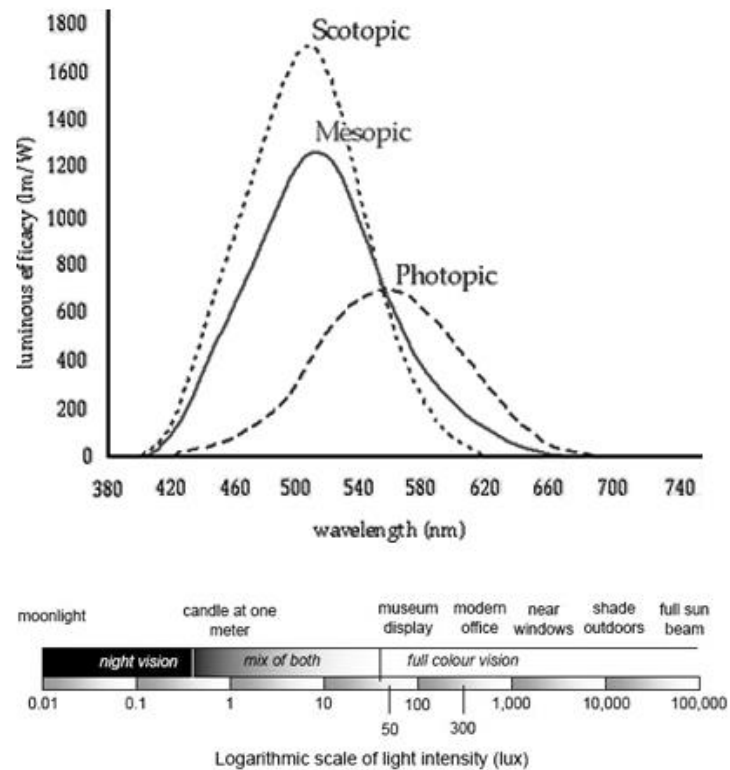


Bastones

- ▶ Detectan solo niveles de gris
- ▶ Operan con bajas intensidades de luz
- ▶ Distribuidos en todo el ojo
- ▶ Pueden detectar 16 a 24 niveles de gris.



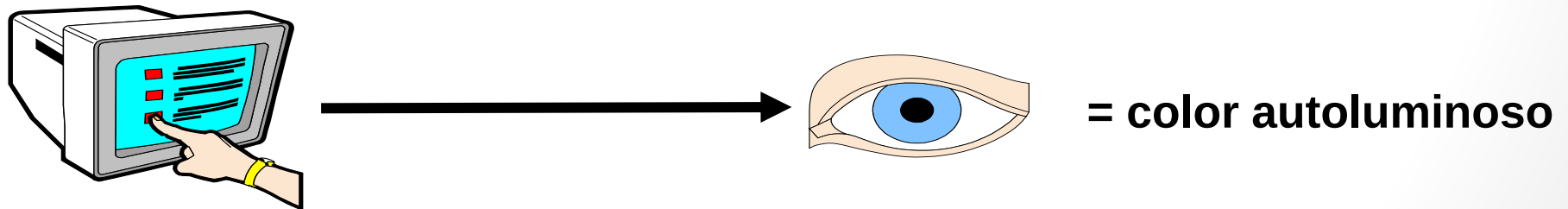
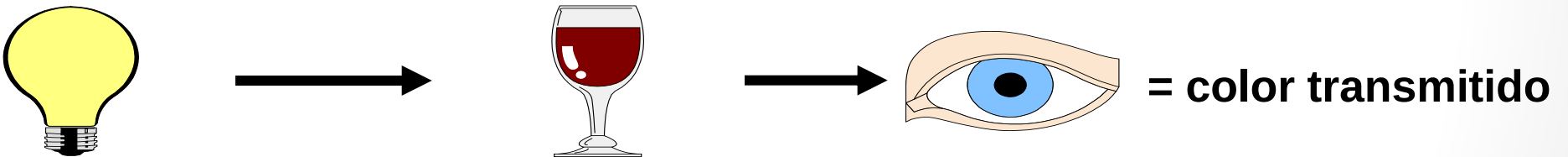
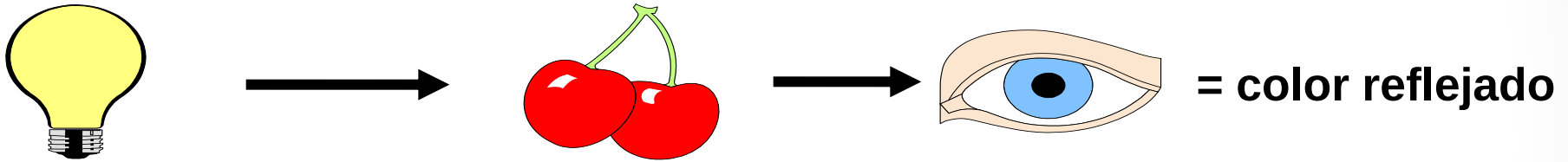
Vision escotópica



Teorías sobre el color

Fundamentos de Visión y Color

- Elementos básicos del color:
 - Fuente luminosa + Objeto + Observador



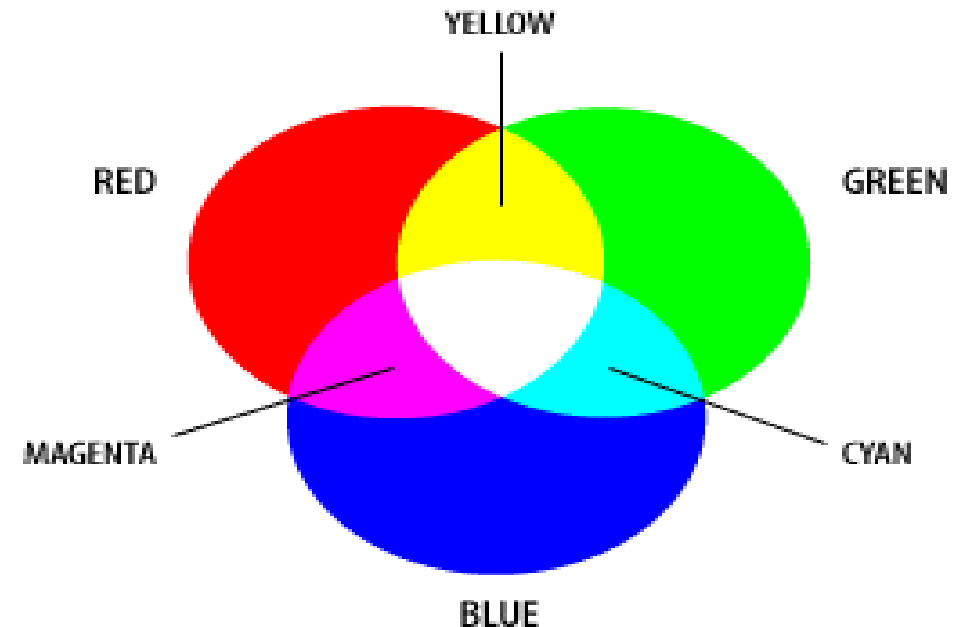
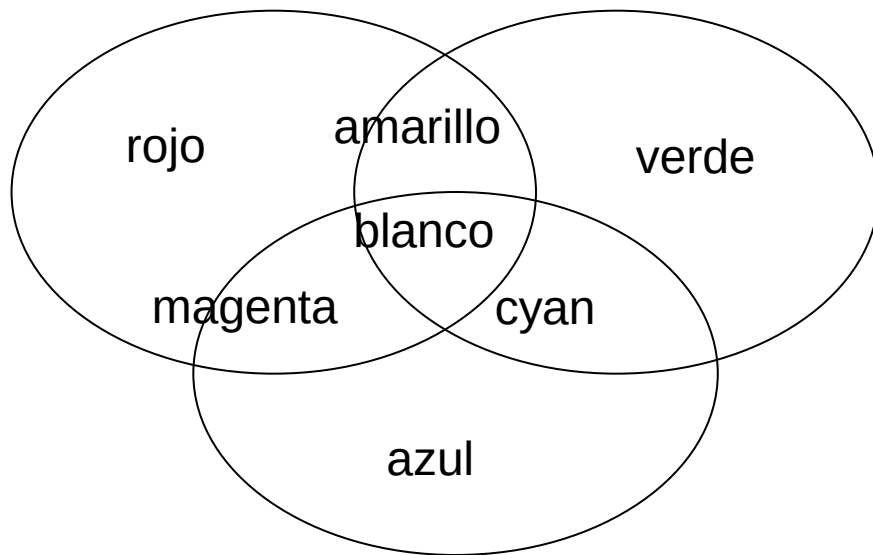
Color aditivo en la luz directa

- La percepción visual humana se basa en la **teoría tricromática** del color, es posible obtener cualquier color mezclando los tres colores básicos o primarios.
- La luz directa es la que proviene directamente del foco emisor (sol, tv, etc.) y sus longitudes de onda son de naturaleza aditiva.



Color aditivo en la luz directa

- Los tres colores primarios de la luz directa son: rojo, verde y azul.
- Las mezclas iguales de dos de los tres primarios producen colores complementarios.



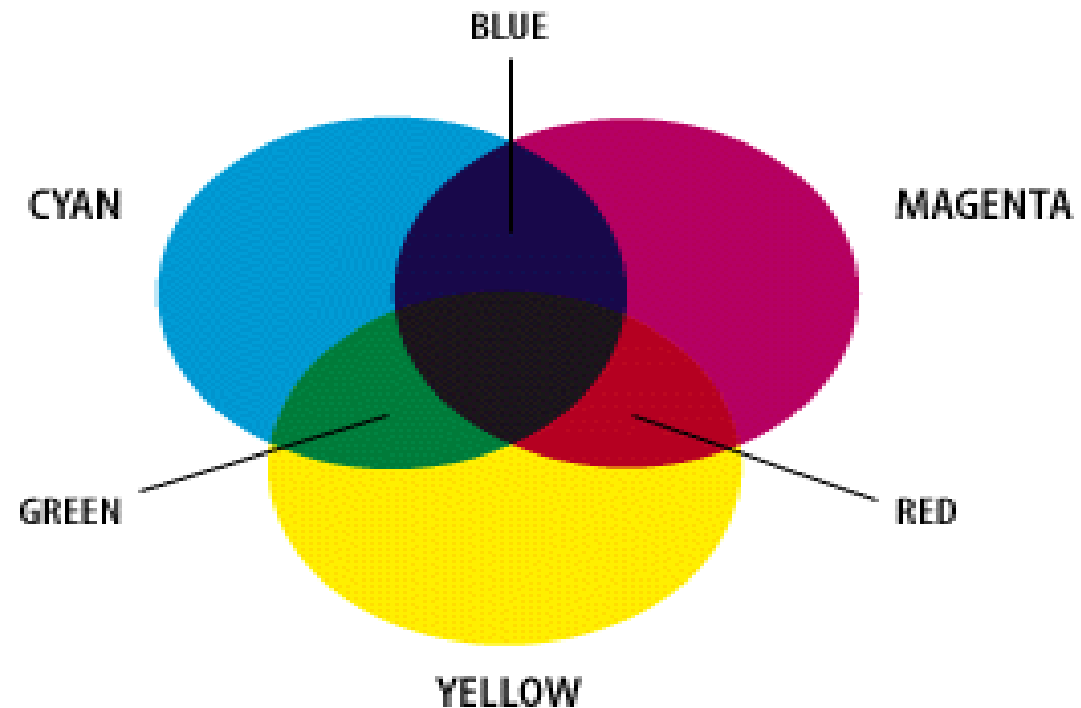
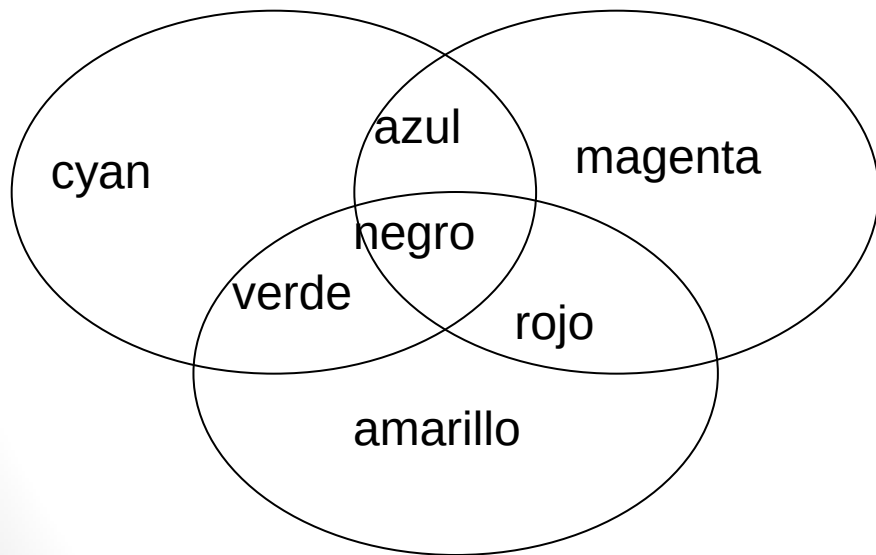
Colores sustractivos en la luz reflejada

- En el mundo real no es frecuente mirar directamente al foco emisor de luz, por lo que la mayoría de la luz que llega a los ojos es fruto de la incidencia de la luz directa sobre los objetos.
- Los objetos no tienen propiedades de color sino que las superficies reflejan o absorben las diferentes longitudes de onda.
- La luz reflejada opera de acuerdo con el principio del color sustractivo, p.e. La pintura roja absorbe todas las longitudes de onda excepto la del rojo.
- Es preciso tener en cuenta la teoría del color sustractivo al producir colores en medios reflejantes como el papel.



Colores sustractivos en la luz reflejada

- En este caso el rojo, verde y azul, serán colores complementarios de la combinación equilibrada de dos colores sustractivos.



Percepción del color:

Color subjetivo

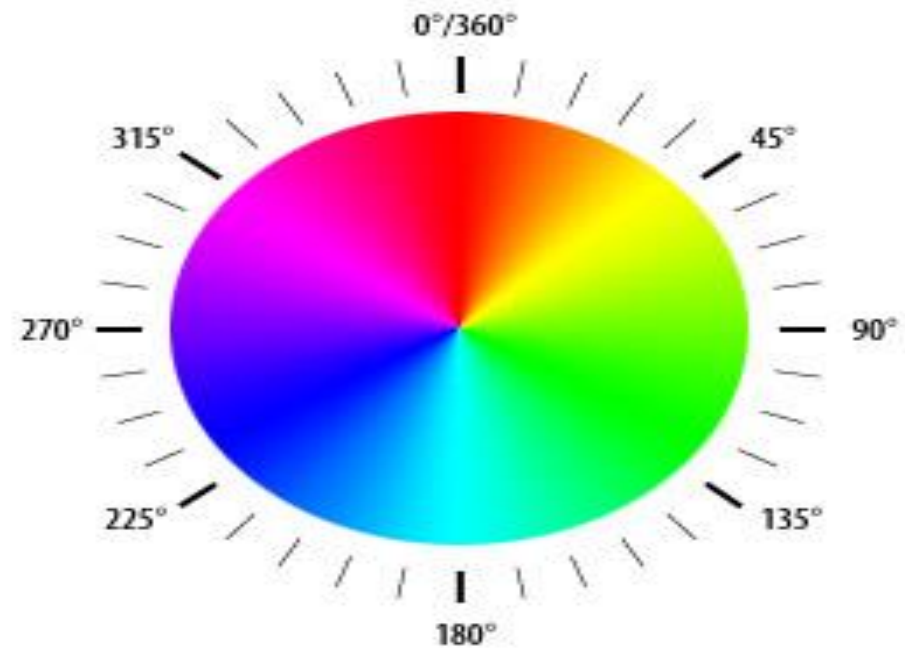
- Brillantez:
 - Es la percepción de lo claro u oscuro que es algo. En las representaciones en blanco y negro (que solo pueden representar brillantez) se hace mediante escalas de grises.



Percepción del color:

Color subjetivo

- Matiz:
 - Se refiere a los colores espectrales del rojo al púrpura. Dentro de cada uno de ellos hay una gran diversidad de colores subjetivos, p. e. El rosa, el color ladrillo, el burdeos, etc. Son todos matices del rojo.



Percepción del color:

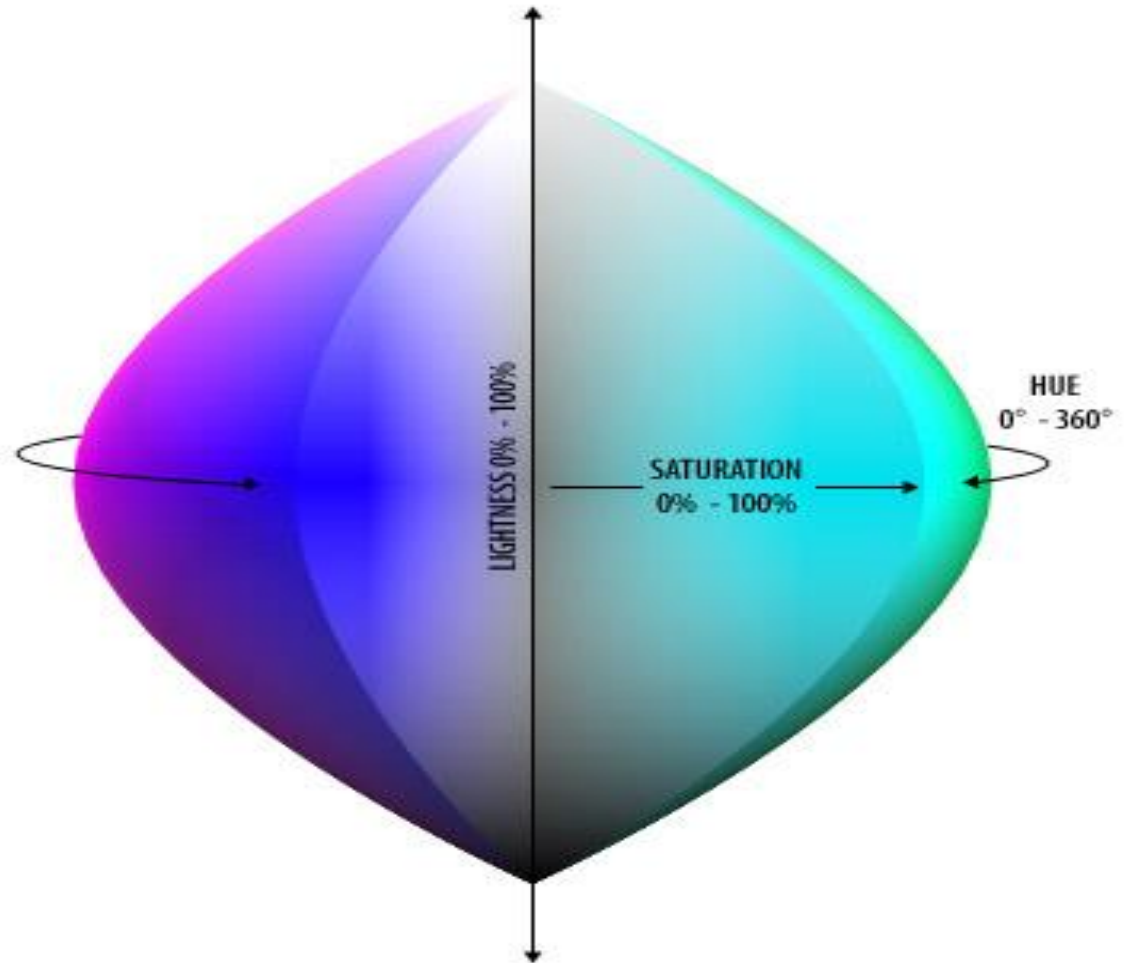
Color subjetivo

- Saturación:
 - Se refiere a la intensidad de un matiz sumada a su brillantez pura. La luz sin saturación es acromática.



El espacio de color

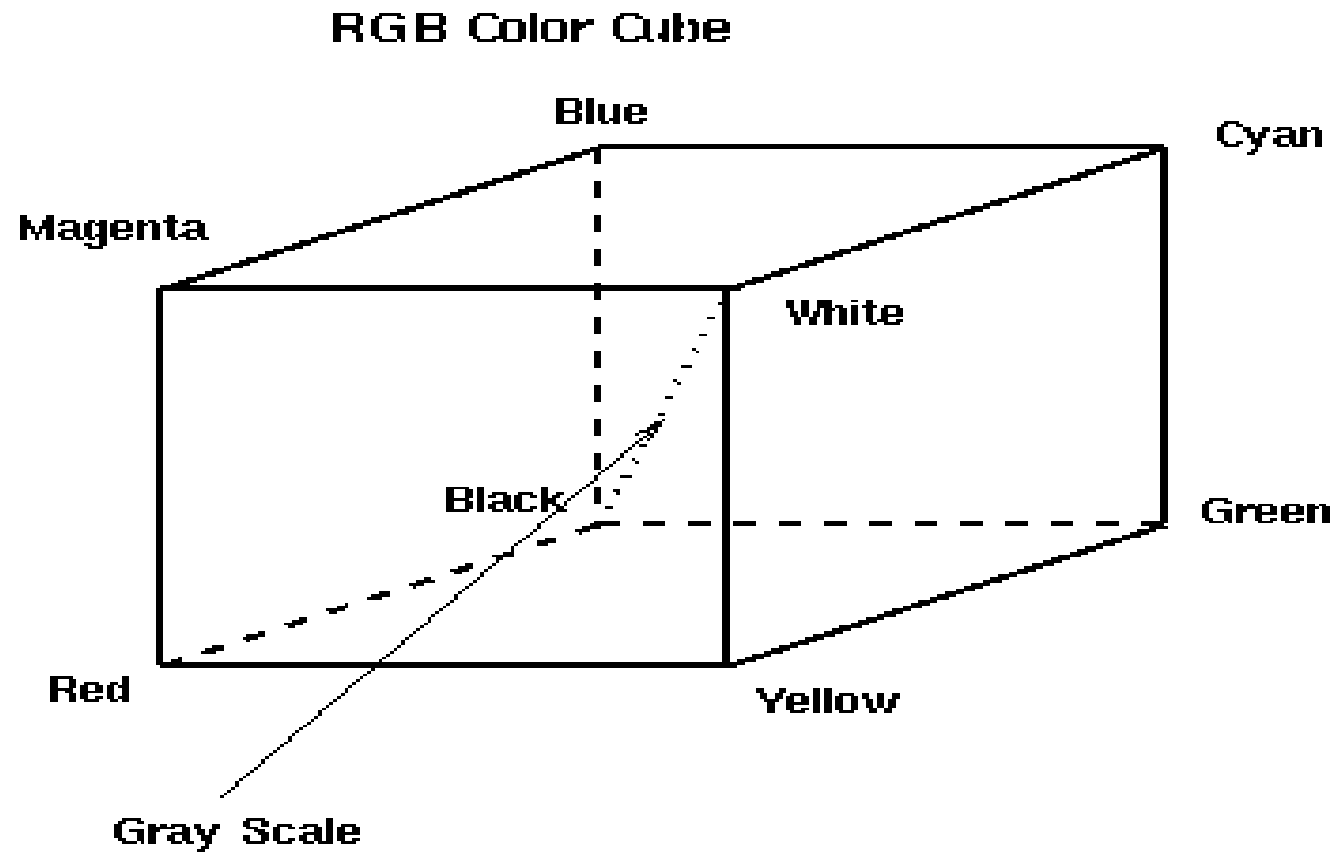
- Las tres propiedades anteriores se pueden visualizar como un espacio de color.



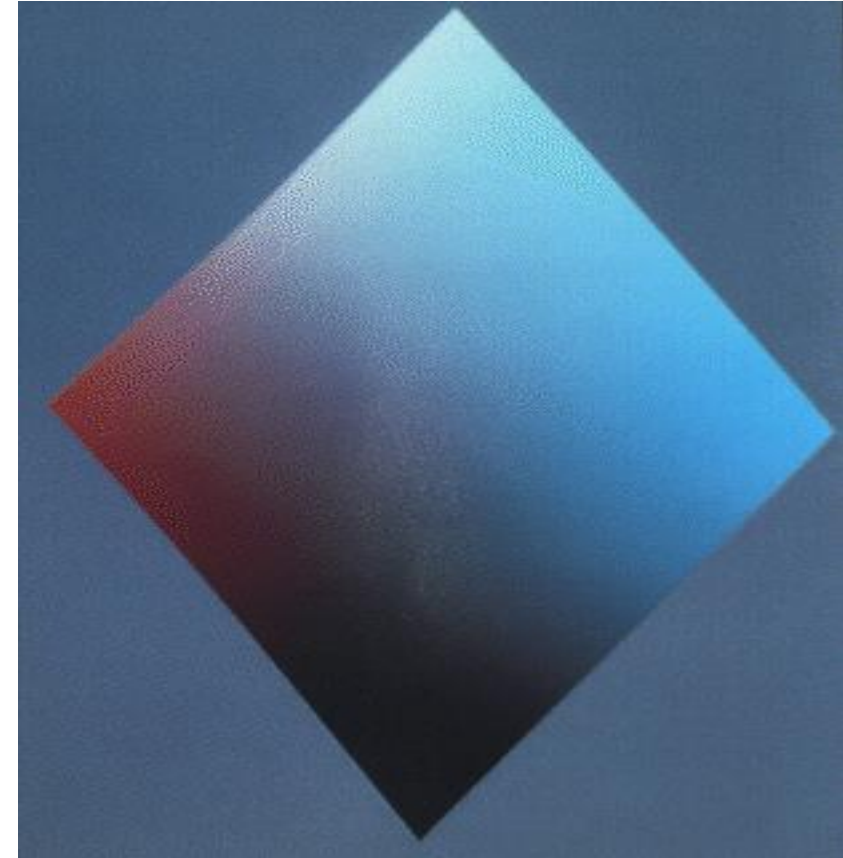
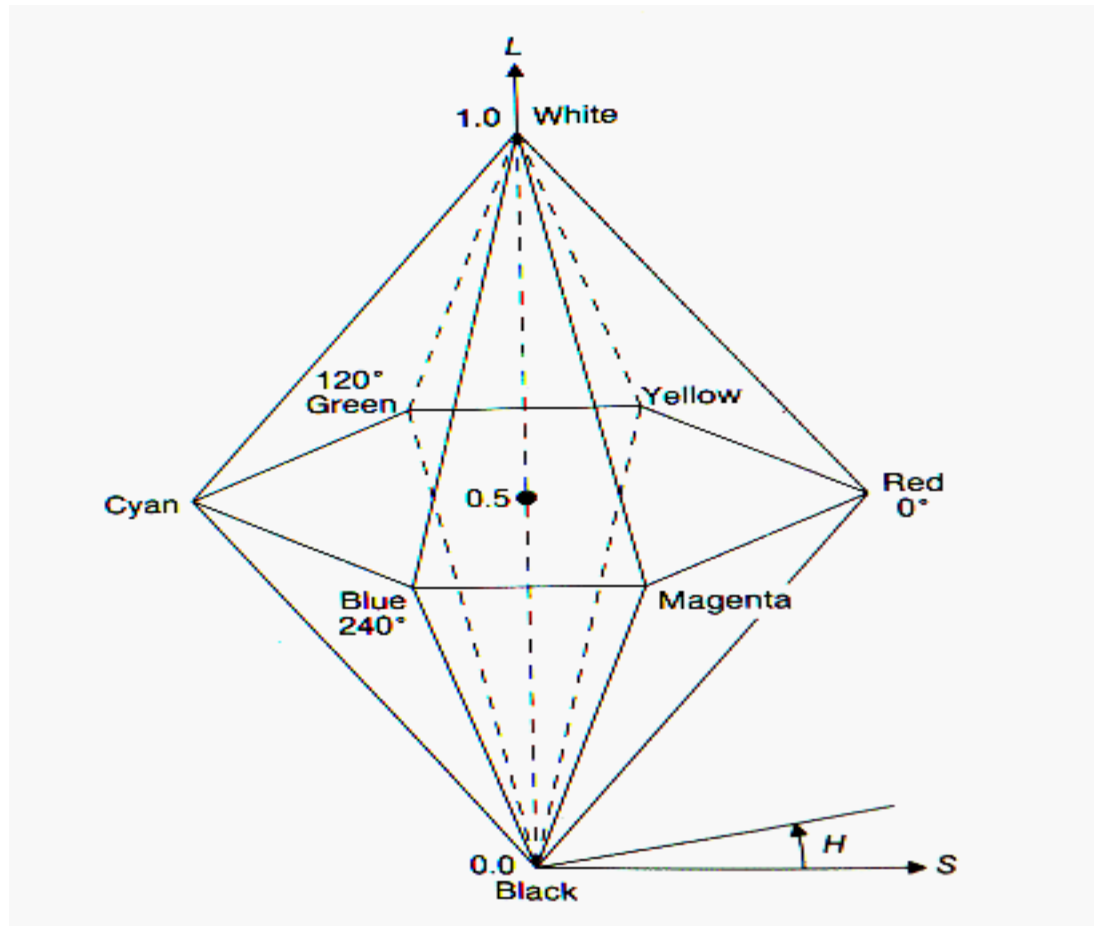
Modelo de color

- RGB
 - Este sistema proporciona controles para manipular directamente los valores de los números que definen a los convertidores digital-analógicos del color.
- HSB o HLS
 - Matiz, Saturación, Brillantez
- HSV
 - Matiz, Saturación, Valor
- CMYk
 - Cyan, Magenta, Yellow, Black
- CIE-xyx
- Pantone

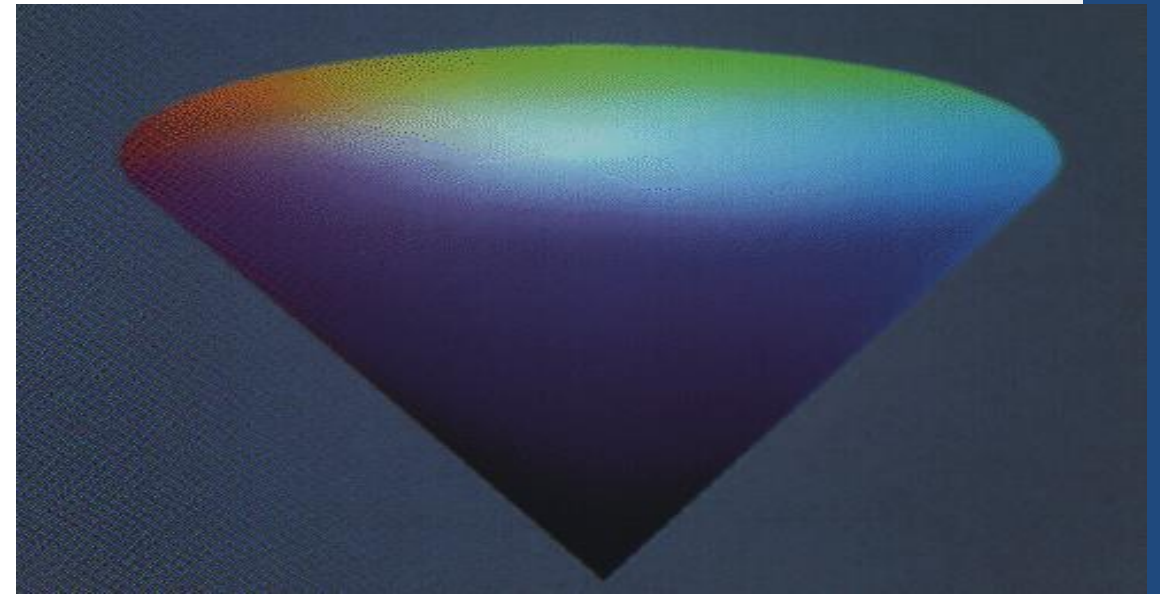
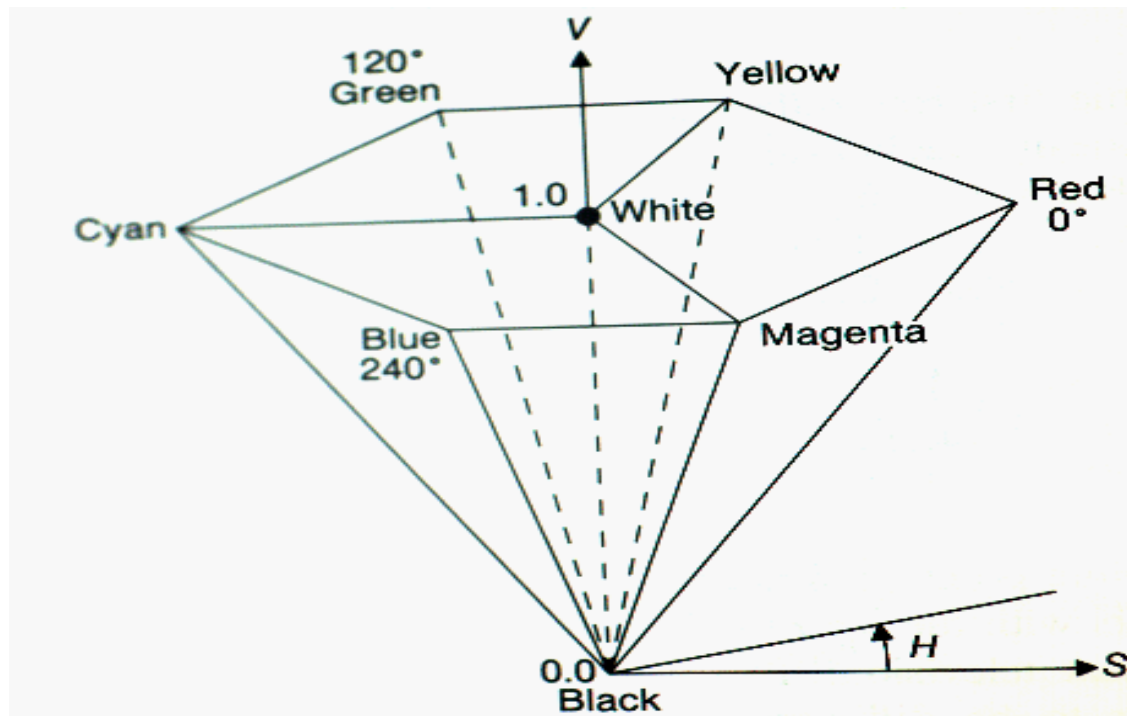
Cubo de color RGB



Modelo HLS



Modelo HSV



Sistema de color Munsell



Sistema de color Munsell

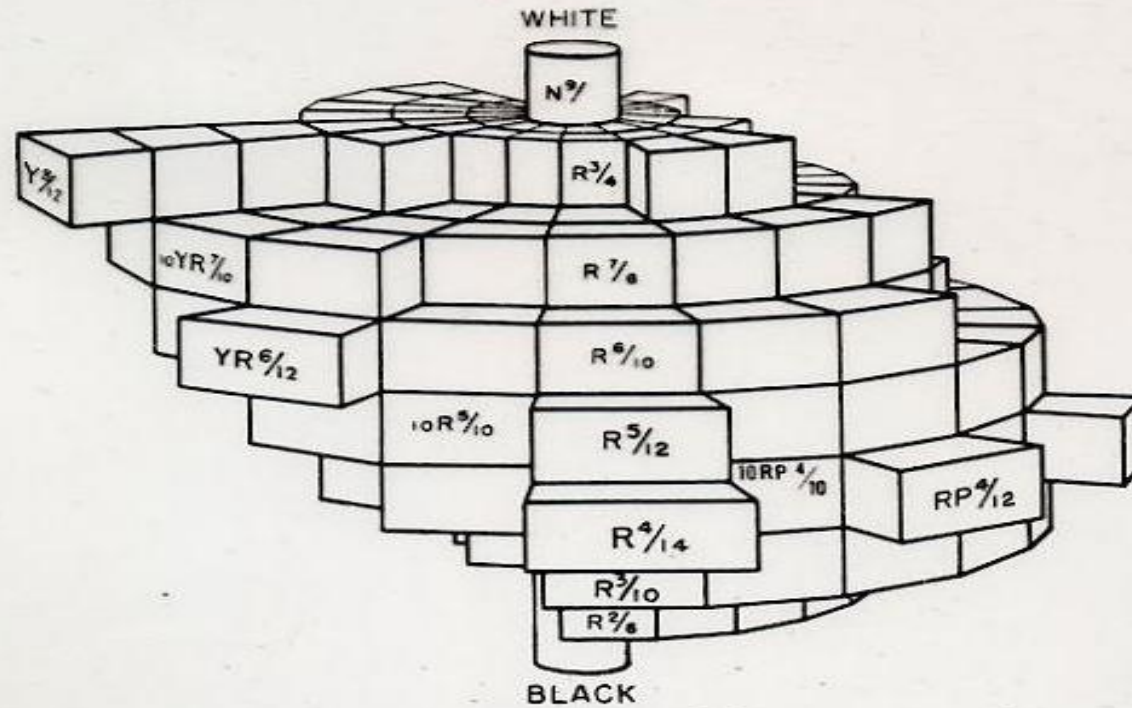


Fig. 7.—The Munsell Top.

This interesting perspective drawing shows the essential features of the Munsell arrangement. Each "box" represents one sample. The three variables which characterize them are: "Hue" ("the quality which makes any color different from gray"); "Chroma" (the relative saturation of the sample dependent mainly on the degree of desaturation of the hue by a colorless color); and "Value" (the brilliance of the color sample expressed in terms of the matching brilliances of neutral gray).

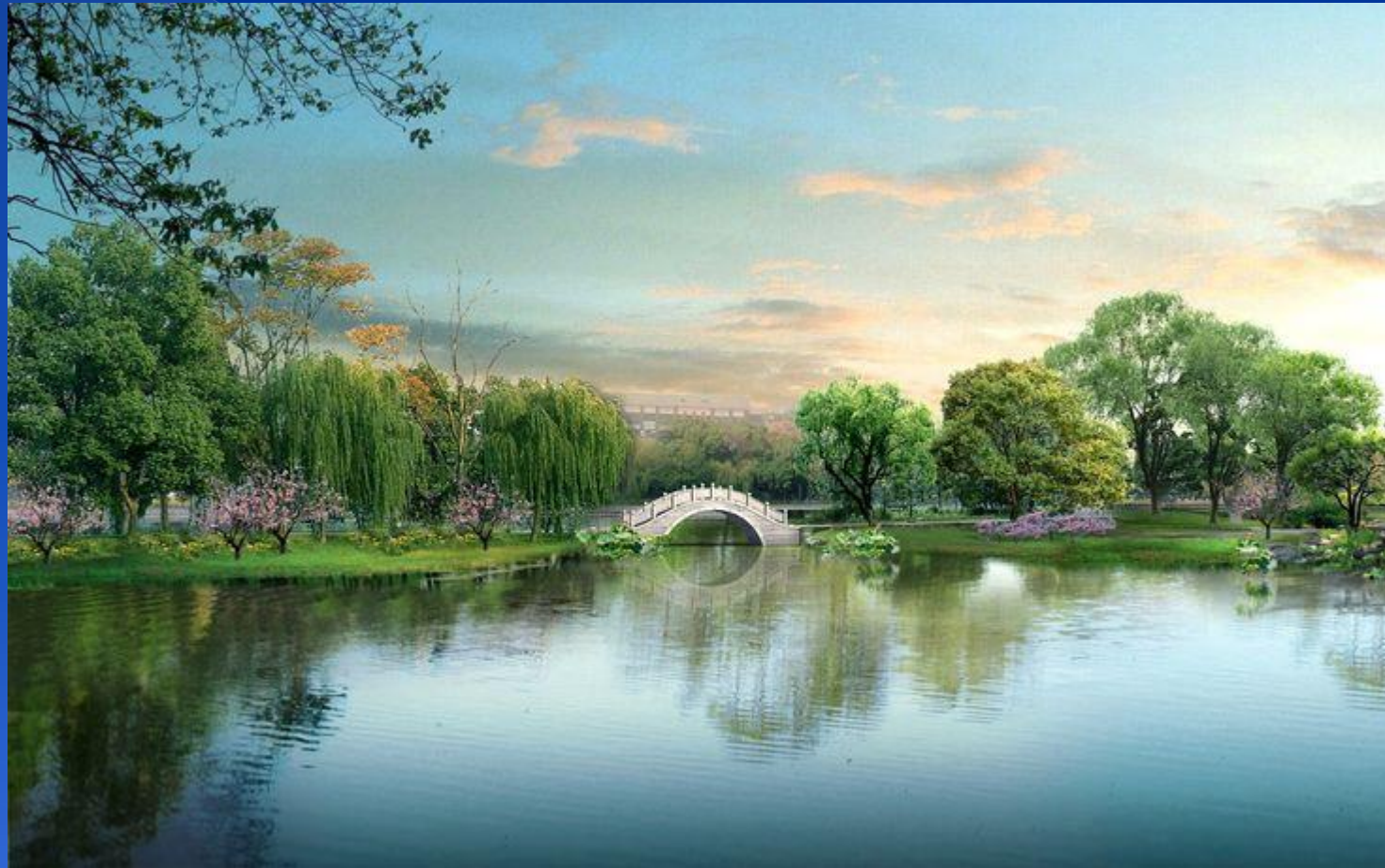
Sistema de color Munsell



Preguntas?



Las imágenes digitales



IMÁGEN

Es una representación del mundo físico
captada mediante un proceso
de muestreo analógico o digital



Imágen

- Una imagen natural capturada con una cámara, un telescopio, un microscopio o cualquier otro tipo de instrumento óptico presenta una variación de sombras y tonos continua. Imágenes de este tipo se llaman **imágenes analógicas**.
- Para que una imagen analógica, en blanco y negro, en escala de grises o a color, pueda ser "manipulada" usando una computadora, primero debe convertirse a un formato adecuado. Este formato es la **imagen digital** correspondiente.
- La transformación de una imagen analógica a otra discreta se llama **digitalización** y es el primer paso en cualquier aplicación de procesamiento de imágenes digitales.

“IMÁGEN DIGITAL”

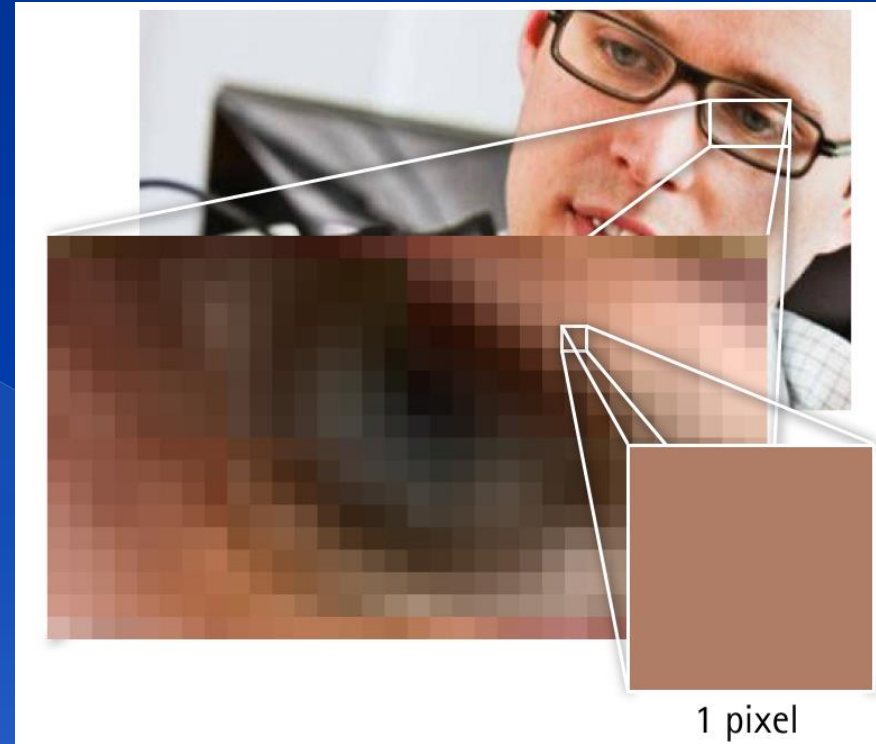
La imagen digital es el archivo resultante de una discretización de una imagen natural ó sintética, en elementos de imagen llamadas pixeles. *González A.*



Una imagen digital puede definirse como una función bidimensional $f(x,y)$ donde x y y son coordenadas en el plano y la amplitud f es llamada intensidad o nivel de gris en ese punto. *García S. (2008)*

PIXEL

- Terminología inglesa:
Picture x Element ó elemento de la imagen
- El píxel es la unidad más pequeña y diminuta de una imagen digital.
- Es un espacio en la memoria de la computadora donde se almacena un número que representa la definición del color y el brillo de una parte de la imagen.
- Cada pixel define solamente un color.
- El número de píxeles define la cantidad de información que contiene una imagen.



