

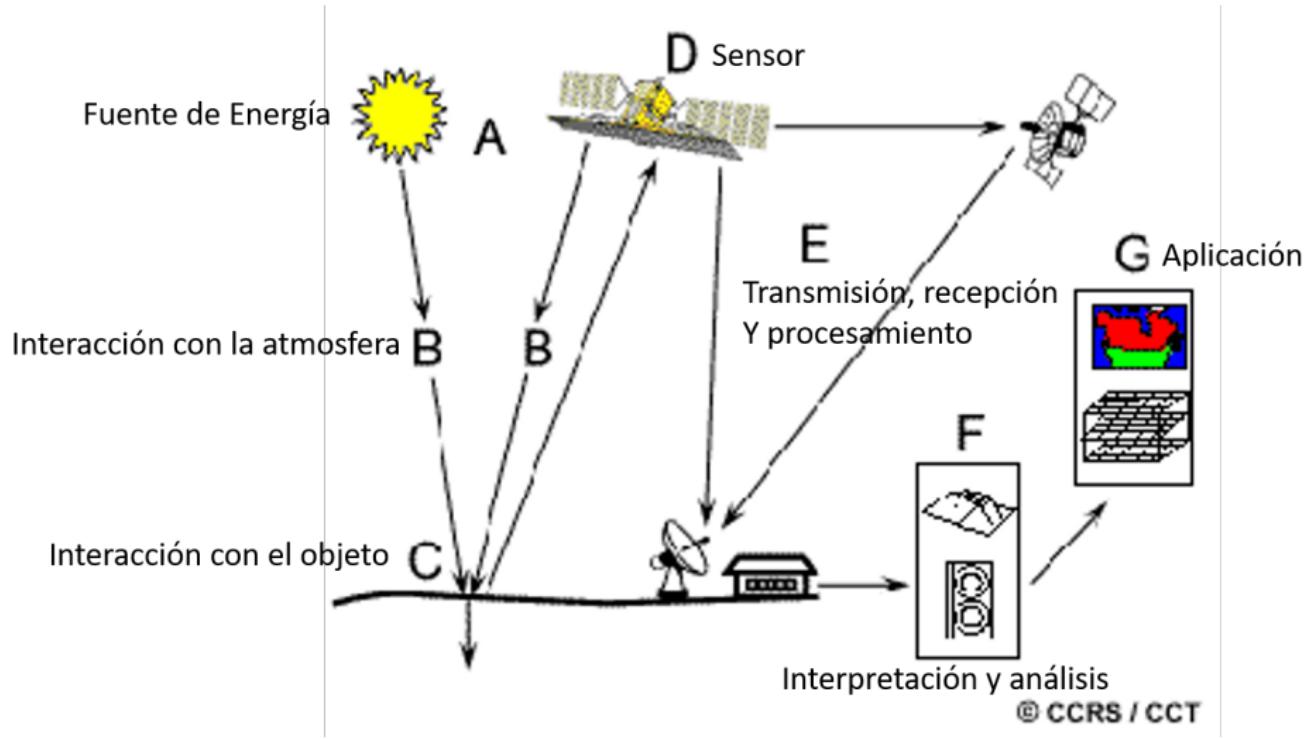
# SENSORES REMOTOS

Edier V. Aristizábal G.

*evaristizabalga@unal.edu.co*

(Versión:July 24, 2020)





# Transferencia de energía

Existen tres formas diferentes de transferencia energética:

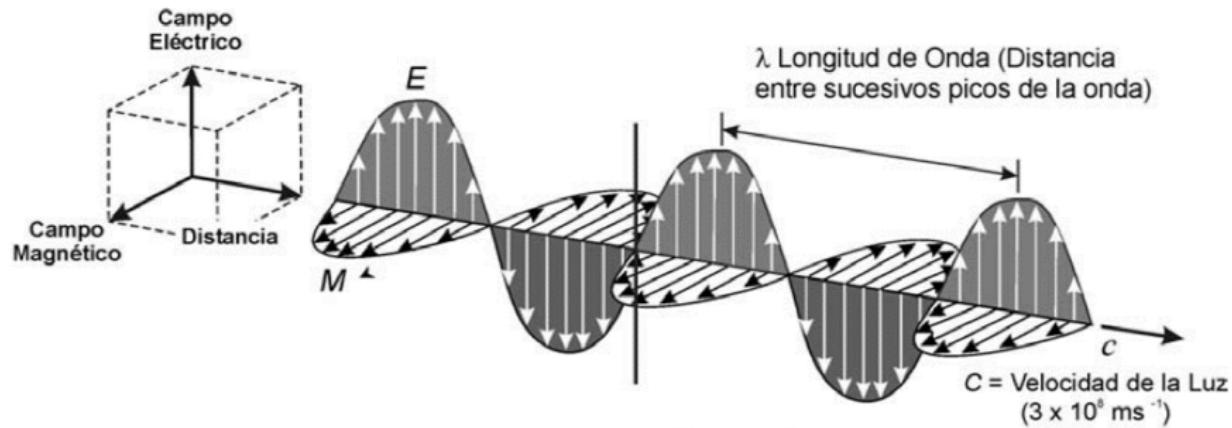
**Conducción:** es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica. Se produce por la vibración y choque de unas moléculas con otras, donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas.

**Convección:** mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia, es propia de fluidos (líquidos o gaseosos) en movimiento.

**Radiación:** es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada. Esta energía es producida por los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. Esta energía es transportada por ondas electromagnéticas o fotones, por lo recibe el nombre de radiación electromagnética que se propaga a través del vacío y a la velocidad de la luz.

# Fuente de Anergía

Energía electromagnética → doble naturaleza = onda y partícula



## Componentes del REM:

onda eléctrica Senoidal (E)

onda magnética senoidal (M) - ortogonal a (E)

(E) y (M) son perpendiculares a la dirección de propagación

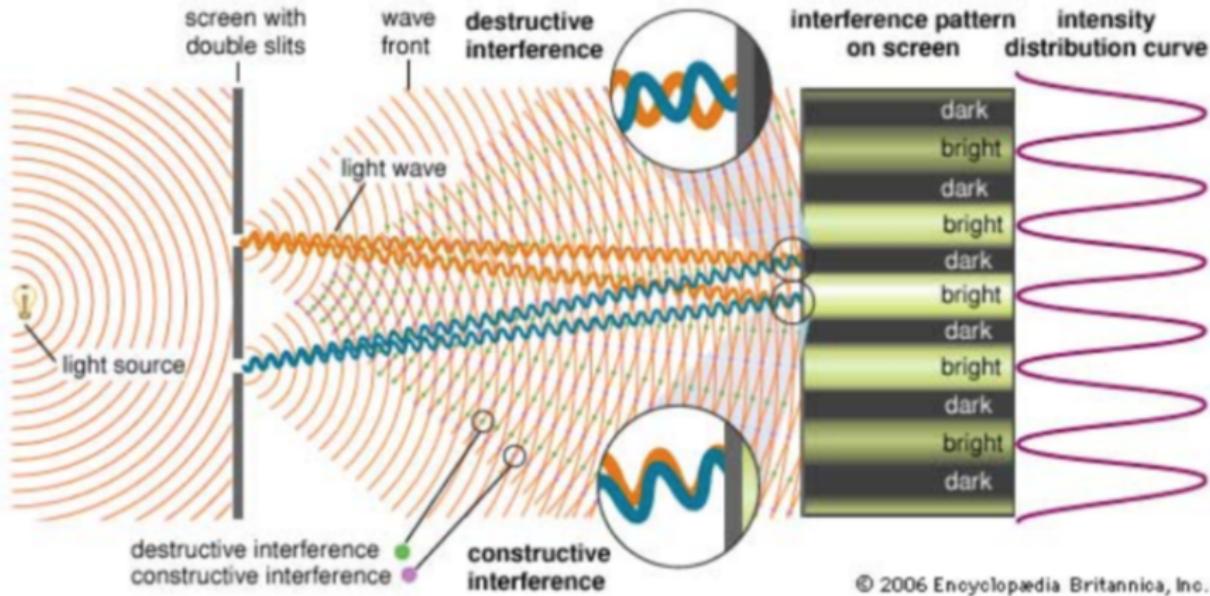
$v$  = Frecuencia  
(Número de ciclos por segundo  
pasando por un punto fijo)

$$C = v\lambda$$

# Fuente de Anergía

Energía electromagnética → doble naturaleza = onda y partícula

Young's experiment



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

# Fuente de Anergía

Energía electromagnética → doble naturaleza = onda y partícula

$$E = h \cdot f \quad \text{where } E = \text{photon energy (Joules)}$$

OR

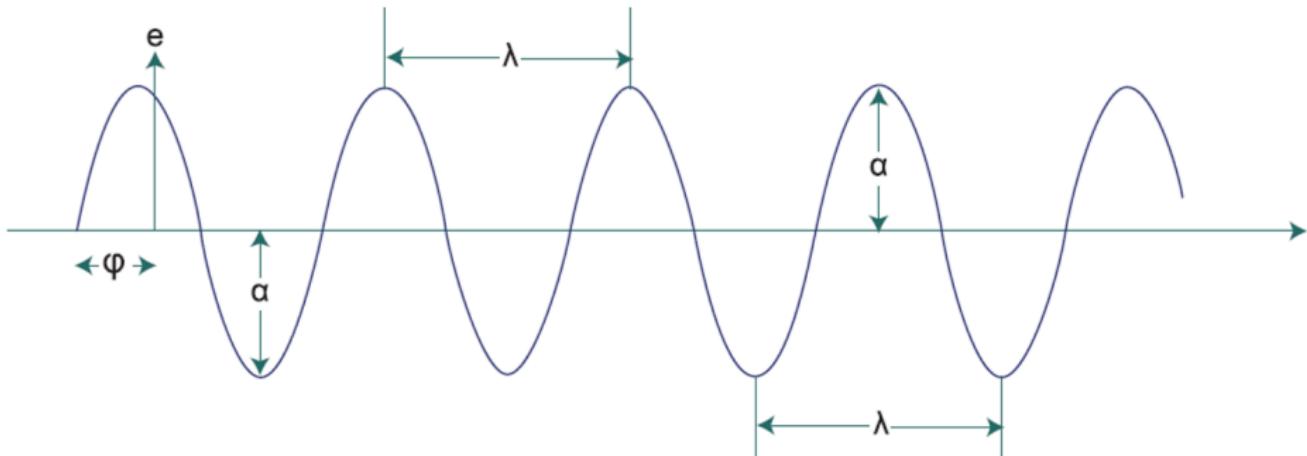
$f = \text{frequency (Hz)}$

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

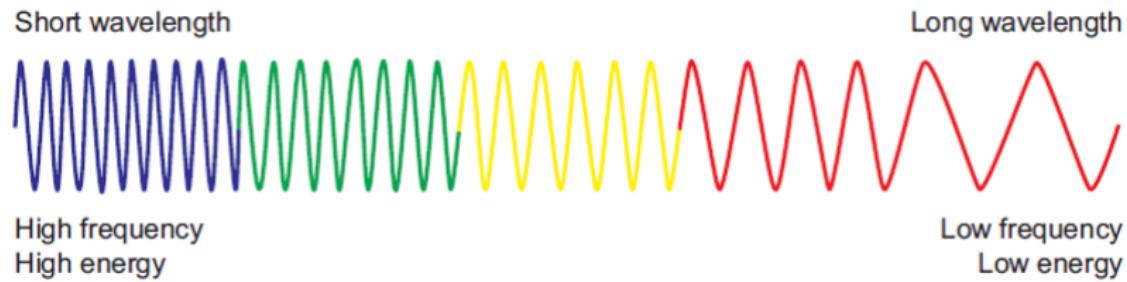
$h = \text{Planck's constant } (6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s})$

$c = \text{velocity of light } (3.00 \times 10^8 \text{ m/s})$

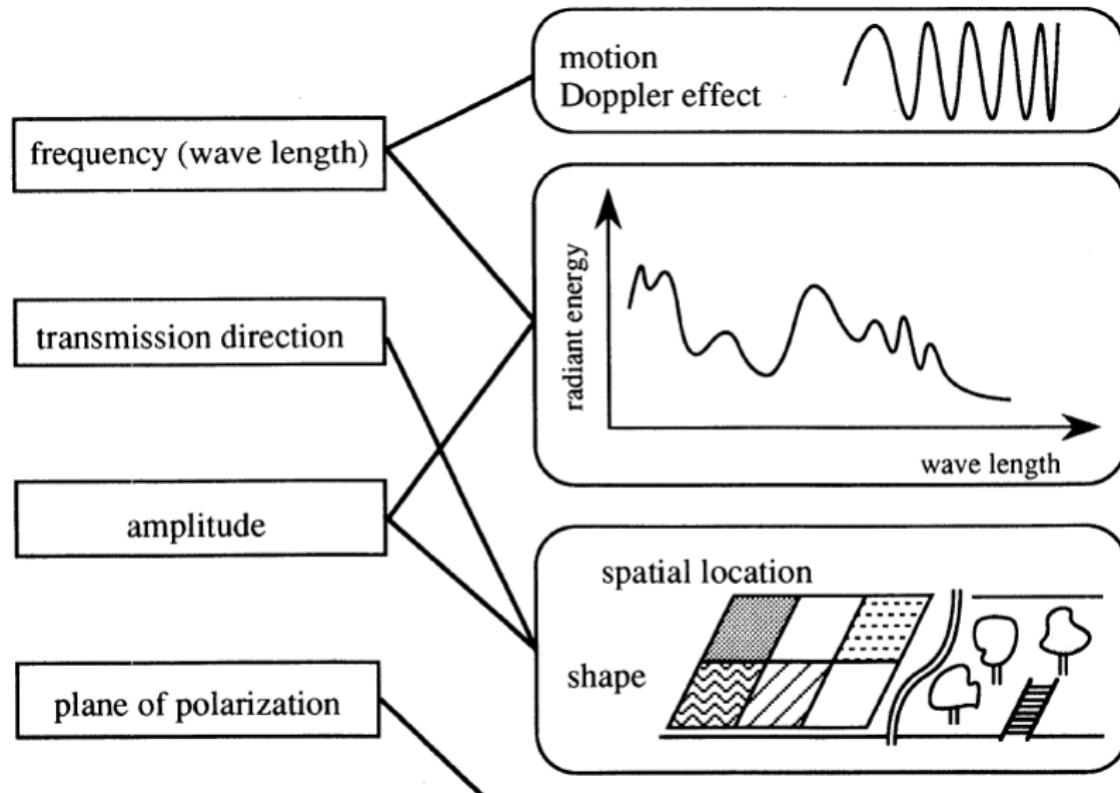
$\lambda = \text{wavelength (m)}$



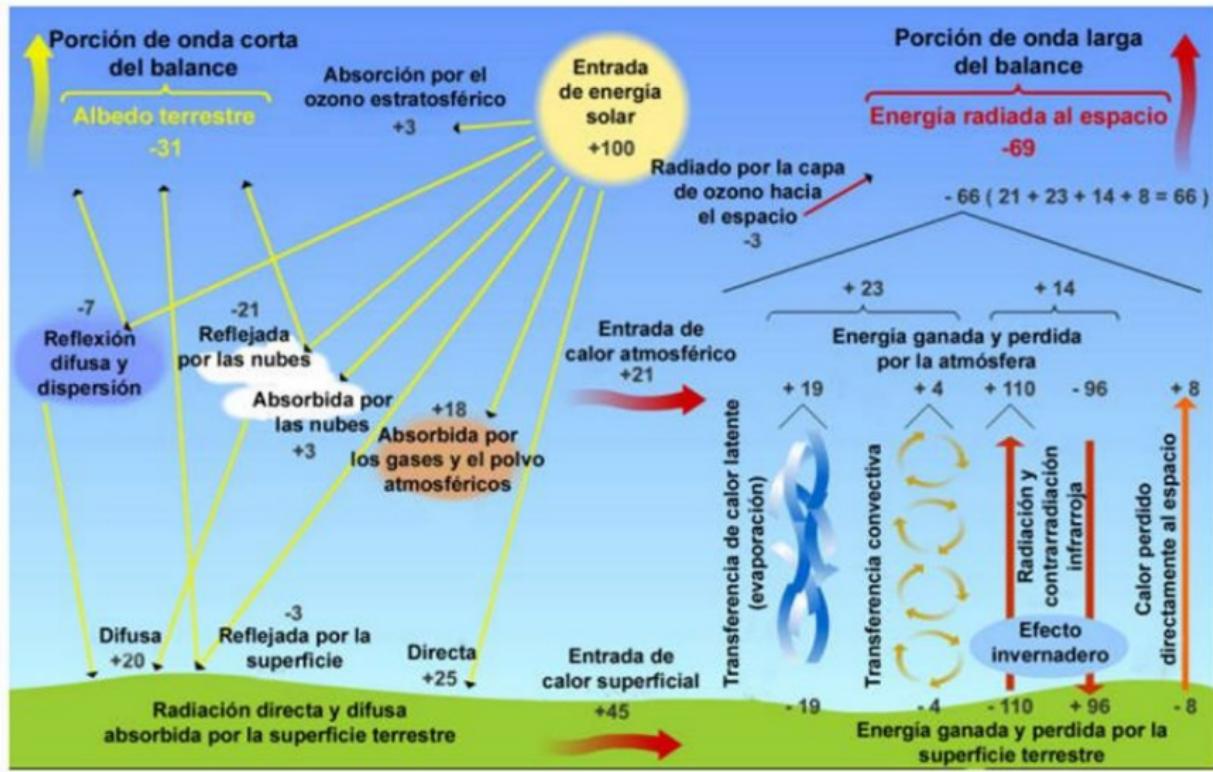
# Espectro electromagnético



# Información obtenida

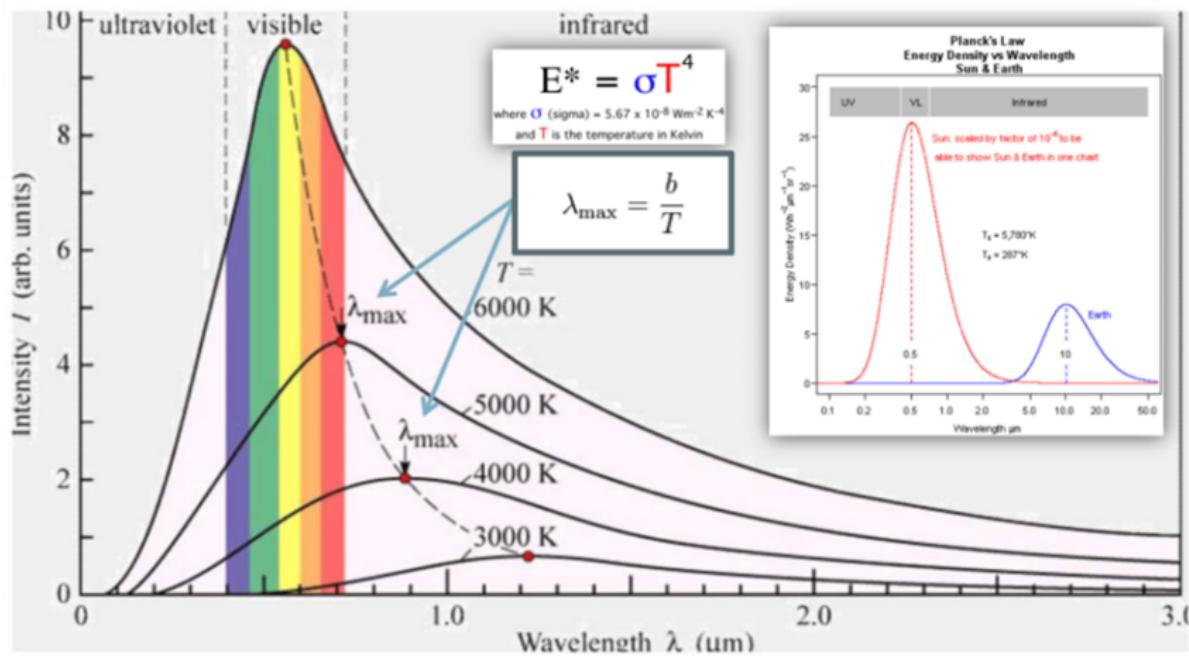


# Balance de Energía

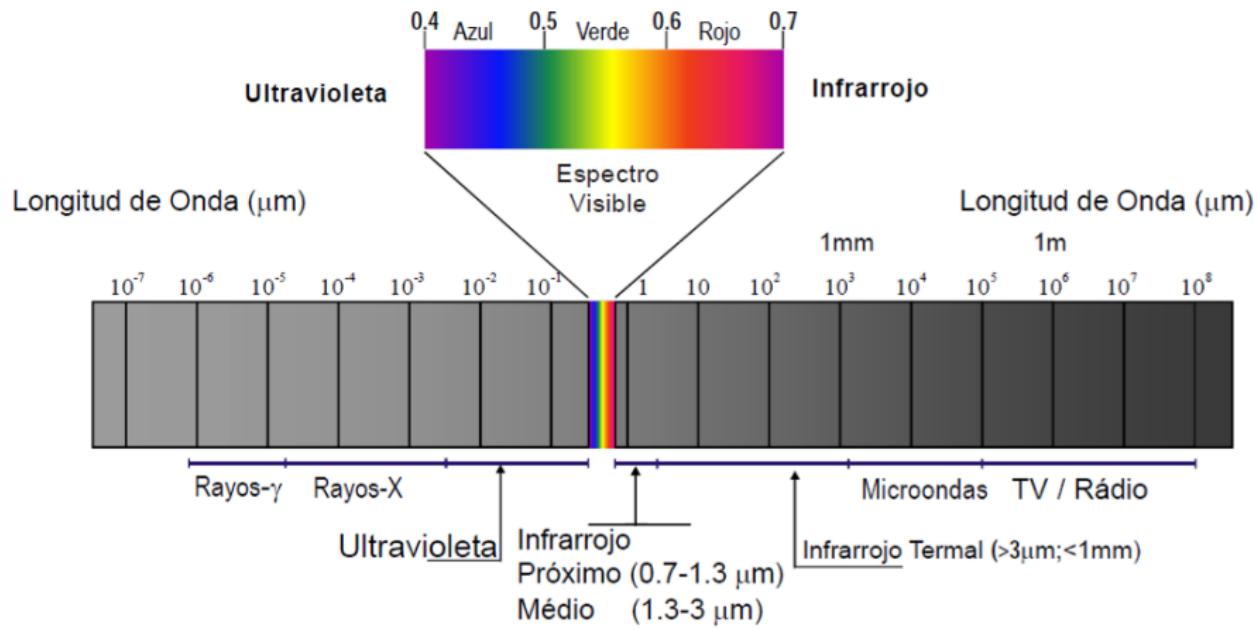


# Fuente de Energía

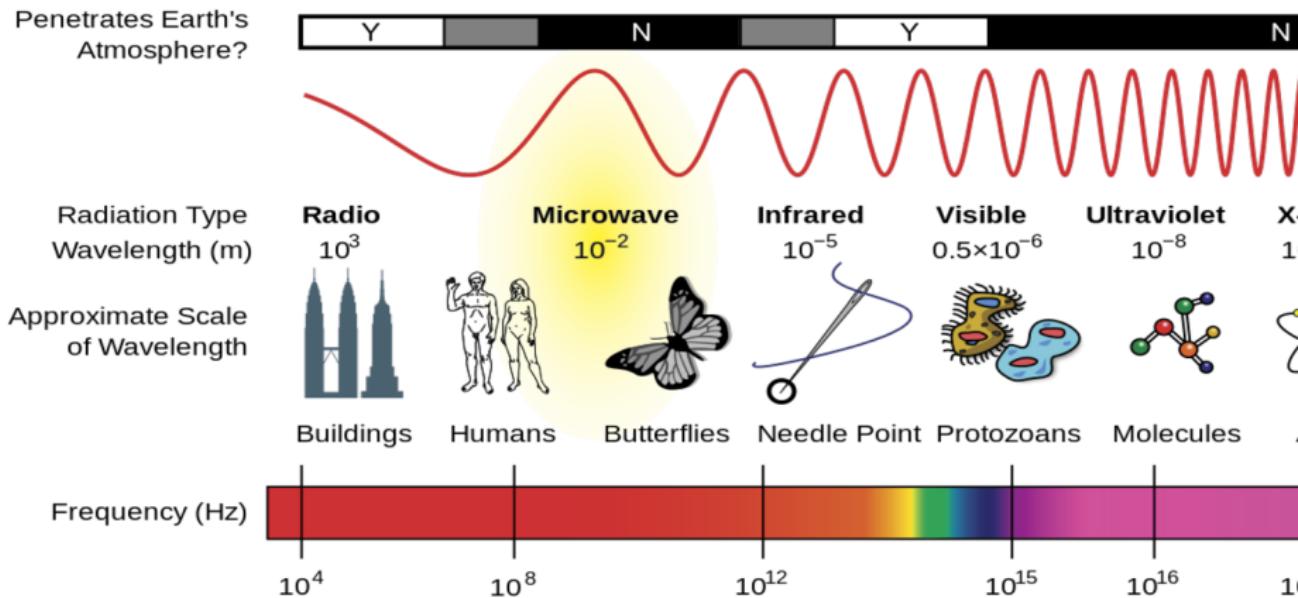
Ley de Stefan-Boltzmann & Ley de Wien



# Espectro Electromagnético

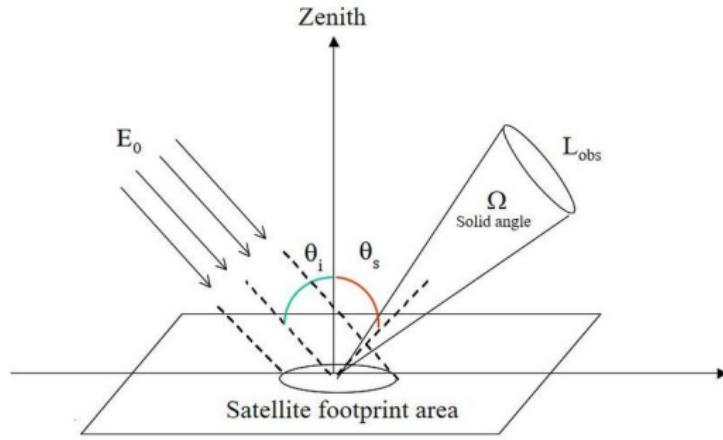


# Espectro Electromagnético

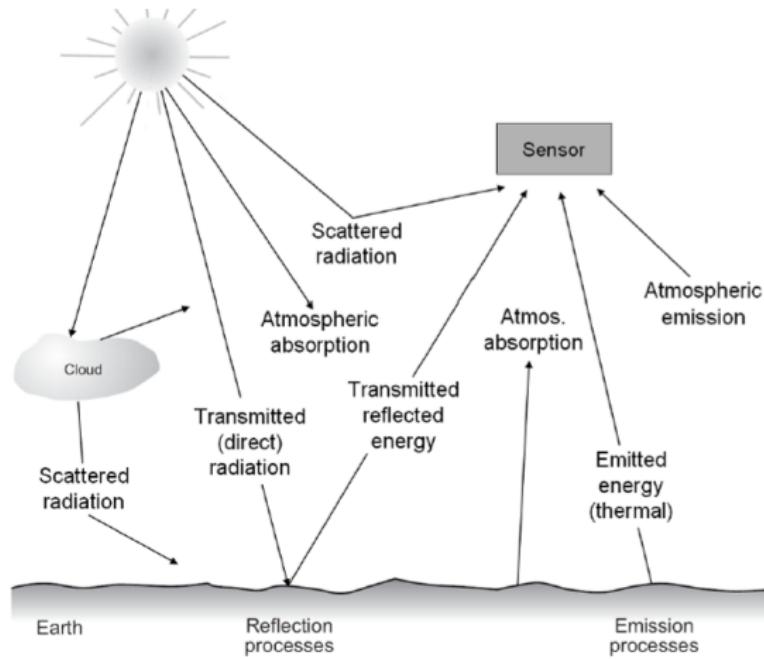


# Unidades

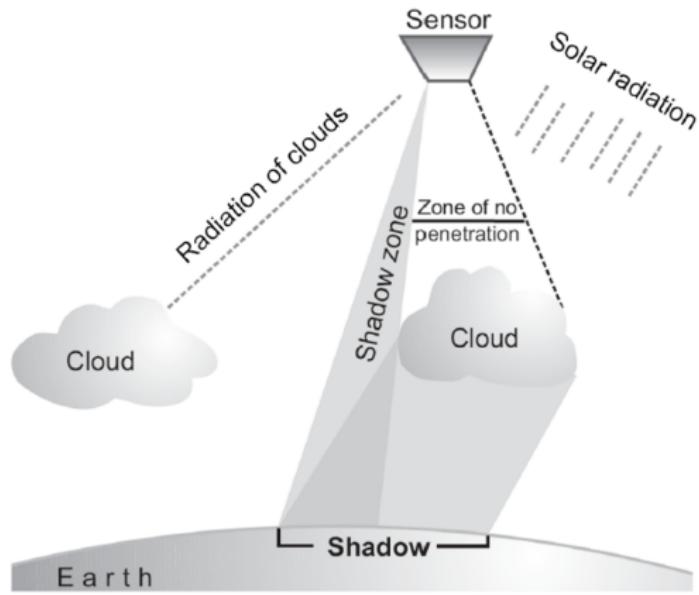
- **Energía radiante:** total de energía radiada en todas las direcciones (J).
- **Flujo radiante:** energía radiada en todas las direcciones por unidad de tiempo (W).
- **Irradiancia:** flujo radiante incidente sobre unidad de área ( $\frac{W}{m^2}$ ).
- **Radiancia:** flujo radiante emitido o reflejado por unidad de área y por ángulo sólido de medida ( $\frac{W \cdot Sr}{m^2}$ ).
- **Emisividad:** relación entre la emitancia y la de un emisor perfecto.
- **Reflectividad:** relación entre el flujo incidente y el flujo reflejado por una superficie.
- **Absortividad:** relación entre el flujo incidente y el flujo que absorbe una superficie.
- **Trasmisividad:** relación entre el flujo incidente y el transmitido por una superficie.