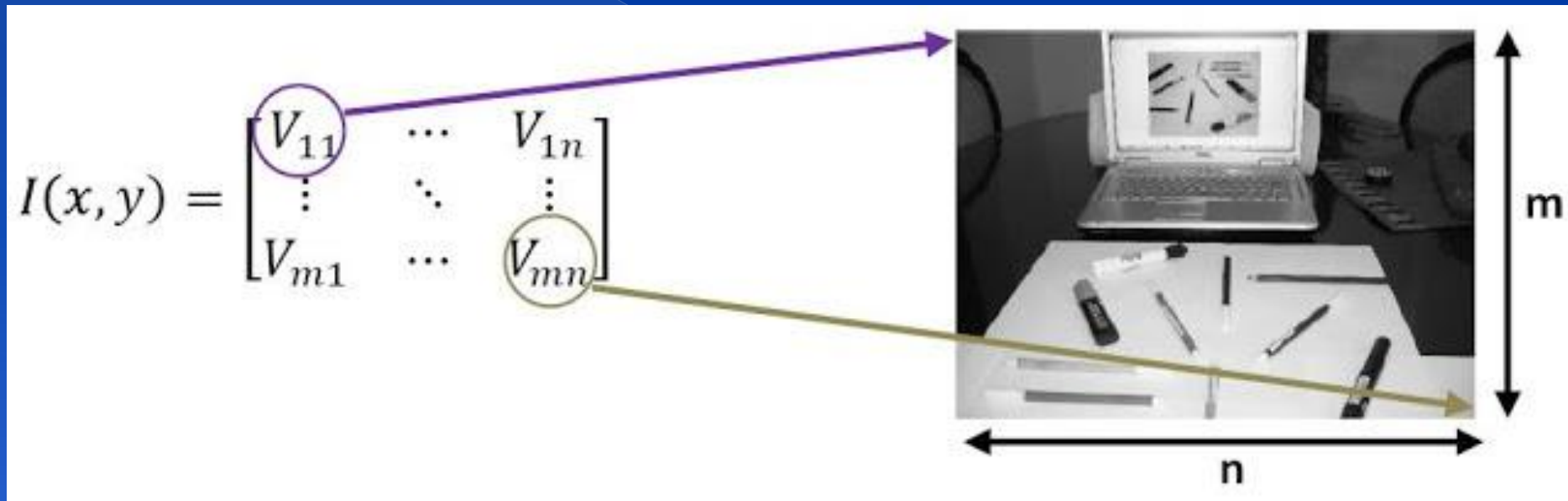
DISCRETIZACIÓN DE LA IMAGEN DIGITAL

Se efectúa en cuatro etapas

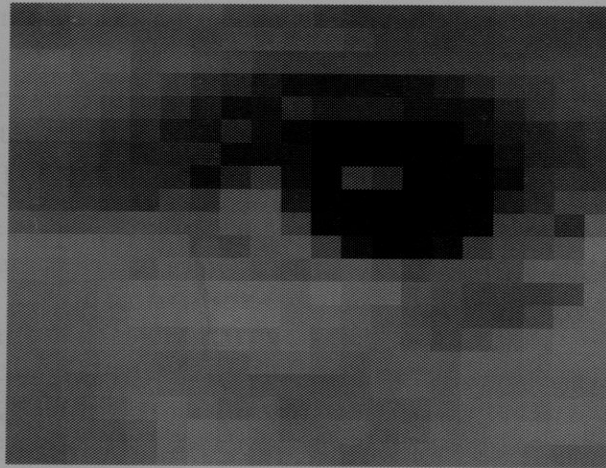
1. Captura
2. Muestreo
3. Cuantificación $\longleftrightarrow$ amplitud
4. Codificación



MATRIZ BIDIMENSIONAL = IMAGEN DIGITAL



COMO LAS IMAGENES DIGITALES SE REPRESENTAN EN COMPUTADORA?



117	125	133	127	130	130	133	121	116	115	100	91	93	94	99	103	112	105	109	106
134	133	138	138	132	134	130	133	128	123	121	113	106	102	99	106	113	109	109	113
146	147	138	140	125	134	124	115	102	96	93	94	99	96	99	100	103	110	109	110
144	141	136	130	120	108	88	74	53	37	31	37	35	39	53	79	93	100	109	116
139	136	129	119	102	85	58	31	41	77	51	53	53	33	37	41	69	94	105	108
132	127	117	102	87	57	49	77	42	28	17	15	13	13	17	41	53	69	88	100
124	120	108	94	72	74	72	31	35	31	15	13	15	11	15	13	46	75	83	96
125	115	102	93	88	82	42	79	113	41	19	100	82	11	11	17	31	91	99	100
124	116	109	99	91	113	99	140	144	57	20	20	15	11	15	17	63	87	119	124
136	133	133	135	138	133	132	144	150	120	24	17	15	15	17	20	115	113	88	150
158	157	157	154	149	145	133	127	146	150	116	35	20	19	28	105	124	128	141	171
155	154	156	155	146	155	154	154	147	139	148	150	138	120	128	129	130	151	156	165
150	151	154	162	166	167	169	174	172	167	177	166	164	140	134	120	121	120	127	172
145	149	151	157	165	169	173	179	176	166	166	157	145	136	129	124	120	136	163	168
144	148	153	160	159	158	165	172	165	169	157	151	149	141	130	140	151	162	169	167
144	141	147	155	154	149	156	151	157	157	151	144	147	147	149	159	158	159	166	165
139	140	140	150	153	151	150	146	140	139	138	140	145	151	149	156	156	162	162	161
136	134	138	146	156	164	153	146	145	136	139	139	140	141	149	157	159	161	169	166
136	133	136	135	144	159	168	159	151	142	141	145	139	146	153	156	164	167	172	168
133	129	140	142	146	159	167	165	154	151	146	141	147	154	156	160	161	157	153	154

Clasificación de imágenes digitales:

- Por dimensión: Imágenes 2D y 3D
- Por paleta de colores: imágenes binarias, en escala de grises y a color

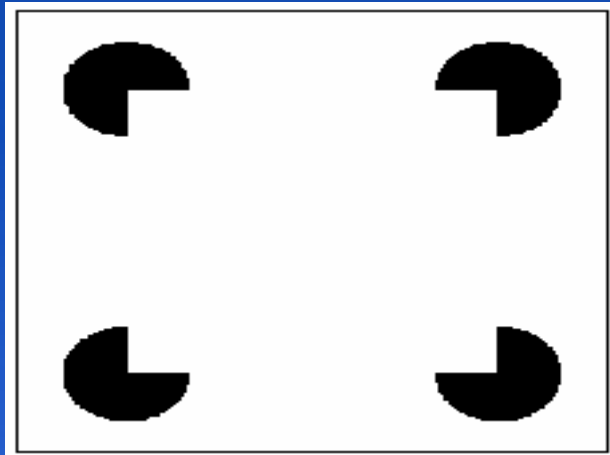


Imagen binaria



Imagen en escala de grises



Imagen a color

El proceso de digitalización

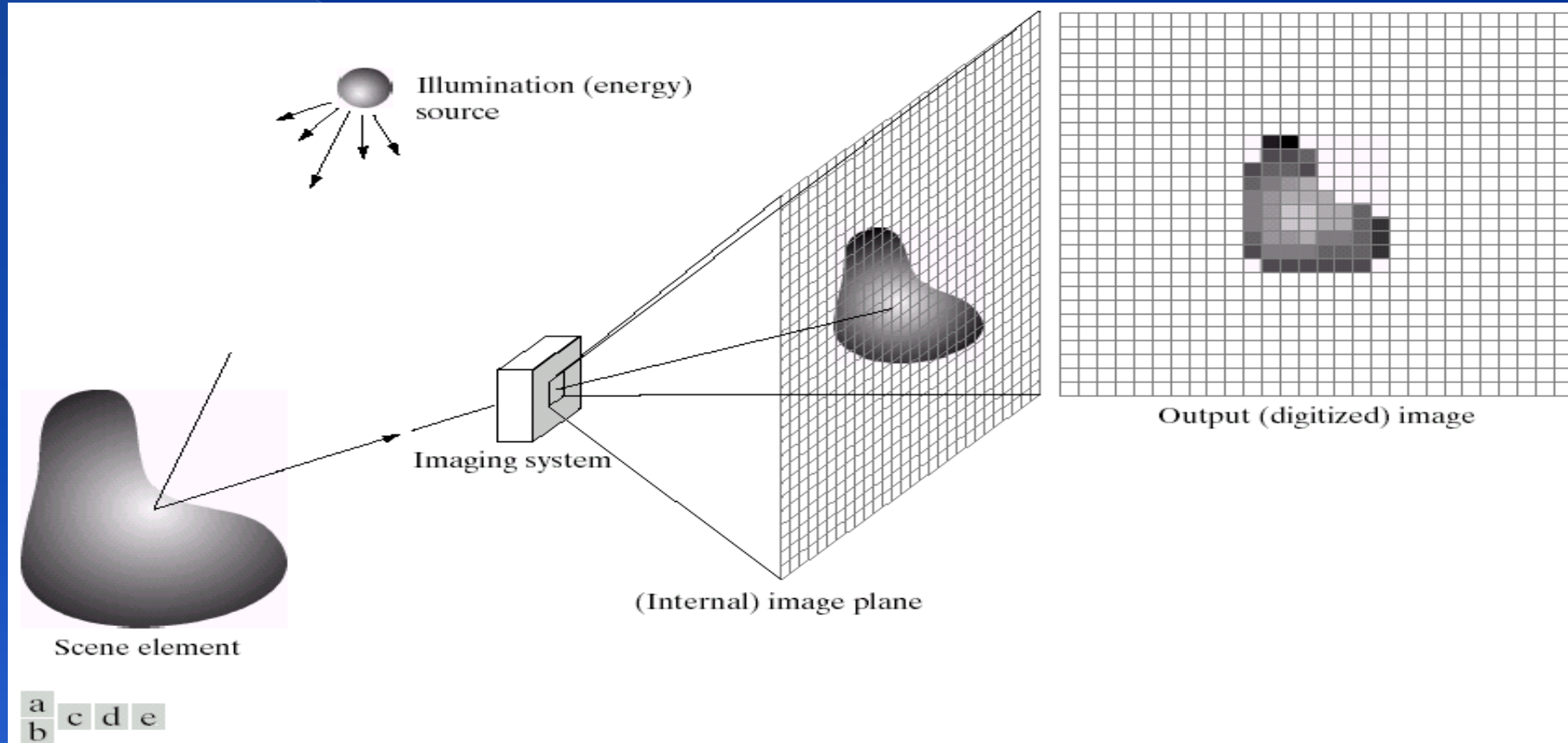
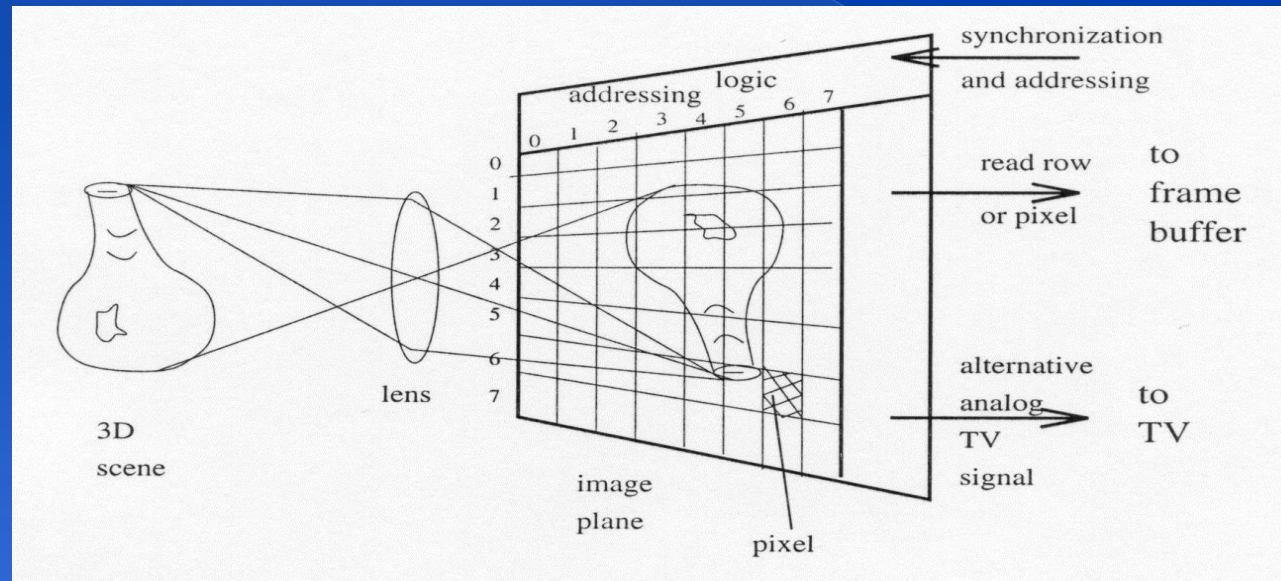


FIGURE 2.15 An example of the digital image acquisition process. (a) Energy ("illumination") source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.

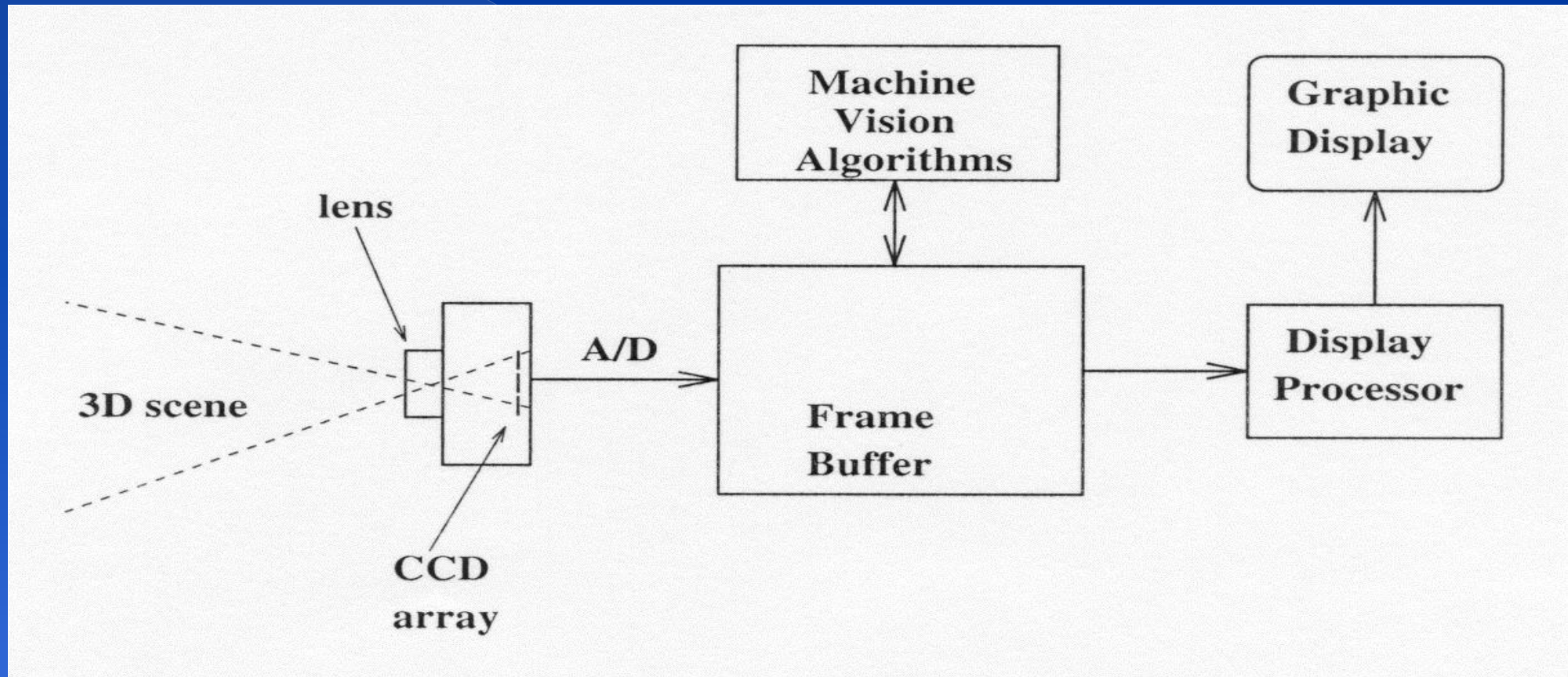
CAMARAS CCD (Charged-Coupled Device)

- Pequeños cristales convierten la luz en carga eléctrica
- El conjunto de respuestas se transfiere a una memoria digital que puede ser interpretada por un computador

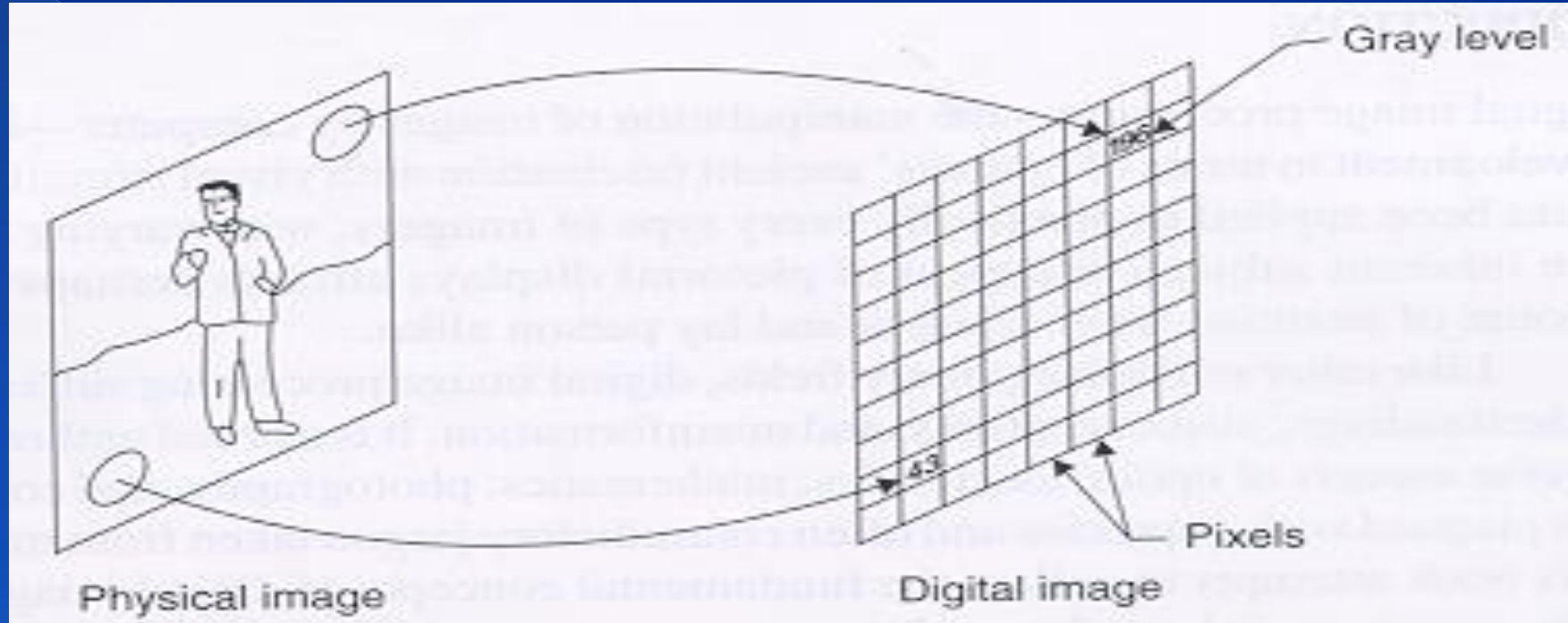


Generación de una imagen digital

- Los CCD se conectan a un sistema de cómputo que digitaliza la señal (frame grabber) y la graba en su memoria (**frame buffer**).
- Sobre estos datos actúa el software de interpretación que envía los datos al procesador de despliegue (tarjeta grafica) y finalmente a un monitor.



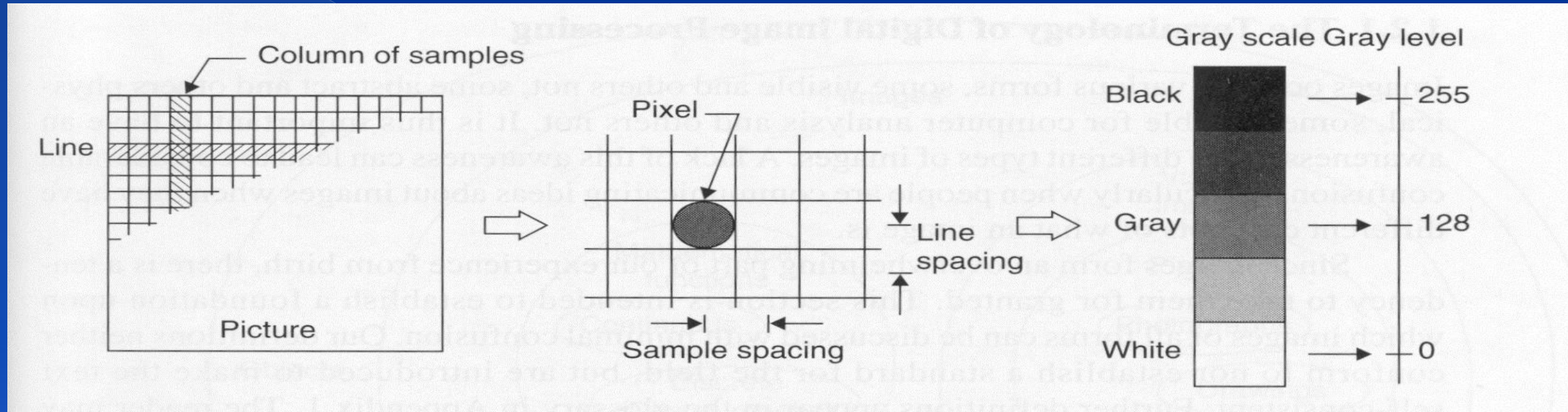
Digitalizacion de Imagen



- Muestreo.- Una imagen continua es representada por un numero finito de puntos.
- Cuantificación. Estos puntos muestrados son representados por un numero entero.

Digitalización de una imagen

- Muestreo



Pixel: Picture Element, se refiere a cada celda de la imagen digital.

Cuantificación

256 grises (8bits/pixel)



32 grises (5 bits/pixel)



16 grises (4 bits/pixel)



8 grises (3 bits/pixel)



4 grises (2 bits/pixel)



2 grises (1 bit/pixel)



Muestreo

original



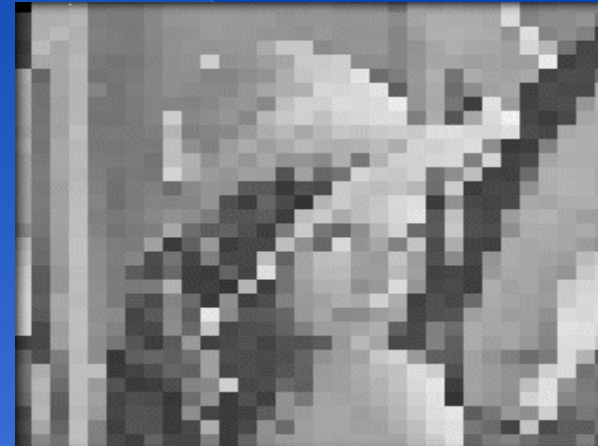
factor de 2



factor de 4

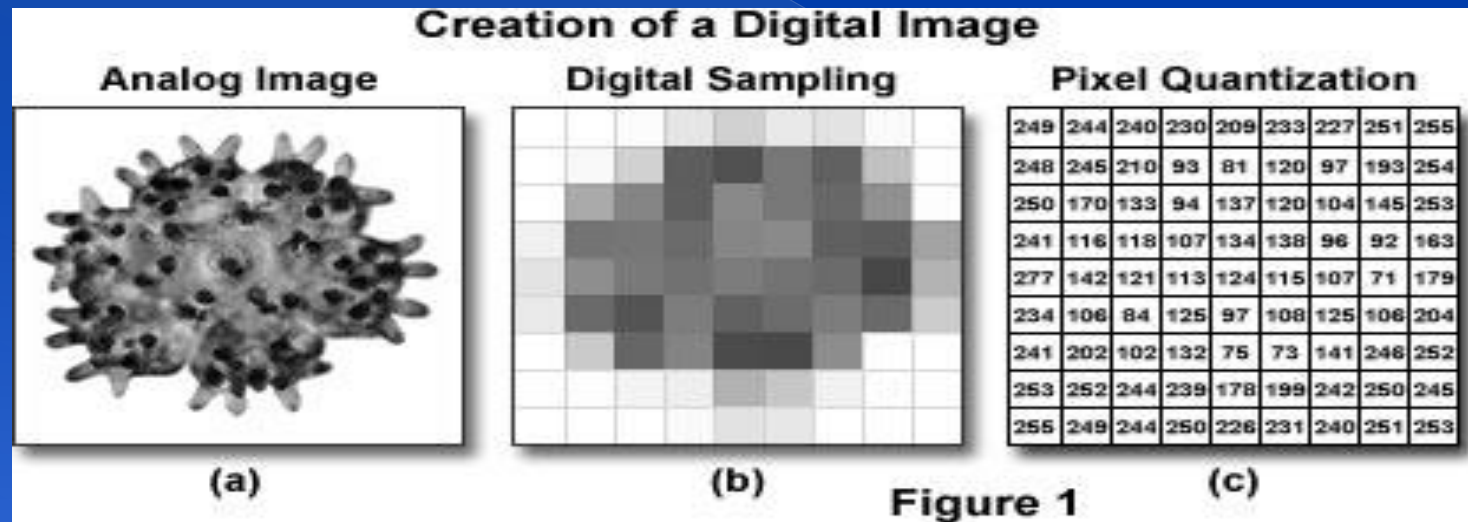


factor de 8



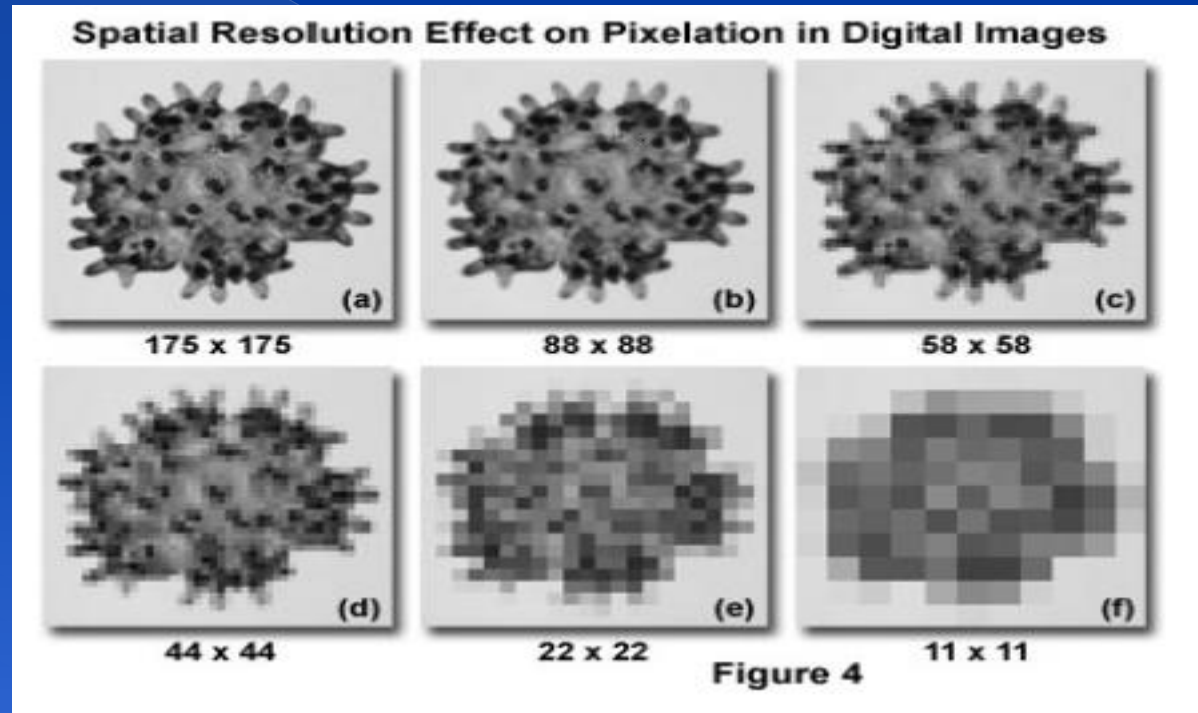
El proceso de digitalización: *muestreo y cuantificación*

- Ejemplo de digitalización de una imagen. El muestreo se ha hecho usando un mallado cuadrangular de 9 por 9 cuadrados y la cuantificación consiste en una paleta de 256 niveles de gris (donde 0 indica el color negro y 255 el color blanco):



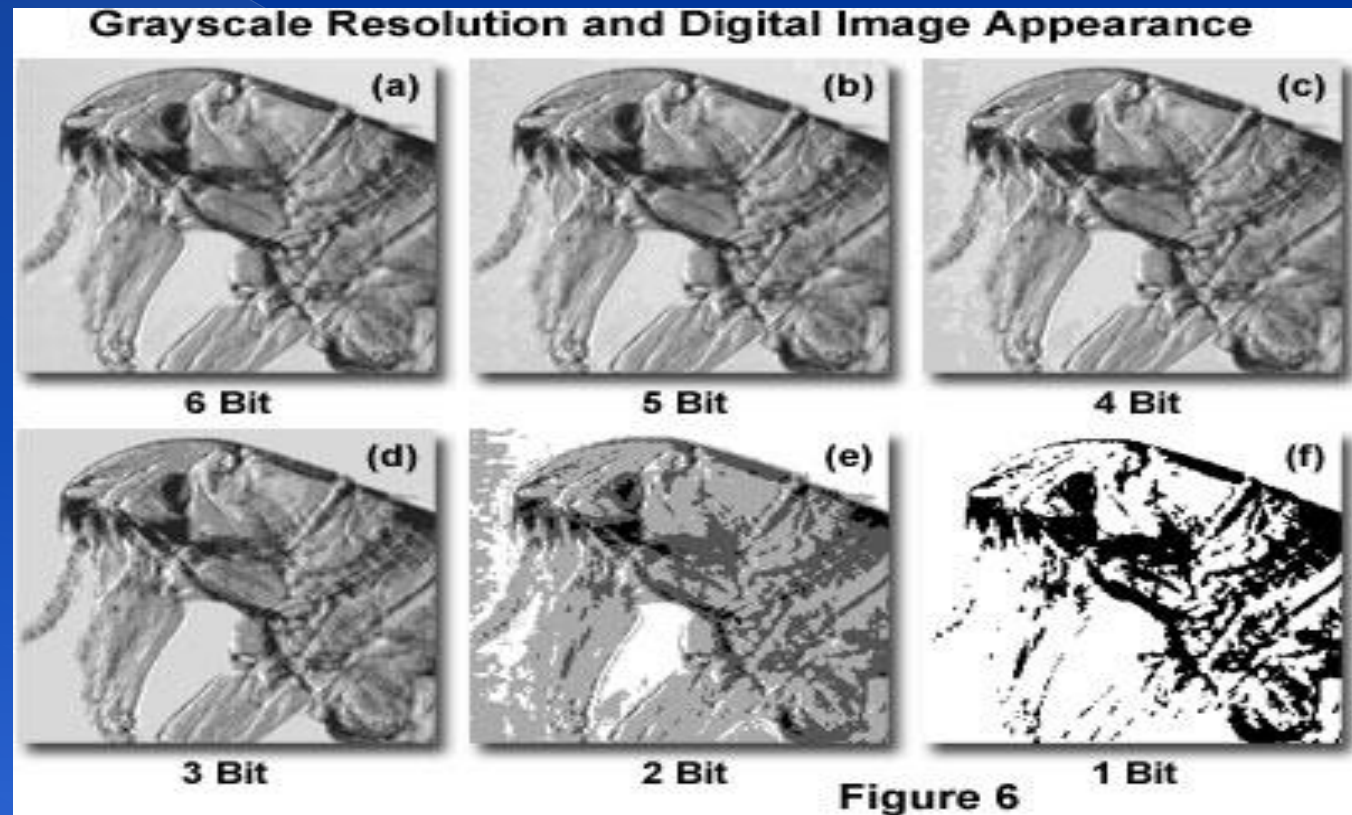
El proceso de digitalización: *muestreo y cuantificación*

Partiendo de una misma imagen y dependiendo del mallado que escojamos, la imagen digital obtenida es diferente:



El proceso de digitalización: *muestreo y cuantificación*

También hay que tener en cuenta la paleta de colores, como se observa en el ejemplo siguiente:



El proceso de digitalización: *muestreo y cuantificación*

Llegados a este punto, es lógico preguntarse ¿Qué muestreo y cuántos niveles de gris son necesarios para una buena aproximación? La **resolución** (el grado de detalle discernible) de una imagen depende estrechamente de estos dos parámetros. Cuanto más se incrementan, más se aproxima la imagen digitalizada a la original.

La **cantidad de niveles de gris (resolución de intensidad) y la finura del mallado (resolución espacial)** que escojamos, deben producir una imagen digital “aceptable”, en el sentido de que no sea perceptible al ojo humano el paso de un color a otro, entre dos píxeles consecutivos.

Sistema binario

- ◉ Datos digitales están basados en sistema binario: 0 = off
1 = on
- ◉ Un bit corresponde a una cifra binaria
- ◉ 1-bit puede contener 2 valores (0 o 1)
- ◉ 2-bit puede contener 4 valores (0 – 3)
- ◉ 8-bit puede contener 256 valores (0 – 255)
- ◉ 11-bit ... 2,048
- ◉ 24-bit (o 3 de 8-bit) ... 16,777,216

Imagen Digital

- Una imagen es representada por una matriz rectangular de enteros.
- Cada entero representa la brillantez en ese punto
- Si N es el numero de renglones, M el numero de columnas y Q en numero de bits por pixel , el espacio de memoria de una imagen es $N \times M \times Q$

El proceso de digitalización: *muestreo y cuantificación*

Hemos de tener en cuenta que si el muestreo consiste en un mallado de M por N píxeles y el número de niveles de gris permitido es $L=2^k$, entonces el número de bits necesarios para almacenar una imagen digitalizada es:

$$M \times N \times k$$

Por ejemplo, una imagen de 128×128 con 64 niveles de gris necesita 98.304 bits = 12 KB de memoria.

Una de 256×256 con 132 niveles de gris necesita 458.752 bits = 56 KB.

Y una de 1024×1024 con 256 niveles de gris necesita 8.388.608 bits = 1024 KB = 1 MB.

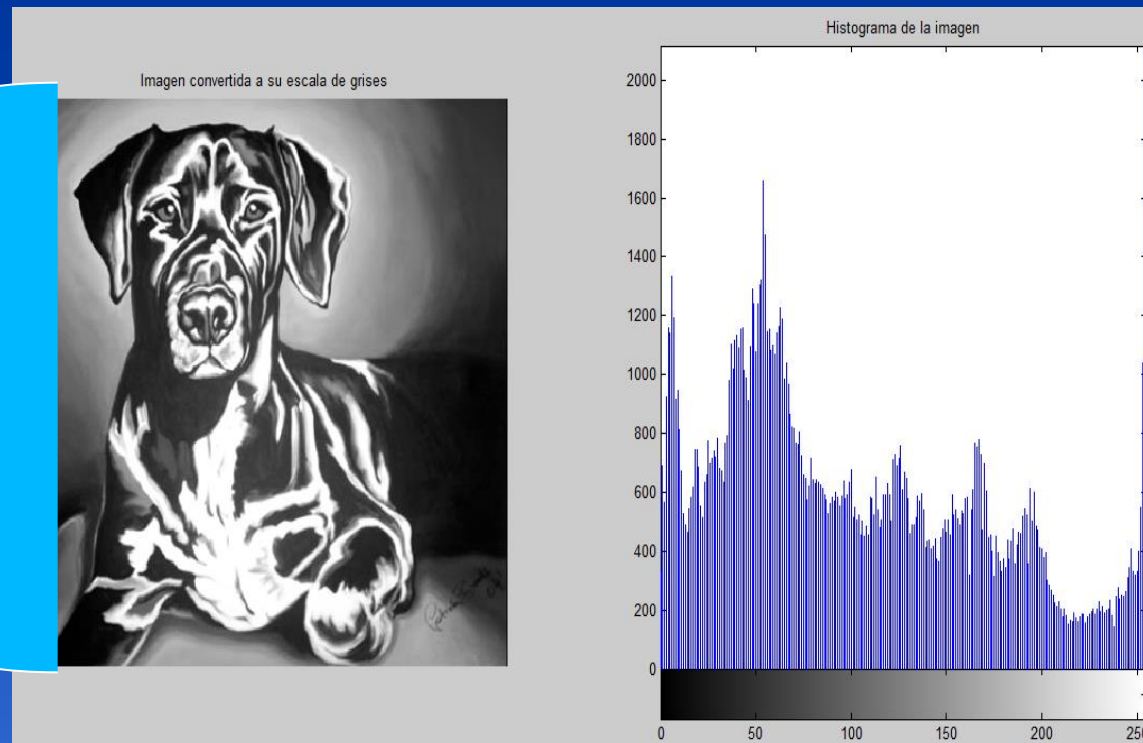
Profundidad de color en bits

Se refiere al número de bits necesario para representar cada píxel en una imagen. Cuanto mayor sea la profundidad en bits, más colores habrá en la imagen global. Se utiliza 1-bit para imágenes en blanco/negro (sin grises), 2-bits = 4 colores.

Número de bits	Combinaciones posibles	Número de colores
8	2^8	256
16	2^{16}	aprox. 65000
24	2^{24}	aprox. 16,7 millones

- Utilizan distintos tonos de gris.
- En imágenes de 8 bits pueden tener hasta 256 tonos de gris
- Cada pixel tiene un valor de brillo comprendido entre negro (0) y blanco (255).

- Utilizan distintos tonos de gris.
- En imágenes de 8 bits pueden tener hasta 256 tonos de gris
- Cada pixel tiene un valor de brillo comprendido entre negro (0) y blanco (255).



Imágenes a color: el modelo RGB

Las imágenes digitales a color están gobernadas por los mismos conceptos de muestreo, cuantificación y resolución que las imágenes en escala de grises.

Sin embargo, en lugar de un único valor de intensidad que expresa el nivel de gris, los píxeles de las imágenes a color están cuantificados usando tres componentes independientes uno por cada color primario (**RGB = rojo, verde y azul**).

Combinando distintas intensidades de estos tres colores, podemos obtener todos los colores visibles.

Imágenes RGB (o color verdadero)

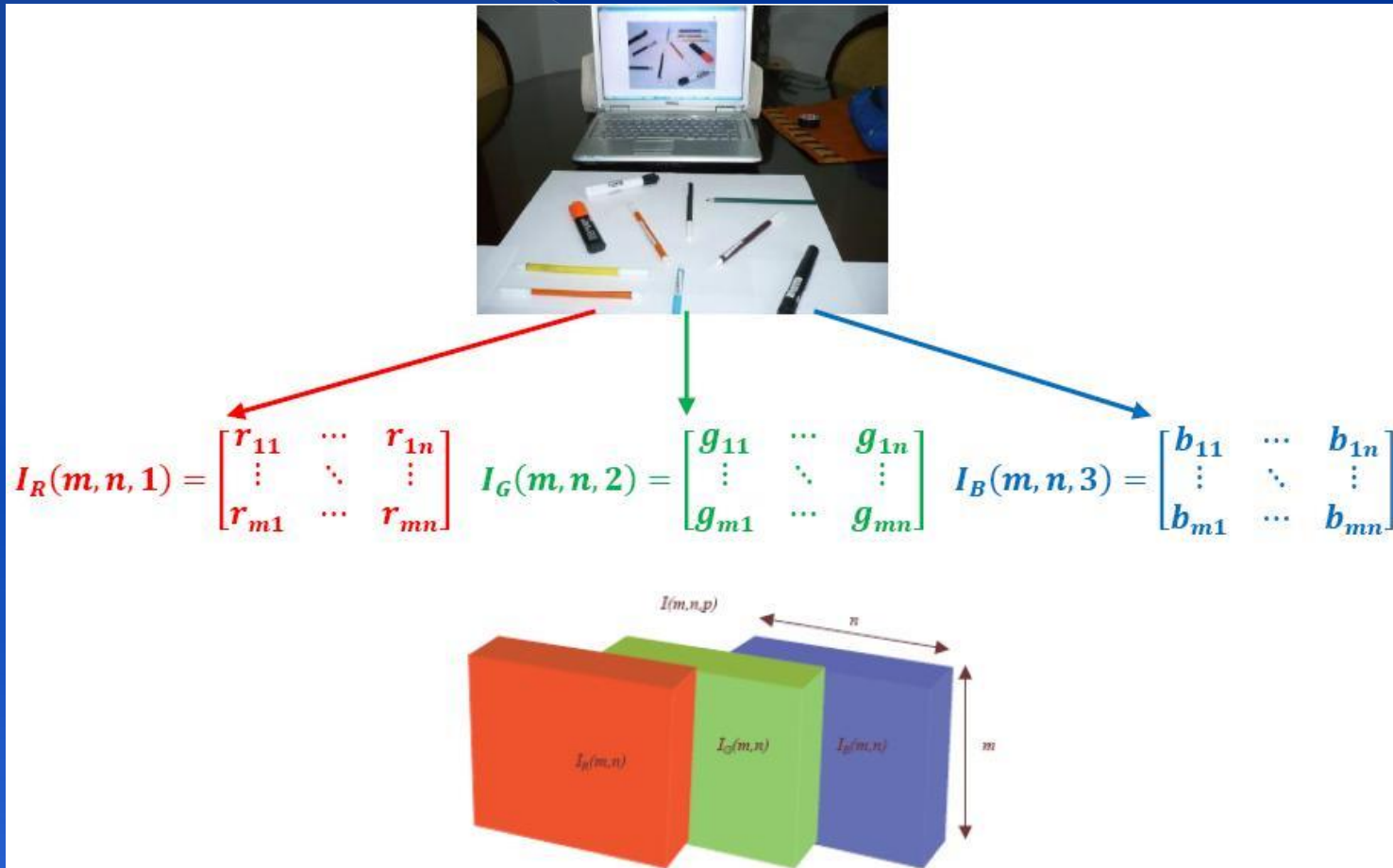


Figura 8 Representación matricial de una imagen RGB

Valores:

R= Rojo puro (255,0,0)

G= Verde puro (0,255,0)

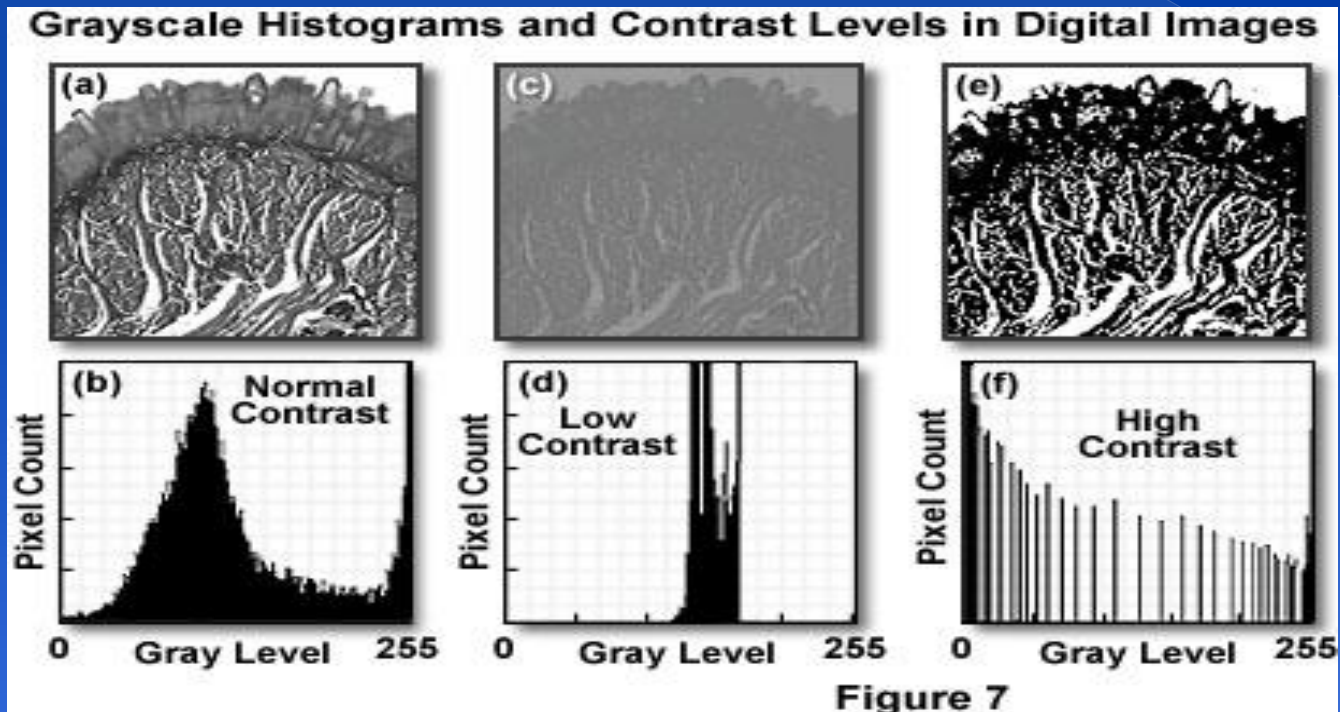
B= Azul puro (0,0,255)

Negro absoluto (0,0,0)

Blanco absoluto (255,255,255)

Histogramas

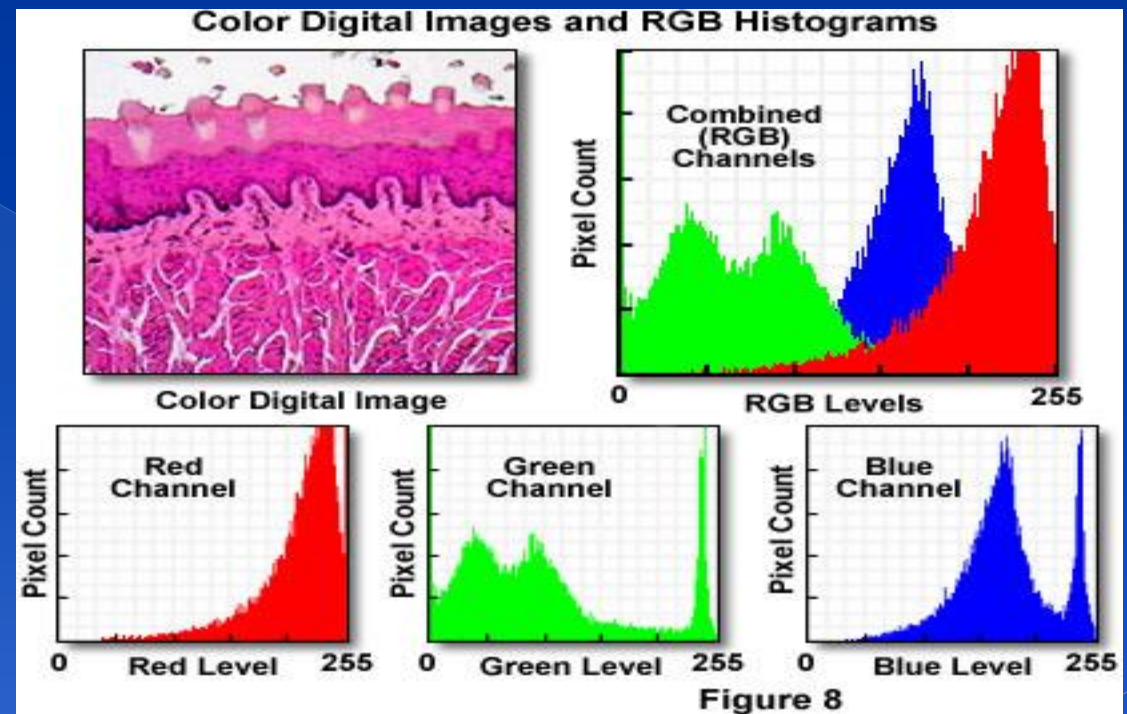
Supongamos dada una imagen en niveles de grises, siendo el rango de 256 colores (de 0 a 255). El **histograma** de la imagen consiste en una gráfica donde se muestra el número de píxeles de cada nivel de gris que aparecen en la imagen. En el siguiente ejemplo podemos ver tres imágenes con sus correspondientes histogramas.



El análisis estadístico derivado del histograma puede servir para comparar contrastes e intensidades entre imágenes. El histograma podría ser alterado para producir cambios en la imagen.

Histogramas

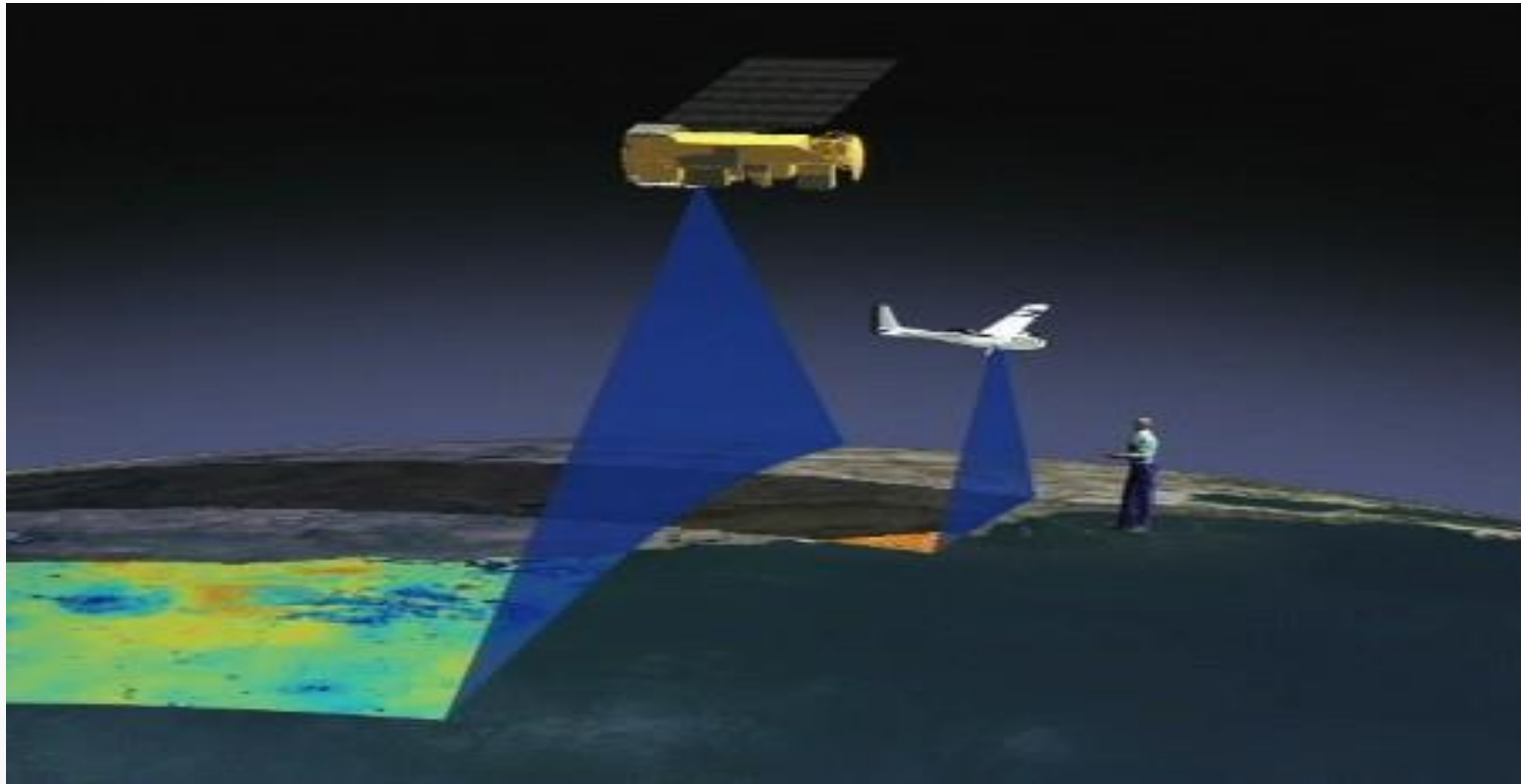
El histograma de una imagen a color RGB consiste en tres gráficas siendo cada una el histograma de cada color primario:



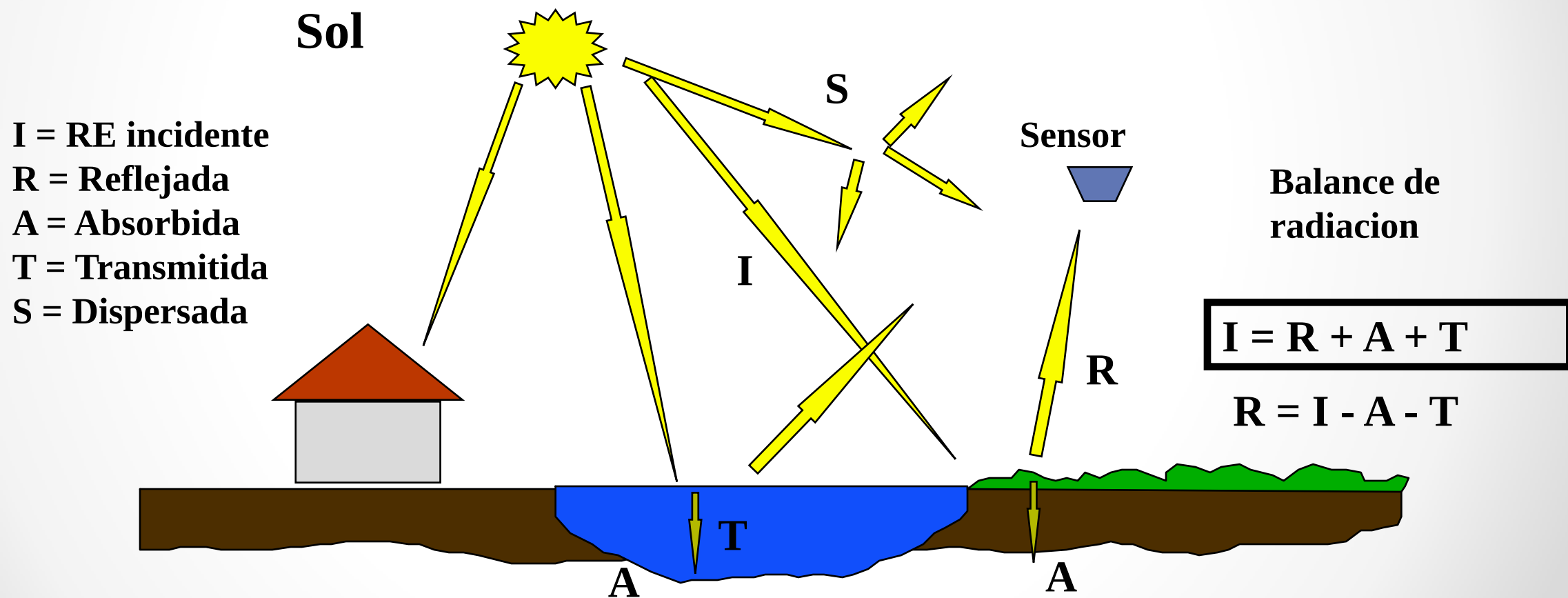
Preguntas

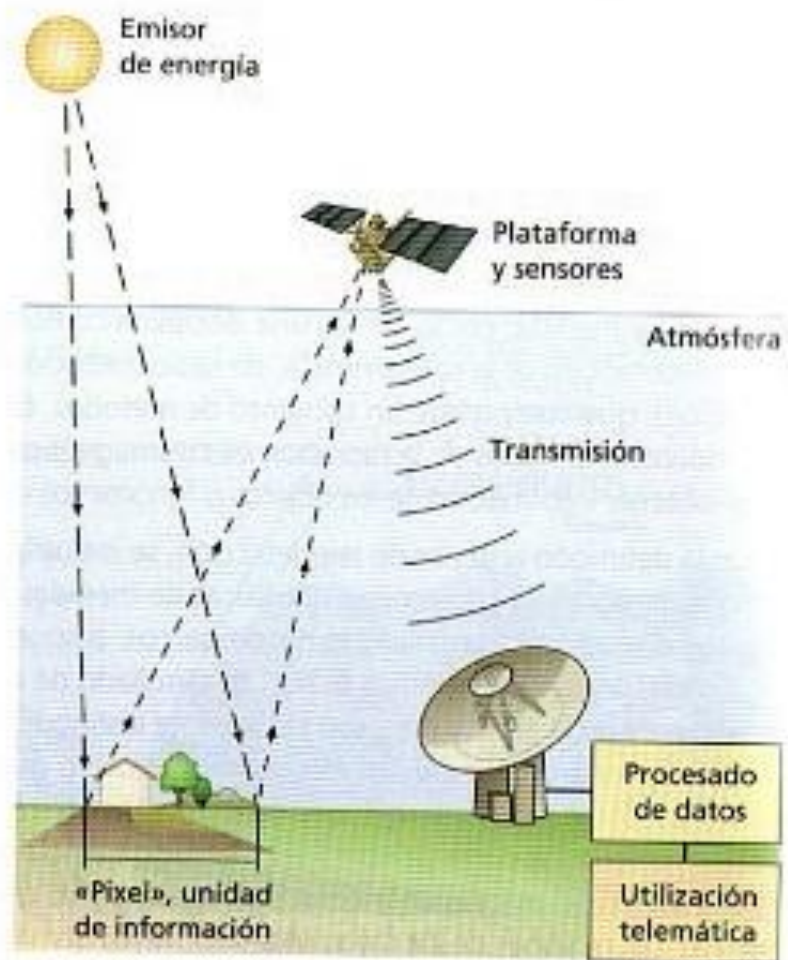


Plataformas de Sensores Remotos



El modelo general de la Sensoría Remota





Plataformas de Sensores Remotos

Espaciales

- Satélites



- Naves espaciales



Aéreas

- Aviones
- Helicópteros
- Globos tripulados
- Dirigibles
- Globos
- Drones



Terrestres

- Operadas manualmente



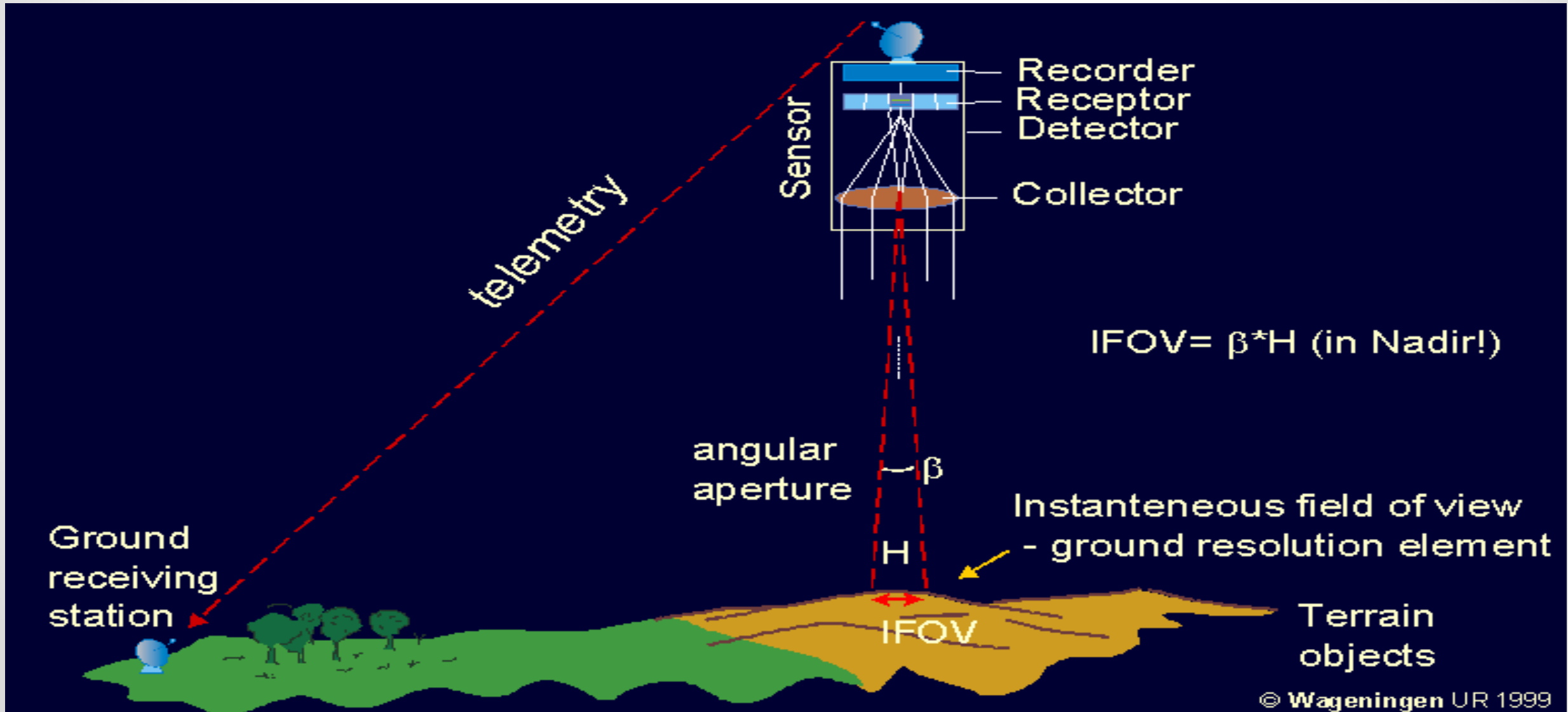
- Sobre Plataformas





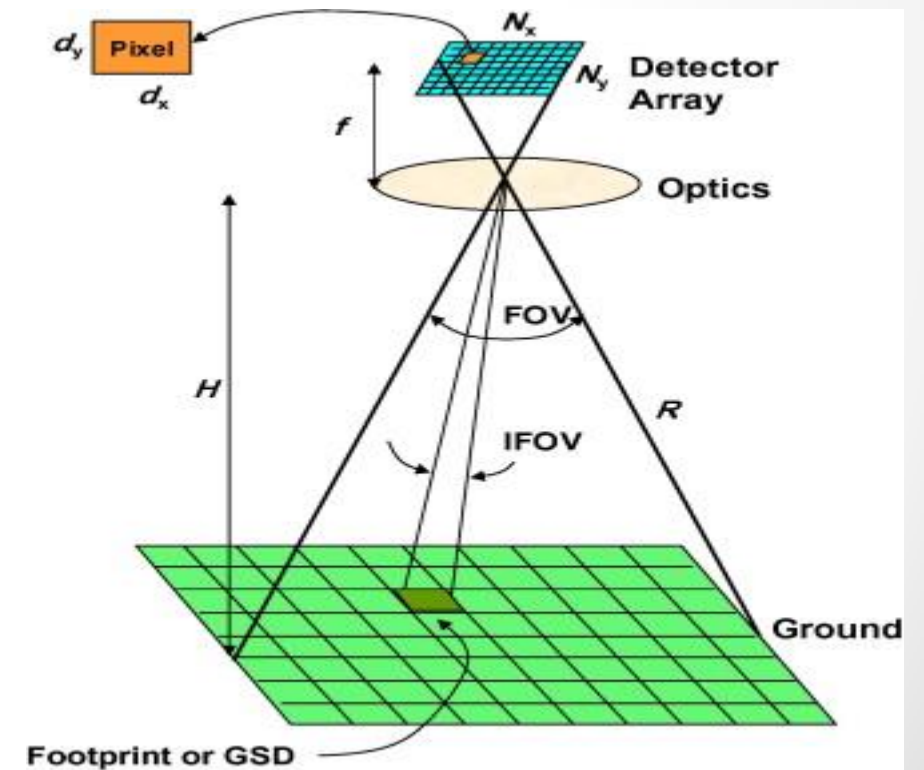
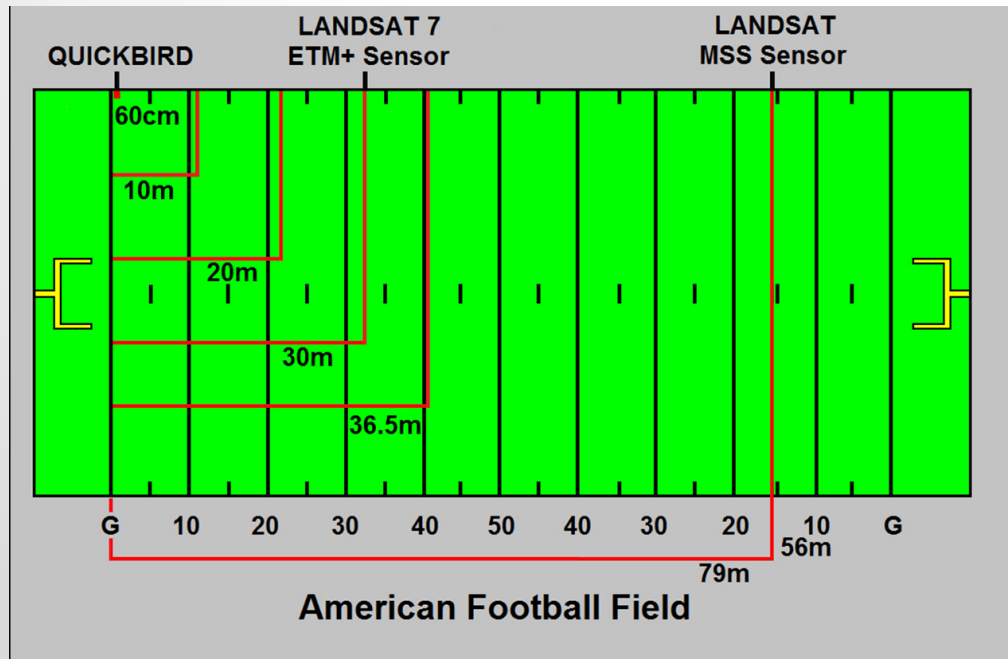
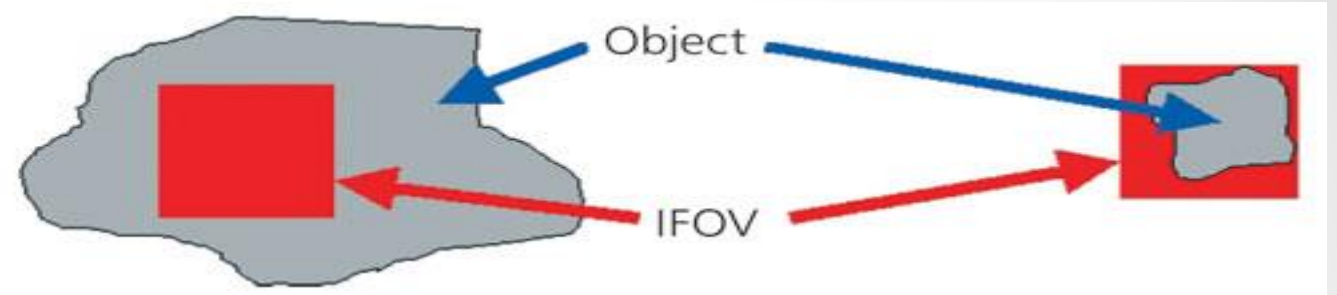
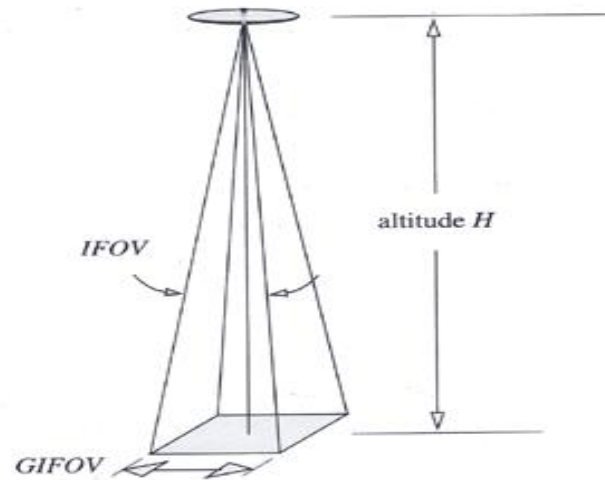
- Satelites, las plataformas más usadas

Concepto general de la instrumentación de los Sensores Remotos

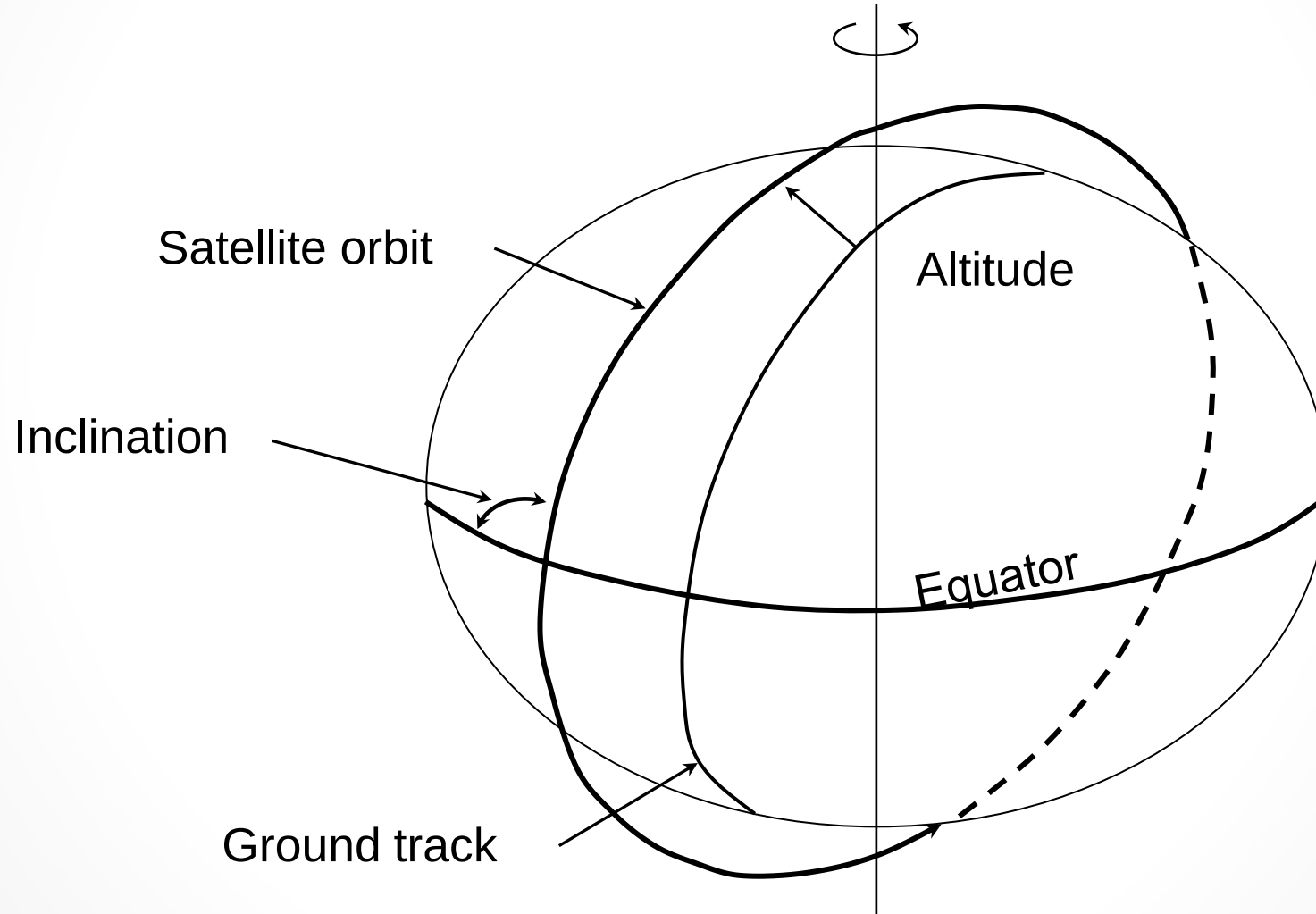


El IFOV(campo de visión instantáneo)

IFOV determinada por sensor y altura de satélite.



Parametros Orbitales



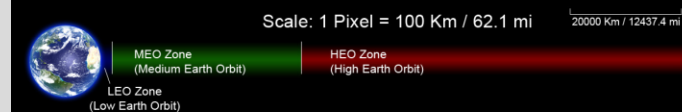
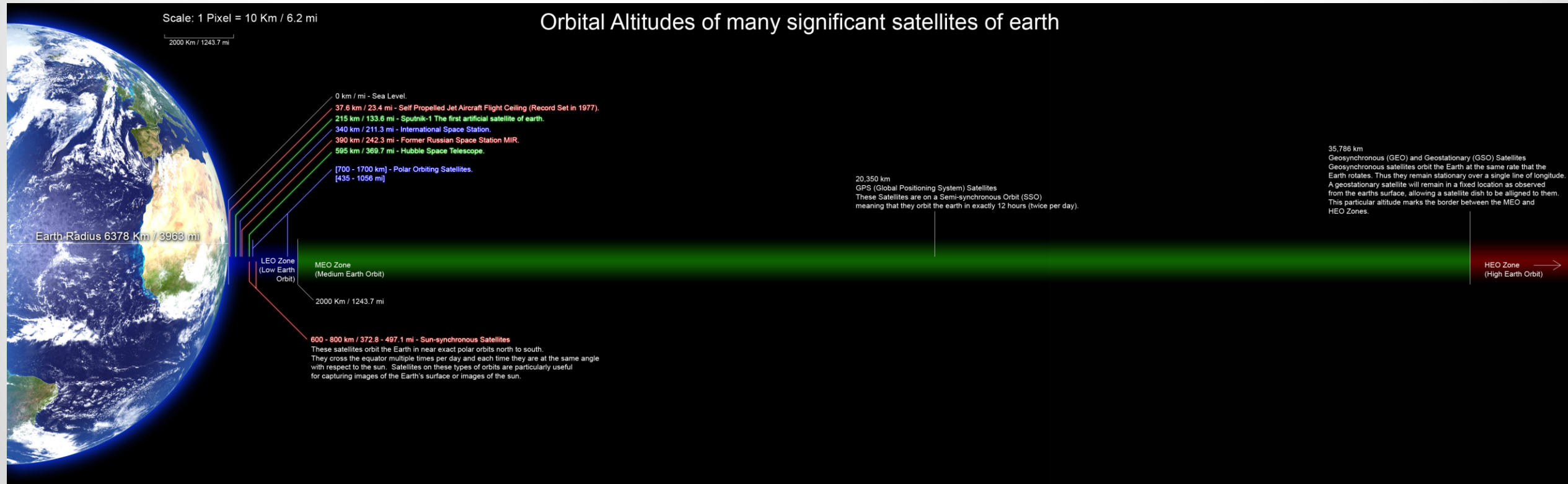
Período Orbital

$$T_o = 2\pi(R_p + H')\sqrt{\frac{R_p + H'}{g_s R_p^2}}$$

- Donde
 - T_o = Periodo Orbital, segundos
 - R_p = radio tierra, km (~6380 km)
 - H' = altitud de orbita, km
 - g_s = aceleracion (0.000981 km/sec²)

Altitud

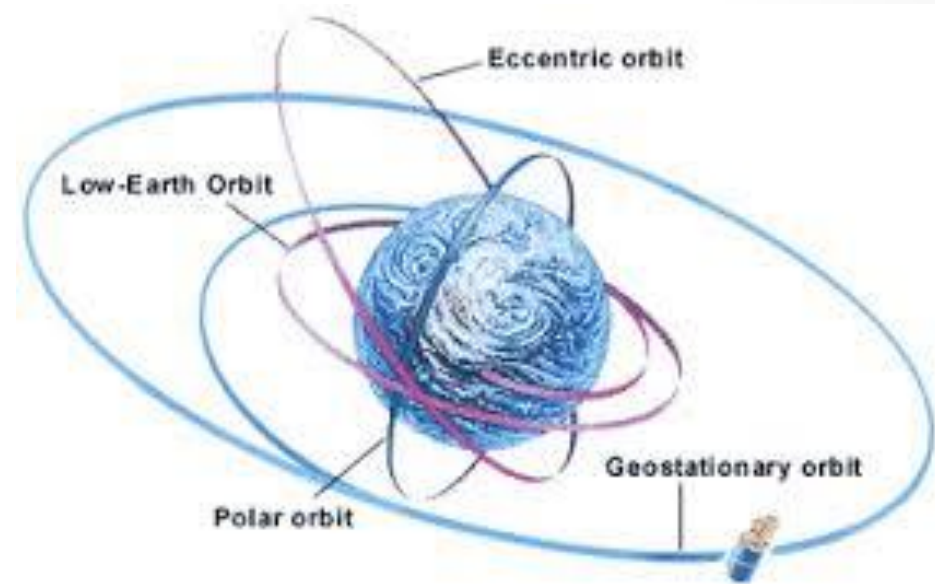
- Altitudes varían en base a requerimientos. Ejemplos
 - Landsat-7: 705 km
 - IKONOS: 681 km
 - QuickBird: 480 km
 - GOES: ~35,000 km
 - GPS: 20,200 km



384,000 km
The Moon

Tipos de orbitas

- Casi polar
- Excéntrica
- Baja altitud
- Geoestacionaria



Características de un sistema satelital

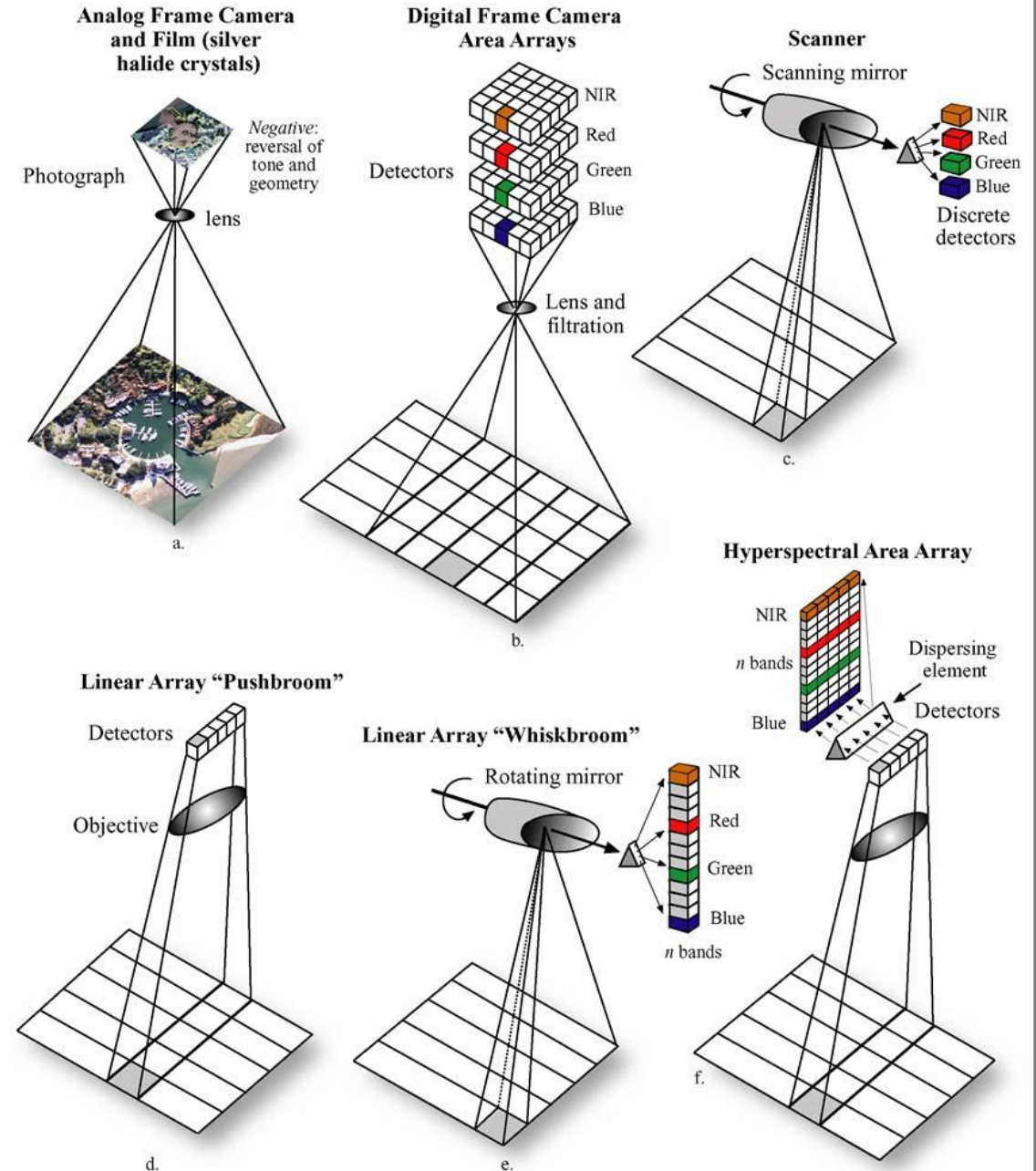
- Resolución espacial
- Resolución espectral
- Resolución radiométrica
- Resolución Temporal

Resoluciones de diferentes satélites y sensores remotos

Satélite	Sensor	Resolución Espacial	Resolución Espectral	Resolución Temporal
LANDSAT 5	MSS	75 m	4 bandas	16 días
	TM	30m	7 bandas	16 días
LANDSAT 7	ETM+ (Multiespectral)	30 m	7 bandas	16 días
	ETM+ (Pancro)	15m	1banda	16 días
SPOT	Multiespectral	20m 10m (SPOT 5)	4 bandas	26 días
	Pancro	10m 5m (SPOT 5)	1 banda	26 días
NOAA	AVHRR	1.1 Km.	5 bandas	12 horas
		4 Km.	2 bandas	12 horas
Ikonos	Multiespectral	4 m	4 bandas	2 días
	Pancro	1 m	1 bandas	2 días
QuickBird	Multiespectral	2,50 m	4 Bandas	1-4 días
	Pancro	0,61 m	1 Bandas	1-4 días

De la toma de dato al pixel: Mecanismos de formación de imagen en sistemas de Sensores Remotos

Remote Sensing Systems Used to Collect Aerial Photography, Multispectral and Hyperspectral Imagery

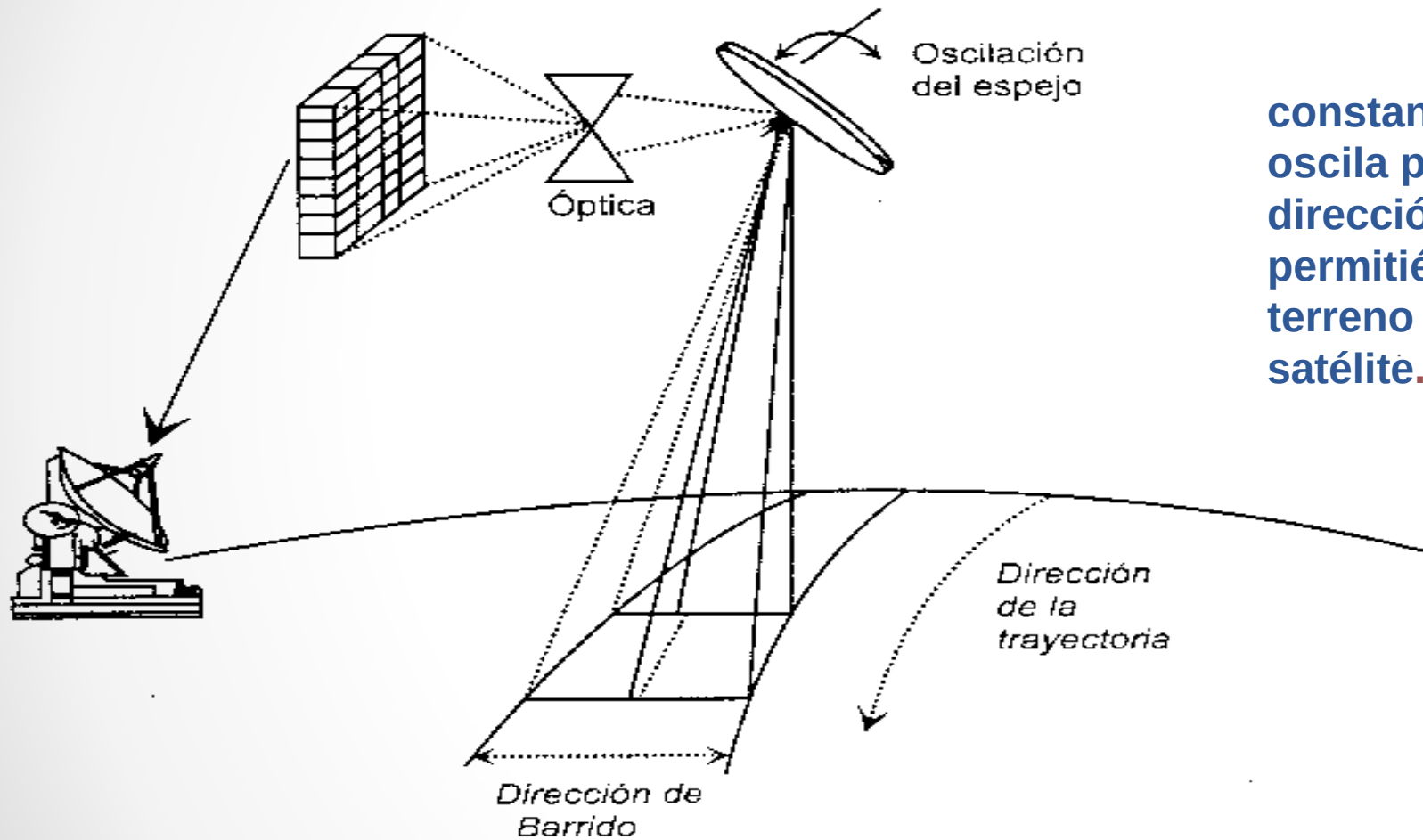


Explorador de Barrido

Across-Track (Whiskbroom) Scanning

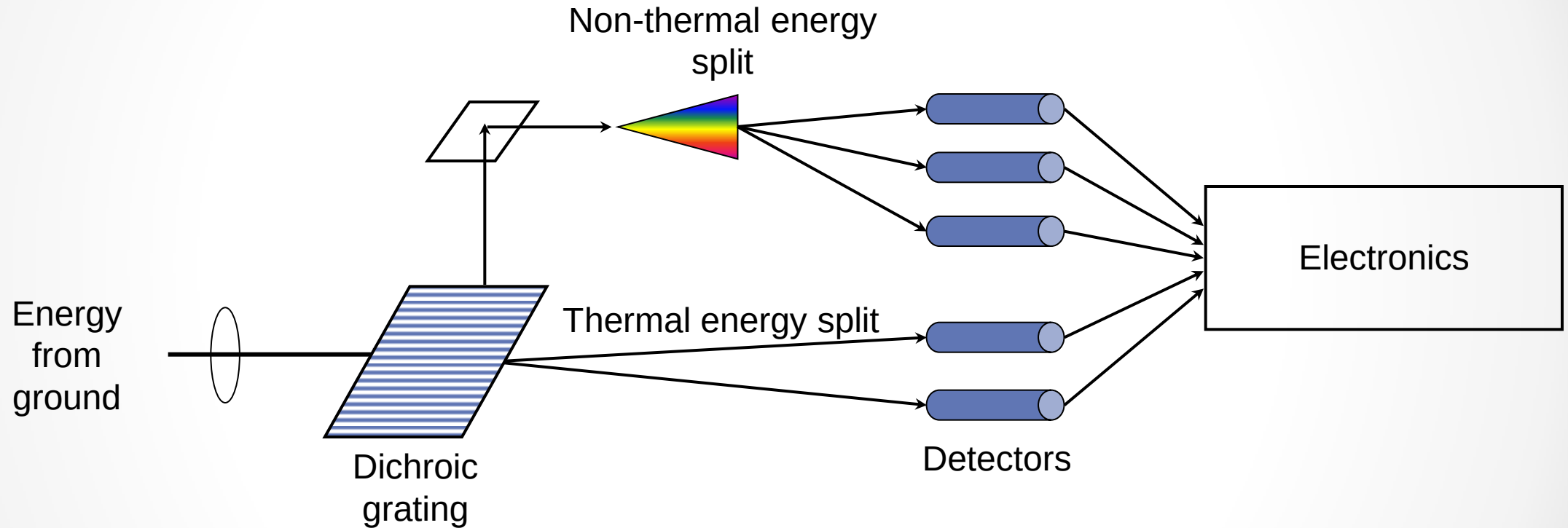
- Recolección multiespectral
- Mas energia por pixel

Exploradores de barrido



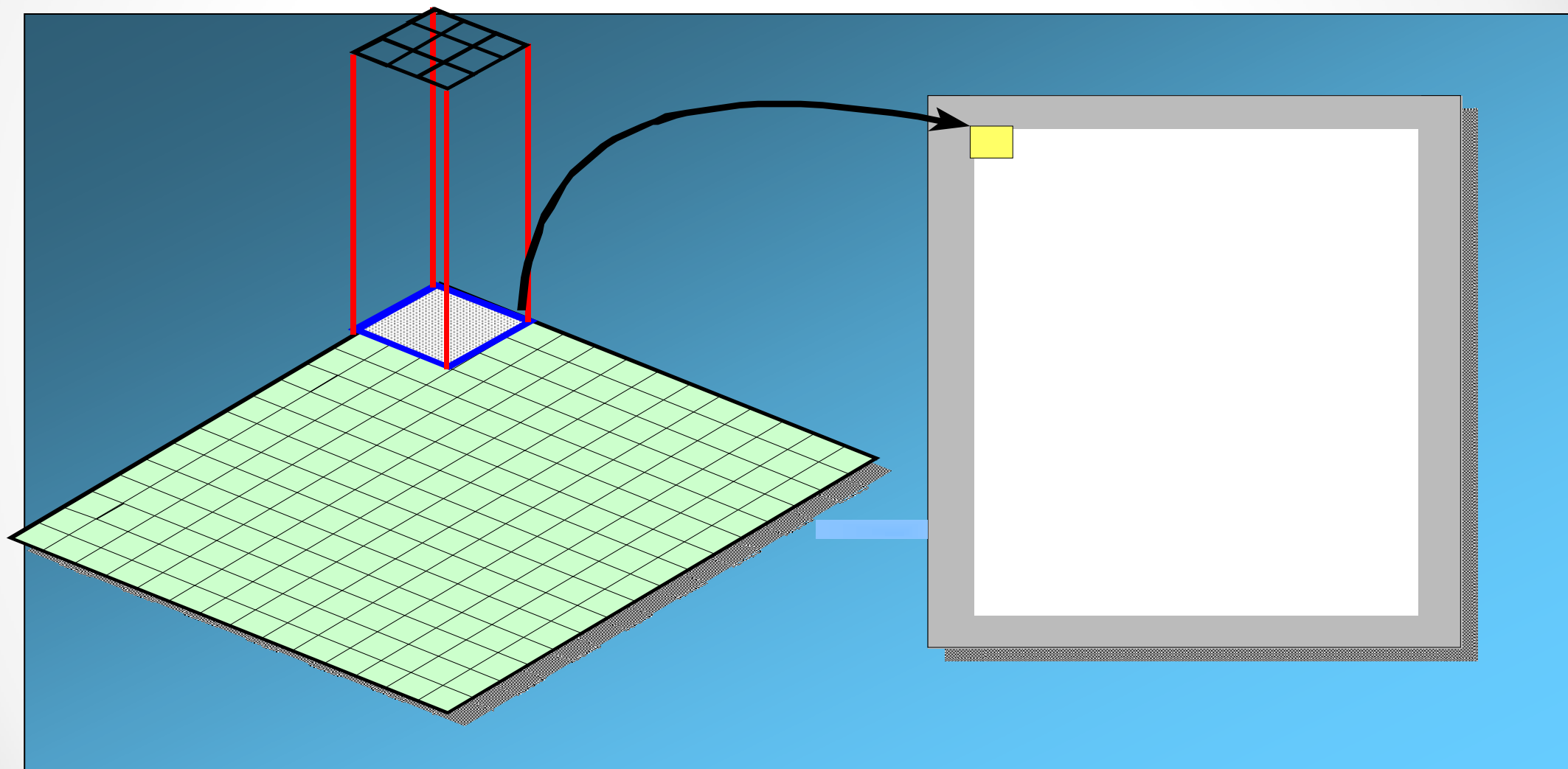
constan de un espejo móvil, que oscila perpendicularmente a la dirección de la trayectoria, permitiéndoles explorar una franja de terreno a ambos lados de la traza del satélite.