# Interacción con la atmósfera



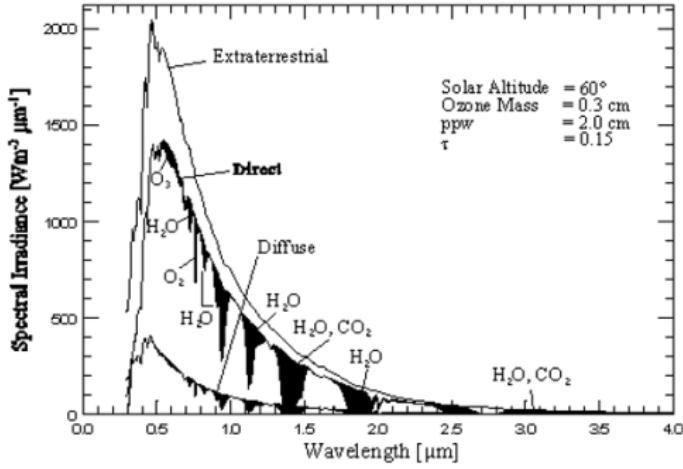
# Interacción con la atmósfera



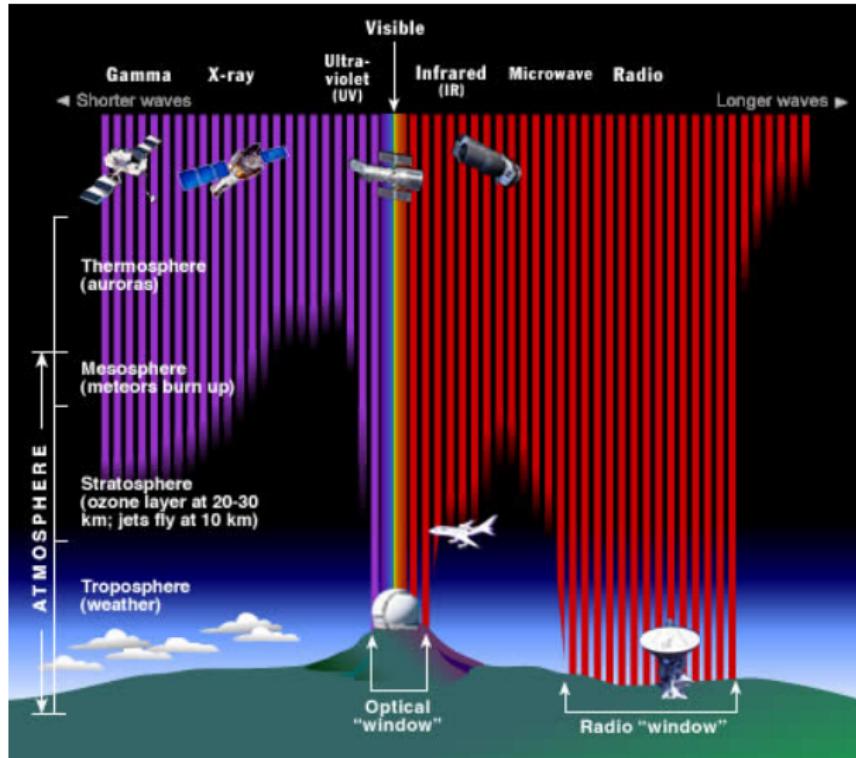
# Atenuación

**Atenuación geométrica:** Atenuación de la radiación con la distancia recorrida desde la fuente hasta el receptor. La intensidad de la onda decrece usualmente con el cuadrado de la distancia al foco emisor.

**Atenuación atmosférica:** Atenuación por absorción de las moléculas atmosféricas. La intensidad de la onda disminuye exponencialmente con la distancia  $r$  del medio absorbente atravesado.



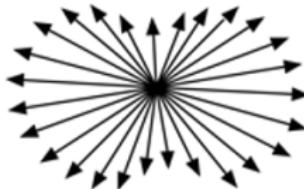
# Ventanas Atmosféricas



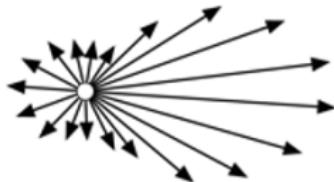
Credit: NASA's Imagine the Universe

# Dispersión

Rayleigh Scattering

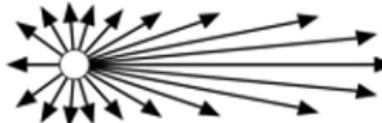


Mie Scattering



→ Direction of incident light

Mie Scattering,  
larger particles

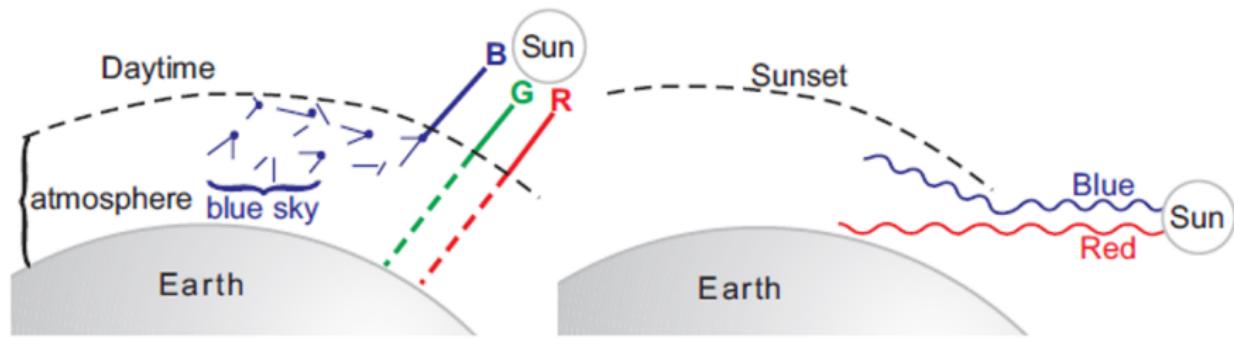


**Rayleigh:** Dispersión dominante en la atmósfera. Diámetro de las partículas es inferior a la longitud de onda. Longitudes de ondas menores (azul) es mas disperso que longitudes de onda mayores (rojo). El efecto Rayleigh es inversamente proporcional a la longitud de onda a la 4. Se utilizan filtros que eliminan longitudes de onda corta.  
(moléculas atmosféricas: O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etc).

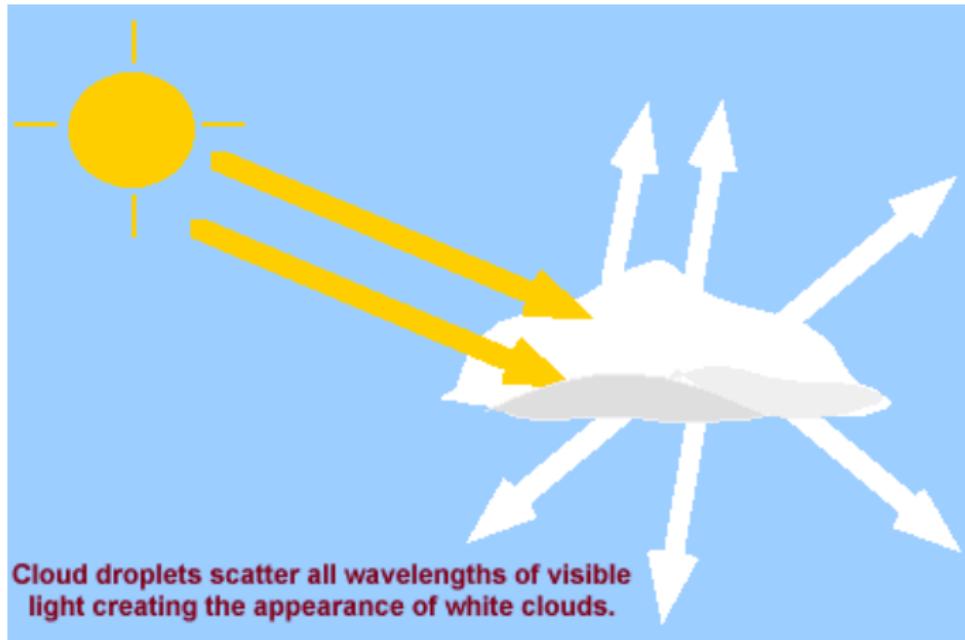
**Mie:** Longitudes de onda similares al diámetro de las partículas, característico en la parte baja de la atmósfera. Mayor efecto en longitudes de onda más grandes comparado con efecto Rayleigh. (Polvo, Vapor de agua).

**No selectiva.** Diámetro (5 a 100 um) de las partículas es mucho mayor a las longitudes de onda, por lo que dispersa todo el espectro del visible y hasta el infrarrojo medio.  
(Aerosoles, gotas de lluvia).

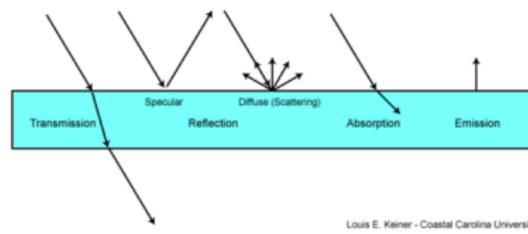
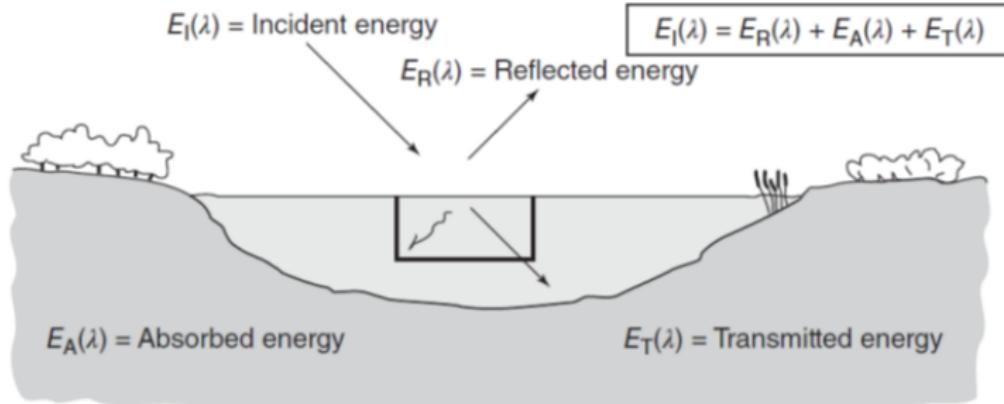
# Dispersión selectiva