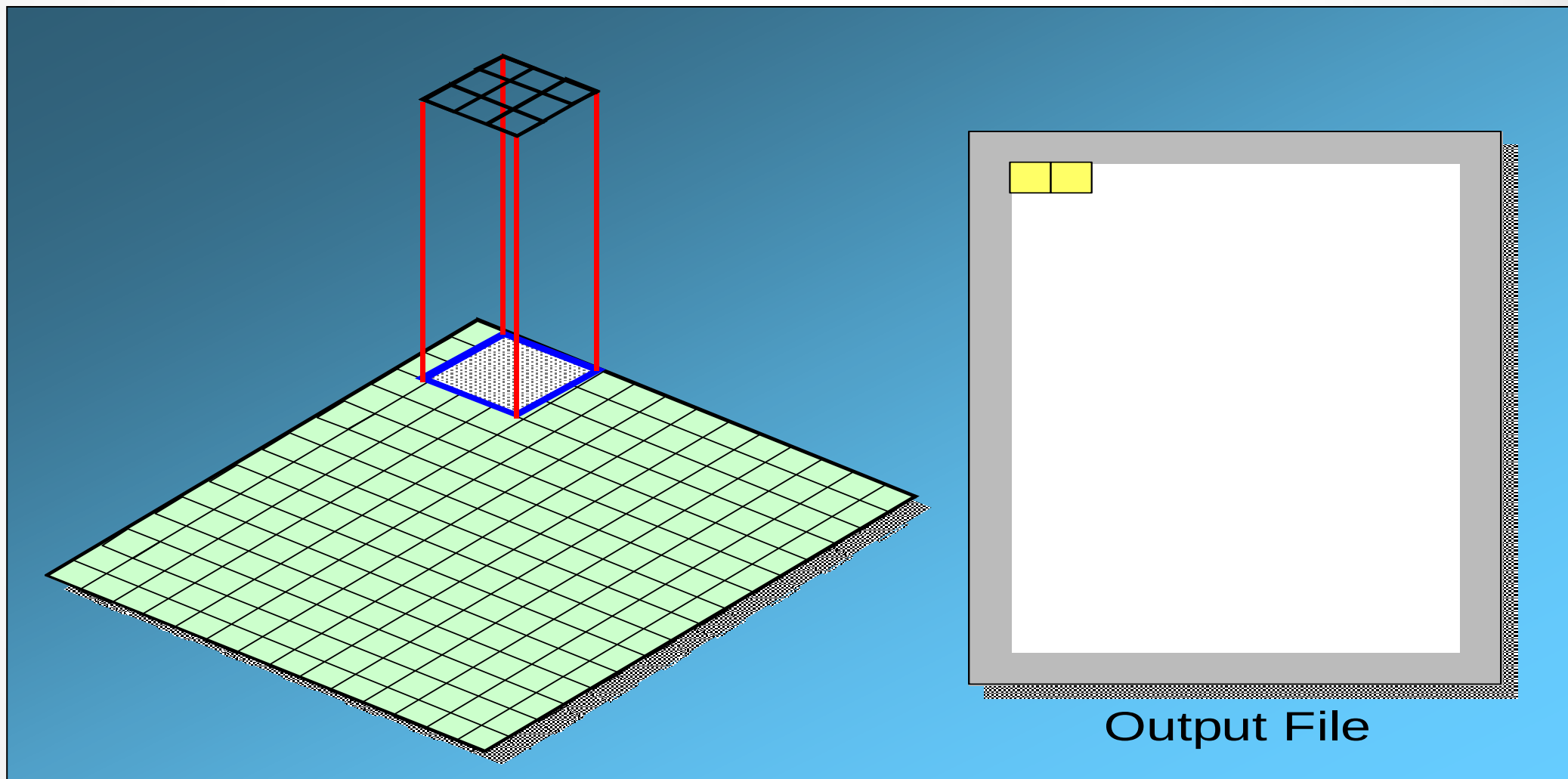
Across-Track Multispectral Sensing

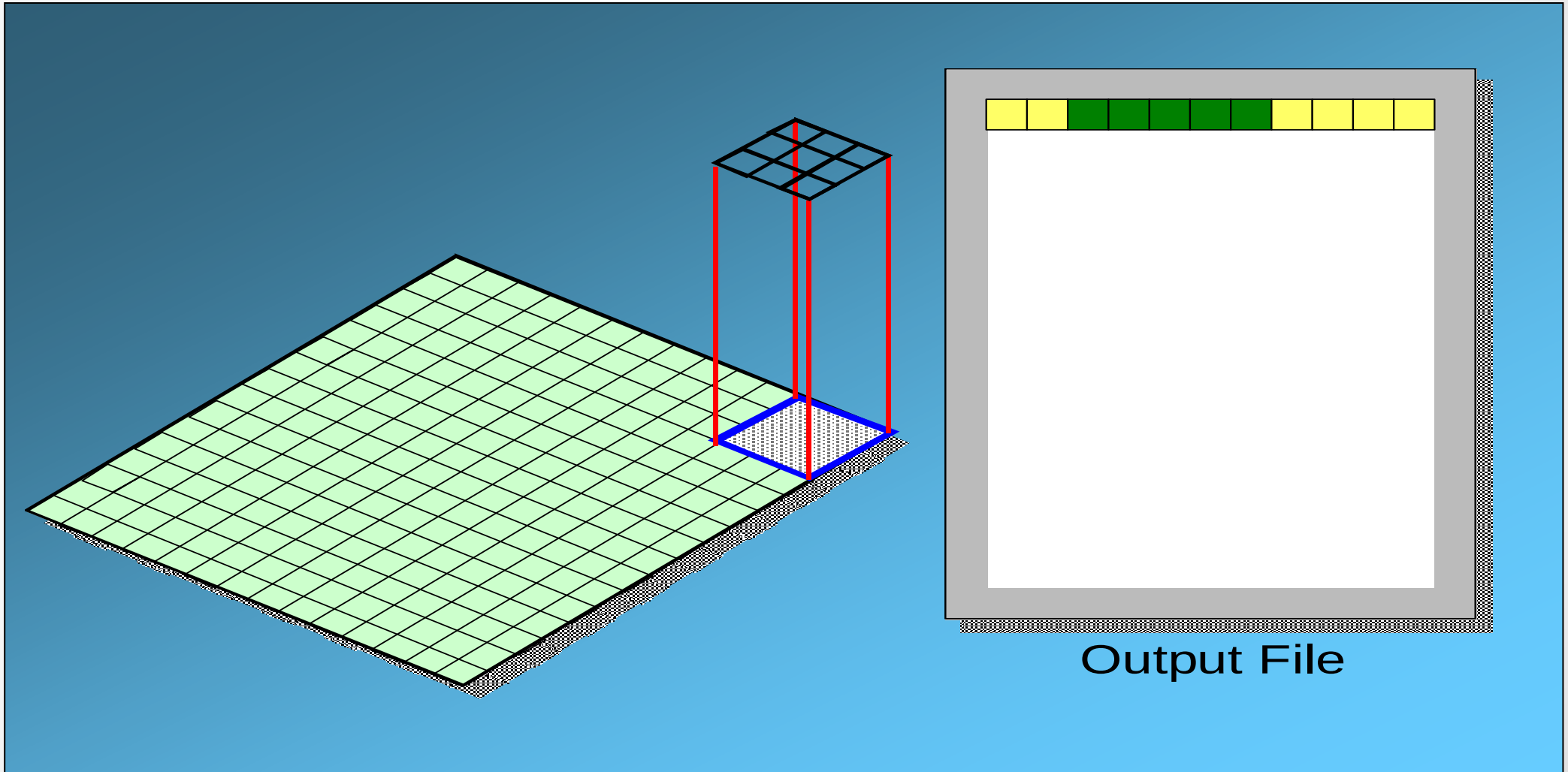


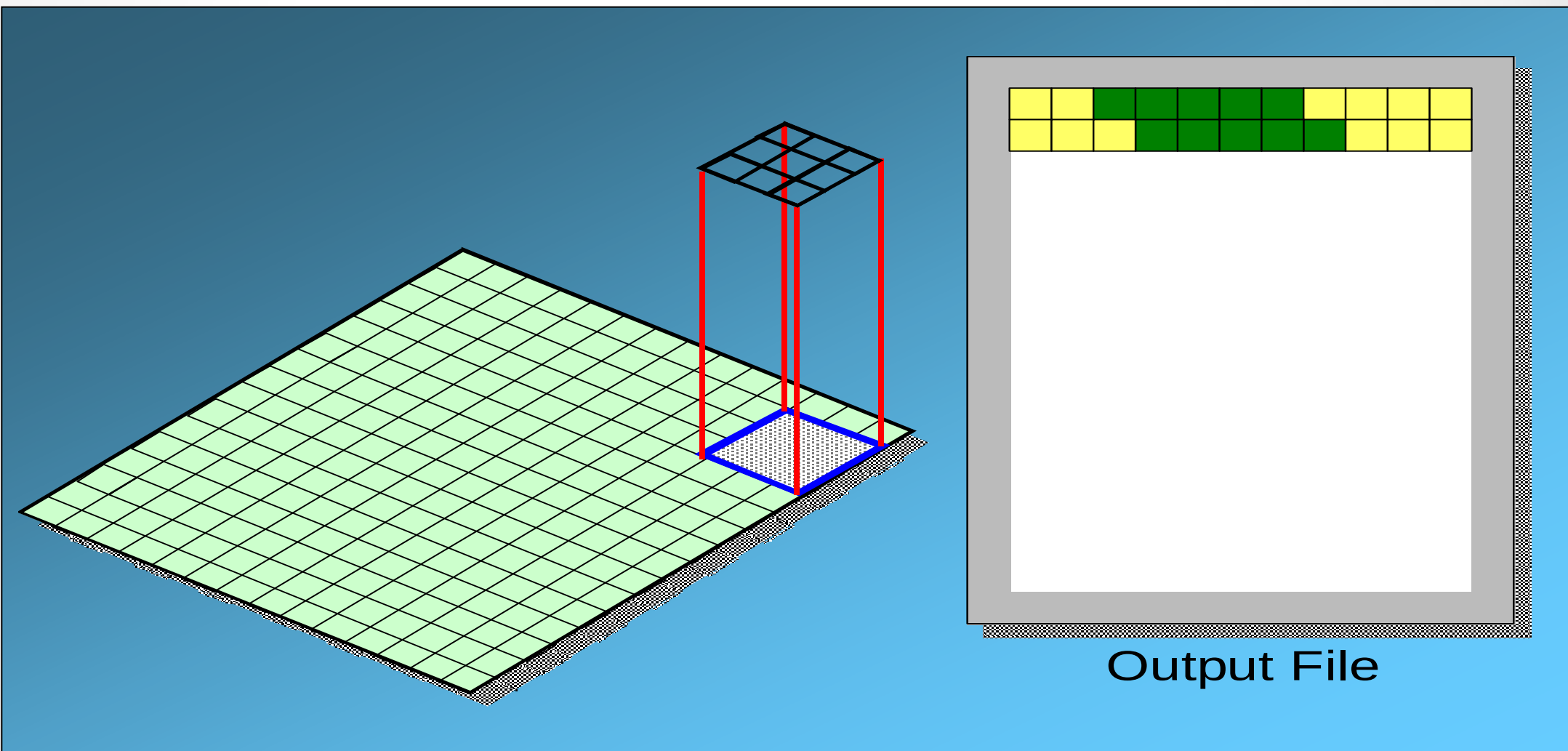
Along-track (Pushbroom) Scanner

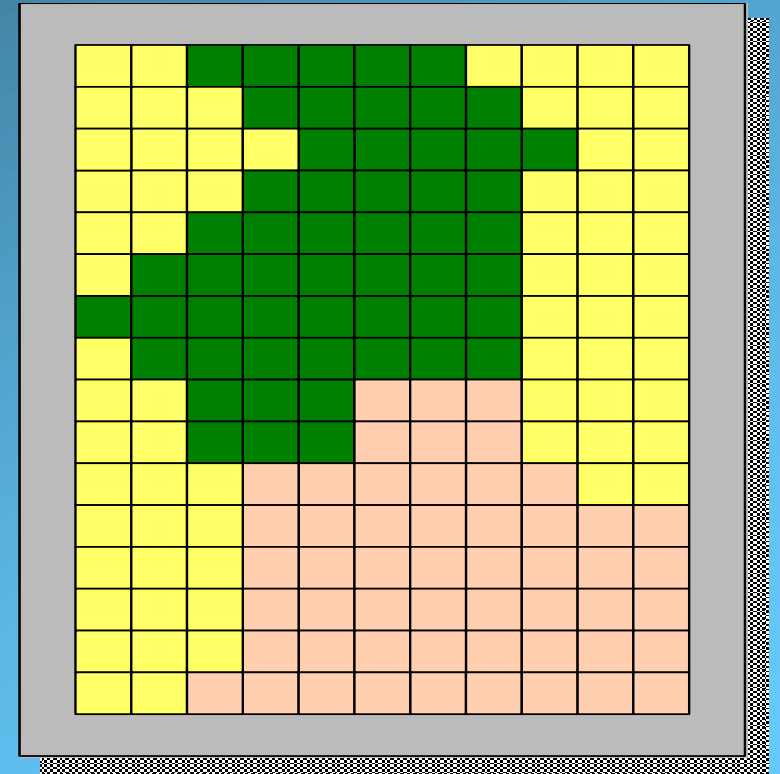
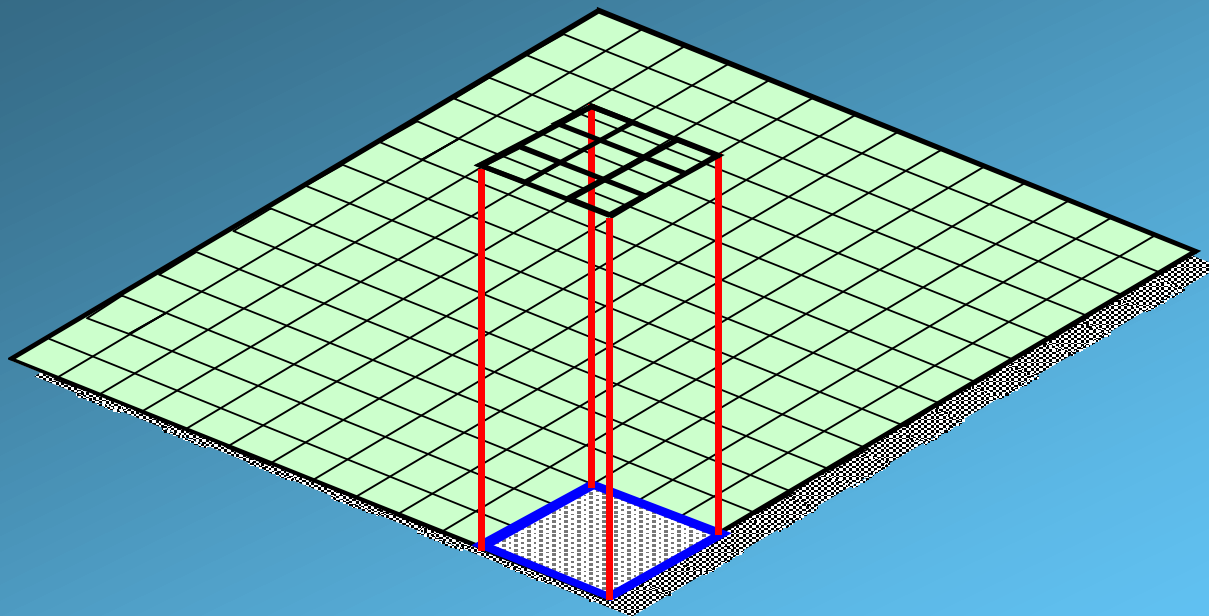
- Muchos elementos en la matriz
- Reducida sensibilidad espectral del CCD









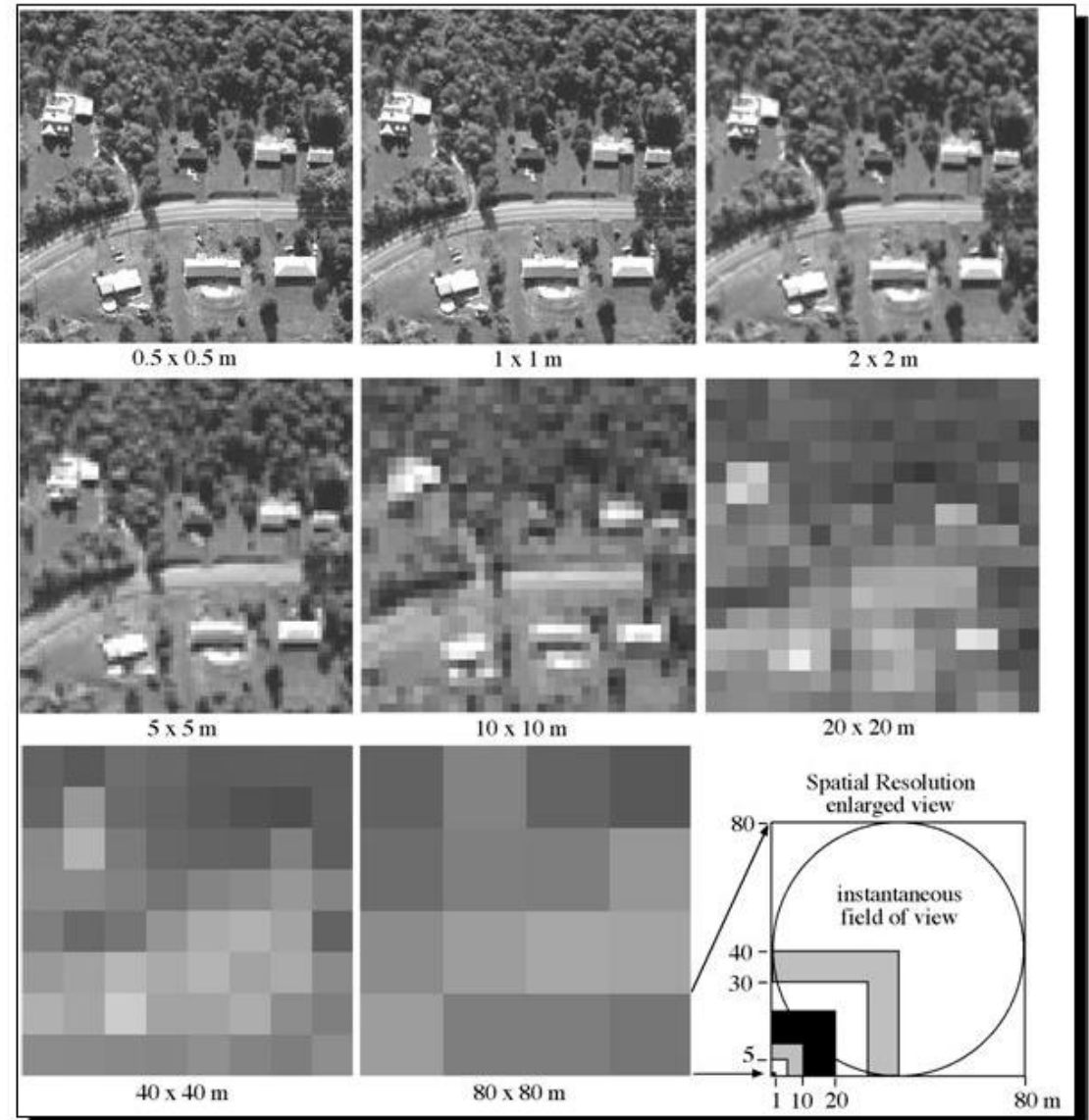
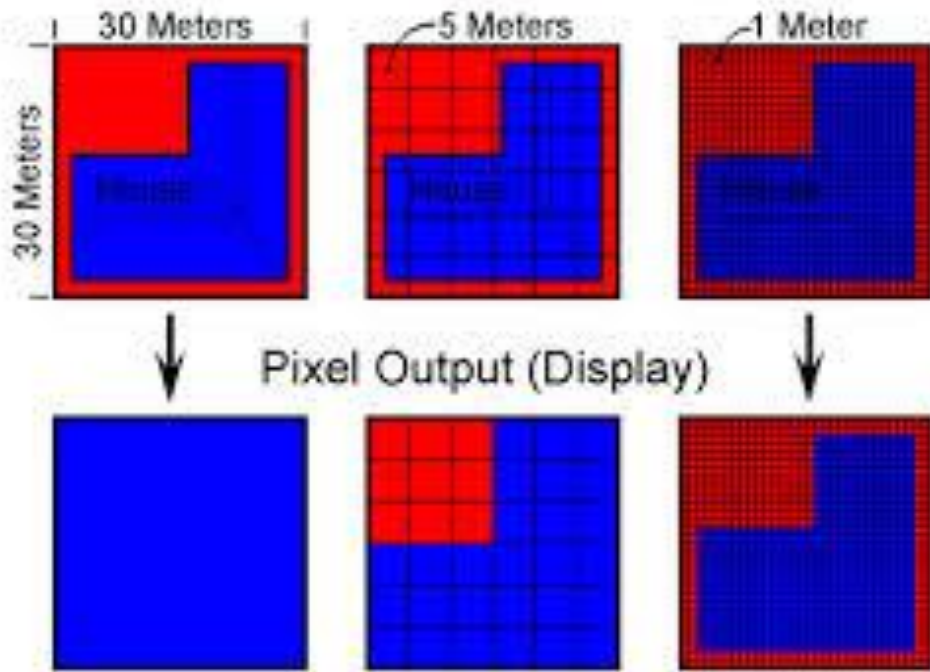


Output File

Resolución espacial

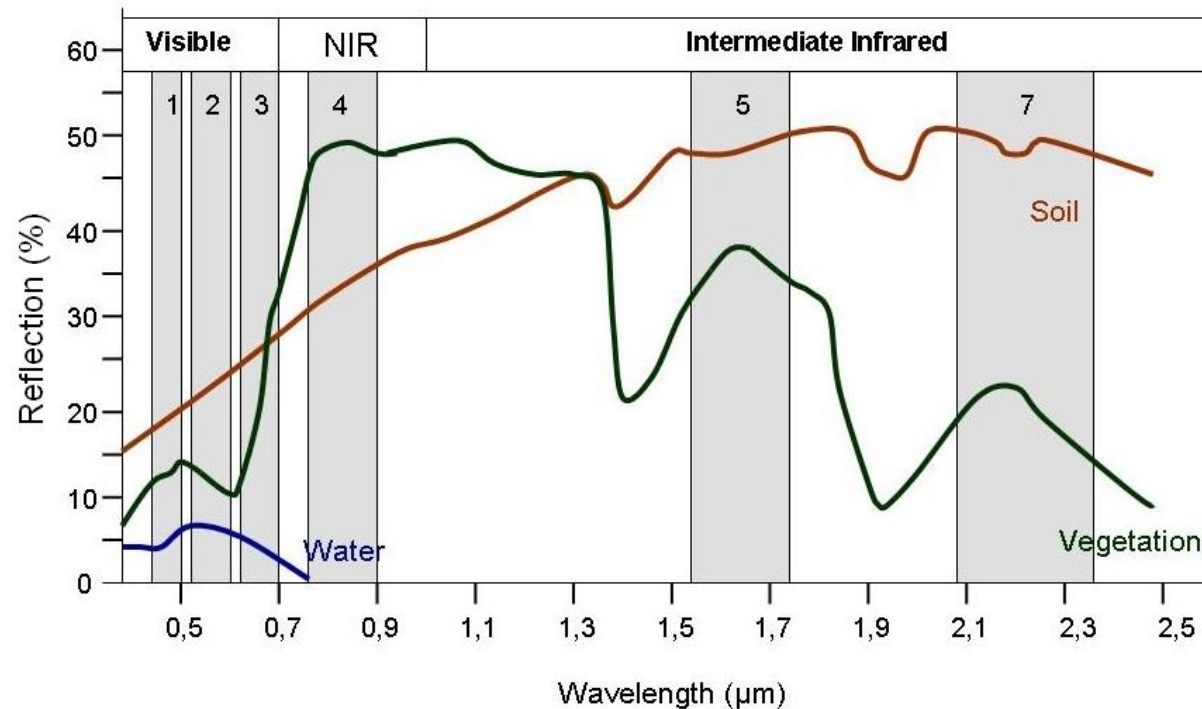
- Factores
- Altura de vuelo
- sensores

Pixel Size (Resolution)



Resolución espectral

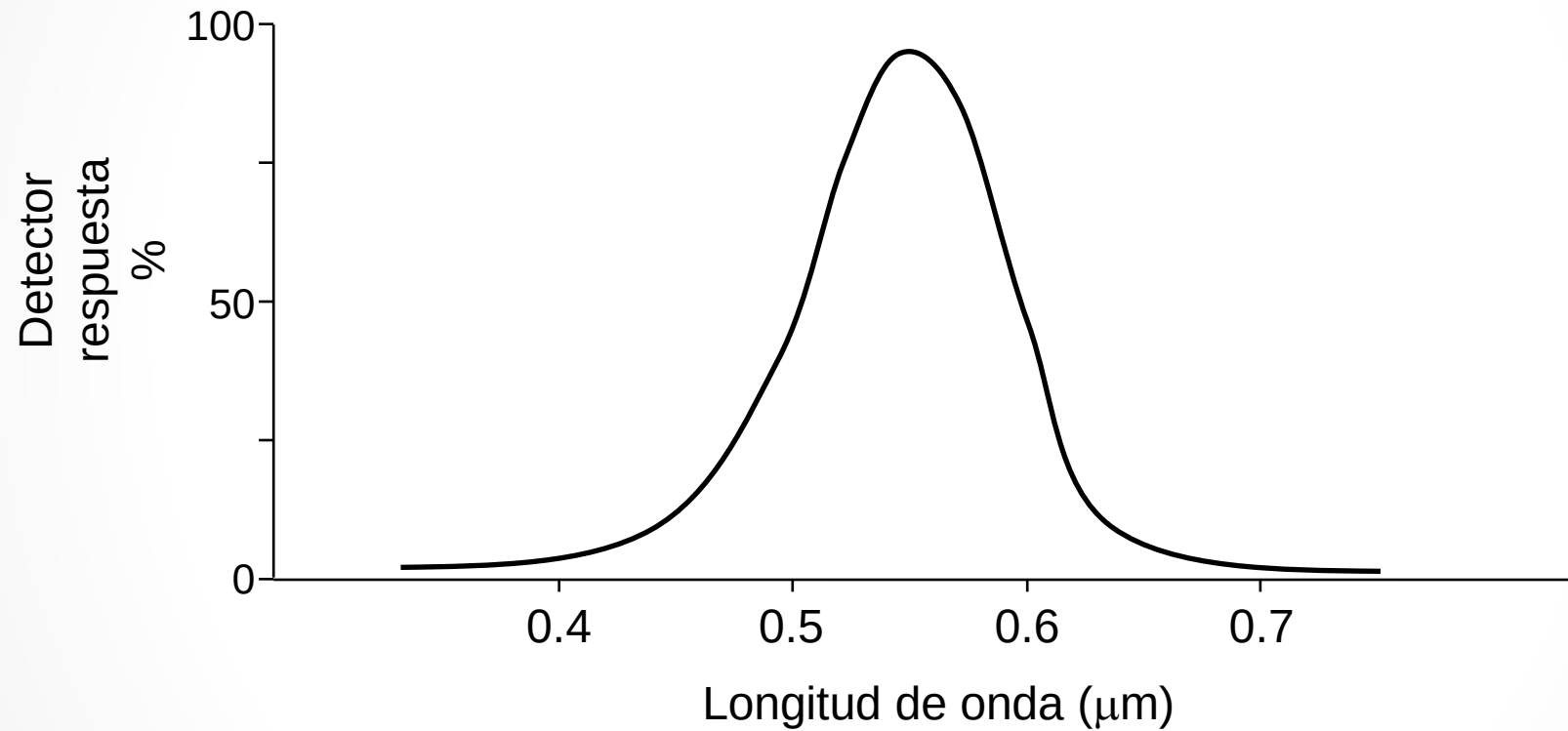
- Ideal: supersensor
- Realidad: no hay sensor que responda a todas las longitudes de onda
 - Resolución espectral: segmentos del espectro electromagnéticos que registra un sensor



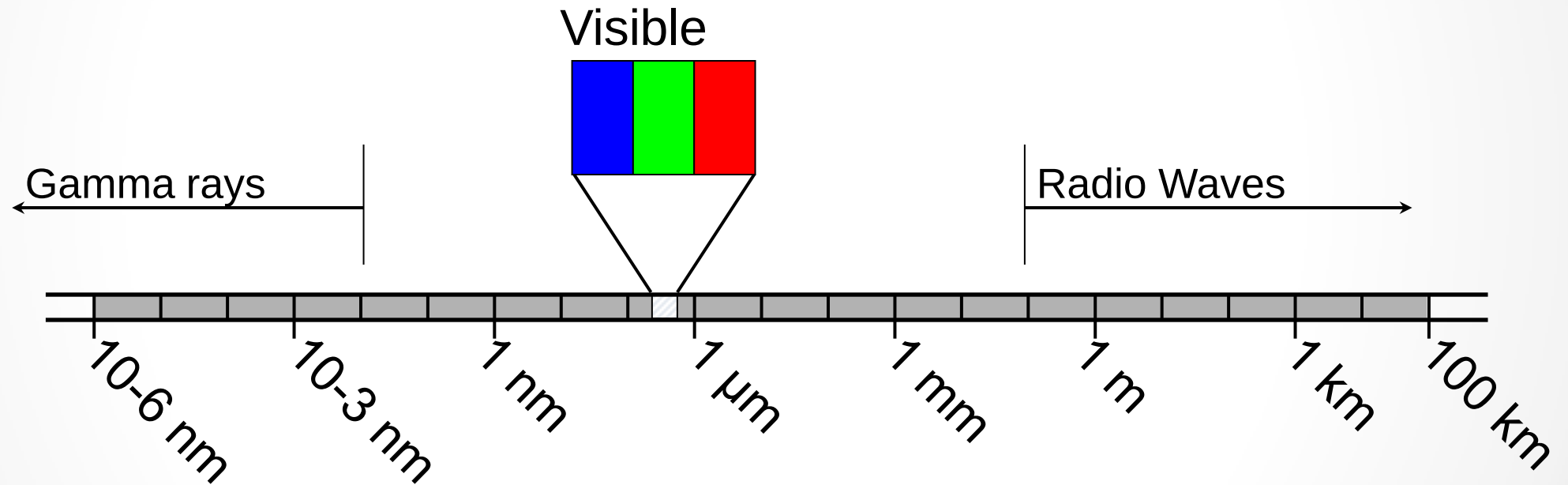
Clasificación de la resolución espectral

- Pancromático (una banda ancha)
- Multispectral
 - E.g. Landsat ETM+ tiene 7 bandas espectrales
- Hyperspectral
 - E.g. AVIRIS tiene 224 bandas espectrales
- Ultraspectral?

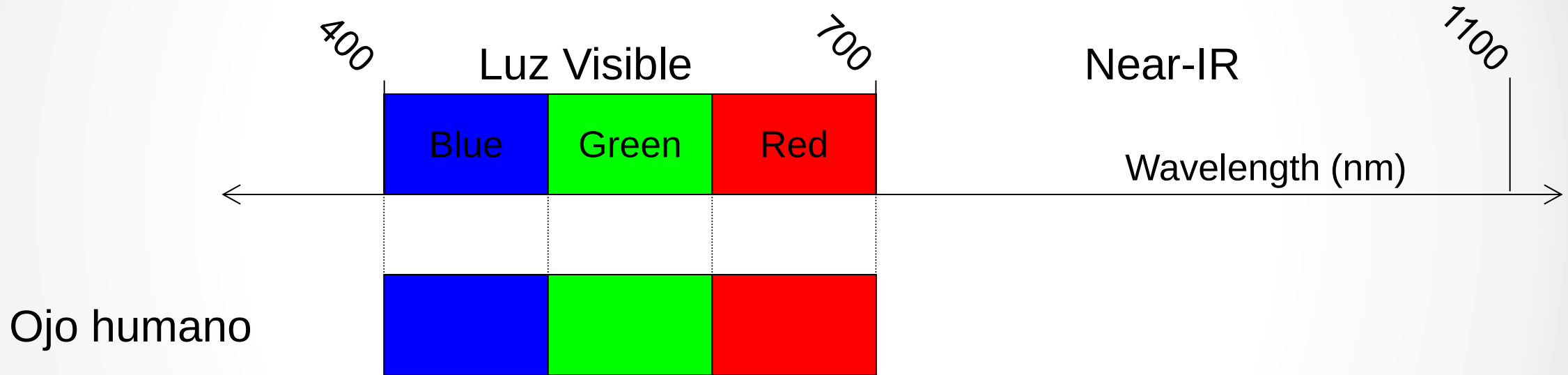
Ancho de banda



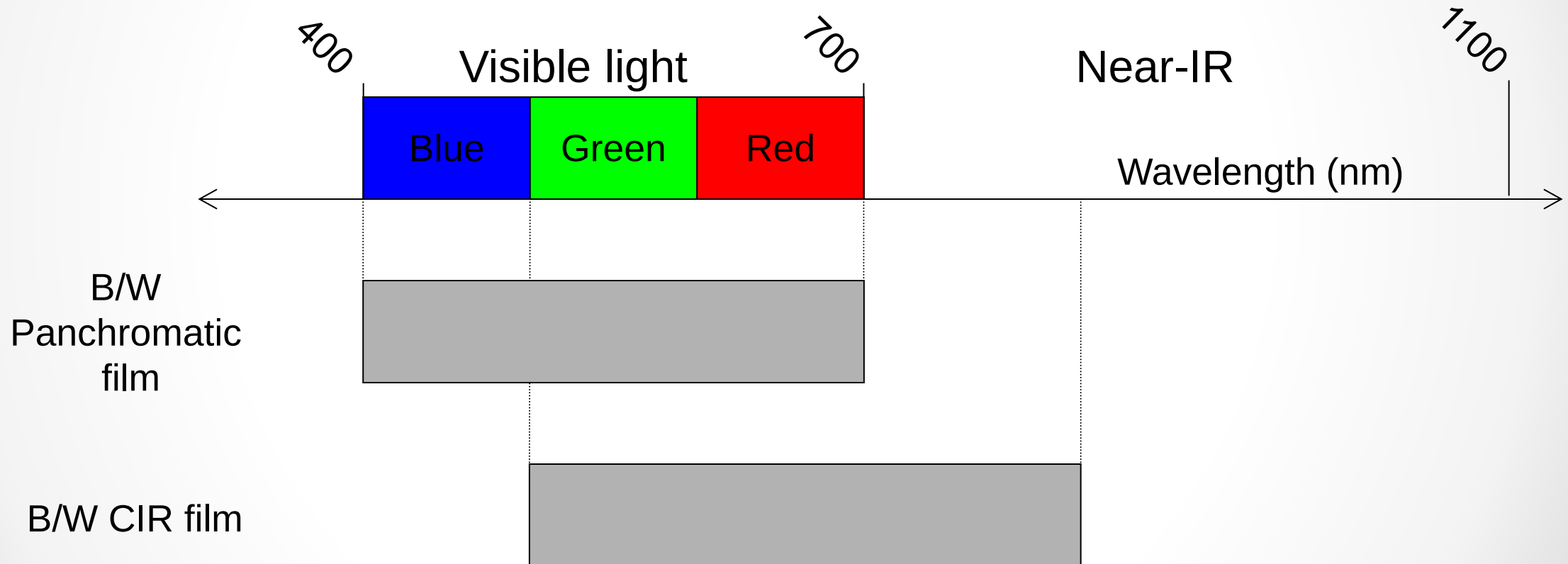
Espectro electromagnético



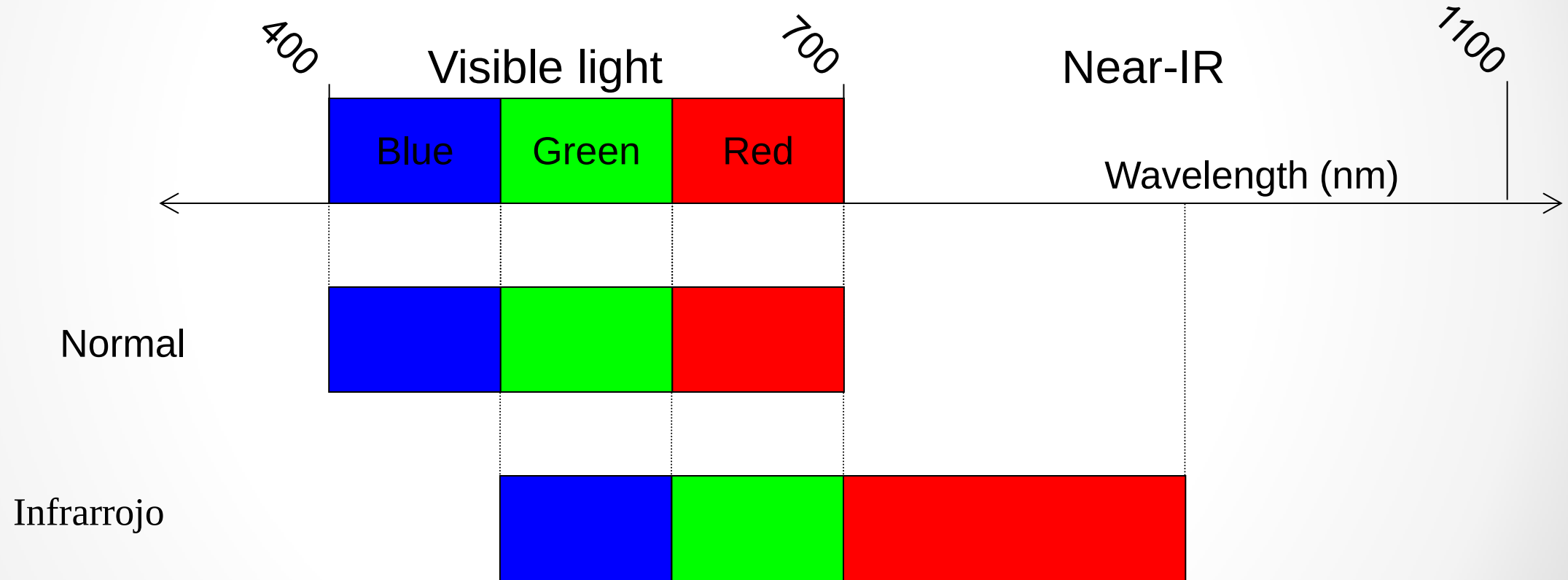
Resolución espectral del ojo humano



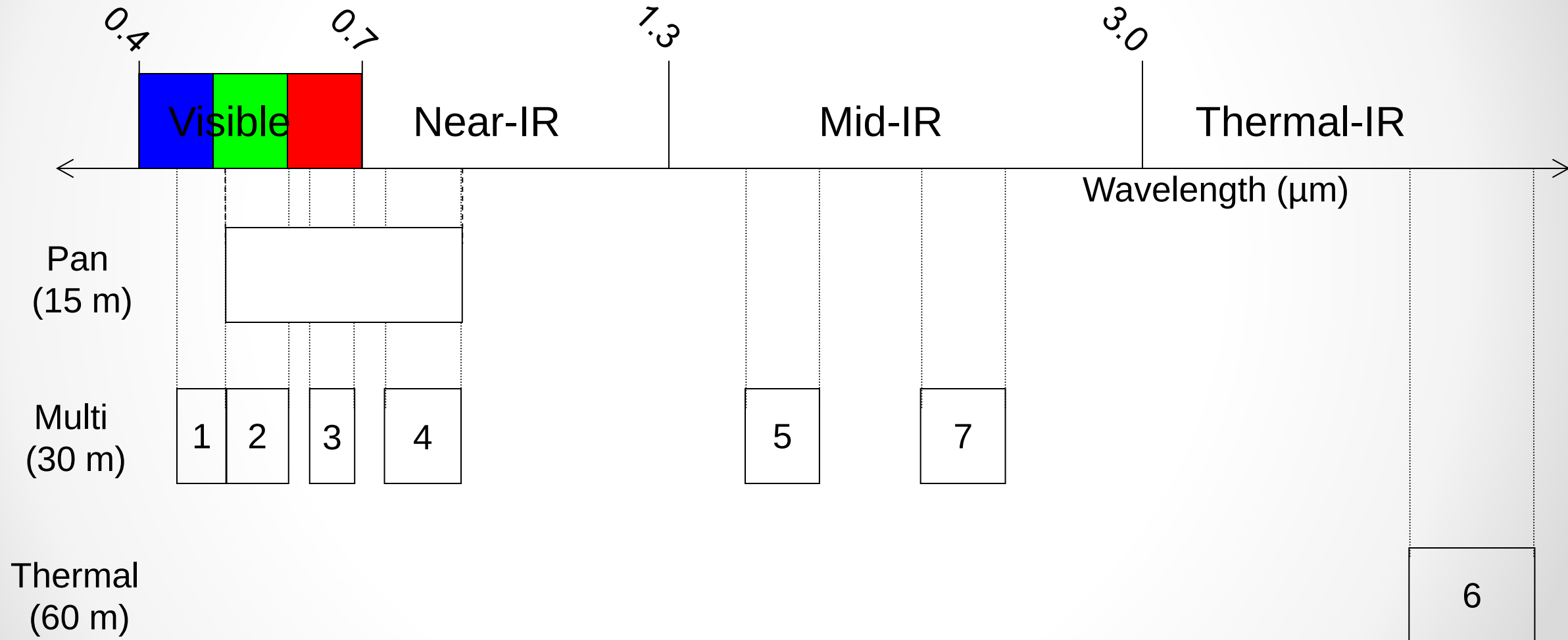
Resolución espectral :fotos Blanco y Negro



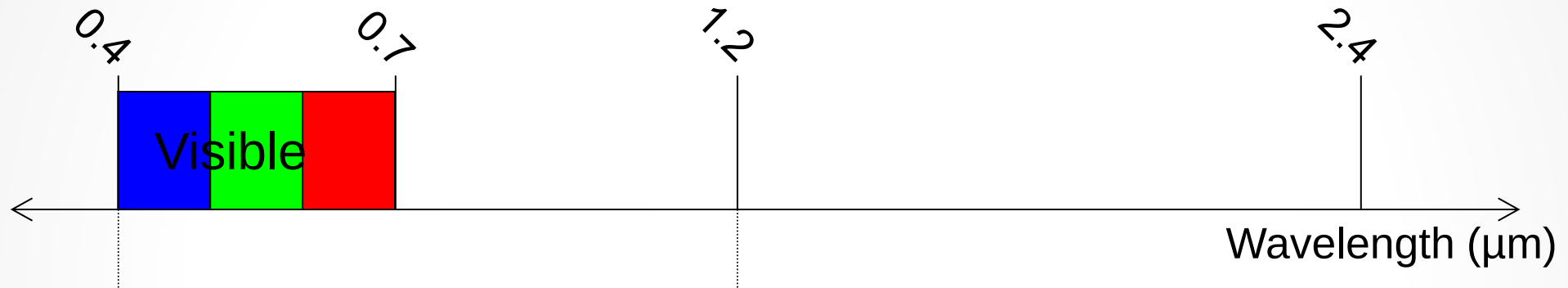
Fotos de Color



Sensor ETM+



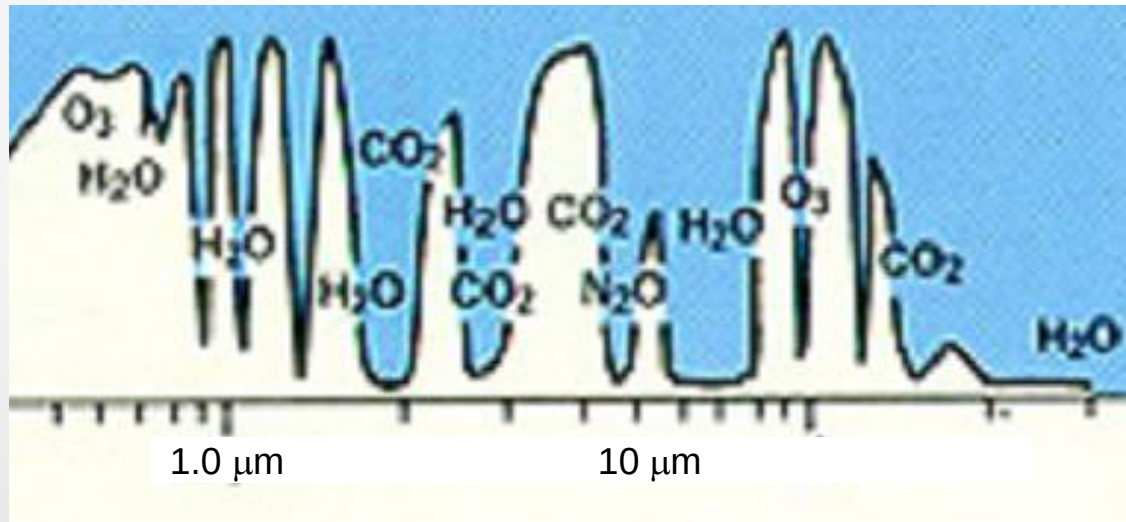
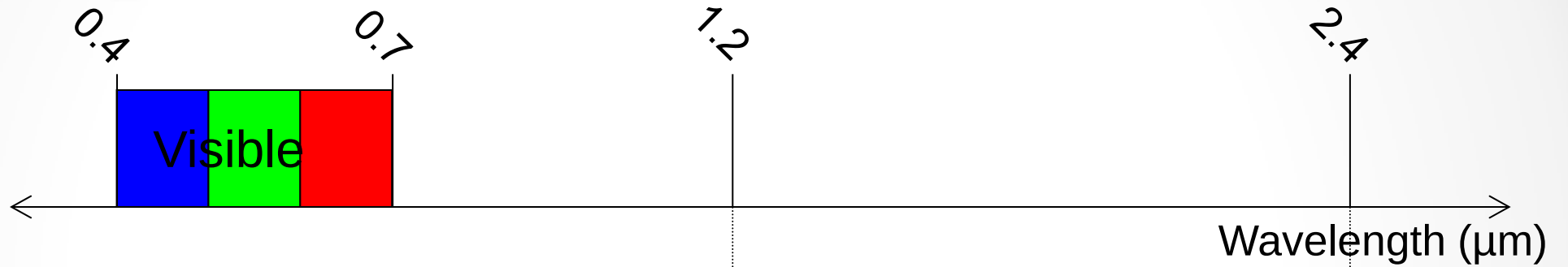
AIS



128 bands
~9.3 nm wide

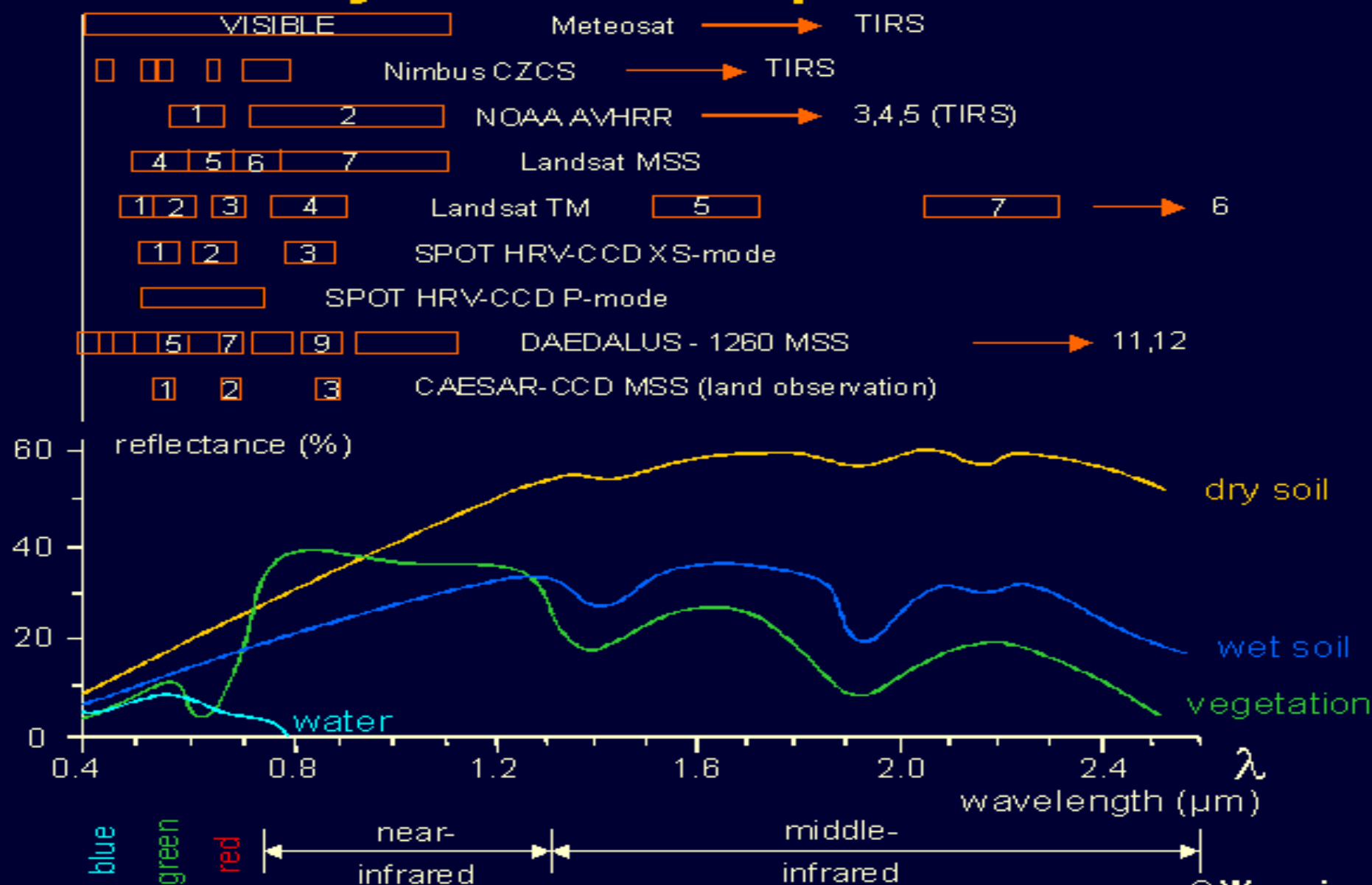
128 bands
~9.3 nm wide

Spectral Resolution: AIS



Rock mode

The position of the spectral bands of some Remote Sensing sensor systems in the optical window



RESOLUCION TEMPORAL

Tiempo de revisita al mismo sitio.

Depende de la altura por lo que se asocia a la resolución espacial

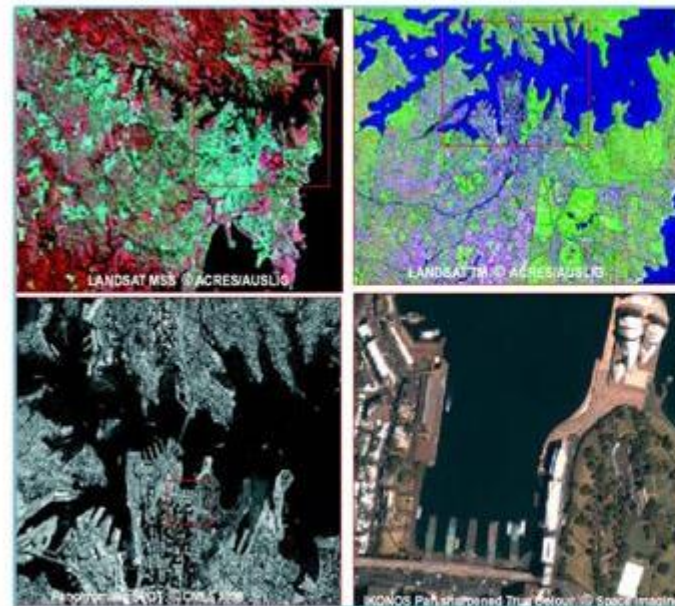
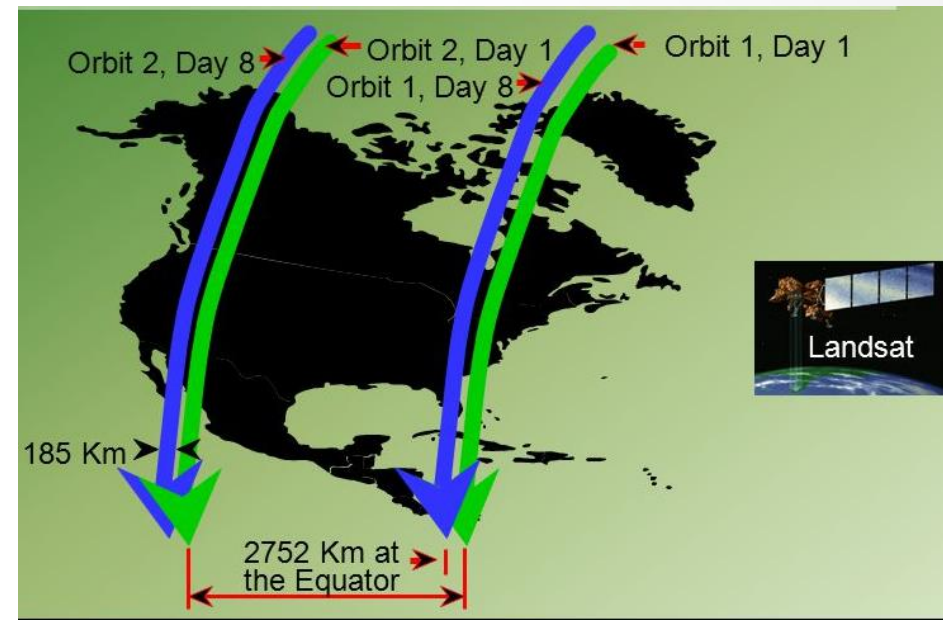


Figure: N. Kerle, ITC-UT

Webportal	Approx. Spatial resol.	Temporal resolution	
Landsat	15–60 m.	16 days	Landsat
Aster	15–90 m.	16 days	Aster
IKONOS	1.0–4.0 m.	3 days	IKONOS
QUICKBIRD	0.7–2.9 m.	1–3.5 days	Quickbird
GeoEye-1 & 2	0.46–1.84 m.	2–8 days	GeoEye-1&2
WorldView-1 & 2	0.46–1.84 m.	1.7 days	WorldView-1&2
SPOT-5	2.5–10 m.	2–3 days	SPOT-5
SPOT-6 & 7	1.5–6.0 m.	daily	SPOT-6 & 7
FORMOSAT-2	2.0–8.0 m.	daily	Formosat-2
PLEIADES 1A & 1B	0.5–2 m.	daily	Pleiades 1A 1B
Rapid Eye	5.0–6.5	daily	Rapid Eye
Sentinel 2	To be launched later in 2015		Sentinel-2

Sistemas de Satélite

Primera Generación

- Landsat
- NOAA-AVHRR
- SPOT
- IRS



Landsat

- El primero lanzado en 1973
- Multi Spectral Scanner (MSS)
- 4 bandas (Verde, Rojo, NIR x2)
- 80m resolution
- 185Km swath (banda de cobertura)
- Primera serie -
 - Landsats 1,2 and 3



Landsat

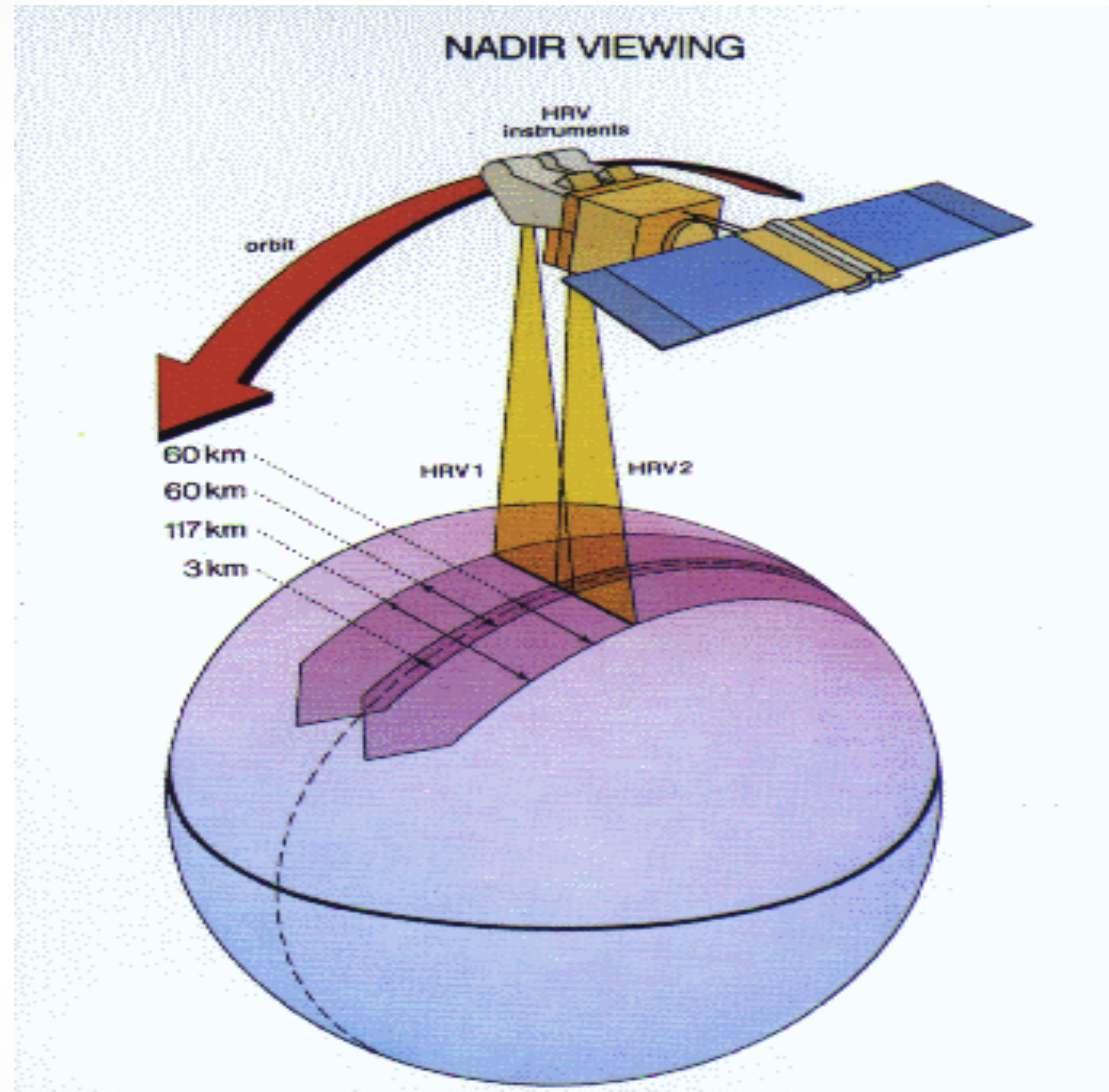
- Landsat 4 Lanzado 1983
- Landsat Thematic Mapper (TM)
- Siete bandas
- Azul, Verde, Rojo, NIR, OSWIR x 2, TIR
- 30m resolution
- 185Km swath
- Landsat 7 lanzado 1999
- 15m pancromatica



SPOT

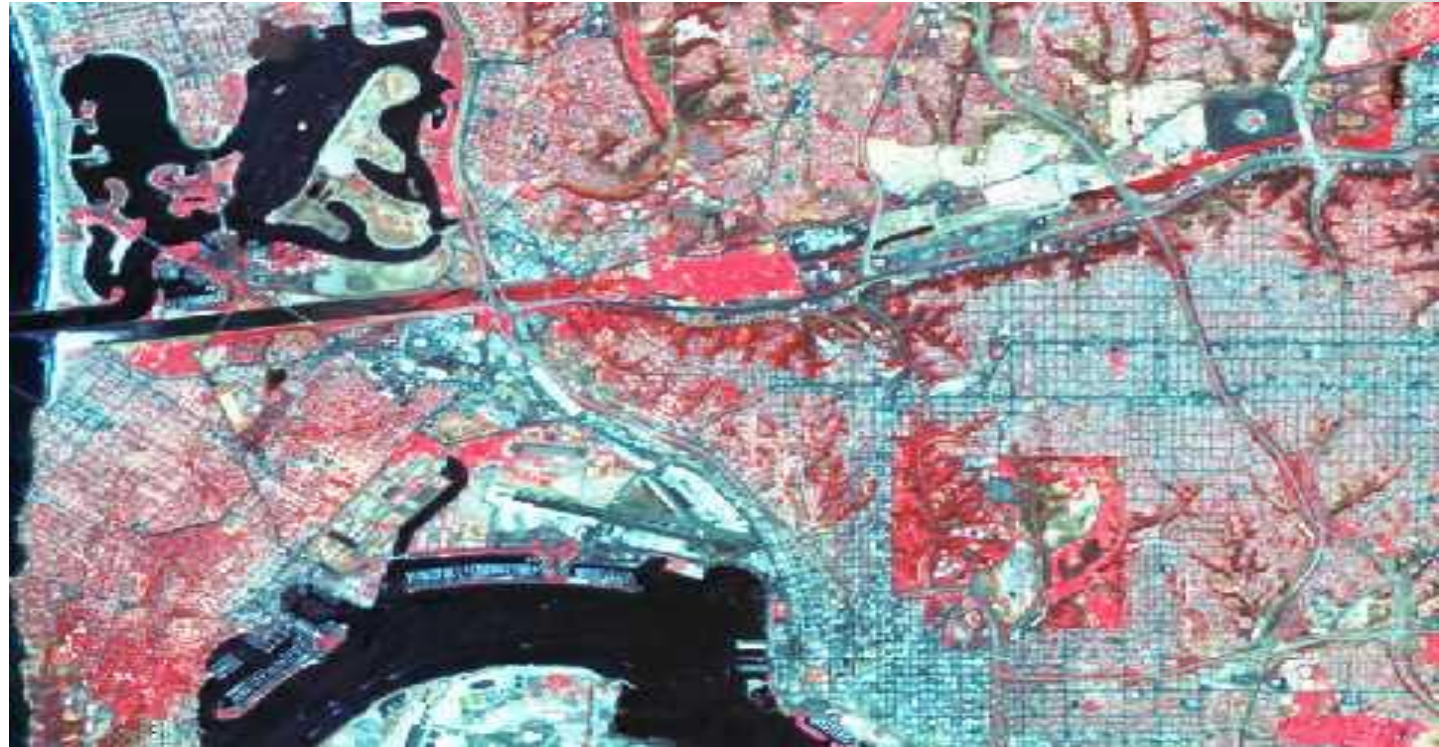
- Satélite frances lanzado en 1986
- Dos modos de operación
- Capacidad de toma fuera de nadir
- Capacidad de estereo





SPOT

- Modo Multi-espectral
- MS - 3 bands
- Verde, Rojo, NIR
- 20m resolución



SPOT

PANCROMATICO - 1 band at 10m deresolution modificado a 2m



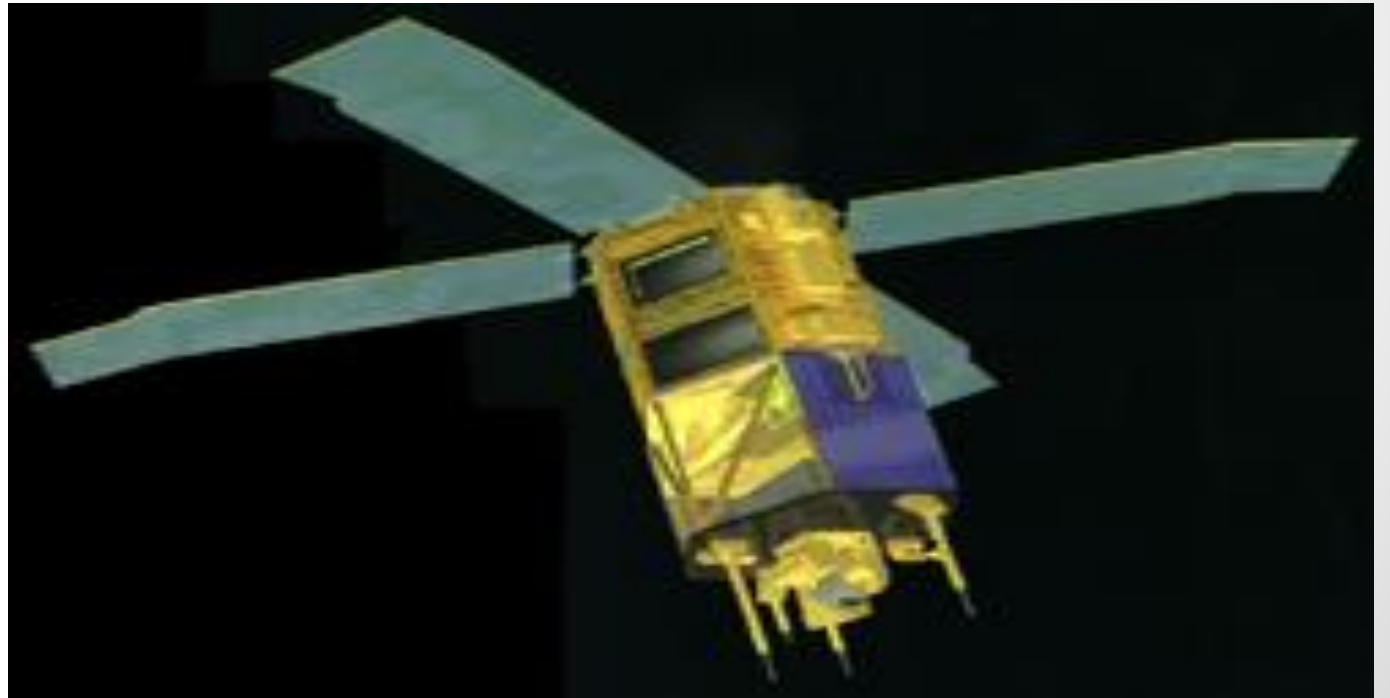
IRS

- IRS 1A
 - 4 bandas
 - 72m resolucion
 - 148 Km swath
 - Lanzado en 1988
- IRS 1B
 - 36m resolucion
 - Lanzado en 1991

IRS 1C
4 bandas
25 a 70m resolucion
141 Km swath
Lanzado en 1996
Tambien PAN
5m resolucion
70 Km swath
WIFS -
1 banda a 188m res.
774 Km swath

Segunda Generación

- Satélites comerciales
- Ikonos
- Quick Bird
- OrbView



Nuevos satélites comerciales

Space Imaging

- Ikonos spacecraft, Carterra instrument
- Launched in September 1999.
- 4 bandas B/G/R/NIR at 5m
- Pancromatico a 1m



Space Imaging

- Carterra Instrument
- Multispectral
 - 4 bandas
 - 4m resolucion
- Pancromatico
 - un metro de resolucion



Nuevos satélites comerciales

- Quickbird
- Lanzado en Octubre 2001.
- Color at 2.4m
- Pancromatico at 0.6m



Satélites ambientales

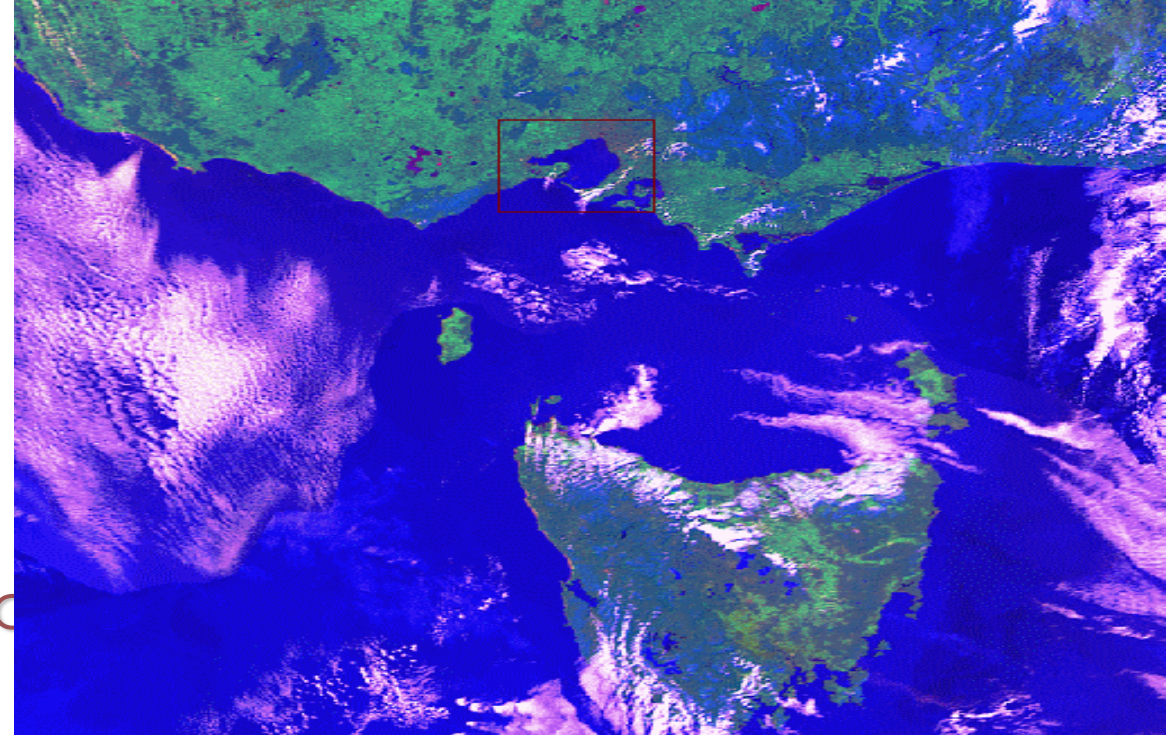
Primera generación

- NOAA-AVHRR
- RESURS



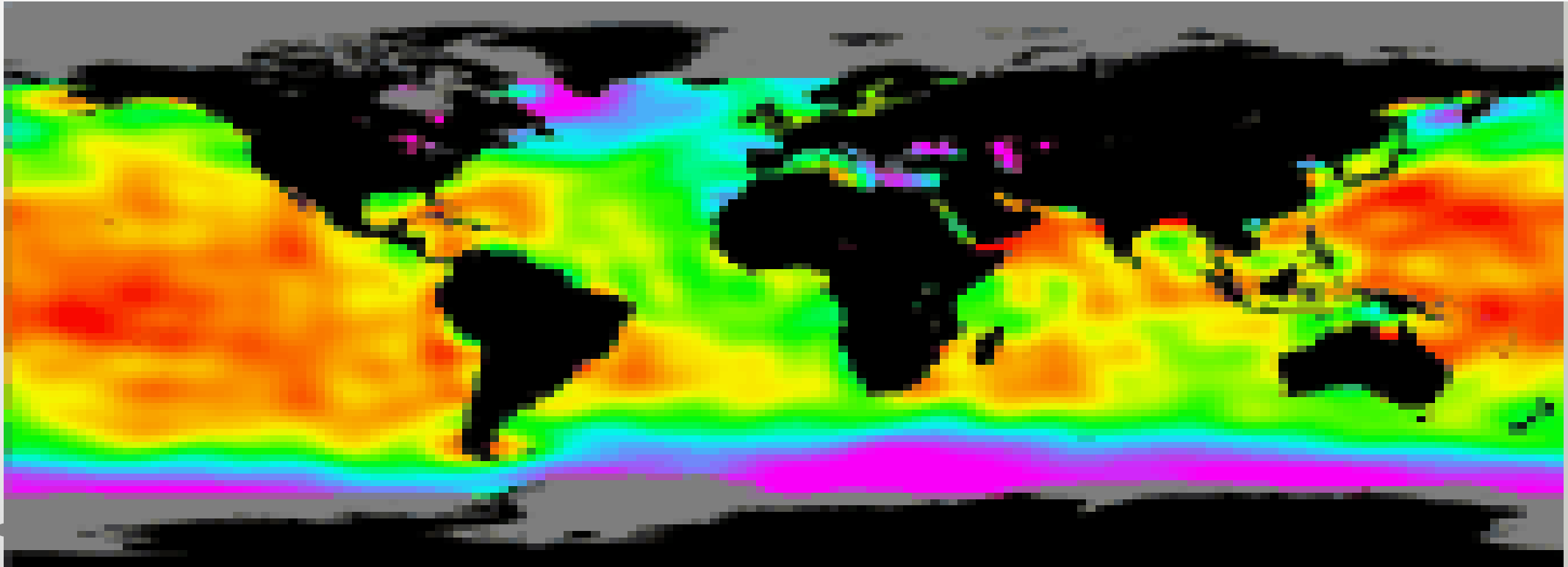
NOAA-AVHRR

- Satélites meteorológicos lanzados en 1978
- 5 bandas, 1.1Km resolución
- 2700 Km swath
- Satélite de bajo costo para monitoreo de clima



NOAA-AVHRR

Temperatura del océano



Satélites ambientales

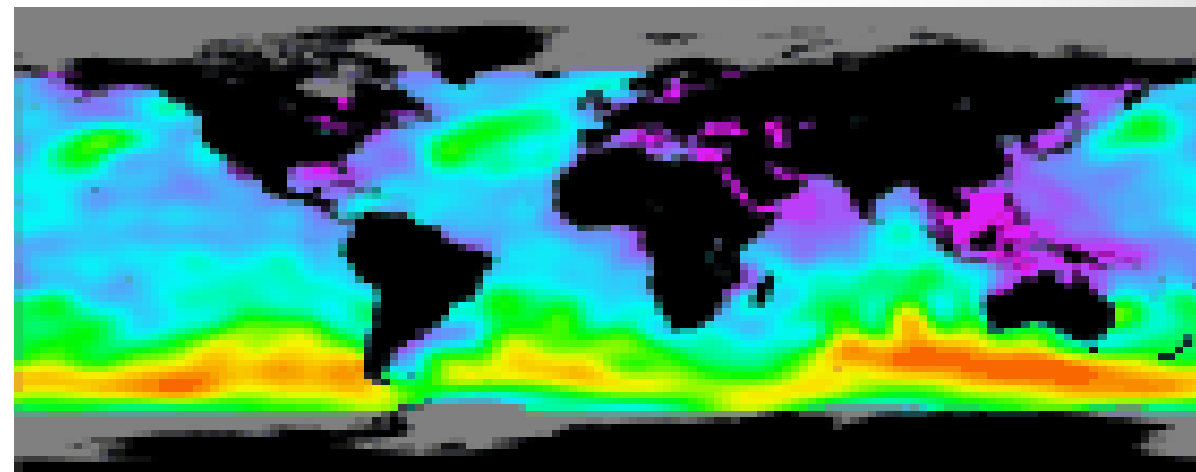
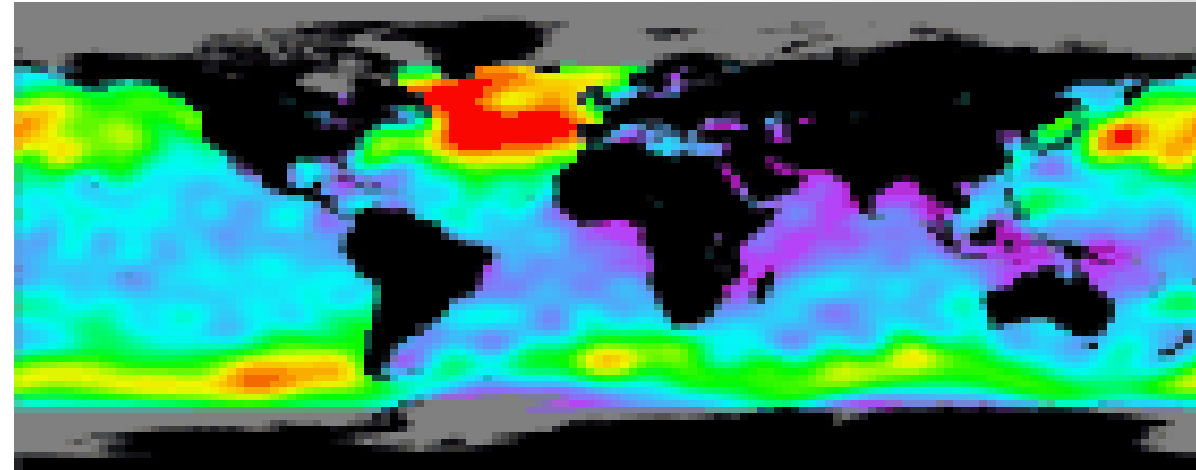
Segunda generación

- TOPEX/Posidon
- SeaWiFS



TOPEX/Posidon

- Francia/USA satélite oceanográfico
- Radar altimétrico
- Mide altura de olas

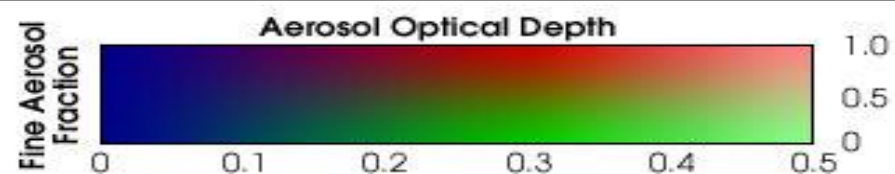
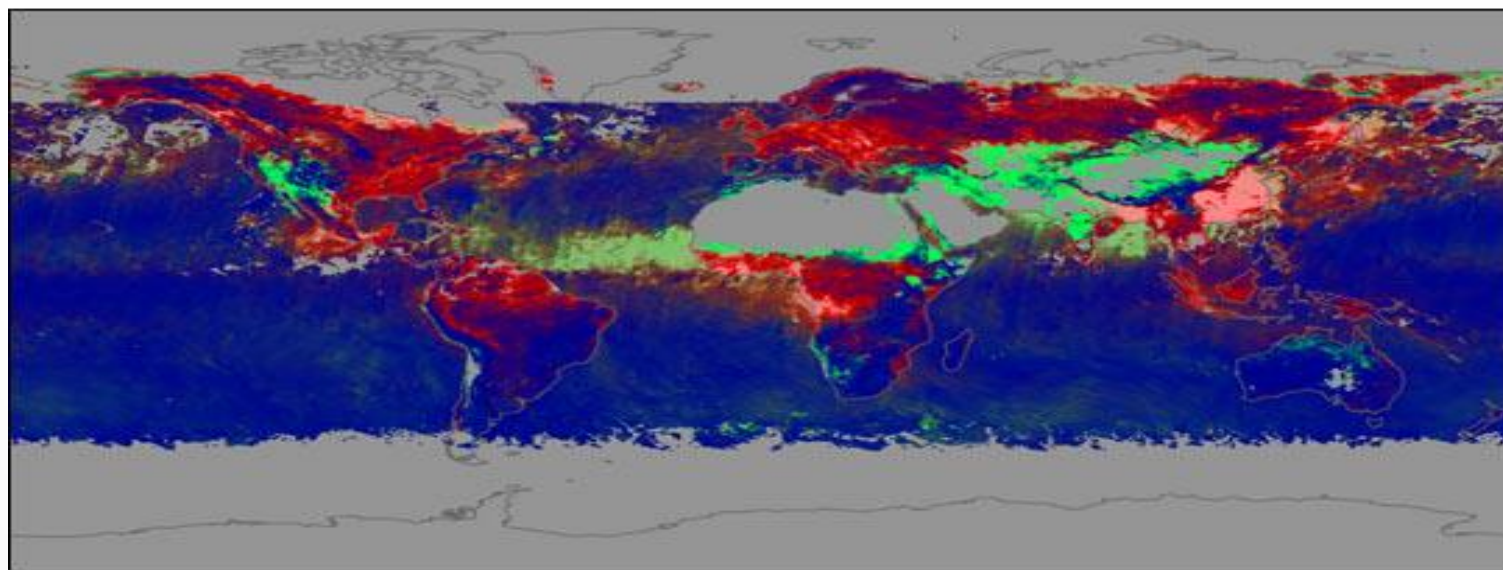
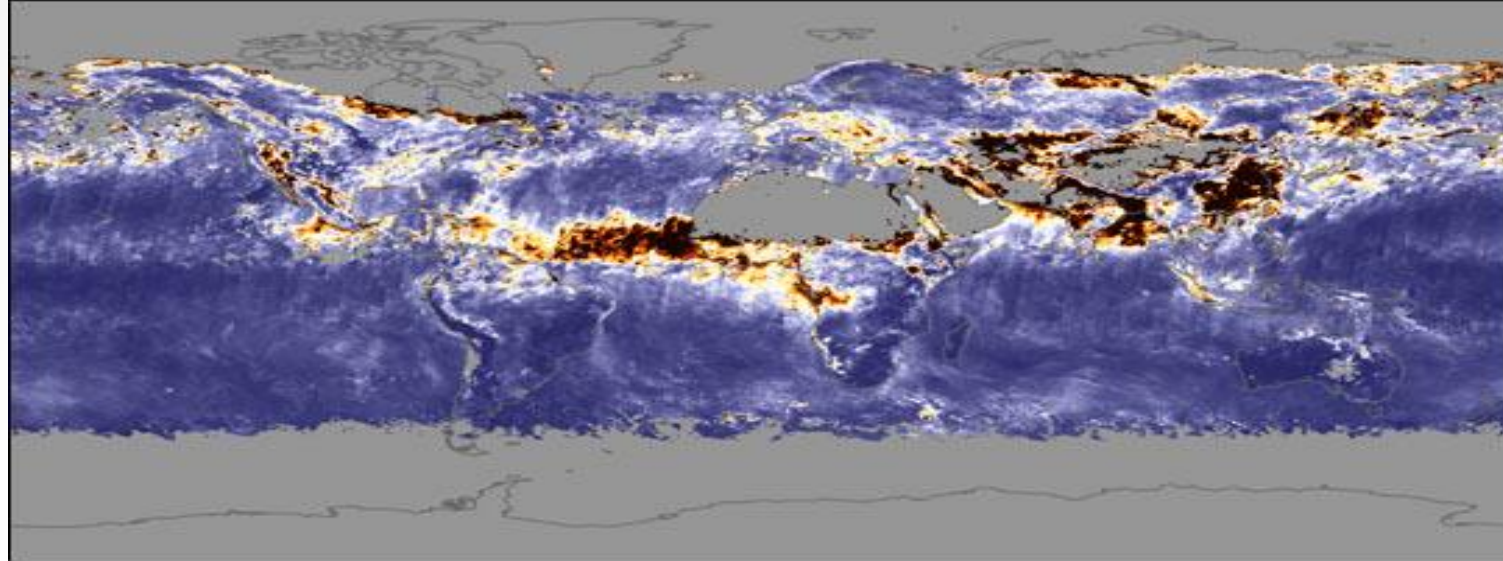


Satélites ambientales

Tercera generación

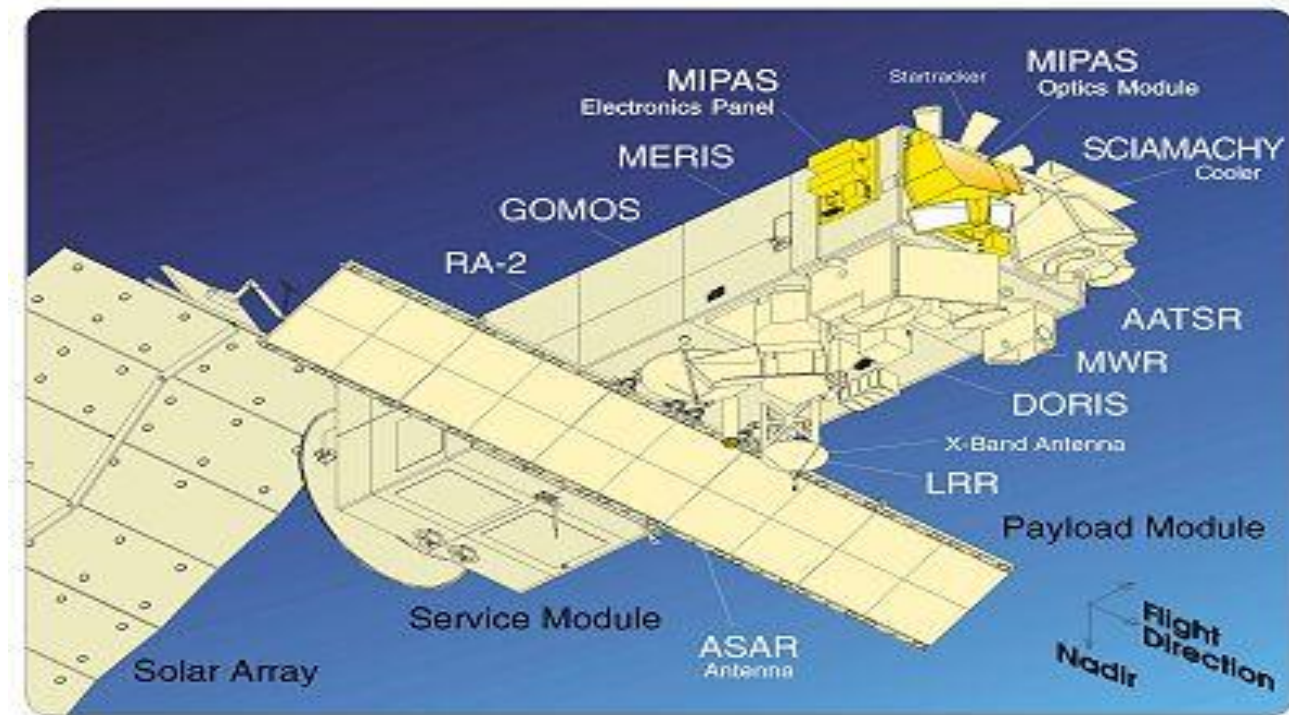
- EOS - Modis
- Envisat





Envisat

- Lanzado Marzo 2002
- MERIS 15 bandas
- RADAR



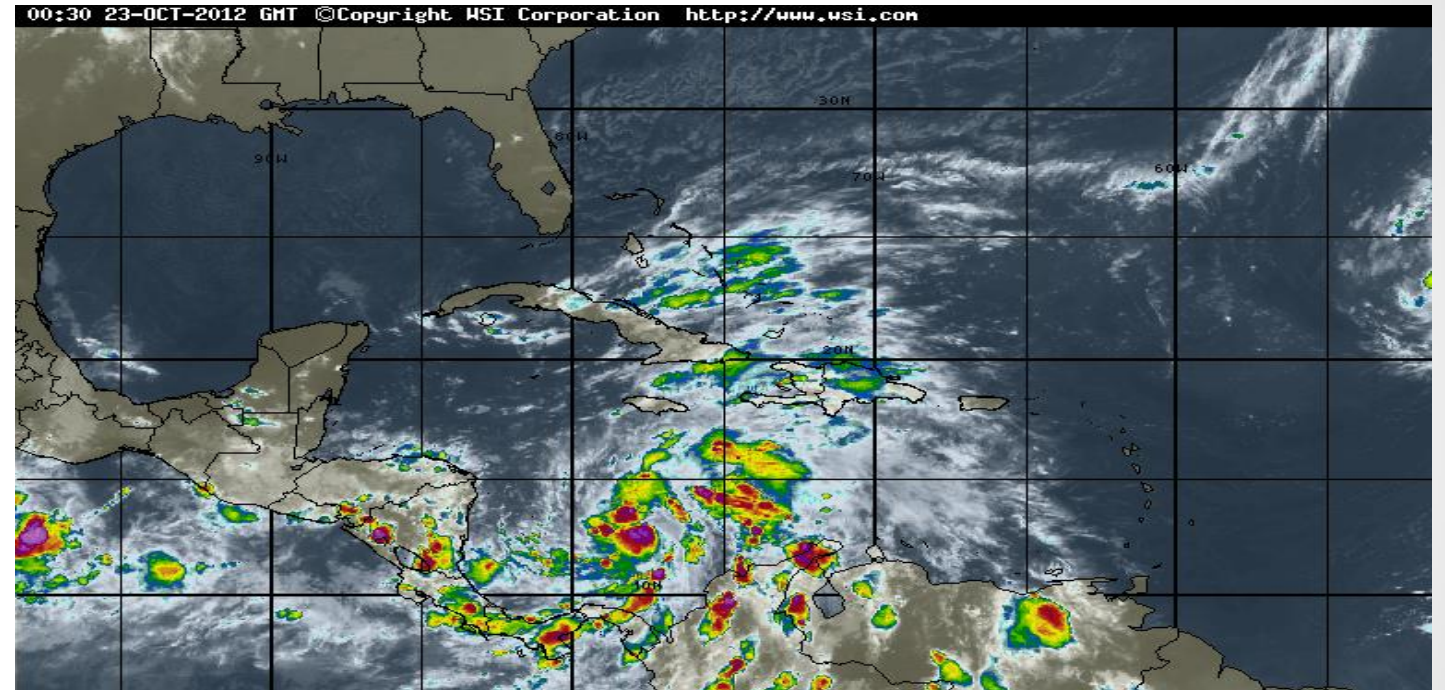
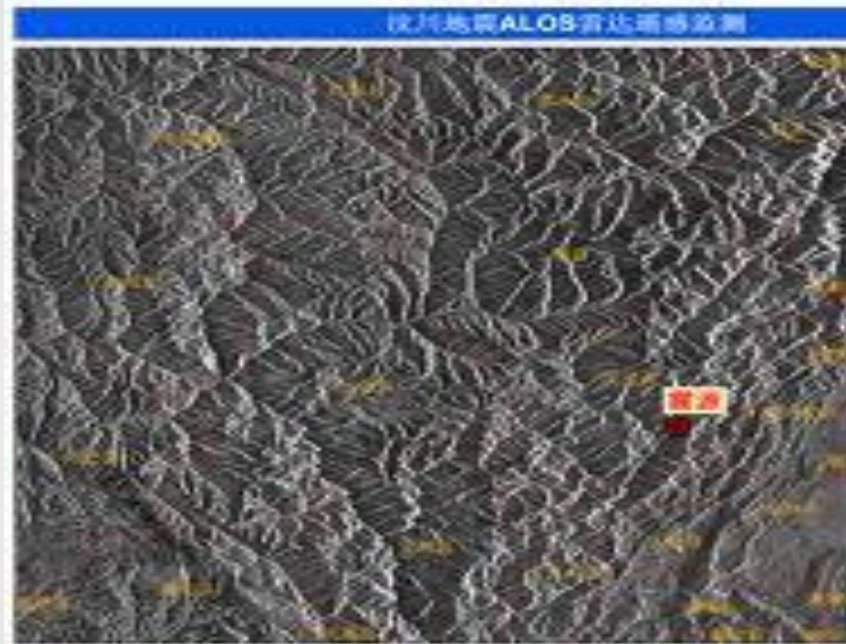
Nuevos sistemas