## Dispersión NO selectiva



# Interacción con el objeto



$$E_I(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda)$$

$E_I$  = incident energy

$E_R$  = reflected energy

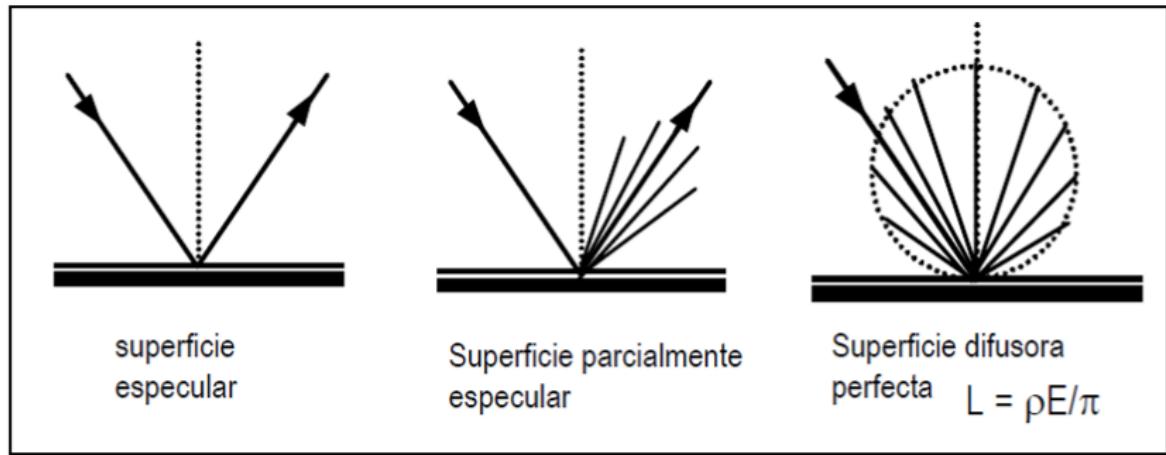
$E_A$  = absorbed energy

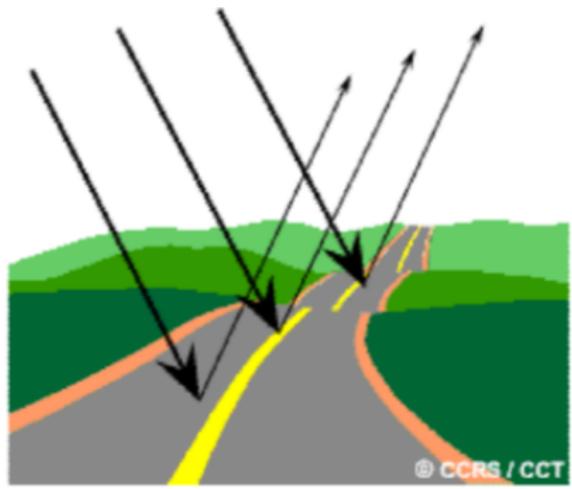
$E_T$  = transmitted energy

Se pueden distinguir dos tipos de superficies:

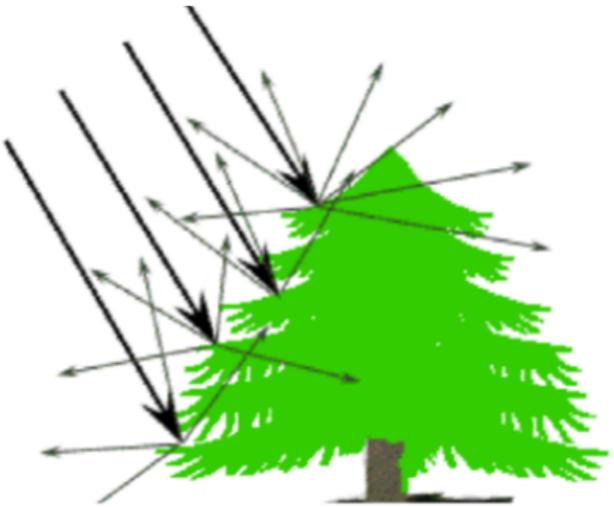
**Especulares.** Aquellas que reflejan la energía con el mismo ángulo del flujo incidente.

**Lambertianas-difusa.** Aquellas que reflejan el flujo incidente uniformemente en todas las direcciones. En Sensores Remotos generalmente es de mayor interés medir las propiedades de reflectancia difusa del terreno y objetos.

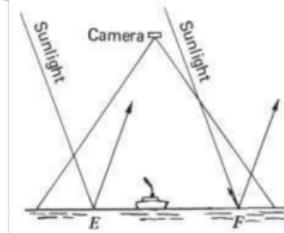
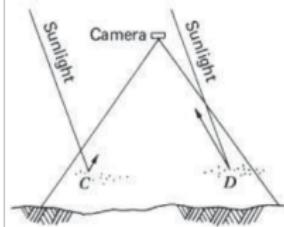
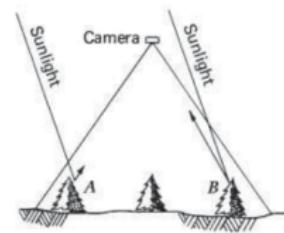
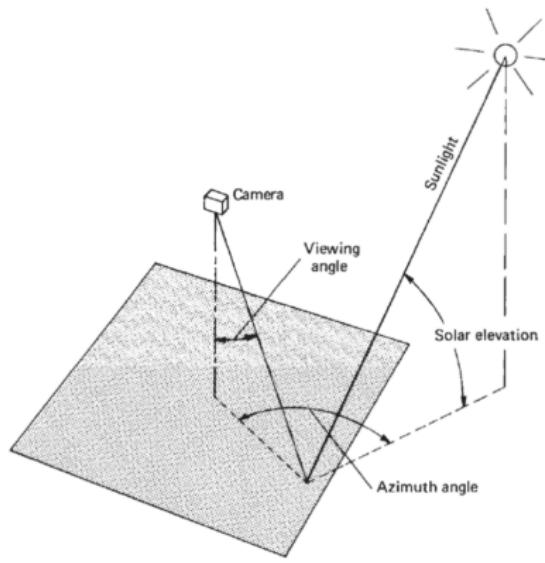




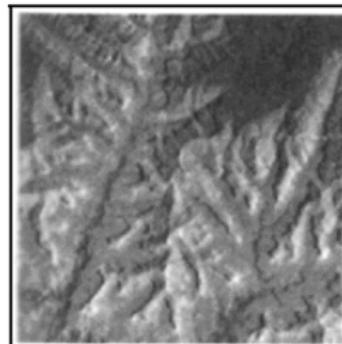
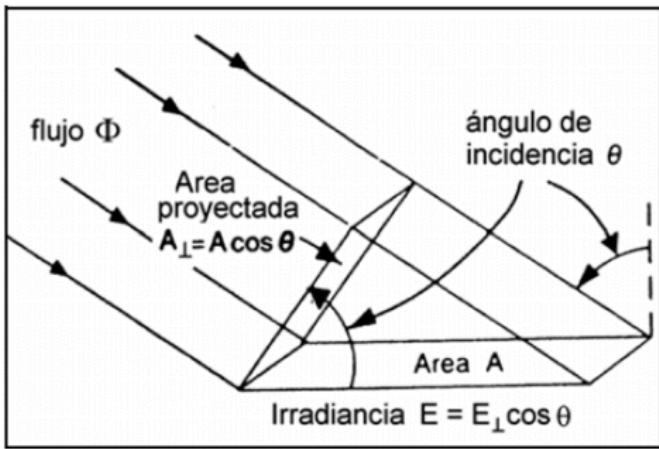
© CCRS / CCT



# Relación angular entre Imagen - Objeto - Sol



# Relación angular entre Imagen - Objeto - Sol





**Figure 1.16** Aerial photograph containing areas of specular reflection from water bodies. This image is a portion of a summertime photograph taken over Green Lake, Green Lake County, WI. Scale 1:95,000. Cloud shadows indicate direction of sunlight at time of exposure. Reproduced from color IR original. (NASA image.)

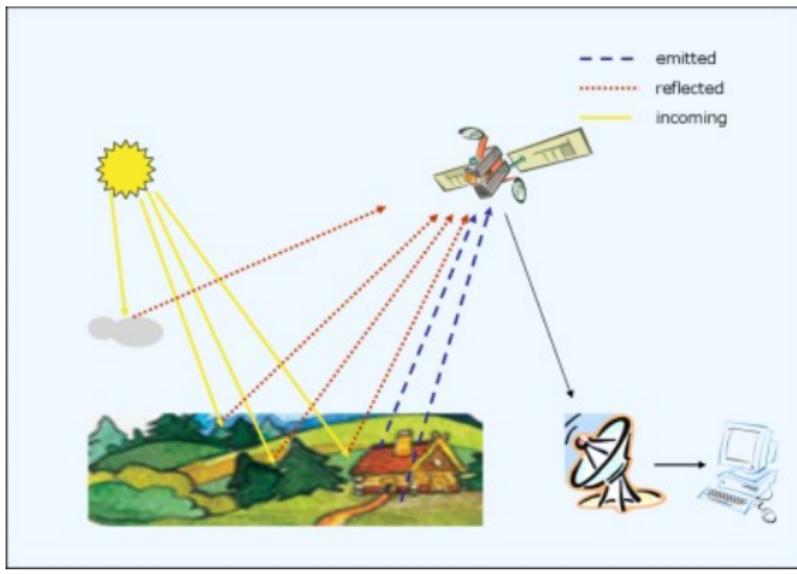
# Características de las coberturas

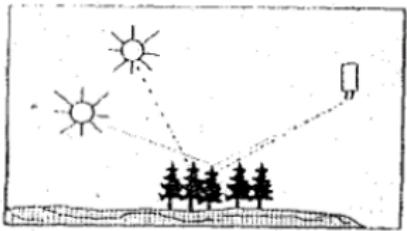
La forma de reflejar la energía en las distintas longitudes de onda no es único y homogéneo, sino que varía sustancialmente en función de los siguientes factores:

**Físicos:** temperatura, humedad y textura.

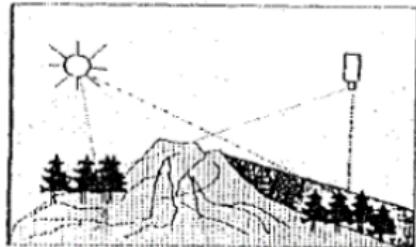
**Químicos:** composición, contenido de materia orgánica, etc.