	GeoEye-1	WorldView-1	WorldView-2	WorldView-3	Pleiades 1A/1B
Resolution	40/50 cm	40/50 cm	40/50 cm	31 cm	50 cm
Dynamic Range	8 or 16 bits	8 or 16 bits	8 or 16 bits	8 or 16 bits	8 or 16 bits
Product Type	Panchromatic PanSharpened 4 Multispectral Bundle	Panchromatic	Panchromatic PanSharpened 8 Multispectral Bundle	Panchromatic PanSharpened 8 Multispectral 8 SWIR+12 Cavis Bundle	Panchromatic PanSharpened 4 Multispectral Bundle
Agility	Very/Stereo	Very/Stereo	Very/Stereo	Very/Stereo	Very/Stereo
	Multi-scan	Multi-scan	Multi-scan	Multi-scan	Multi-scan
Image Accuracy Specification ⁽¹⁾	5 m (CE90)	5 m (CE90)	5 m (CE90)	3,5 m (CE90)	5 m (CE90)
¹⁾ At nadir, exclusive of terrain distortions					

Satélites de Radar

- SEASAT
- SIR series
- ERS series
- JERS-1
- Radarsat

Imágenes de Radar



Drones

En espectro visible o infrarojo
Muy alta resolución. 1-10 cm por pixel



LIDAR



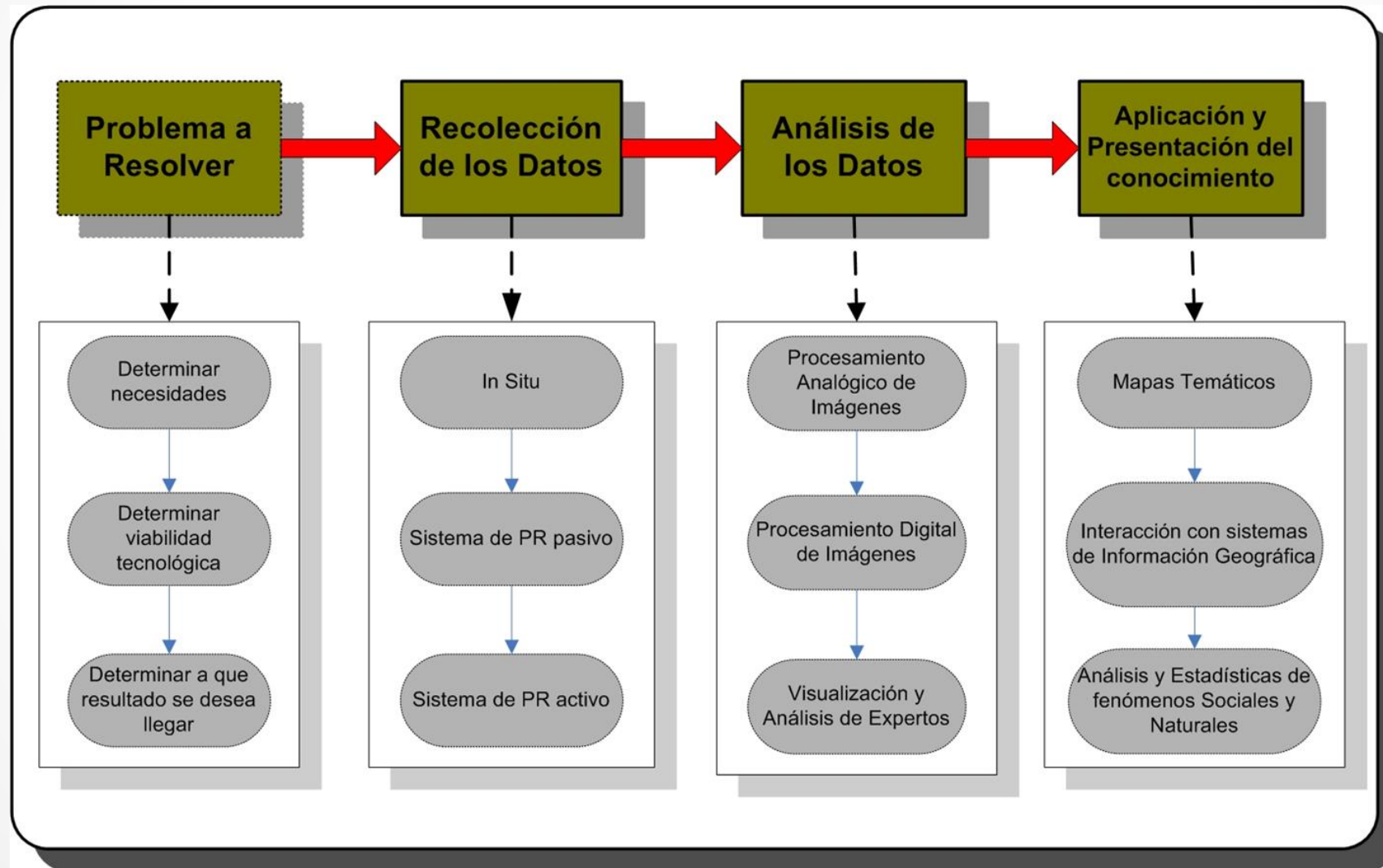
Preguntas

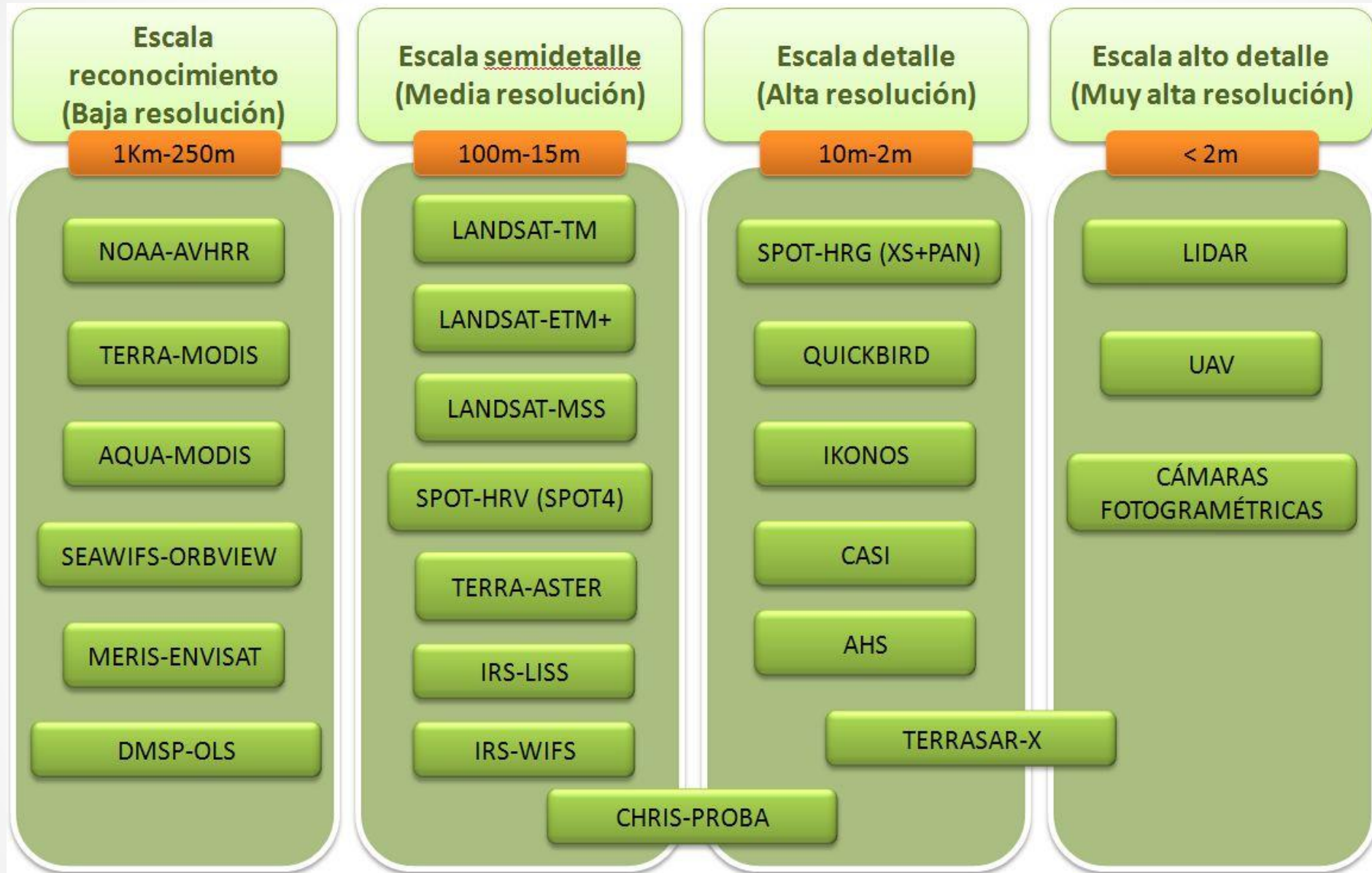


Procesamiento digital de imágenes

...

El Uso de Datos de Sensores Remotos



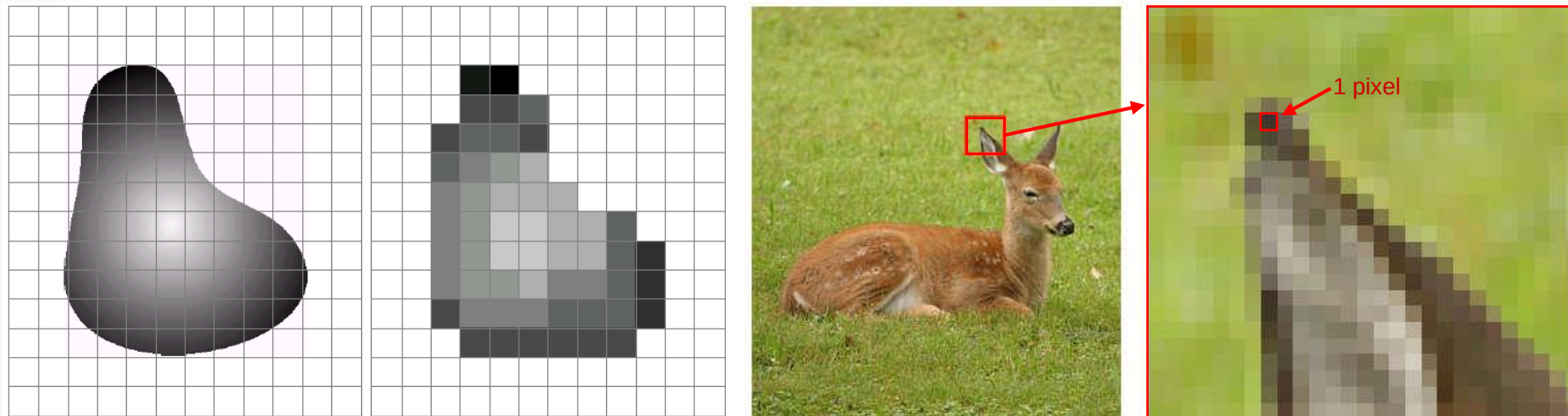


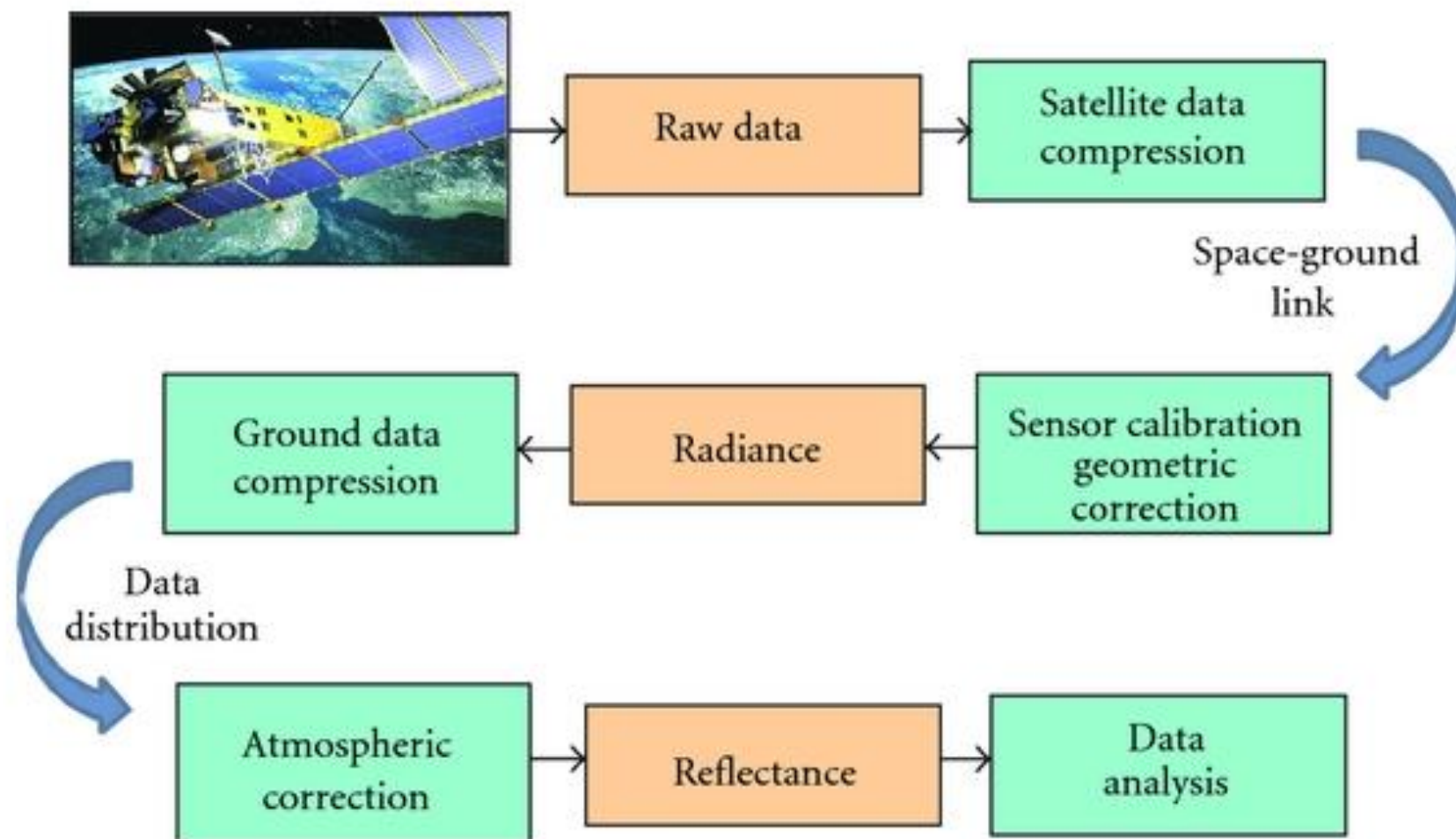
Otros criterios

- **Características del sensor**
 - Resolución espectral
 - Resolución Radiométrica
 - Resolución Temporal
- **Consideraciones ambientales**
 - Condiciones atmosféricas
 - Condiciones del terreno
 - Condiciones de organismos

Que es una imagen digital

- Compuesta de valores digitales presentado como pixeles
- La digitalización genera una aproximación a una escena real
- Esta aproximación es possible mejorarla por medio del procesamiento digital





Tipos generales de procesamiento

- **Pre-procesamiento**
 - Corrección radiométrica
 - Corrección geométrica
- **Mejoramiento de imagen**
 - Mejoramiento de contraste (estiramiento de histograma)
 - Filtración
 - Transformaciones especiales
 - Extracción de componentes principales
 - Índices de vegetación

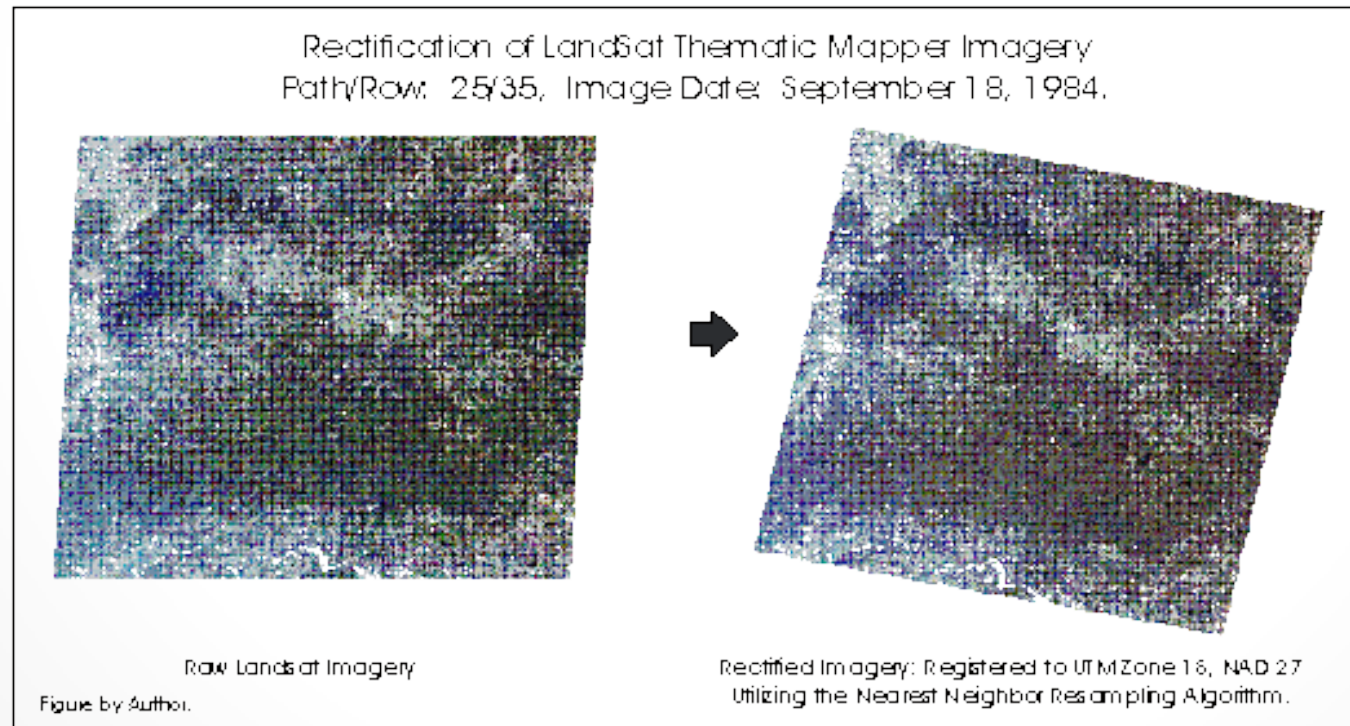
Tipos generales de procesamiento, cont.

- **Extracción de información temática**
 - Por interpretación visual
 - Ej., fotointerpretación
 - Por interpretación espectral
 - Clasificación no-supervisada
 - Clasificación supervisada
 - Clasificación por inteligencia artificial
 - Detección de cambios

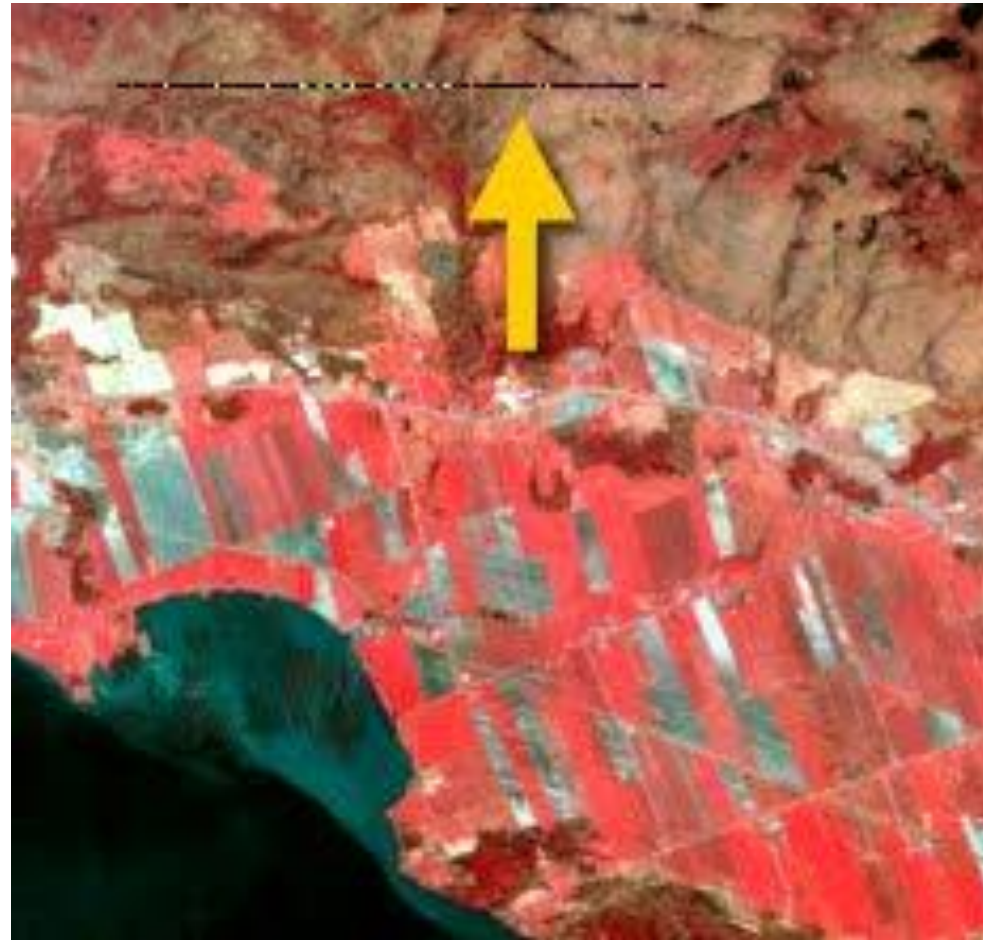
Pre Procesamiento de Imágenes de Satelite

Corrección de imágenes debido a:

- Errores geométricos derivados de la órbita del satélite
- Errores radiométricos derivados de problemas del sensor
- Reducción o magnificación de imágenes a tamaño deseado



Ej. de error del instrumento



Reduccion

j Original image

<i>i</i>	0	1	3	2	4	3
	2	4	2	1	2	2
	7	8	5	6	4	3
	4	9	8	5	5	5
	4	8	7	5	4	5
	4	6	7	5	4	6

j Reduced image

<i>i</i>	0	3	4
	7	5	4
	4	7	4

Magnificacion

j Original

i	0	1	3	2
2	4	2	1	
7	8	5	6	
4	9	8	5	

j Integer magnification

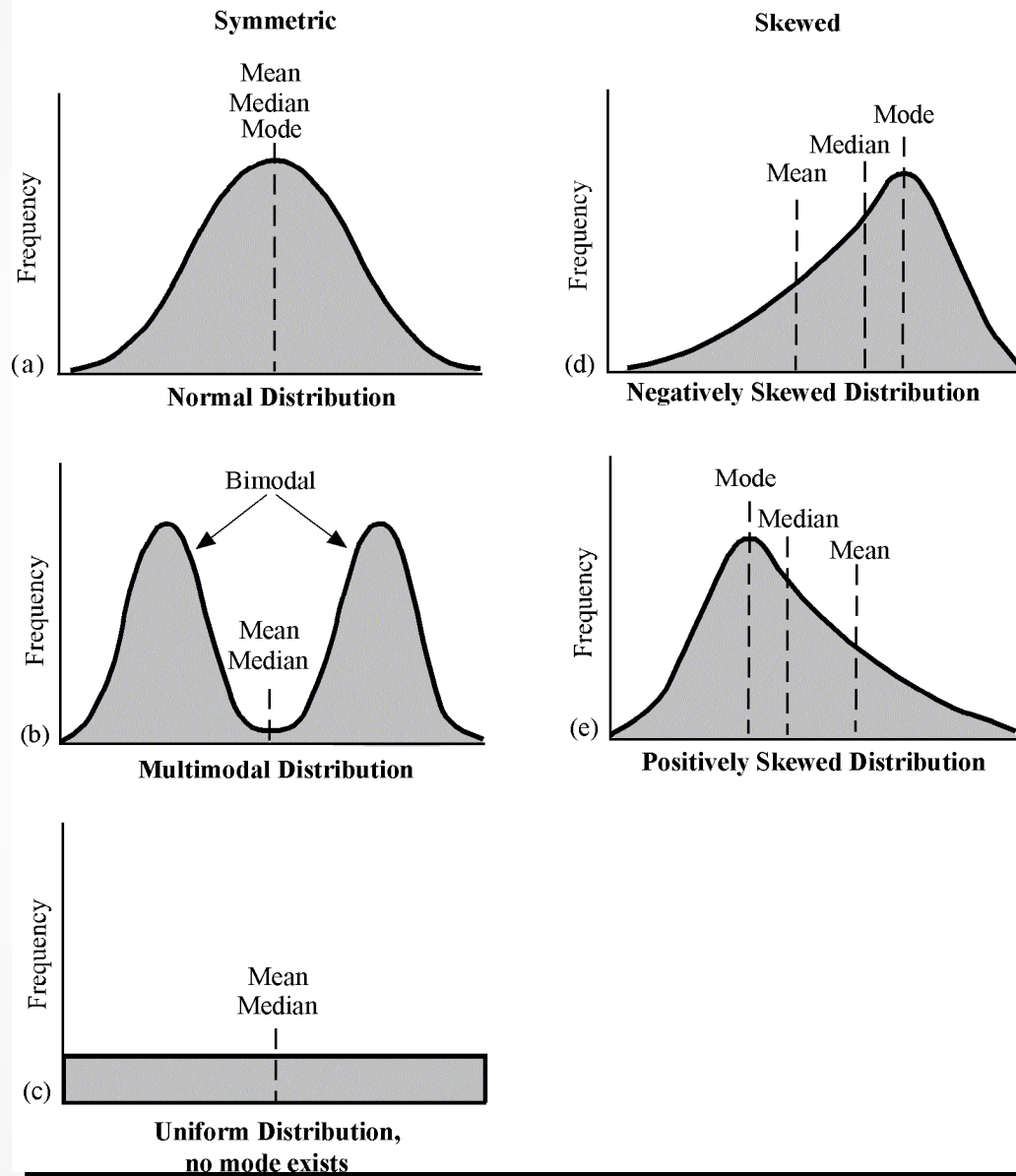
i	0	0	1	1	3	3
0	0	0	1	1	3	3
2	2	2	4	4	2	2
2	2	2	4	4	2	2
7	7	7	8	8	5	5
7	7	7	8	8	5	5

Rutinas de Procesamiento de imagenes

- Mejoramiento de Imagenes.- Procesado tendiente a incrementar la calidad de la imagen y mejorar la posibilidad de definir rasgos en ella.
- Clasificacion de Imagenes.- Extraccion de informacion de la imagen a fin de obtener mapas de elementos en ella

Mejoramiento de imagen

Histograms of Symmetric and Skewed Distributions

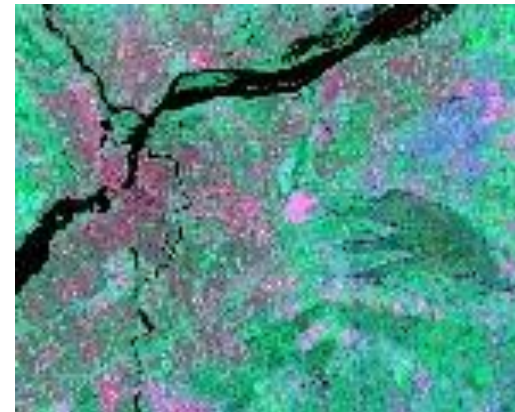
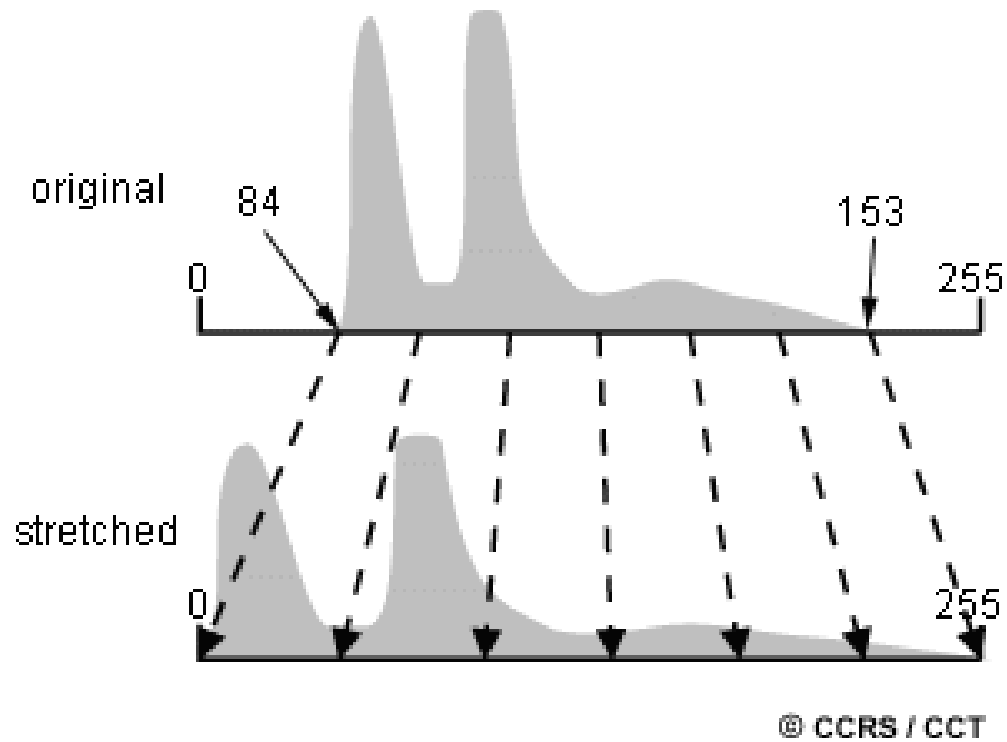


Distribuciones
comunes de datos
de sensores remotos

Ajuste del Contraste:

- *técnicas para mejorar la visualización e interpretación de la imagen por parte del usuario.*
- *Es la adaptación de la resolución radiométrica de la imagen a la capacidad de visualización del software/monitor.*
- **tratamiento cualitativo**
- **Histograma -> es un gráfico que ofrece una descripción global de la apariencia de la imagen.**

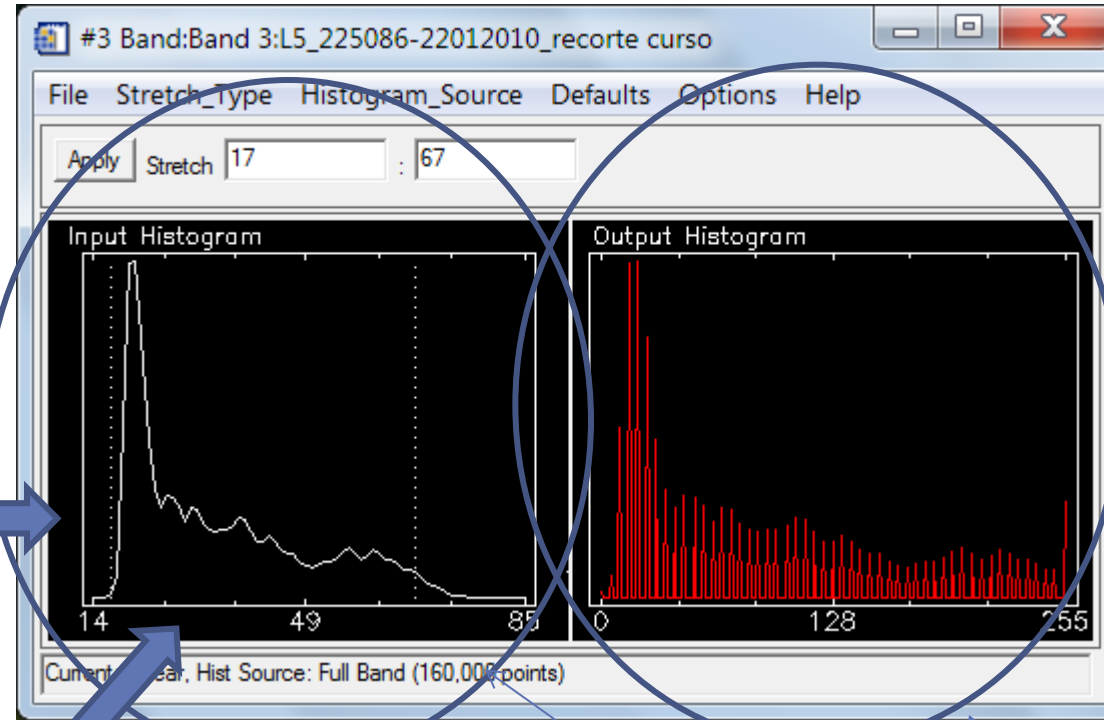
Estiramiento para contraste



Histograma

Histograma de entrada
(imagen)

Histograma de salida
(monitor)



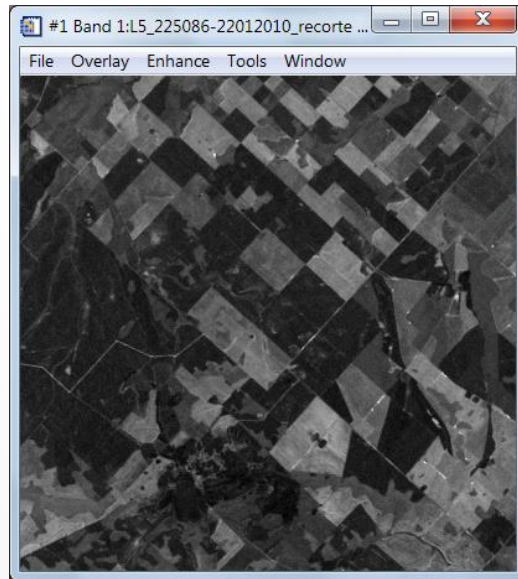
Y - Frecuencia

X - CD o datos en otras
notaciones

$$LUT(f(i, j)) = g(i, j)$$

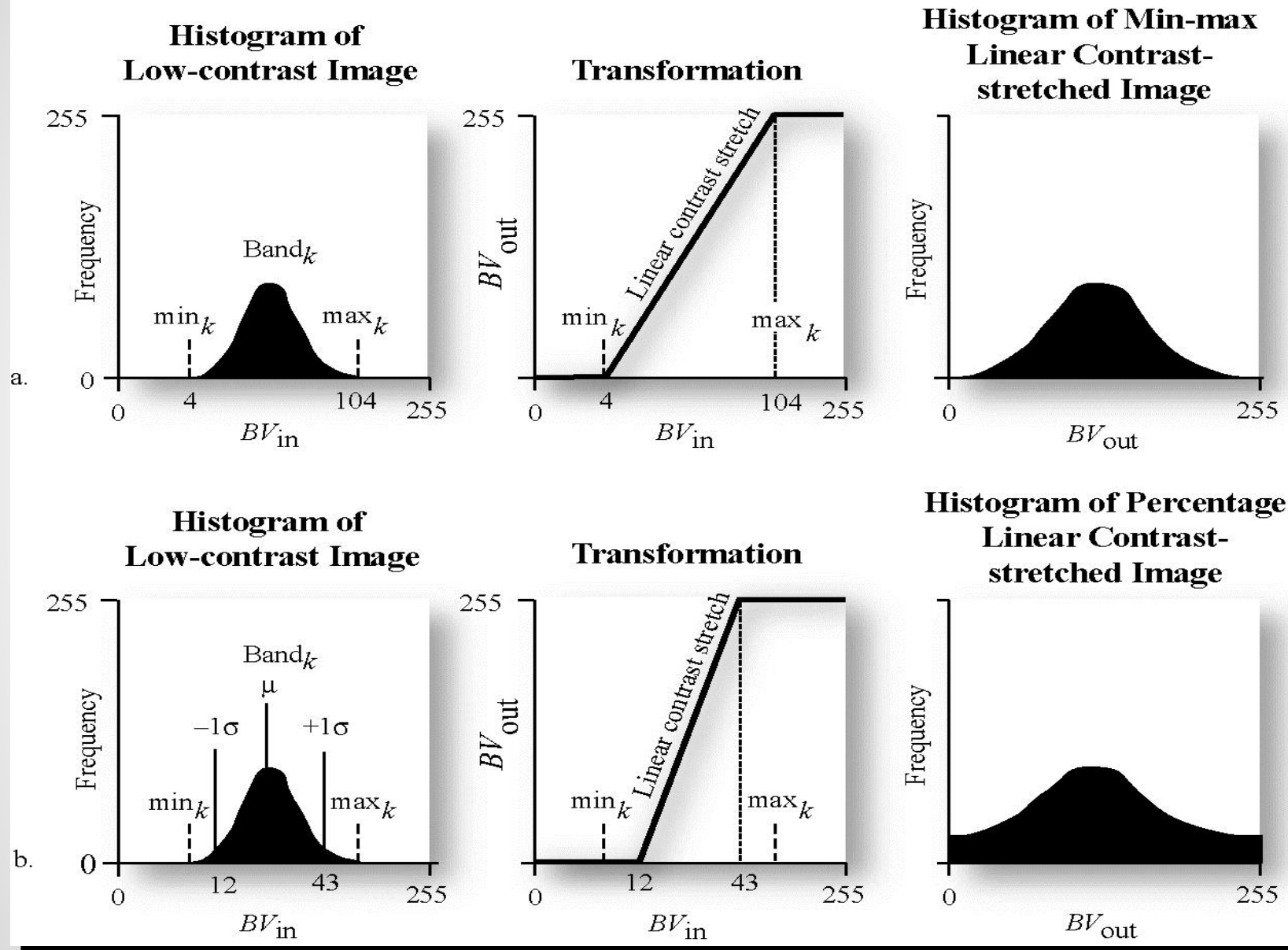
Expansión de histograma

- Cuando no existe contraste notable entre los tonos más claros y más oscuros, mediante distintas operaciones matemáticas podemos transformar esos valores de grises en otros con un rango mayor que se adapte plenamente a la capacidad del dispositivo de visualización:



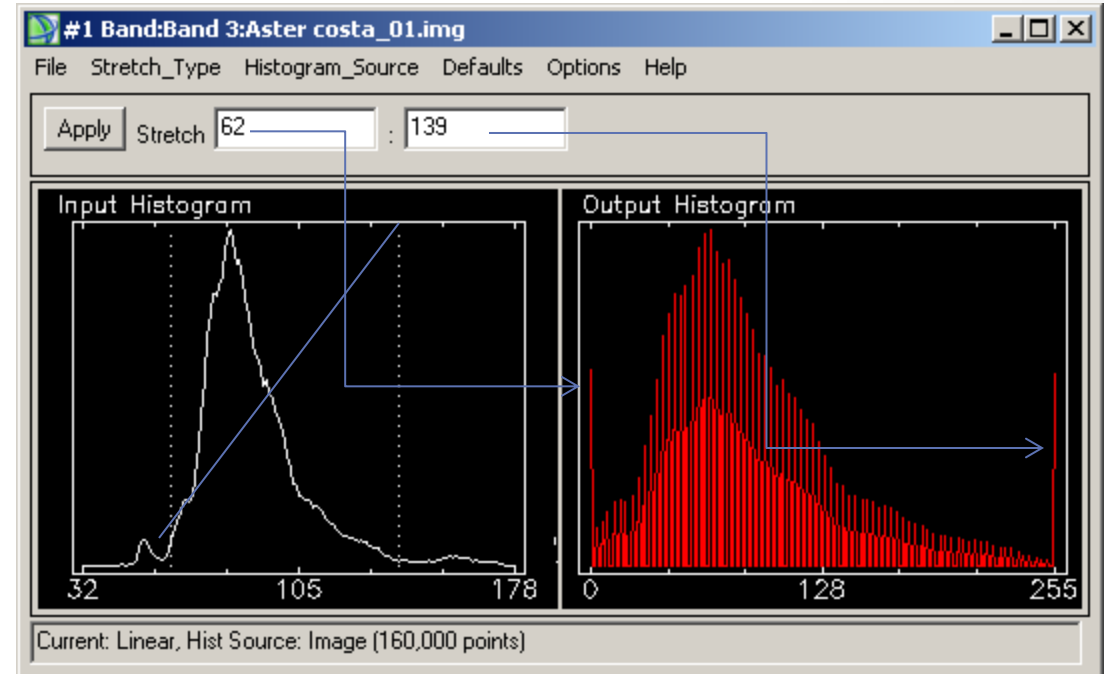
Min-Max
Stretch de
Contraste

Stretch de
contraste
 ± 1 estandar
desviacion



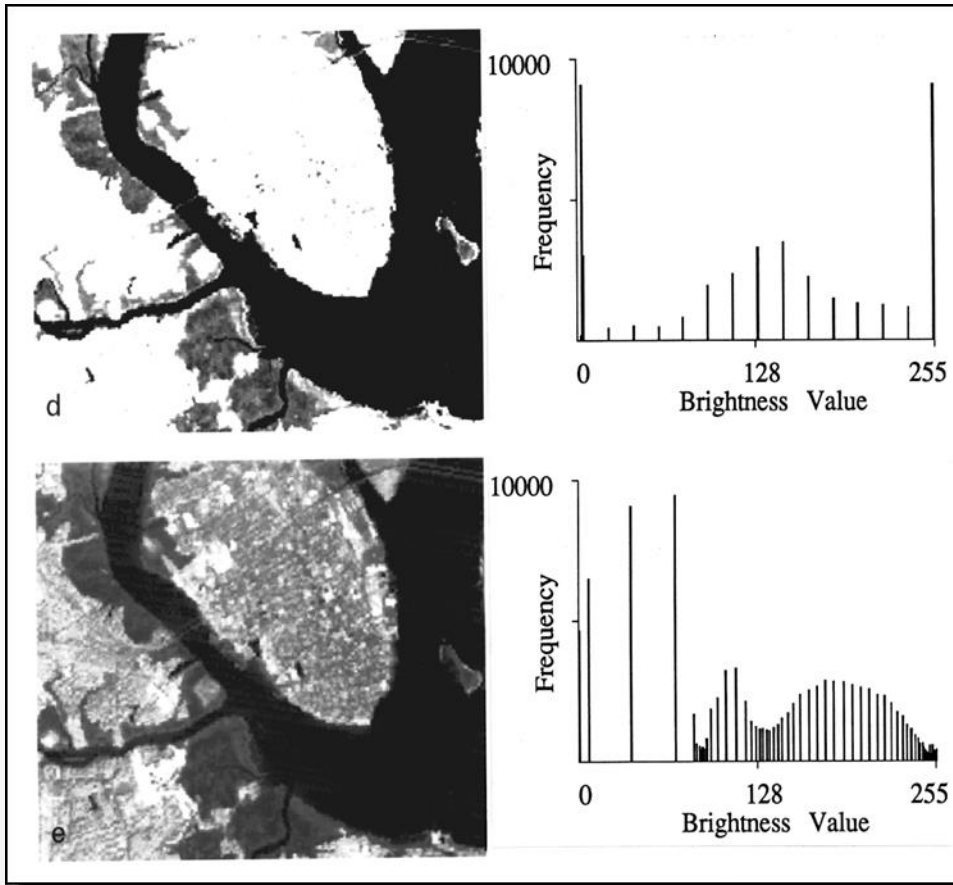
Ajuste lineal 2 %

- Ajuste lineal sobre la banda 3 del sensor ASTER



Ajuste por ecualización

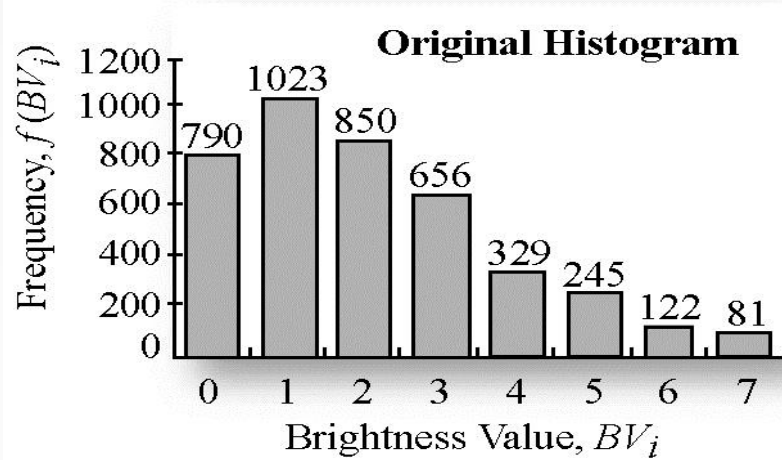
- Una técnica más depurada que el ajuste lineal puede considerar también la forma de la distribución de frecuencias.



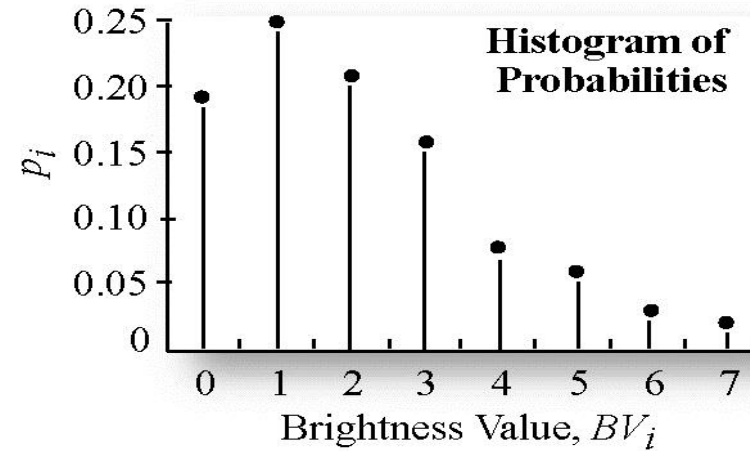
Ecualización de
histograma

Ecualización de histograma

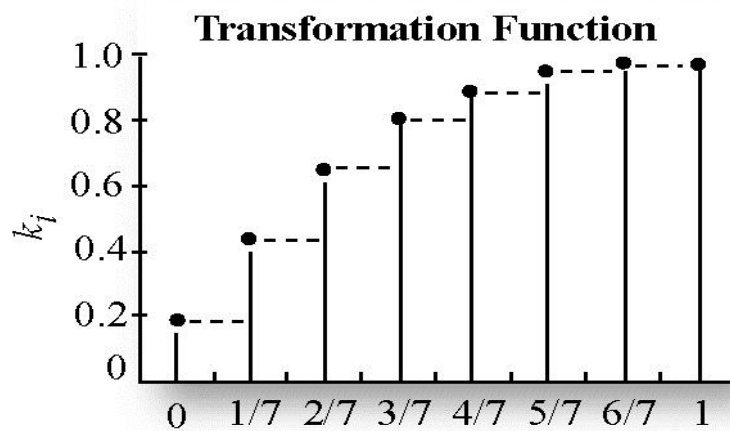
Histogram Equalization Contrast Enhancement



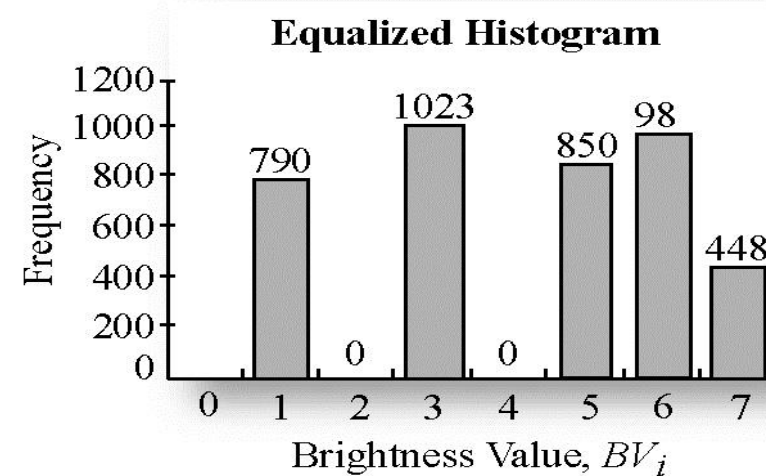
a.



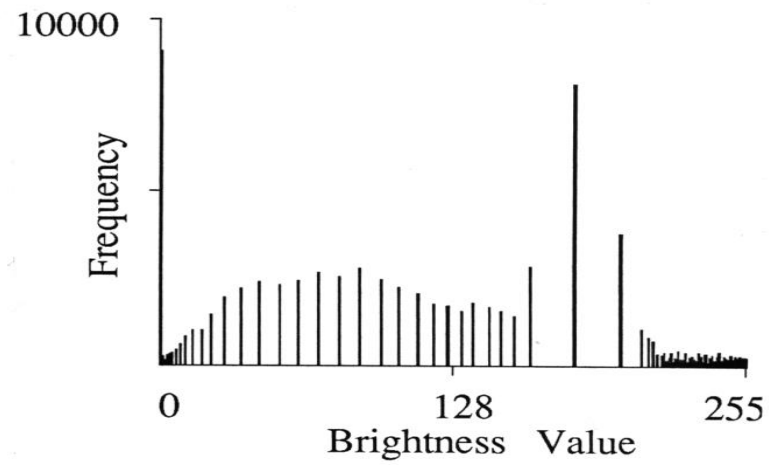
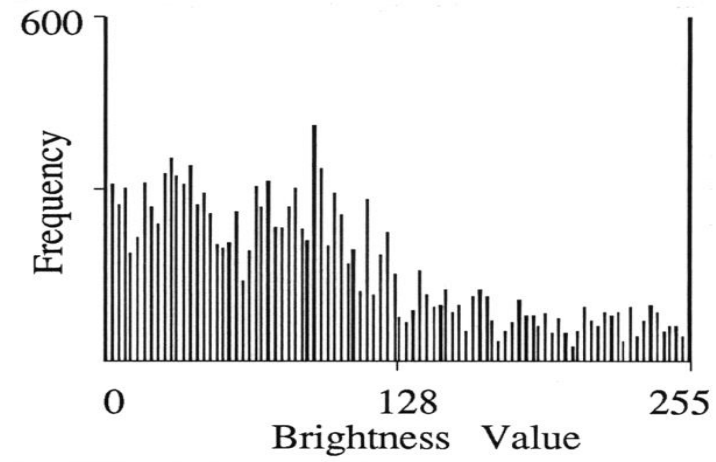
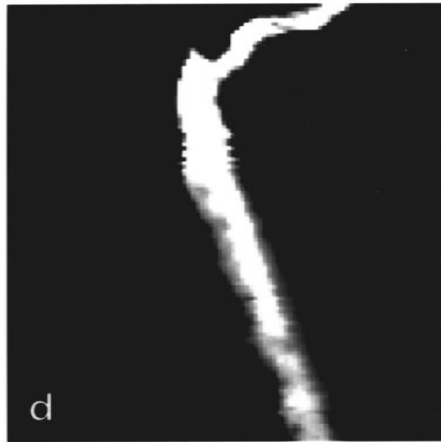
b.



c.



d.

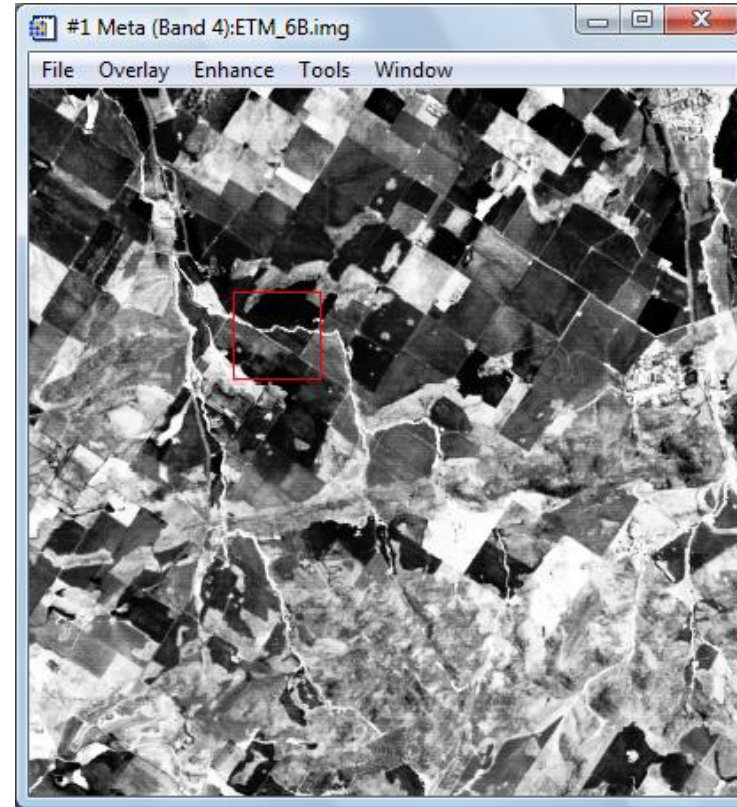


Ecualización de histograma

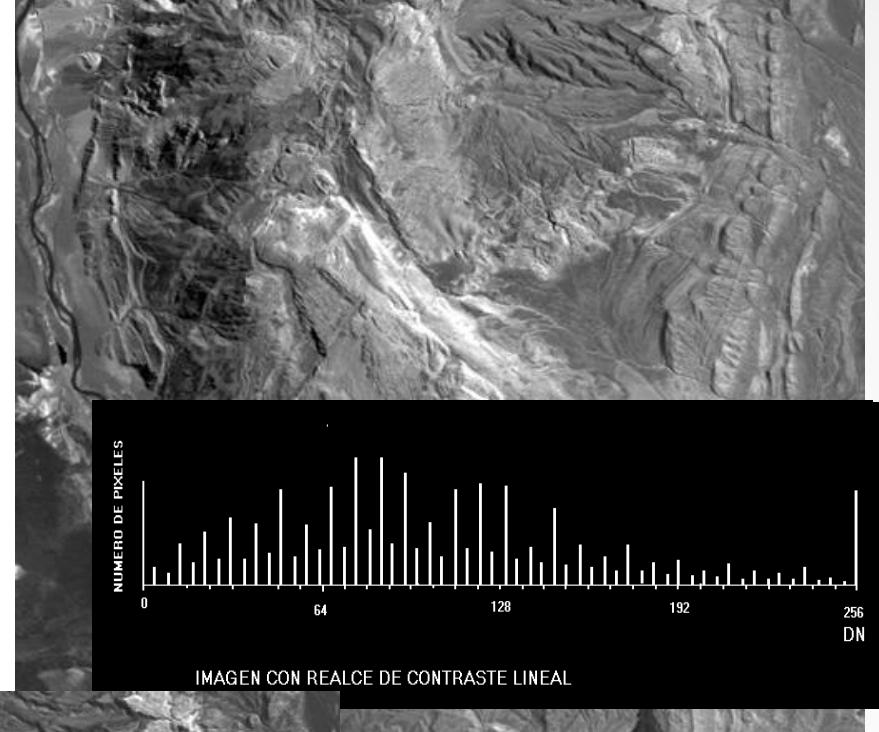
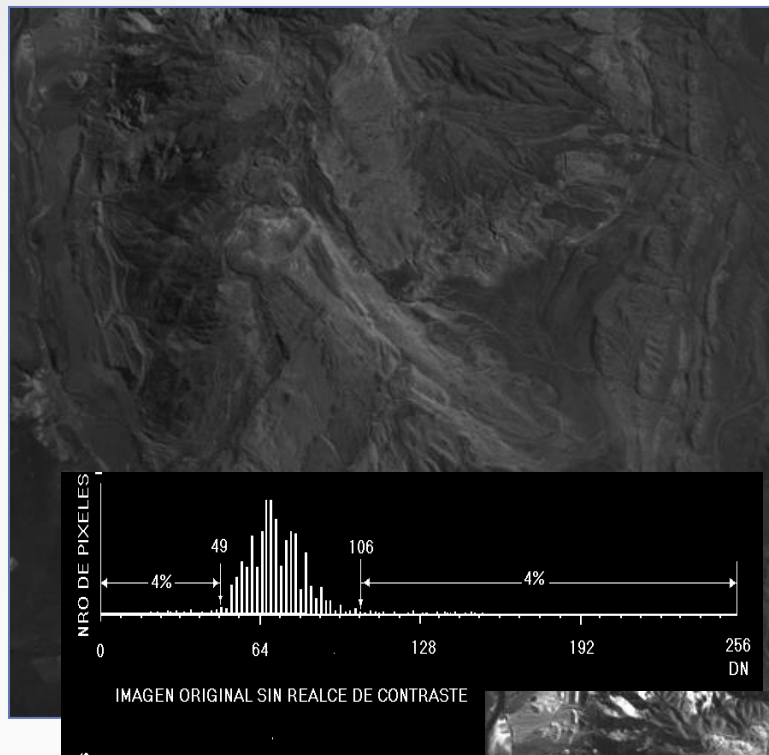
Comparación de resultados entre ajuste lineal y ecualización



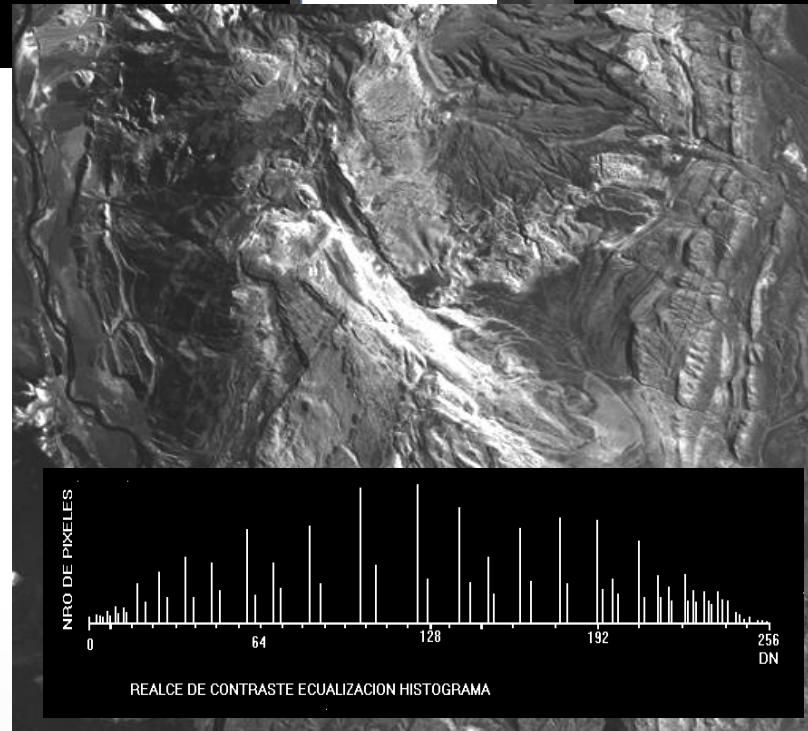
Ajuste lineal



Ajuste por ecualización



Estiramiento del Histograma

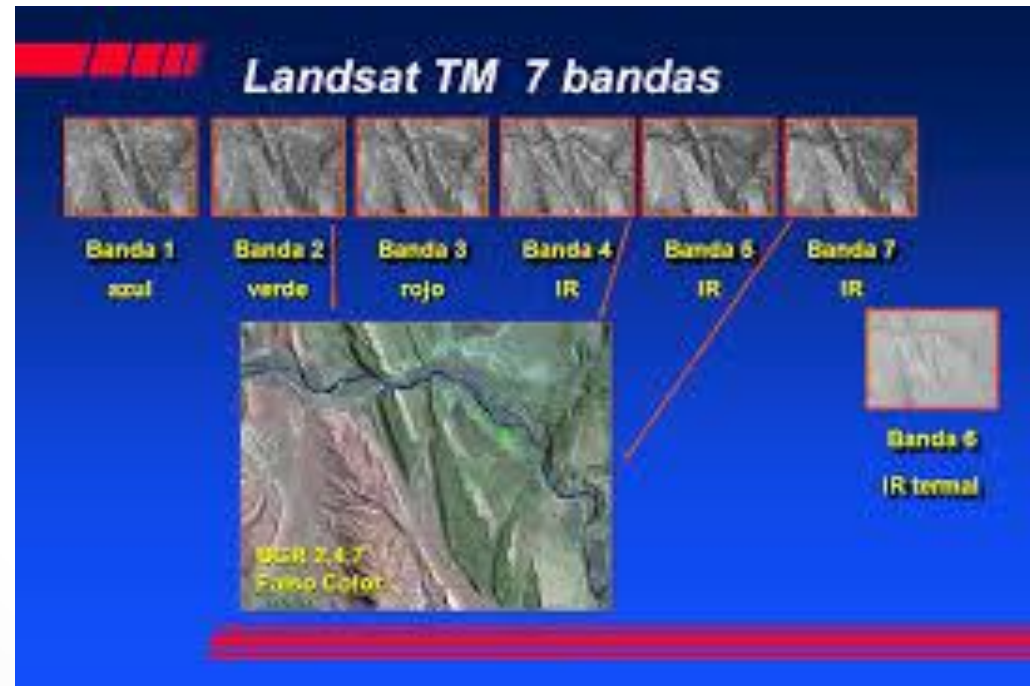
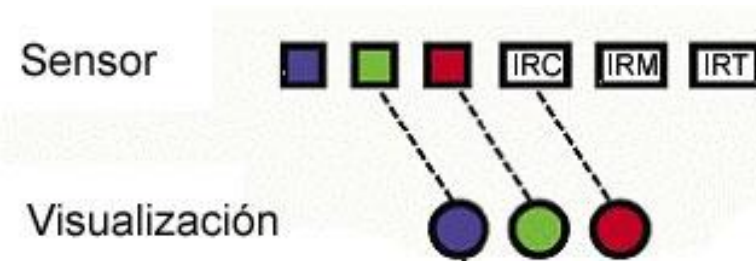


Color Compuesto o falso
color

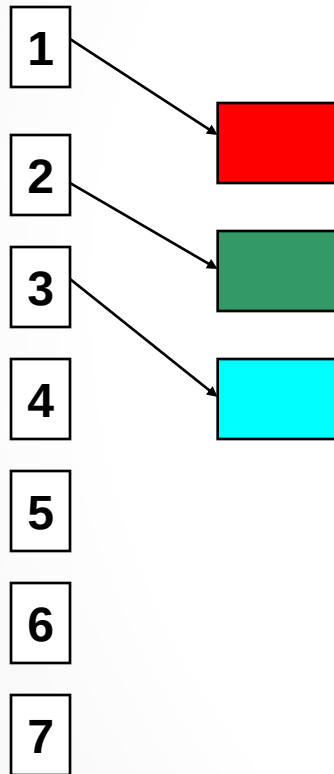
...

Color Compuesto o falso color

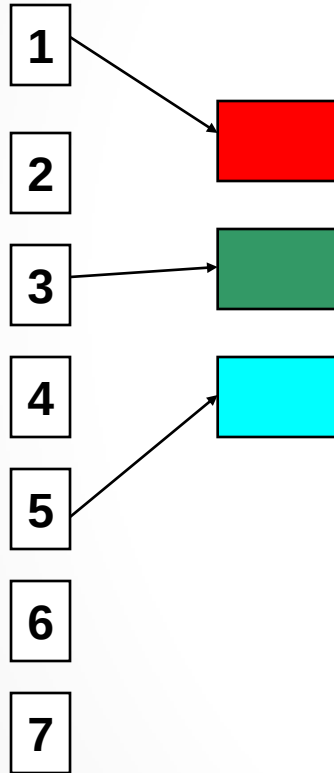
modo de visualización de la información multispectral.



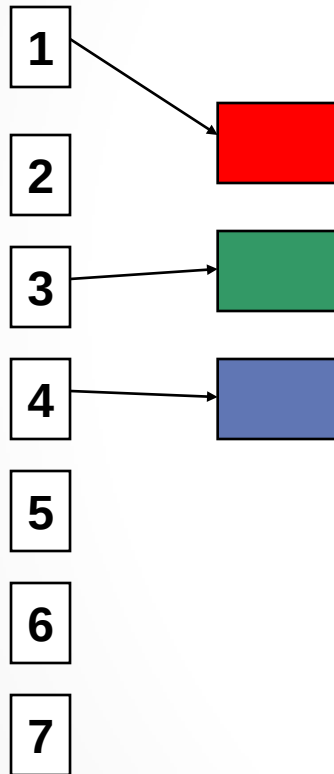
Color Compuesto



Color Compuesto



Color Compuesto



Cocientes de Bandas

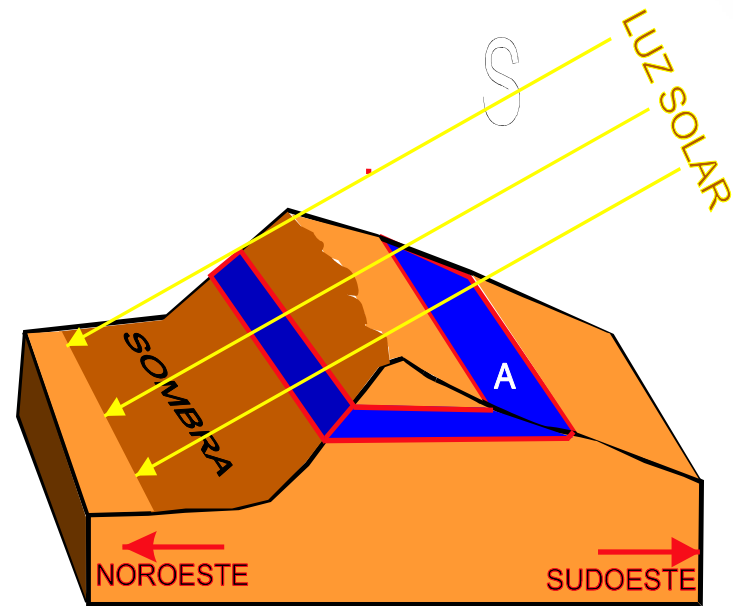
Cocientes de Bandas

$$BV_{i,j, ratio} = \frac{BV_{i,j,k}}{BV_{i,j,l}}$$

donde

- $BV_{i,j,k}$ valor original de banda k
- $BV_{i,j,l}$ valor original de banda l
- $BV_{i,j, ratio}$ Cociente de bandas

Cociente entre bandas



ILUMINACION	TM BANDA 3	TM BANDA 1	COCIENTE 1/3
SOL	94	42	2.24
SOMBRA	76	34	2.23

Cociente entre bandas

1

2

3

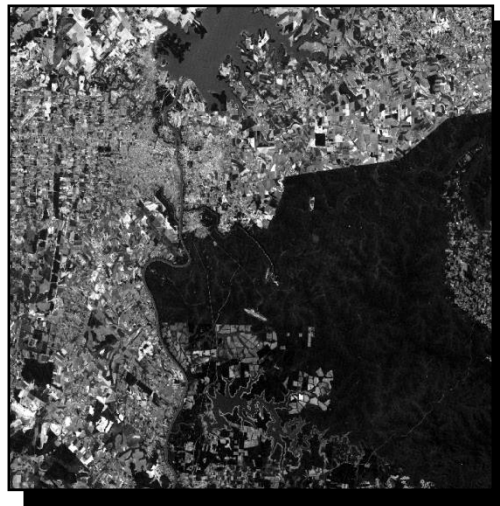
4

5

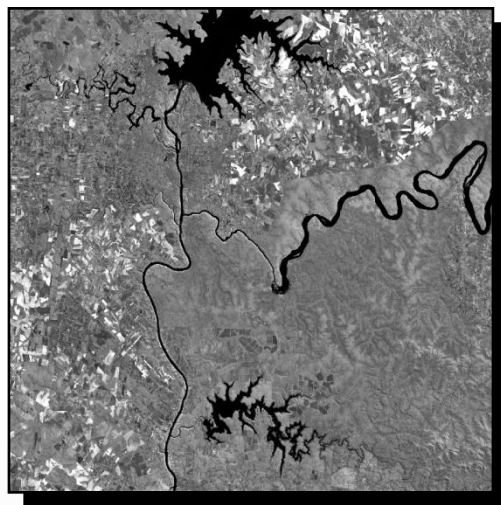
6

7

ROJO



INFRA ROJO



INFRA ROJO/ROJO

Cociente entre bandas

NDVI INDICE DE VEGETACION NORMALIZADO



INFRA ROJO-ROJO/INFRAROJO+ROJO

Otras transformaciones

...

Tasseled Cap

$$brillo = \sum_{k=1}^6 C_{kb} \cdot \rho_k$$

Brillo



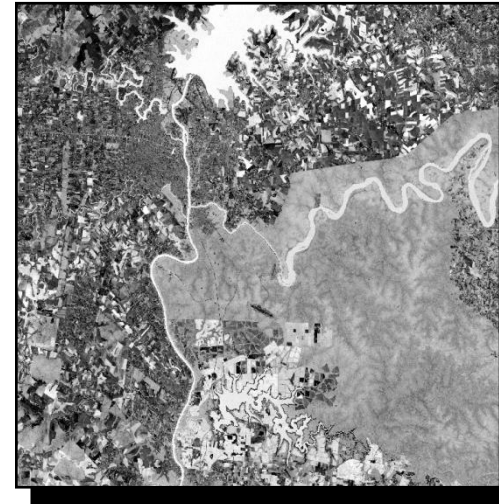
$$verdor = \sum_{k=1}^6 C_{kv} \cdot \rho_k$$

Vegetacion

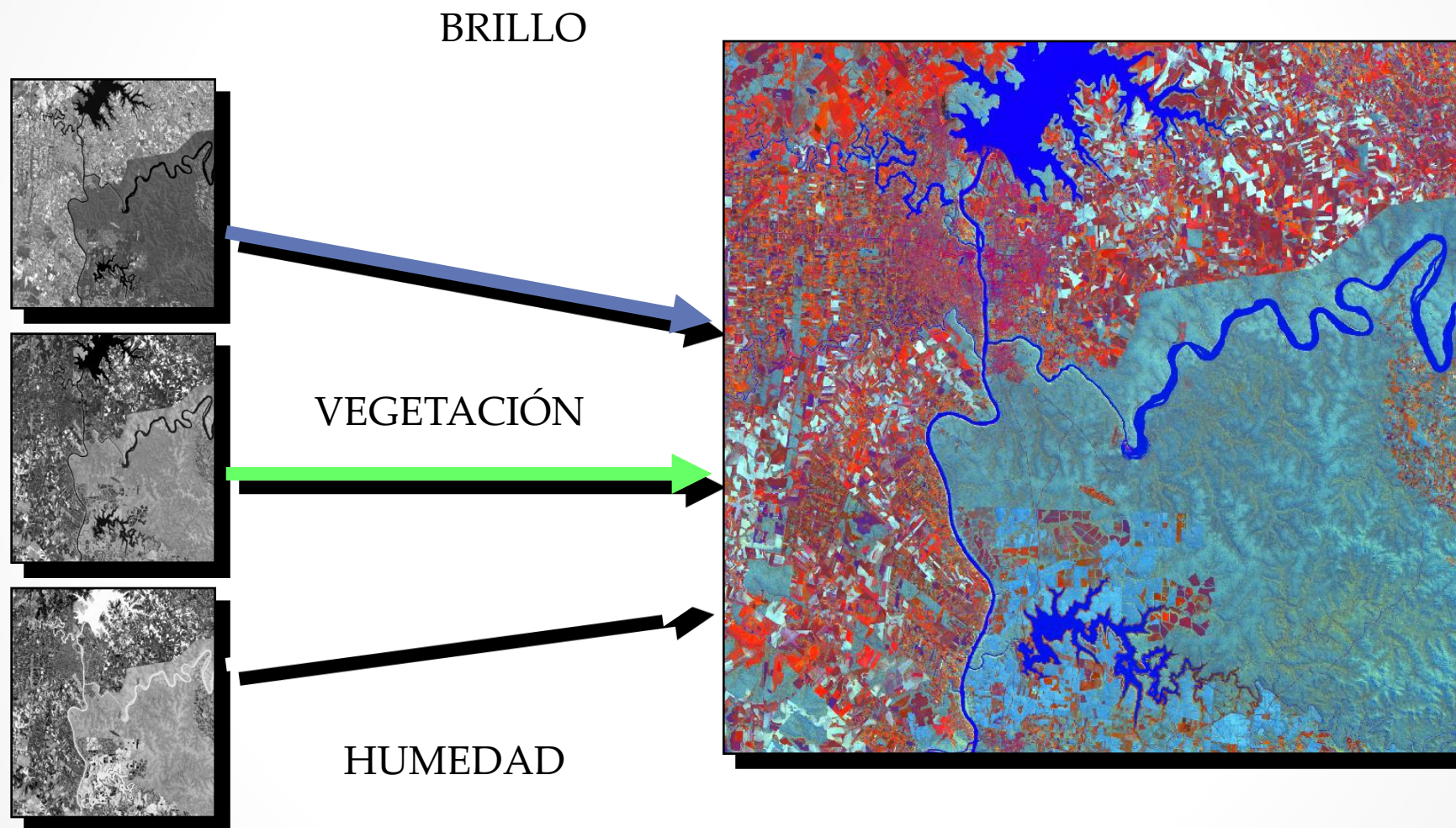


$$humedad = \sum_{k=1}^6 C_{kh} \cdot \rho_k$$

Humedad superficial



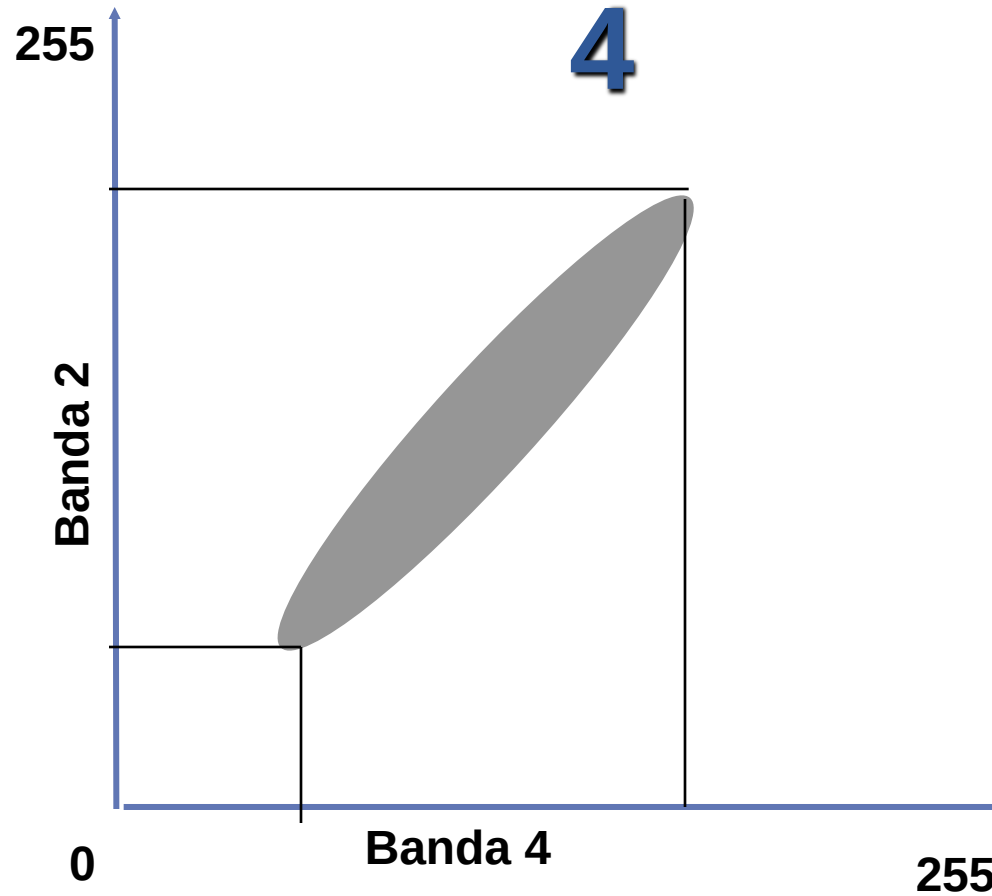
Tasseled Cap



Componentes principales

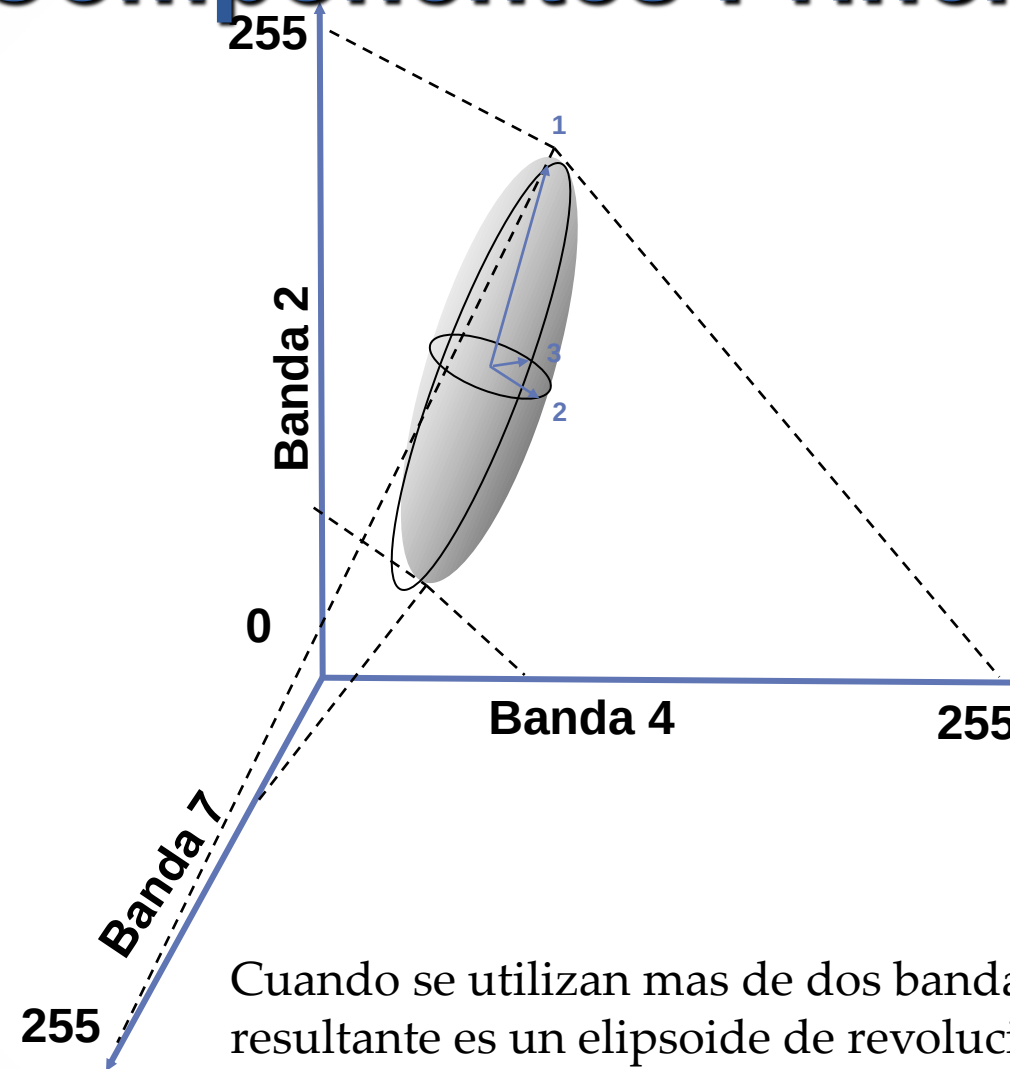
...

Datos banda 2 y banda 4



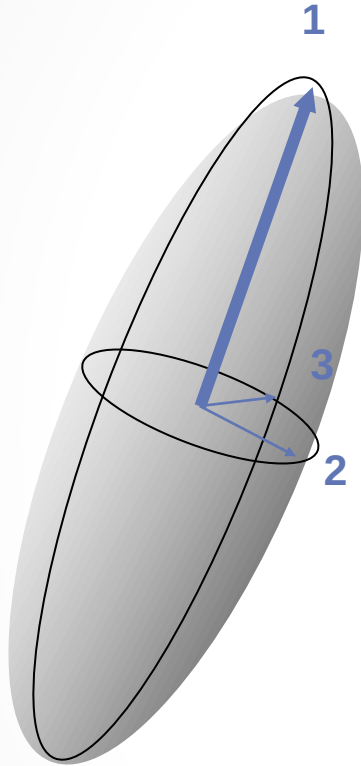
Cuando se asocian los datos de dos bandas se genera un área bidimensional

Componentes Principales

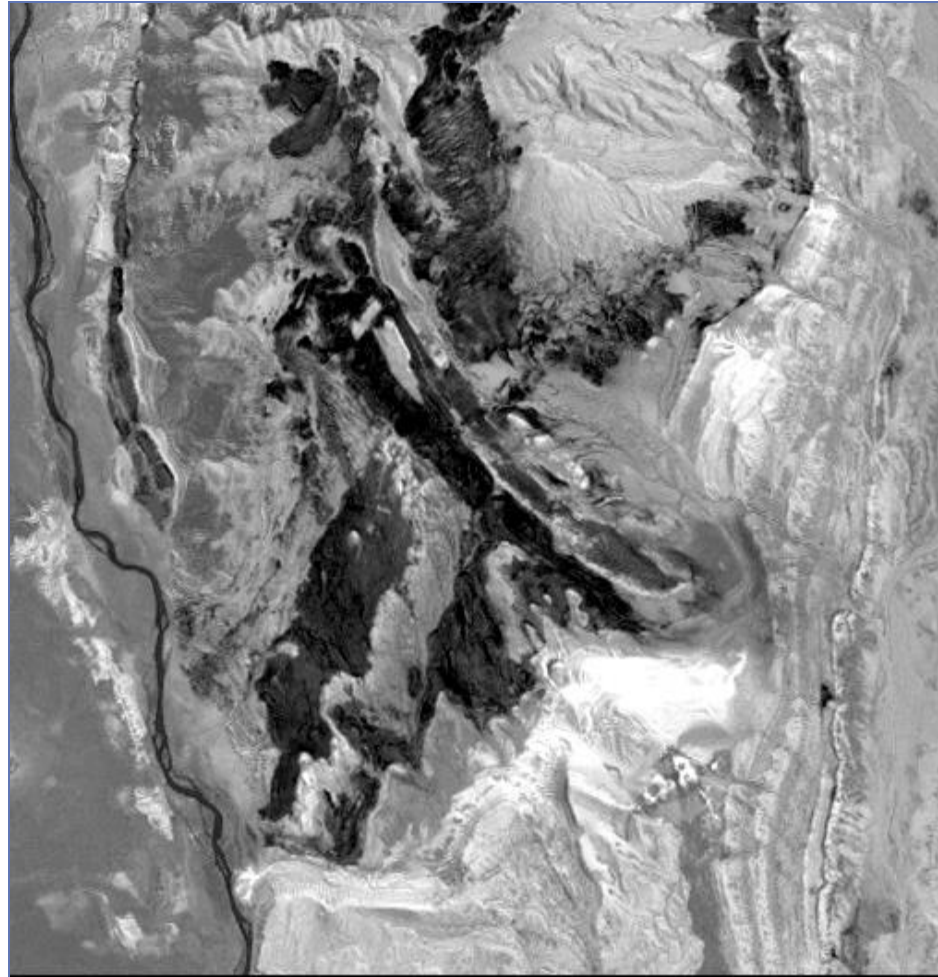
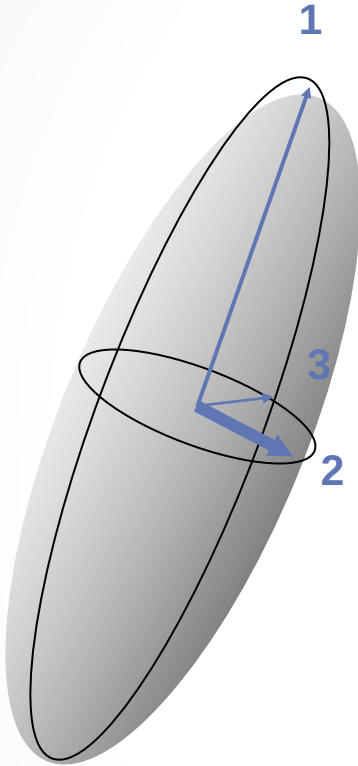


Cuando se utilizan mas de dos bandas, el gráfico resultante es un elipsoide de revolución con tres ejes: 1 mayor, 2 intermedio y 3 menor

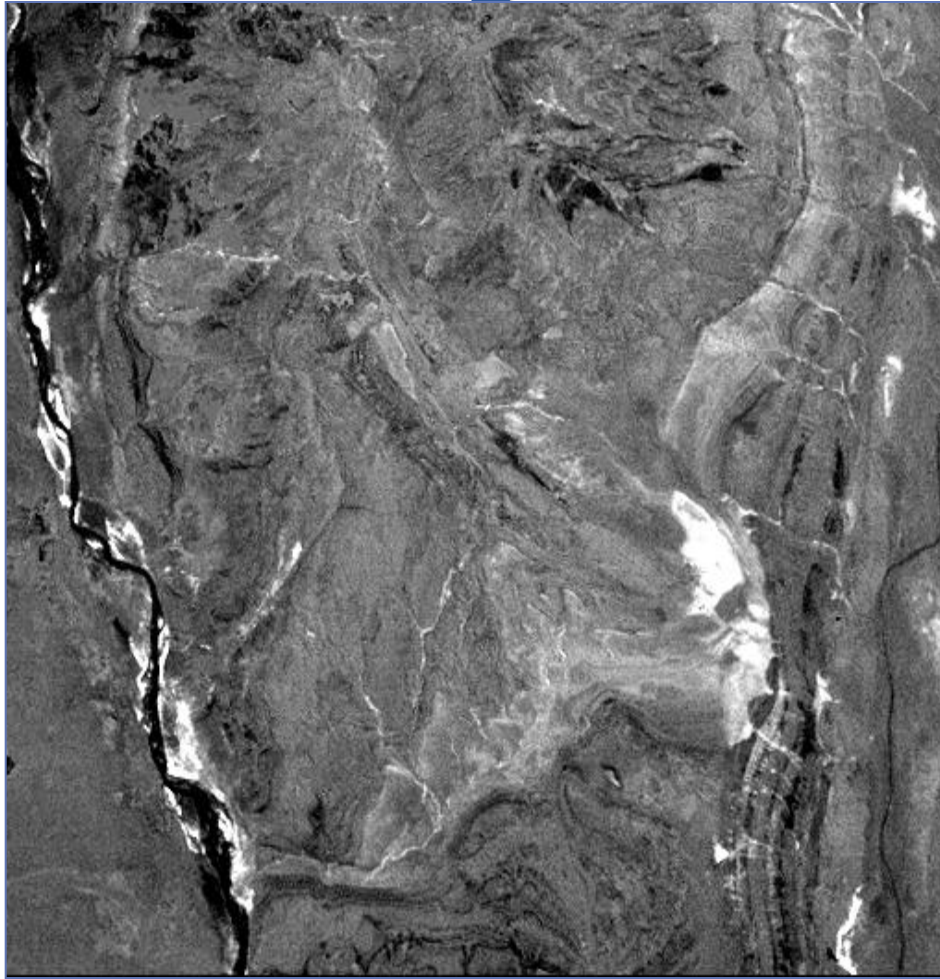
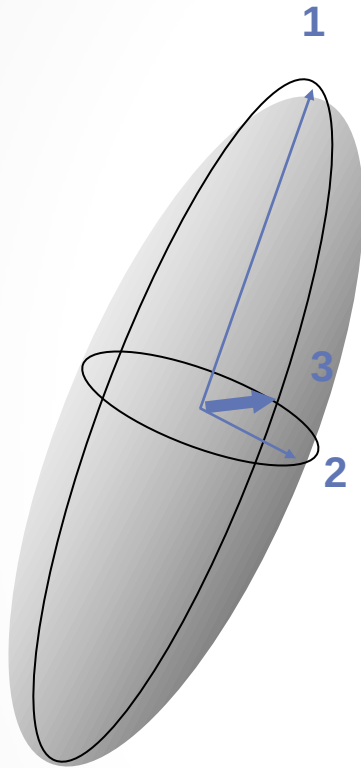
Componentes principales 1



Componentes Principales 2



Componentes principales

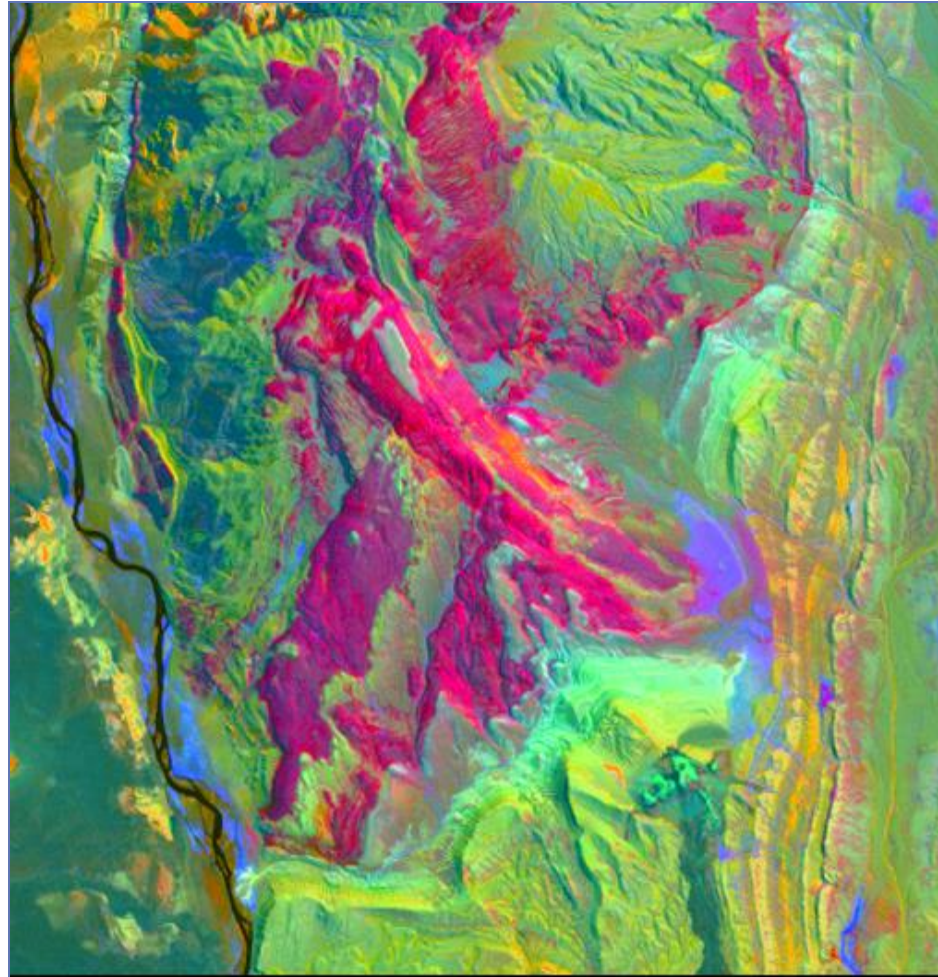


Componentes principales

CPI AZUL

CP2 VERDE

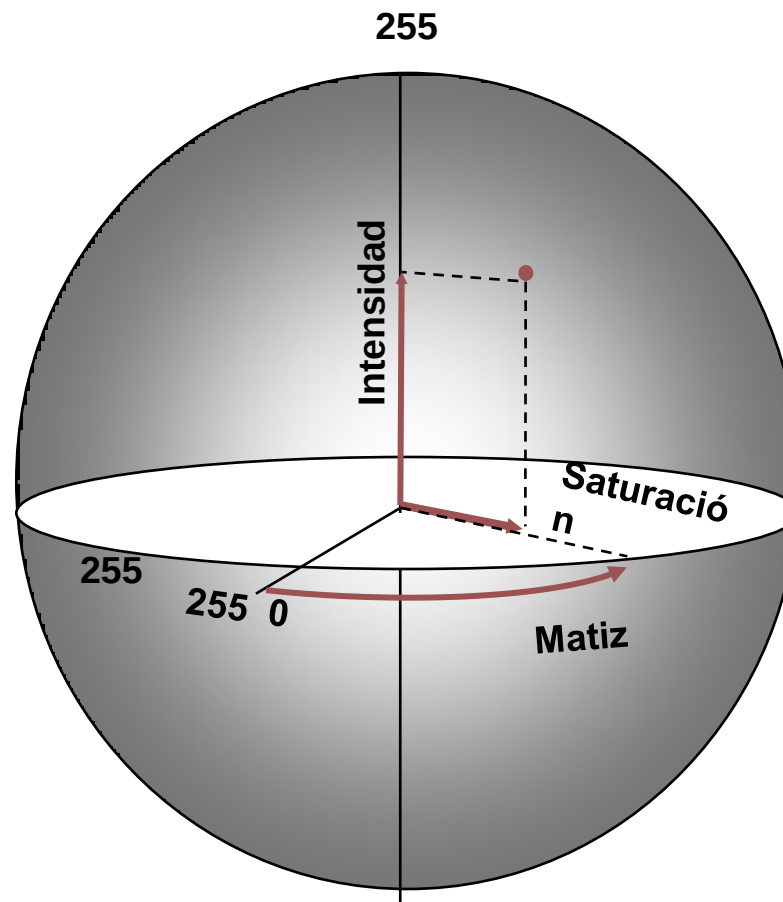
CP3 ROJO



Transformaciones de espacio de color

...