**Ambientales:** pendiente, orientación, estación del año, hora, etc.

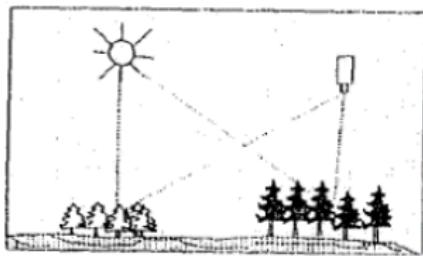




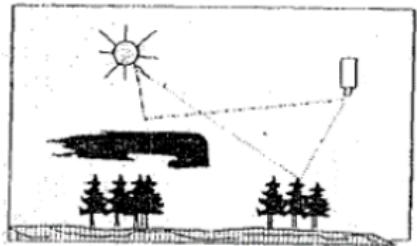
(a) Ángulo de iluminación solar



(b) Pendiente y orientación de las laderas



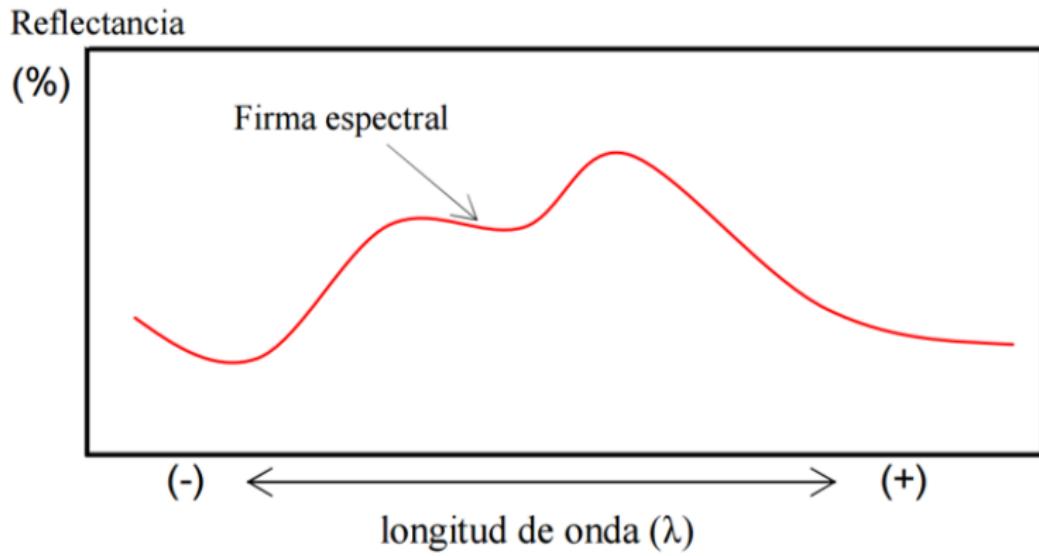
(c) Condiciones ambientales

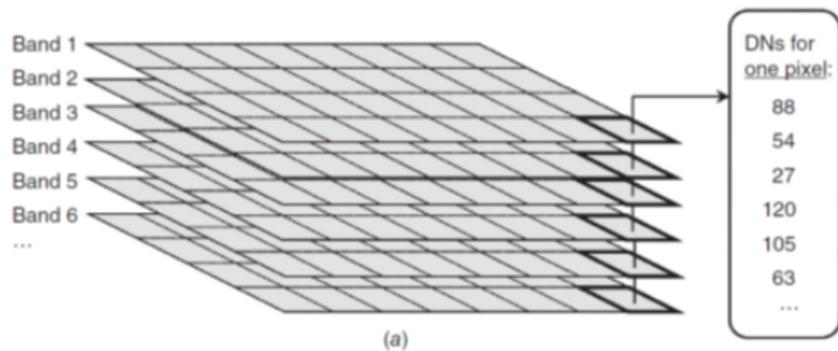


(d) Condiciones atmosféricas

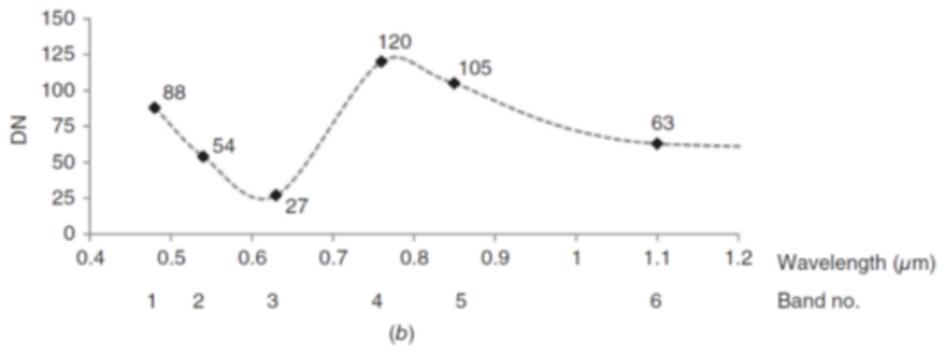
# Firma Espectral

La firma espectral se define como el comportamiento diferencial que presenta la radiación reflejada (reflectancia) o emitida (emitancia) desde algún tipo de superficie u objeto terrestre en los distintos rangos del espectro electromagnético. Una forma gráfica de estudiar este comportamiento es disponer los datos de reflectancia (%) en el eje Y y la longitud de onda  $\lambda$  en el eje X. Al unir los puntos con una línea continua se origina una representación bidimensional de la firma espectral.

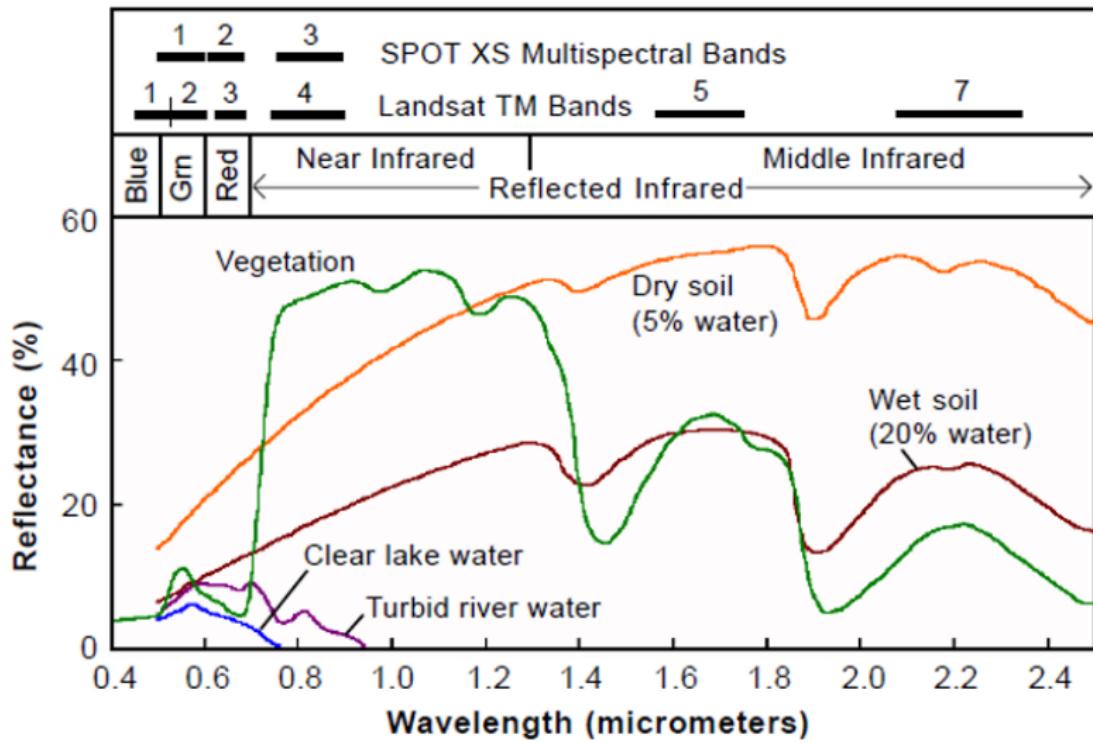




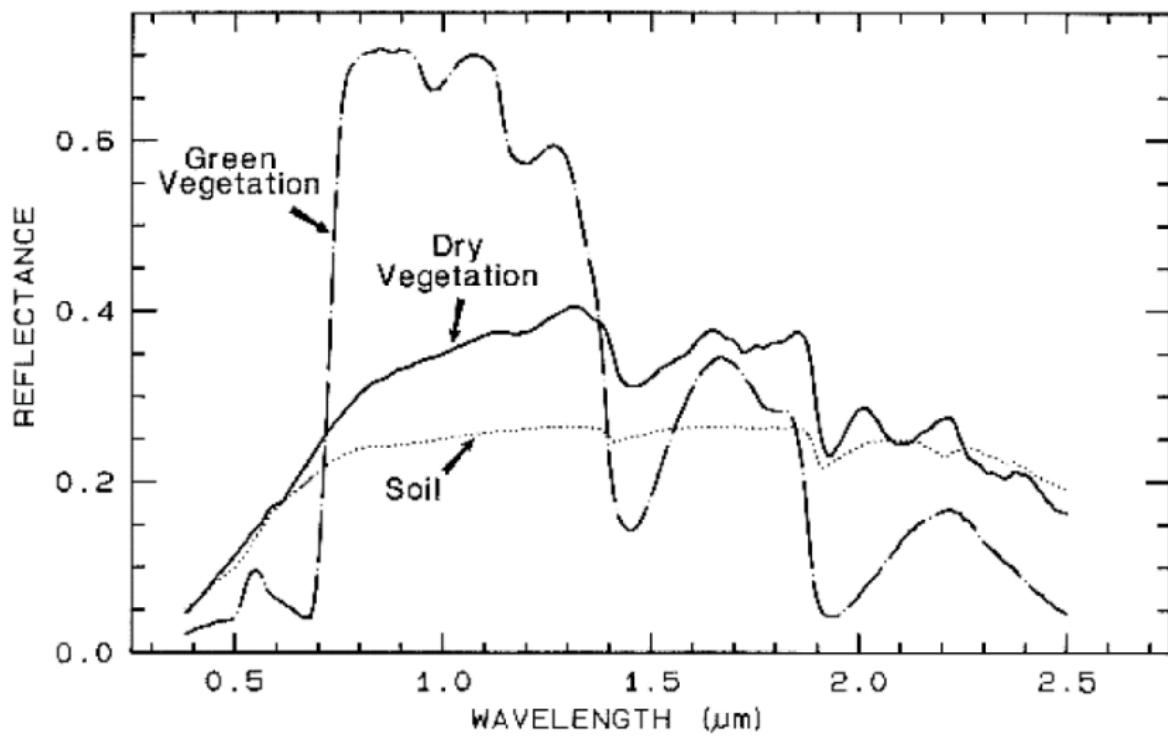
(a)