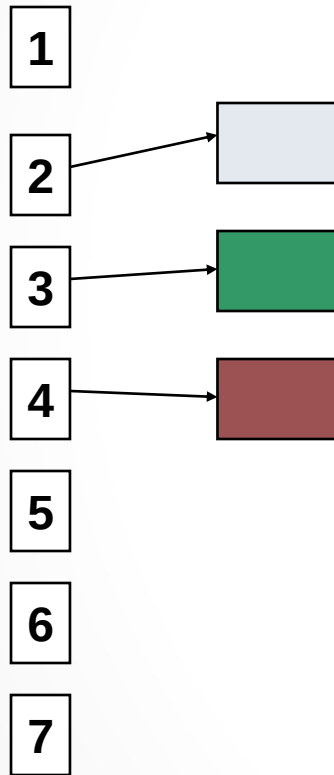
IHS



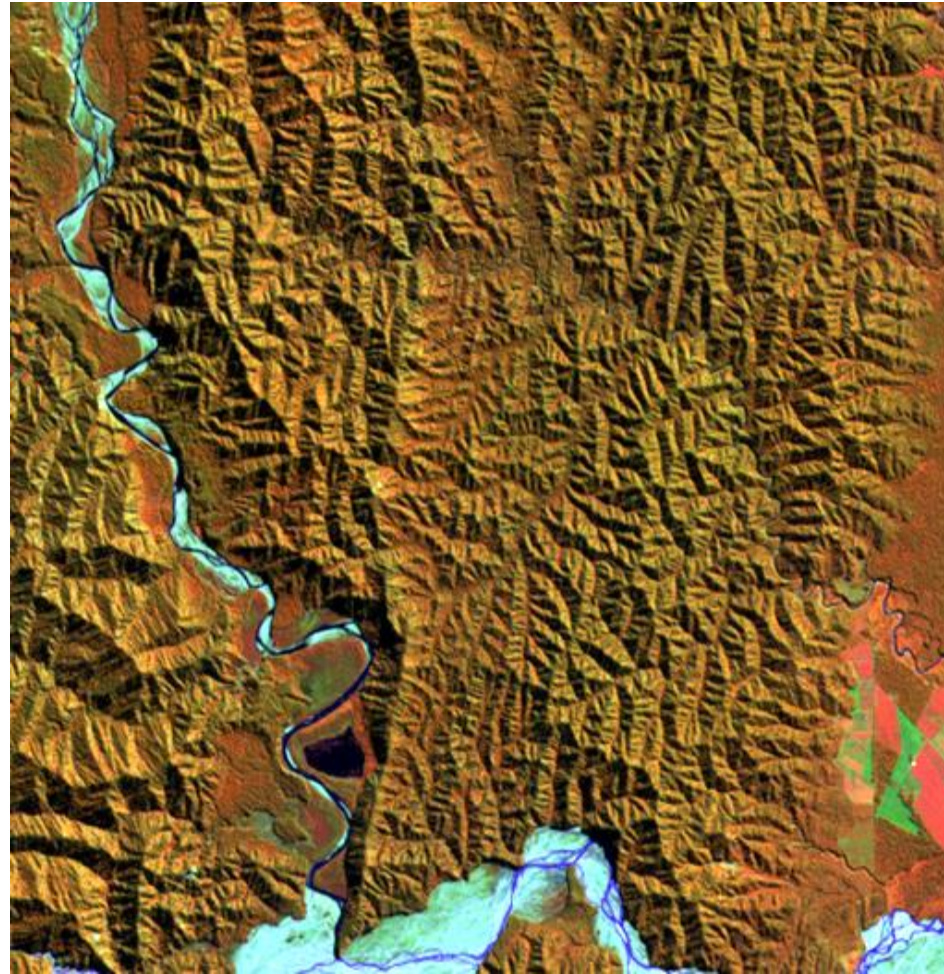
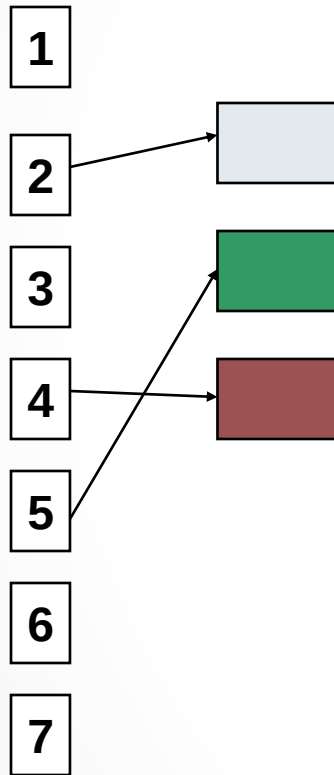
Color normal



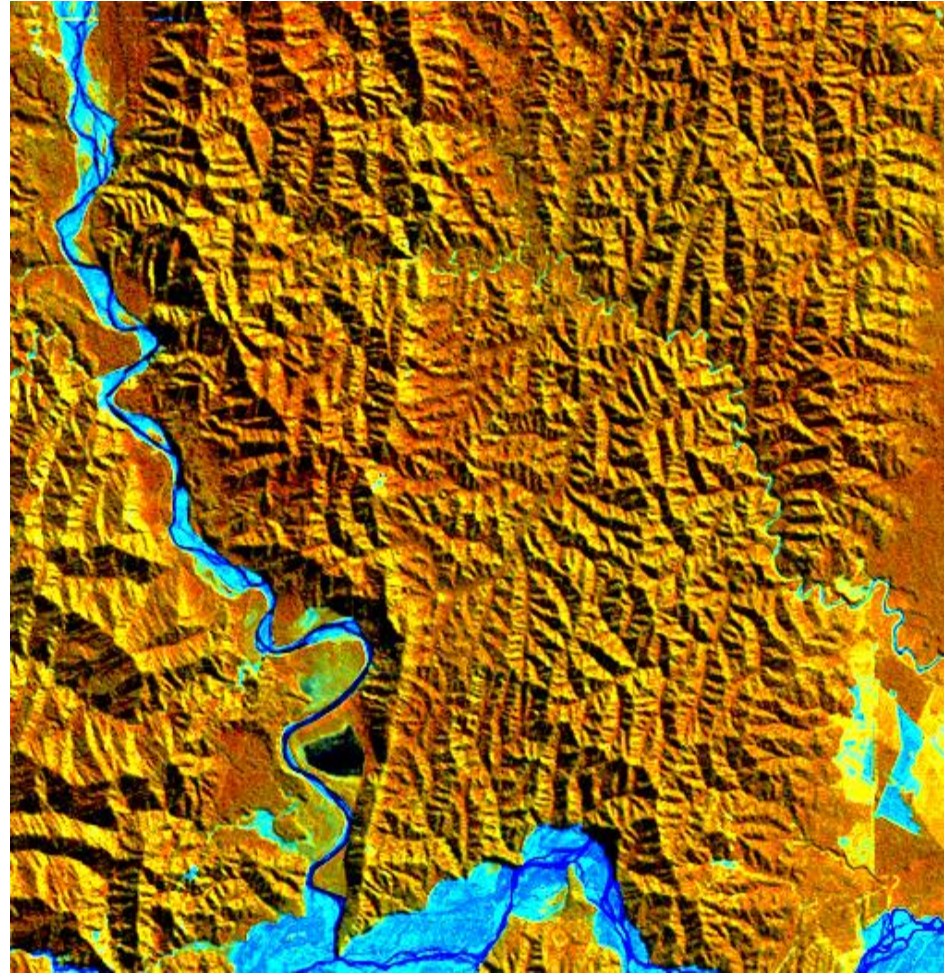
Falso color RGB 4,3,2



Falso color RGB 5,4,2



RGB 5,4,2 > IHS > RGB



Filtros

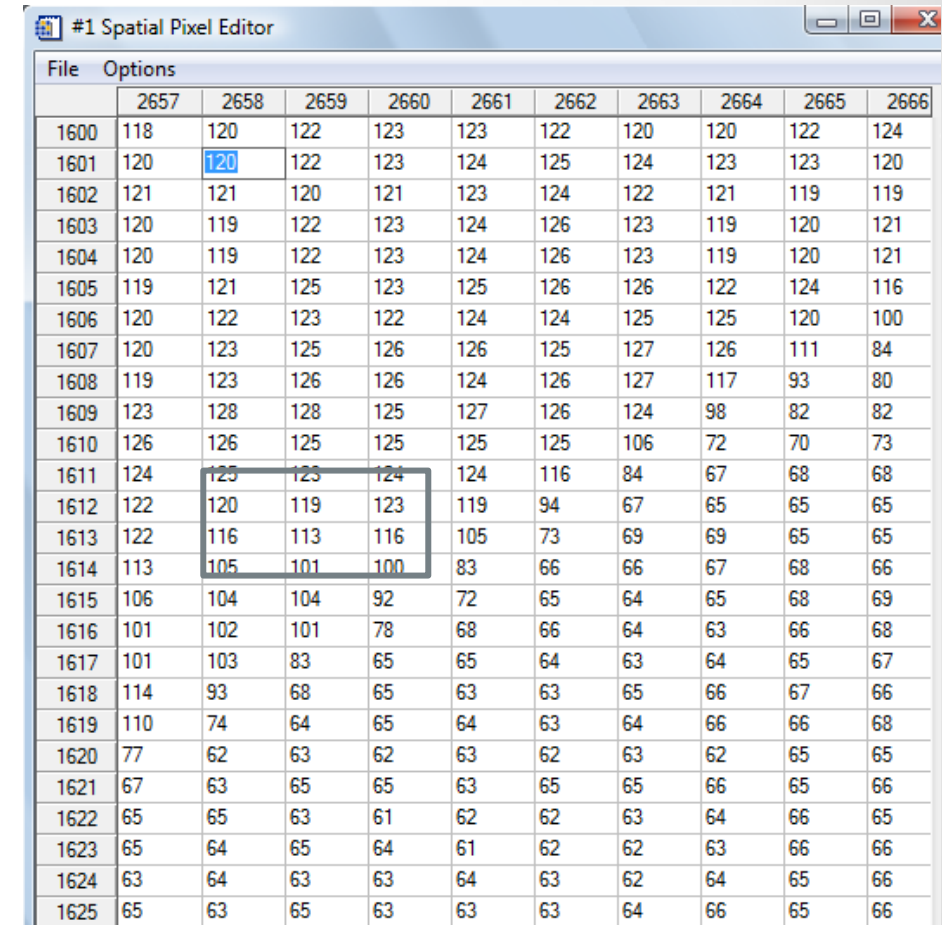
- Técnicas que sirven para modificar el contraste espacial en una imagen, con el fin de aumentar o reducir la diferencia entre el valor de un píxel y el de sus vecinos.
- eliminación de valores anómalos,
- resaltar bordes,
- suavizar,
- resaltar rasgos de interés,
- Eliminar patrón de ruidos...

Filtros

- A diferencia de los ajustes de contraste, estas técnicas sí implican una modificación del valor numérico de los píxeles.
- Aplicado el filtro el valor del píxel es función de los valores de los píxeles de su entorno, sin modificación de sus coordenadas.

Operación

- Filtrado espacial es una operación "local", se trata de transformar los valores originales de tal forma que se parezcan o diferencien más de los correspondientes a los píxeles cercanos.
- Todos ellos funcionan como una convolución que matemáticamente significa la multiplicación de una matriz (la imagen) por una matriz más pequeña (el filtro).
- Comunmente los filtros son operadores de 3x3, 5x5, 11x11 o mayores



File	Options	2657	2658	2659	2660	2661	2662	2663	2664	2665	2666
1600		118	120	122	123	123	122	120	120	122	124
1601		120	120	122	123	124	125	124	123	123	120
1602		121	121	120	121	123	124	122	121	119	119
1603		120	119	122	123	124	126	123	119	120	121
1604		120	119	122	123	124	126	123	119	120	121
1605		119	121	125	123	125	126	126	122	124	116
1606		120	122	123	122	124	124	125	125	120	100
1607		120	123	125	126	126	125	127	126	111	84
1608		119	123	126	126	124	126	127	117	93	80
1609		123	128	128	125	127	126	124	98	82	82
1610		126	126	125	125	125	125	106	72	70	73
1611		124	123	123	124	124	116	84	67	68	68
1612		122	120	119	123	119	94	67	65	65	65
1613		122	116	113	116	105	73	69	69	65	65
1614		113	105	101	100	83	66	66	67	68	66
1615		106	104	104	92	72	65	64	65	68	69
1616		101	102	101	78	68	66	64	63	66	68
1617		101	103	83	65	65	64	63	64	65	67
1618		114	93	68	65	63	63	65	66	67	66
1619		110	74	64	65	64	63	64	66	66	68
1620		77	62	63	62	63	62	63	62	65	65
1621		67	63	65	65	63	65	65	66	65	66
1622		65	65	63	61	62	62	63	64	66	65
1623		65	64	65	64	61	62	62	63	66	66
1624		63	64	63	63	64	63	62	64	65	66
1625		65	63	65	63	63	63	64	66	65	66

Filtros: frecuencia espacial

frecuencia espacial: magnitud de cambios de los valores por unidad de distancia en una determinada zona de la imagen.

Áreas de la imagen con pequeños cambios o con transiciones graduales en los valores de los datos se denominan áreas de bajas frecuencias (como por ejemplo la superficie de una masa de agua en reposo).

Áreas de grandes cambios o rápidas transiciones se conocen como áreas de altas frecuencias (por ejemplo suelo urbano con densas redes de carreteras). Así, los filtros espaciales se pueden dividir en tres categorías:

-

Categorías de filtros espaciales

- Filtros pasa bajos
- Filtros pasa altos
- Filtros detectores de bordes: Roberts, Sobel, Laplaciano, Direccional

Filtros pasa bajos (LPF)

Enfatizan las bajas frecuencias, suavizando las imágenes y suprimiendo ruidos

. Ello produce un efecto de borrado de los bordes, perdiéndose nitidez visual de la imagen, pero ganando en homogeneidad.

size	LPF
3 x 3	$\frac{1}{9} \cdot \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 \end{bmatrix}$
5 x 5	$\frac{1}{25} \cdot \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \end{bmatrix}$

Ejemplo de filtro pasa bajos

Imagen original (sensor ASTER banda 3)



Ampliación

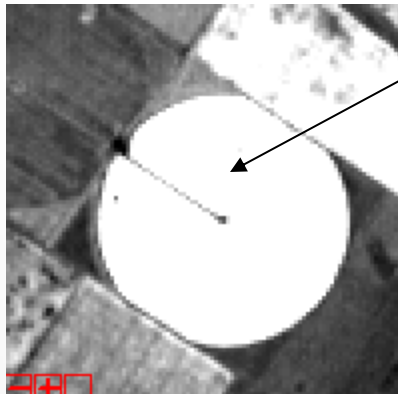
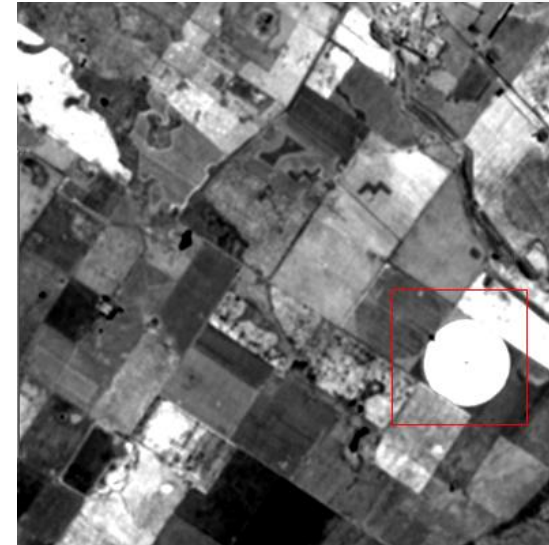
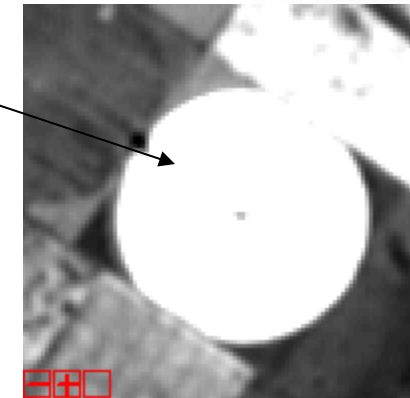


Imagen con filtro Kernel 3x3



Ampliación



El filtro hace una media aritmética de los 9 píxeles

1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000
1.0000	1.0000	1.0000

El resultado es la reducción de los píxeles espureos.

Filtro pasa altos (HPF)

- Enfatizan las altas frecuencias, para mejorar o resaltar las características lineales como carreteras, fallas, o límites en general.
- Realizan por lo tanto el efecto contrario a los filtros pasa-bajos, eliminando estas las bajas frecuencias.
- Ejemplos

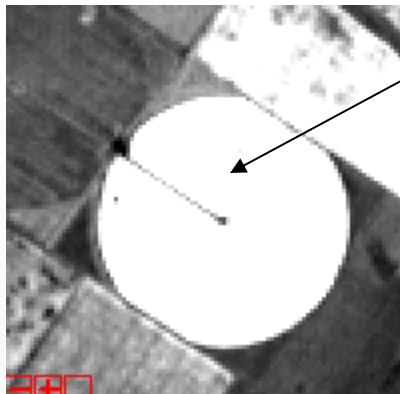
size	HPF
3 x 3	$\frac{1}{9} \cdot \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & +8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$
5 x 5	$\frac{1}{25} \cdot \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & +24 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

Ejemplo filtro pasa altos

Imagen original (sensor ASTER banda 3)

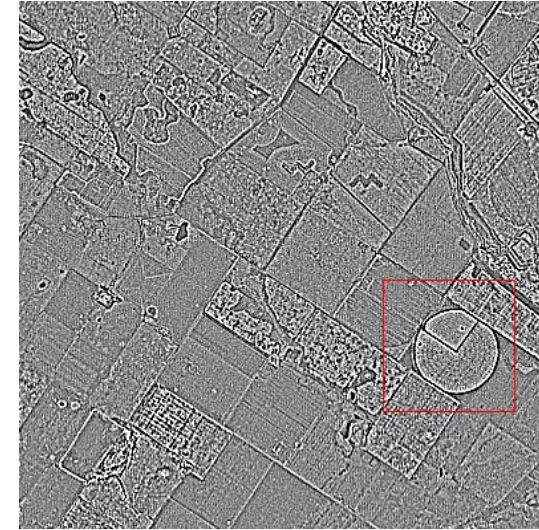


Ampliación

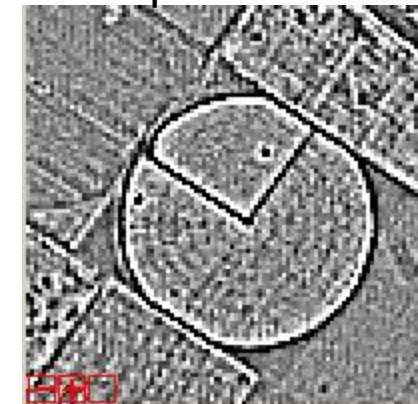


Filtro 3 x 3 pasa altos.

Imagen filtrada



Ampliación



Extracción de información no visible de elementos lineales..

Filtros de detección de bordes

- Realizan otro tipo de operaciones con los datos, pero siempre con el resultado de enfatizar los bordes que rodean a un objeto en una imagen, para hacerlo más fácil de analizar. Estos filtros típicamente dan como resultado una imagen con fondo gris y líneas blancas y negras rodeando los bordes de los objetos y características de la imagen.

Filtro Sobel

- Este filtro implementa la siguiente operación:

$$g(x, y) = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$$

donde:

$$\alpha = (A_2 + 2A_3 + A_4) - (A_0 + 2A_7 + A_6)$$

$$\beta = (A_0 + 2A_1 + A_2) - (A_6 + 2A_5 + A_4)$$

Siendo A_i los píxeles de la ventana en las posiciones:

$$\begin{pmatrix} A_0 & A_1 & A_2 \\ A_7 & g(x, y) & A_3 \\ A_6 & A_5 & A_4 \end{pmatrix}$$

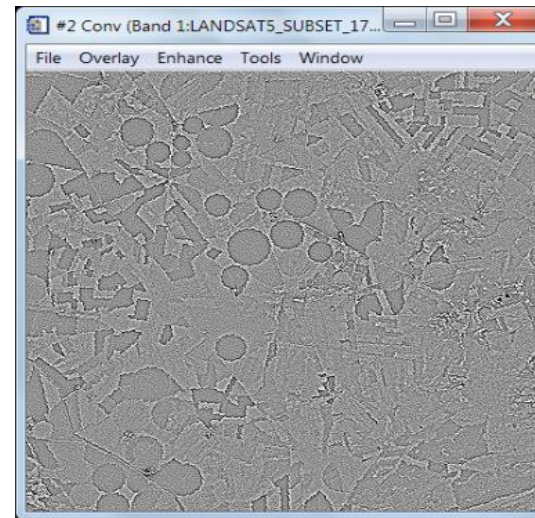


Filtro Laplaciano

- Este filtro calcula la segunda derivada, que a partir de la expresión del operador Laplaciano, podemos aproximar:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \approx f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$



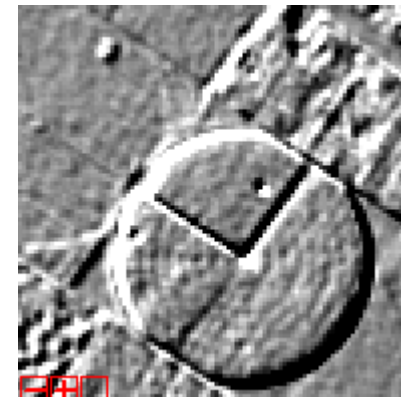
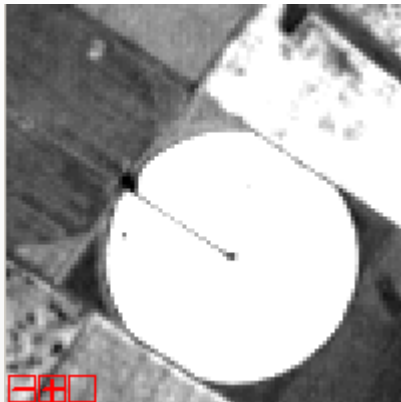
Filtro direccional

- Seleccionando adecuadamente los valores del kernel, podemos obtener el efecto de extraer bordes en una determinada dirección, mientras que los bordes en el resto de direcciones no se ven tan resaltados.

Aplicación de filtro de 45°



-1.4142	-0.7071	0.0000
-0.7071	0.0000	0.7071
0.0000	0.7071	1.4142



Ejemplo de Filtros de detección de bordes

$$g(x,y) = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$$

donde:

$$\alpha = (A_2 + 2A_3 + A_4) - (A_0 + 2A_7 + A_6)$$

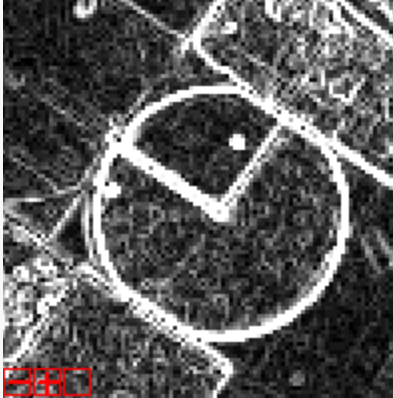
$$\beta = (A_0 + 2A_1 + A_2) - (A_6 + 2A_5 + A_4)$$

Siendo A_i los píxeles de la ventana en las posiciones:

$$g(x,y) = |f(x,y) - f(x+1,y+1)| + |f(x,y+1) - f(x+1,y)|$$

$$\begin{pmatrix} A_0 & A_1 & A_2 \\ A_7 & g(x,y) & A_3 \\ A_6 & A_5 & A_4 \end{pmatrix}$$

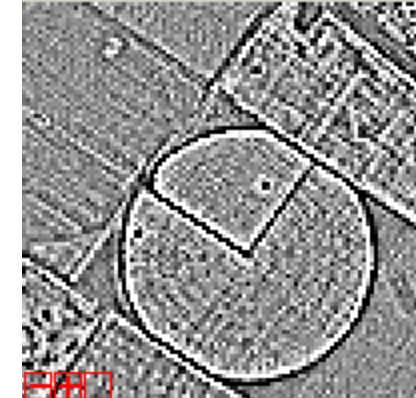
0.0000	-1.0000	0.0000
-1.0000	4.0000	-1.0000
0.0000	-1.0000	0.0000



Robert



Sobel



Laplaciano

PUEDE SE N-S, E-W, NW-SE, NE-SW

Clasificación de imágenes de satélite

...

Clasificación de Imágenes

- Firma espectral:

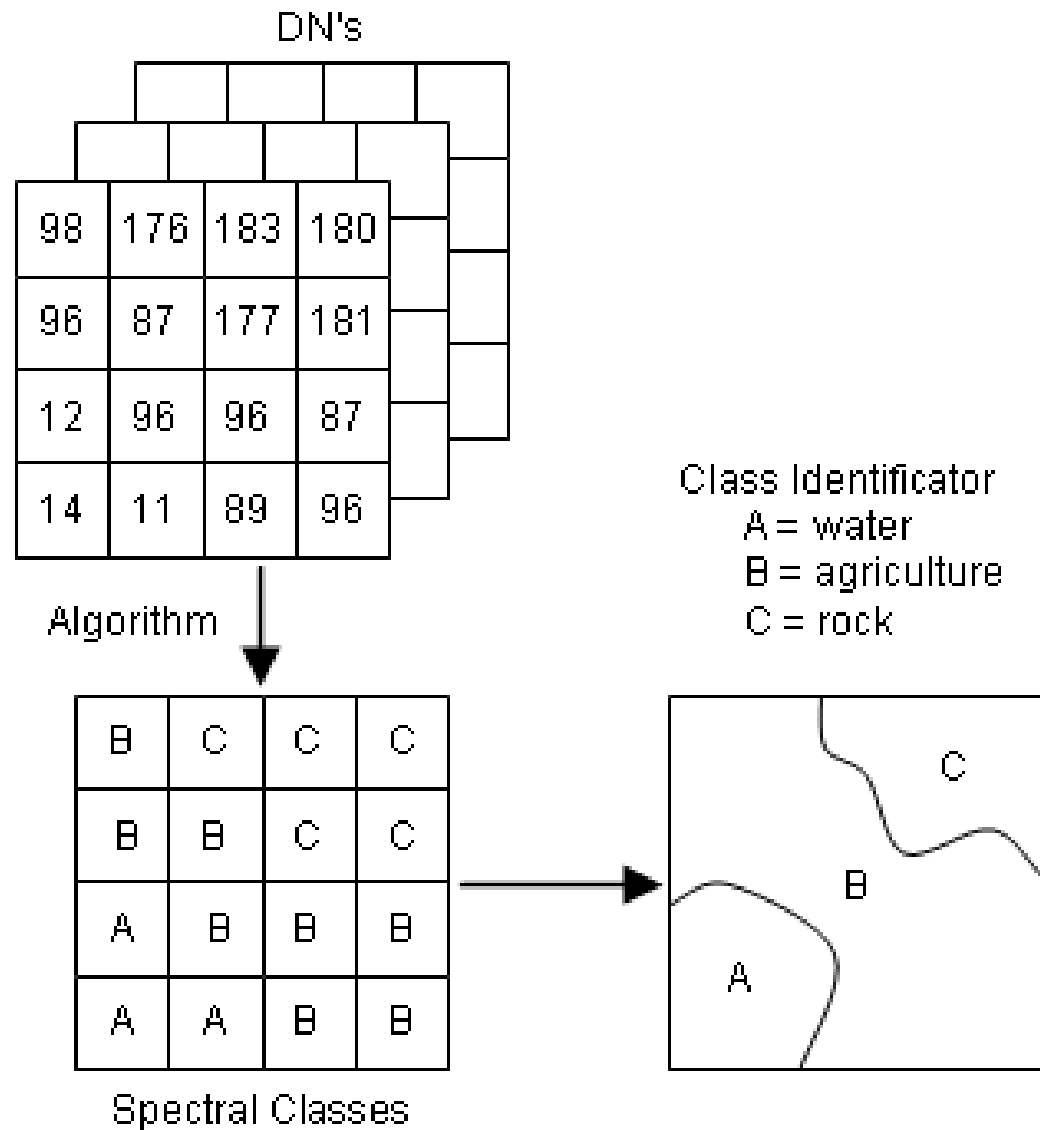
- Clasificación supervisada.

Sitios de entrenamiento, análisis de firma espectral mediante clasificadores.

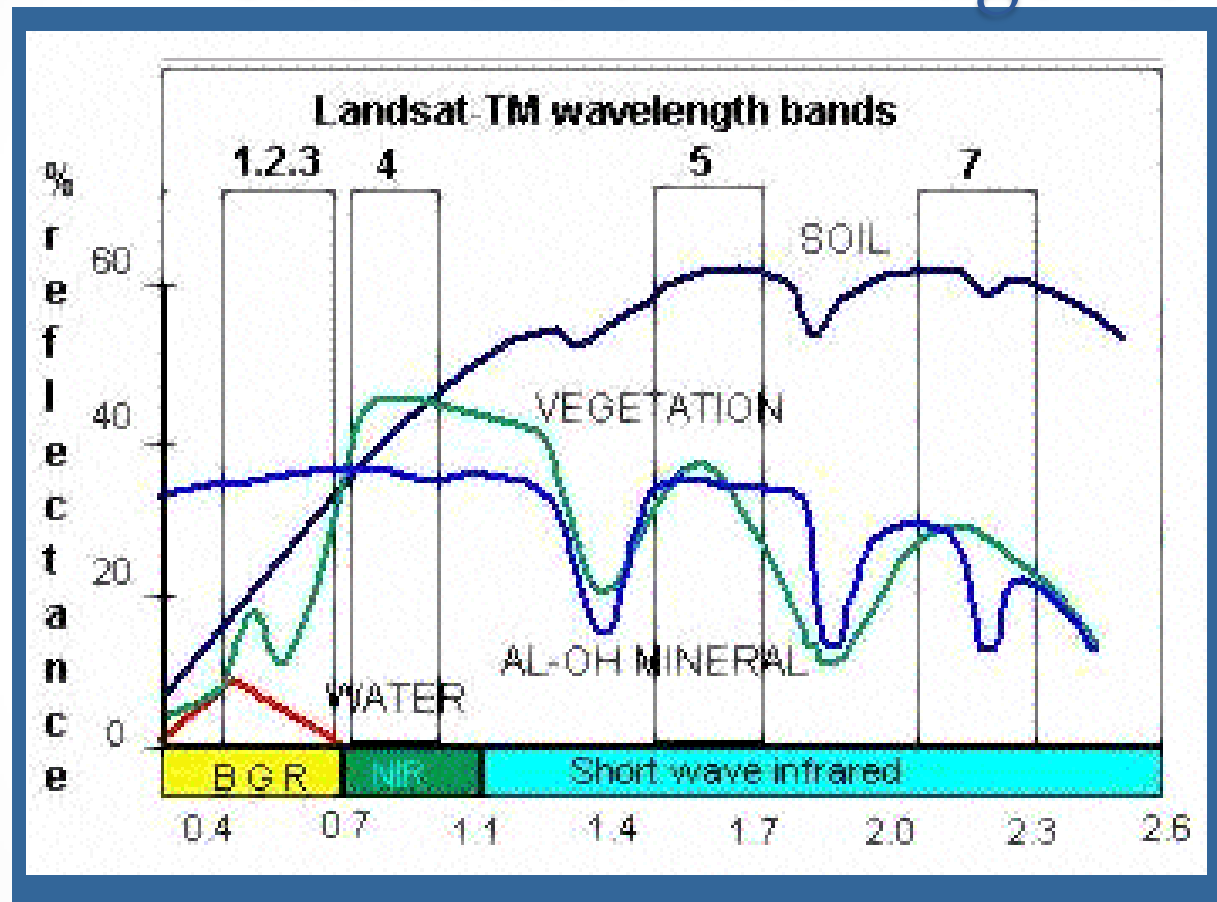
- Clasificación no supervisada.

Análisis de agrupamiento, verificación de campo.

Clasificación de imágenes

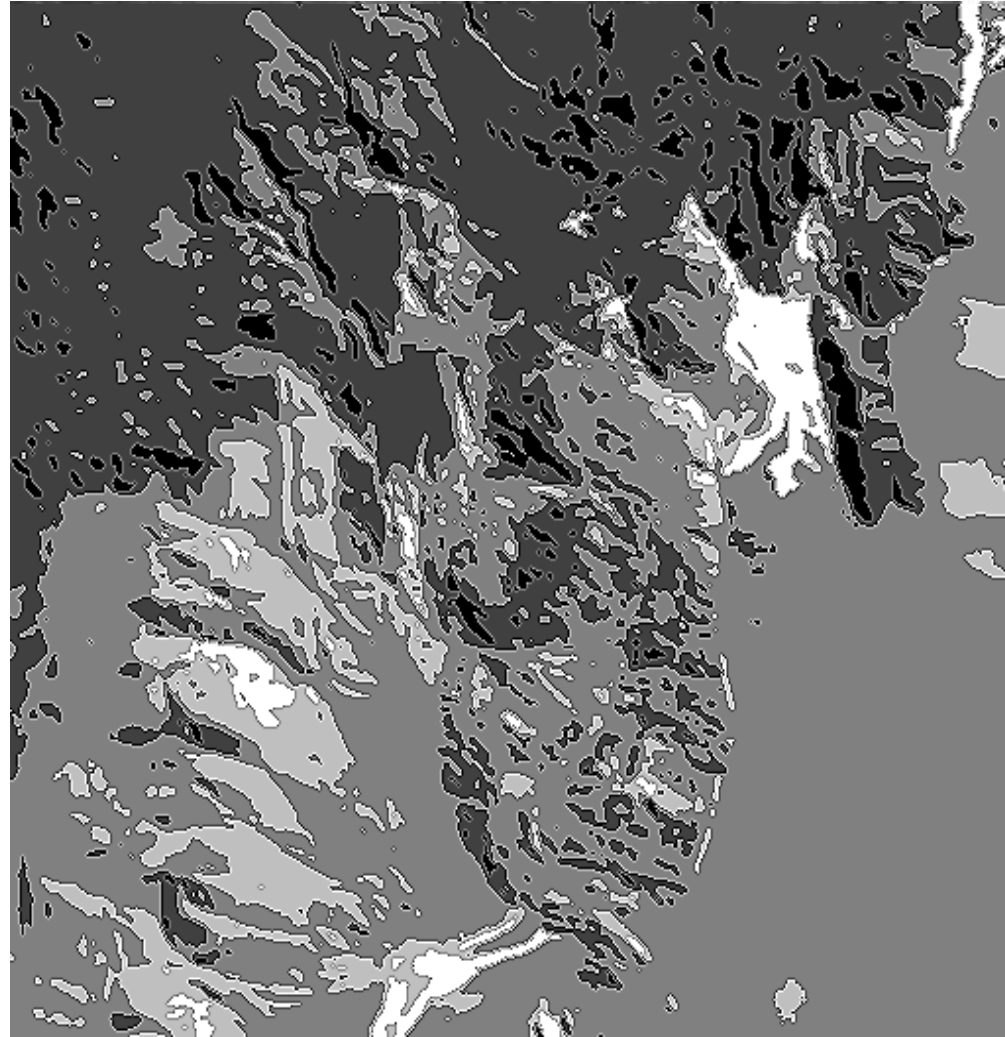
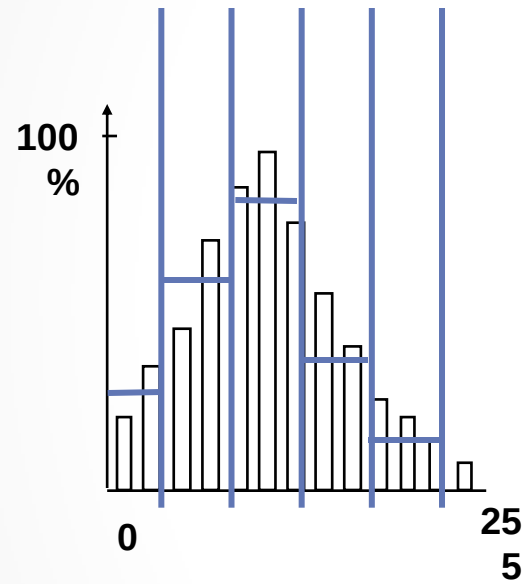


Clasificación de imágenes



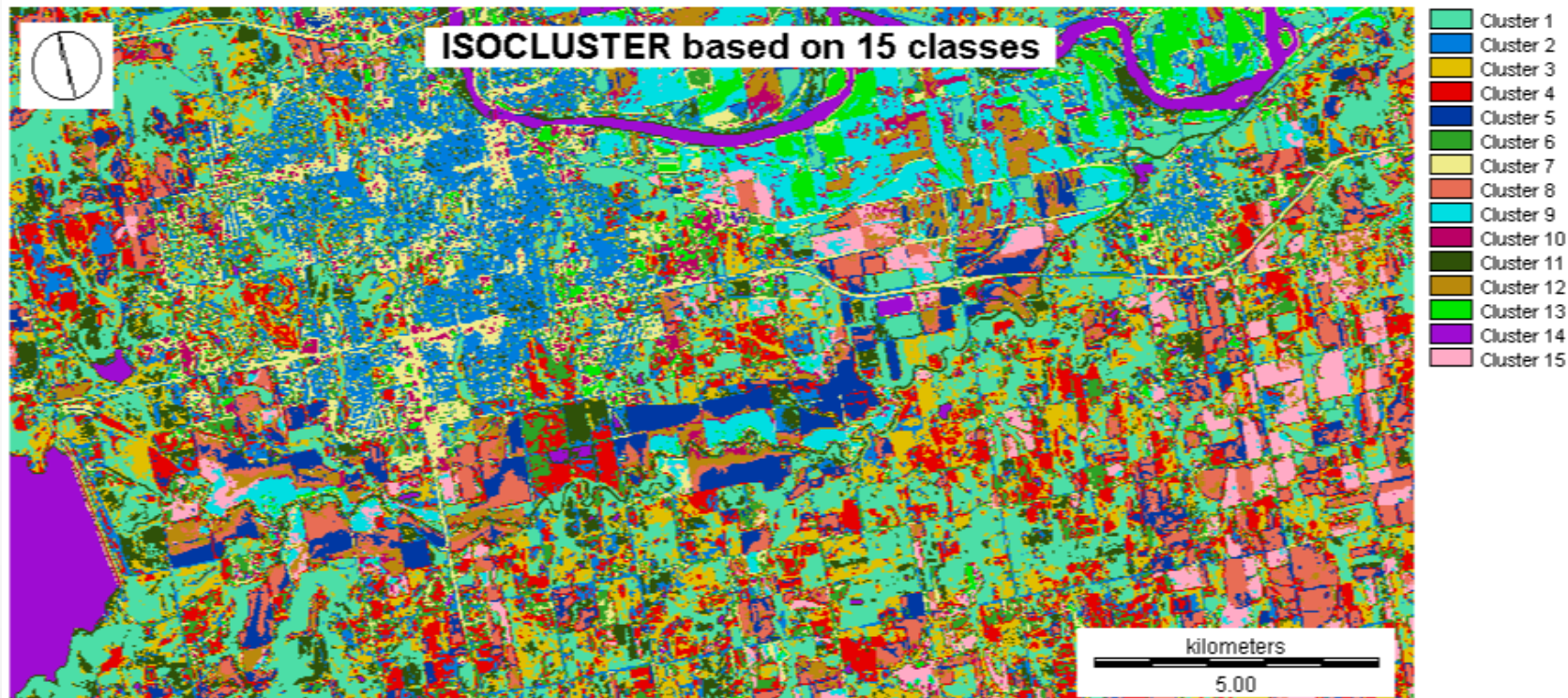
Density Slicing

Separacion en clases



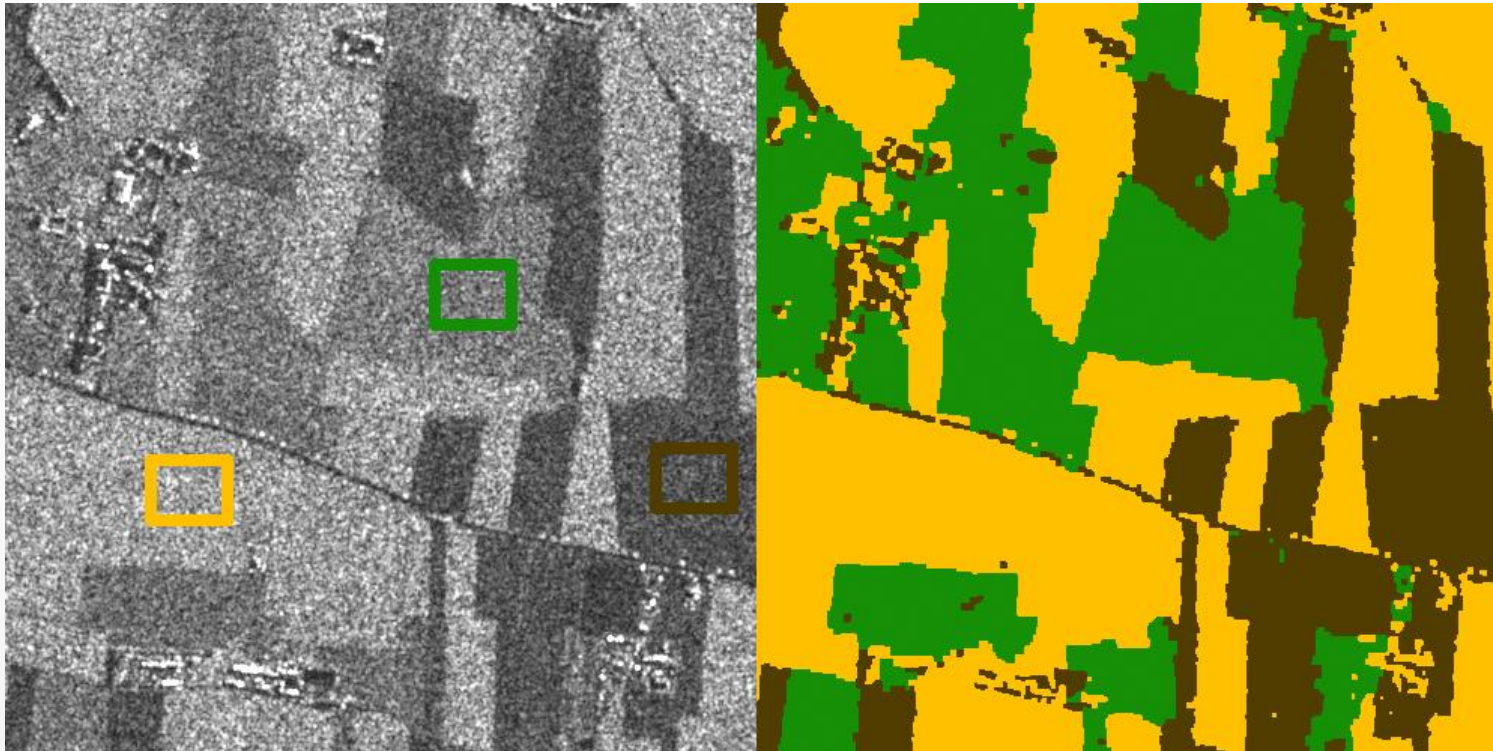
Clasificación no supervisada

Density slicing.- Basada en clases de valores digitales



Clasificación supervisada

Trainning field.- Campos de entrenamiento



MAPA RESULTANTE