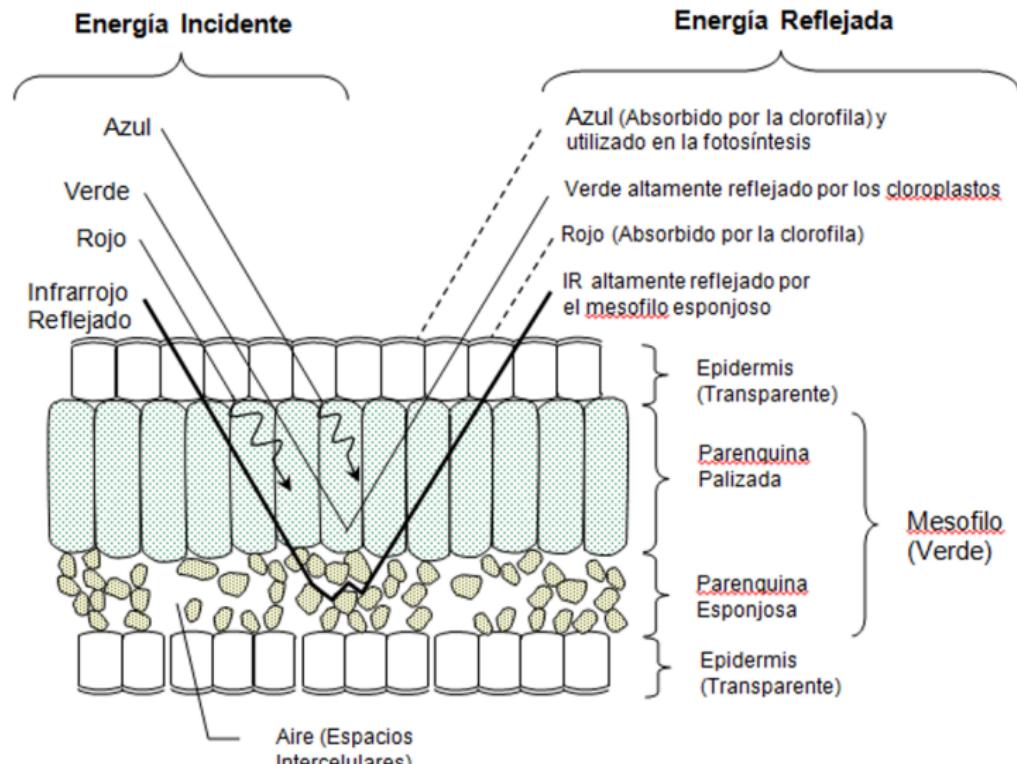
(b)



# Vegetación

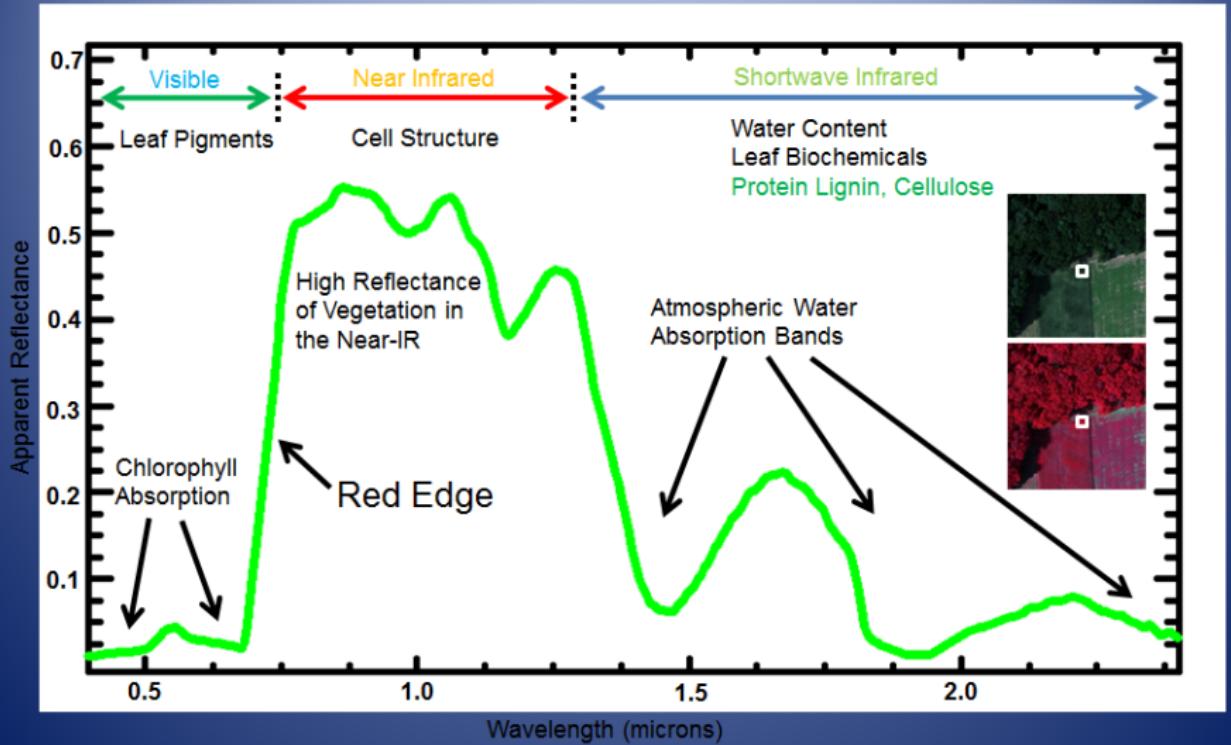


# Vegetación

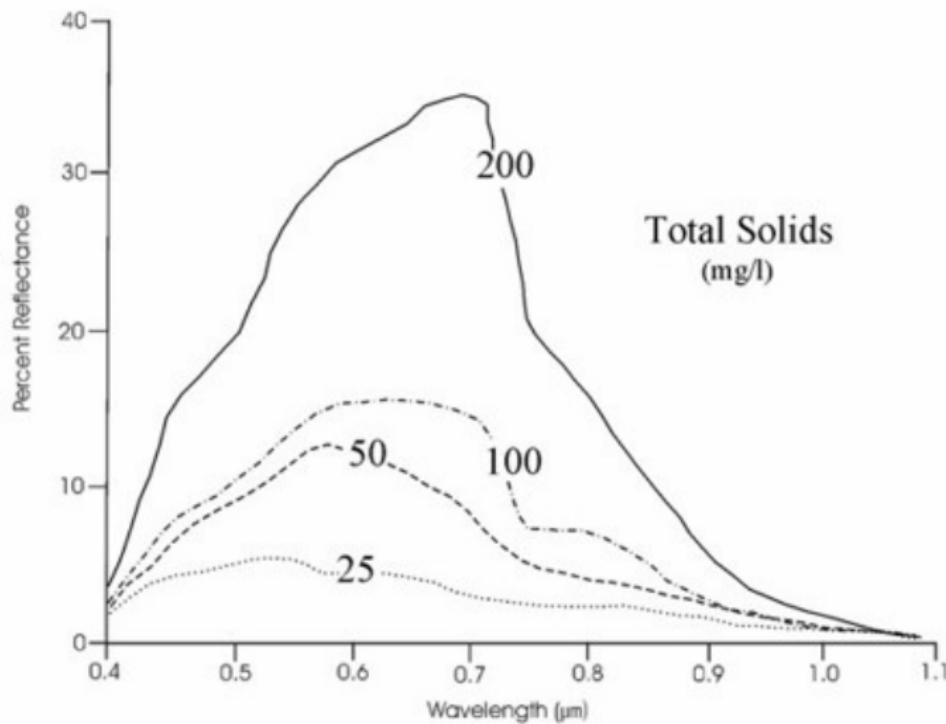


# Vegetación

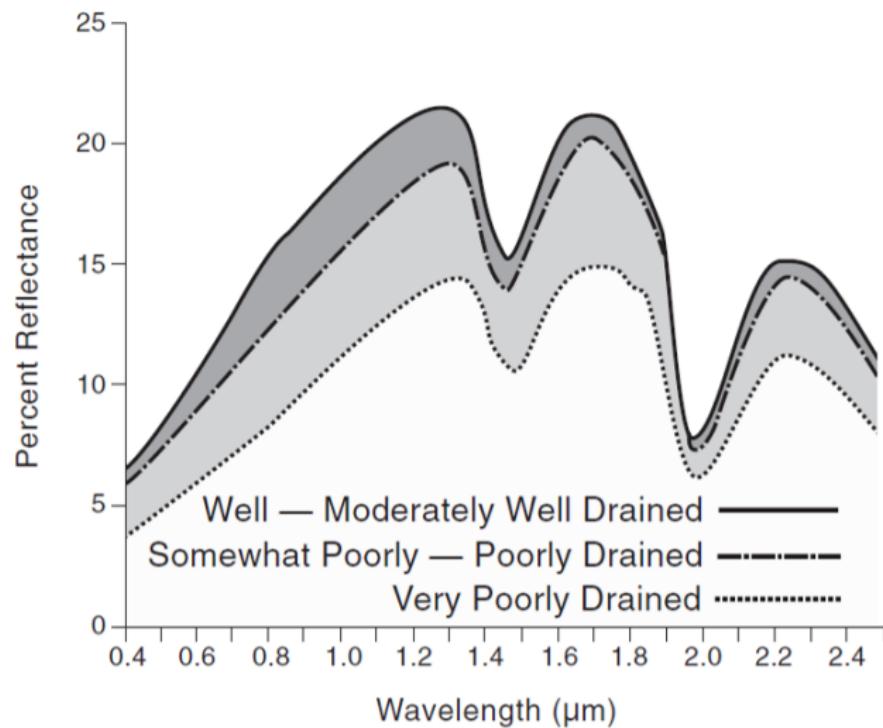
## The Vegetation Spectrum in Detail



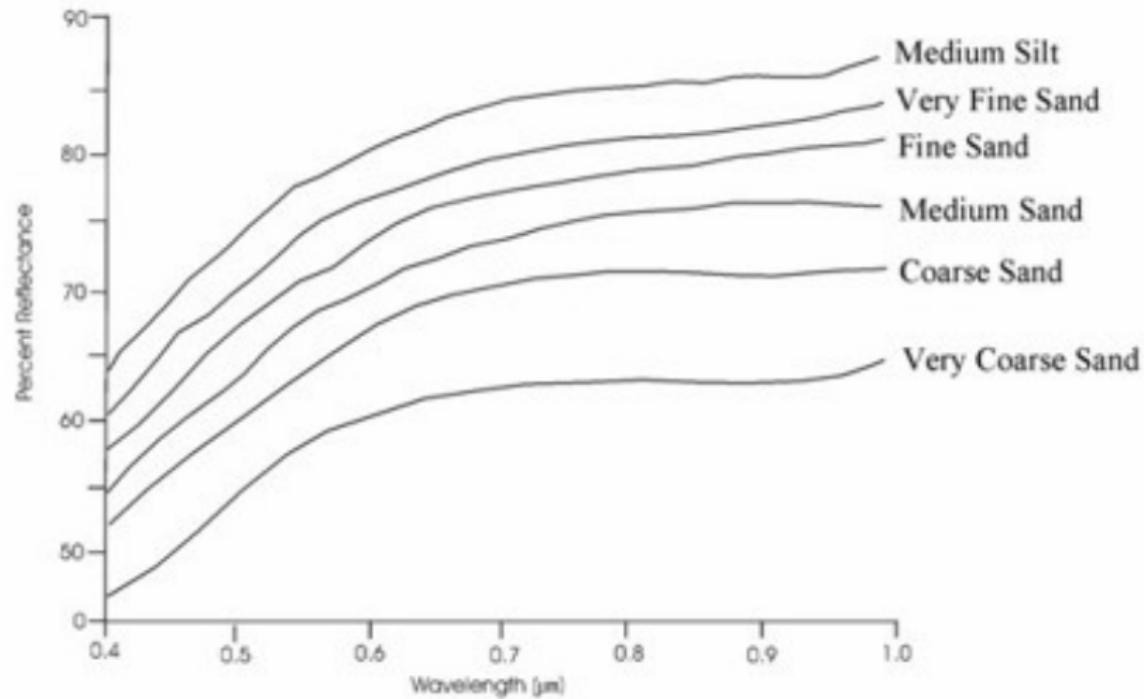
# Agua & Sedimentos



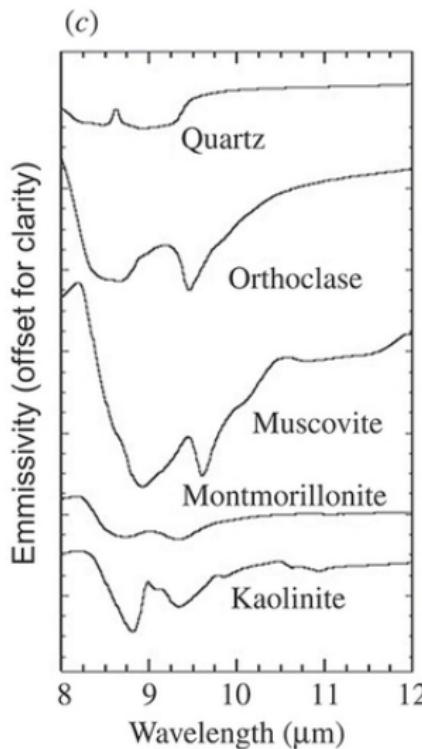
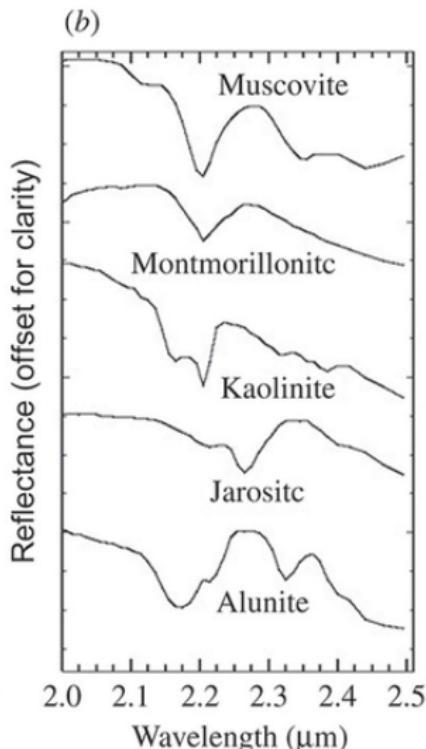
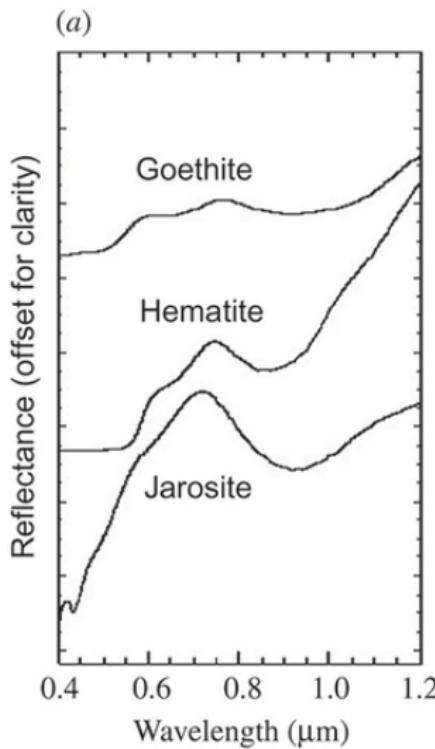
# Suelo & Humedad



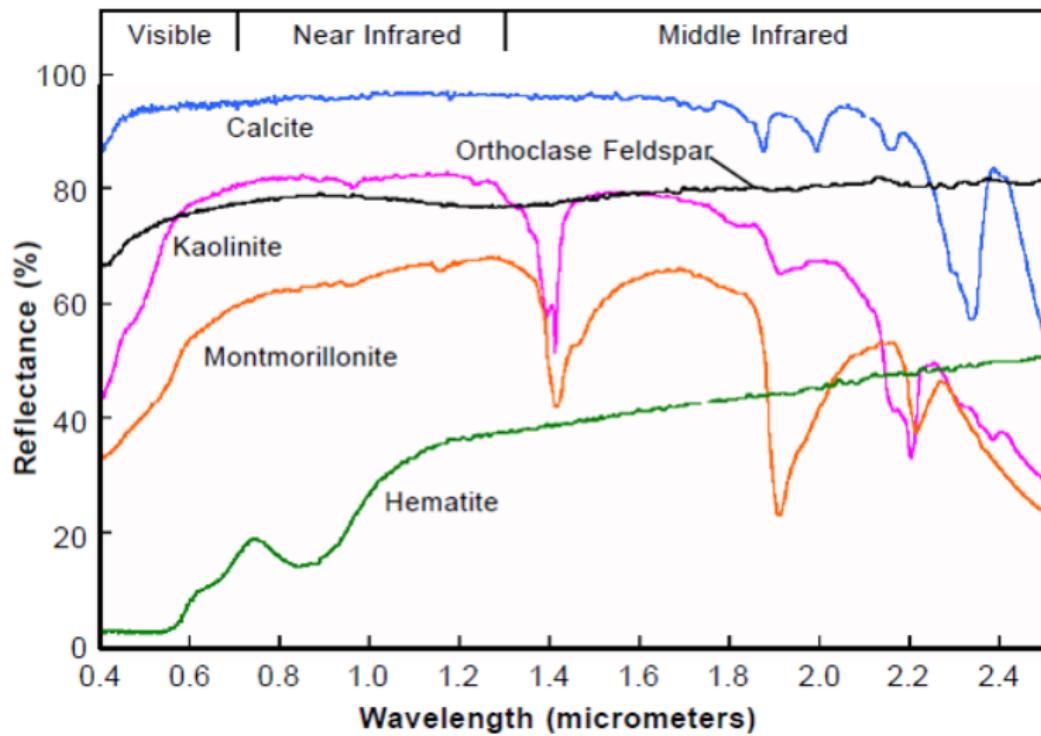
# Suelo & Granulometría



# Firma espectral Minerales

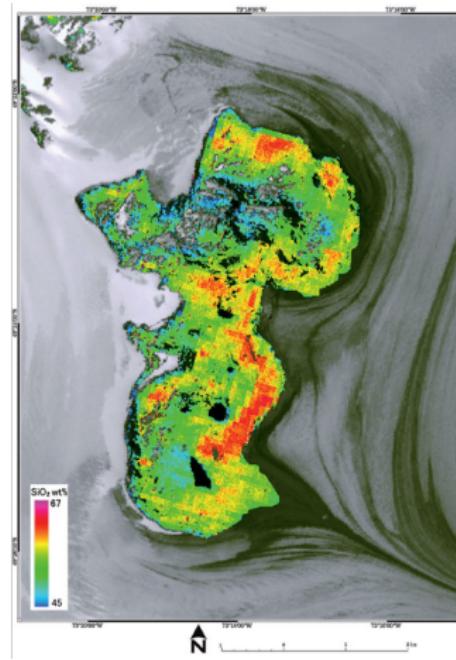
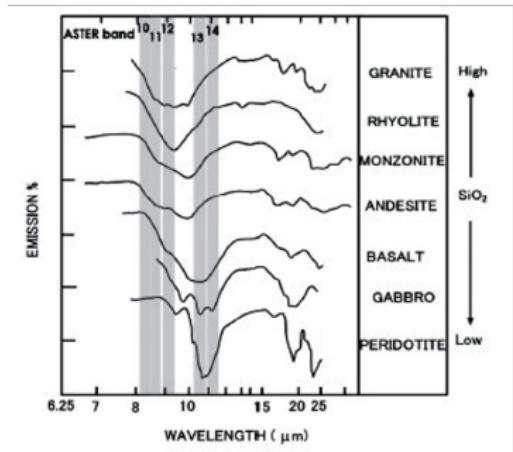


# Firma espectral Minerales



# Emisividad: rocas ígneas en el infrarojo

Viedman Volcano



Fuente: Kobayashi et al (2010)