

# Herramientas de Teledetección Cuantitativa

## Clase 2

Francisco Nemiña

Unidad de Educación y Formación Masiva  
Comisión Nacional de Actividades Espaciales



# Esquema de presentación

## Transferencia radiativa

### Planteo del problema

## Aproximaciones

Absorción constante y sin fuentes

Atmósfera plana

## Atmósfera

Absorciones

Dispersión

## Soluciones practicas

Reflectancia

Correccion atmosferica

## Práctica



# Planteo del problema

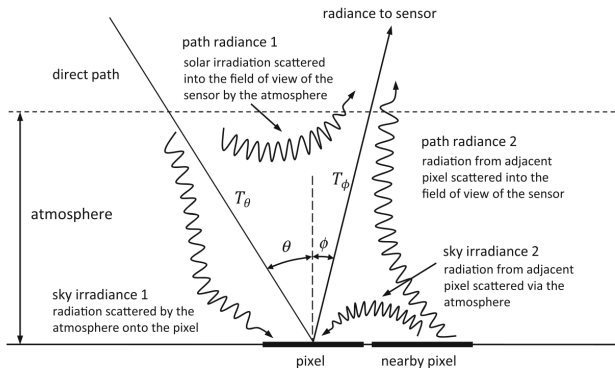
## Problema

Queremos estudiar el problema de adquirir una imagen satelital cuando hay atmósfera presente. Para esto estudiaremos la variación de la radiancia.

$$L_{\lambda}$$



# Planteo del problema



Interacciones entre la atmósfera y la luz.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>John A Richards. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer, 2013.



# Planteo del problema

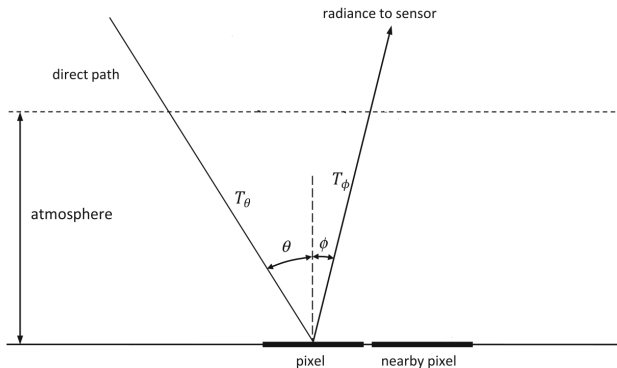


Diagrama esquemático de la absorción en la atmósfera.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>John A Richards. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer, 2013.



# Planteo del problema

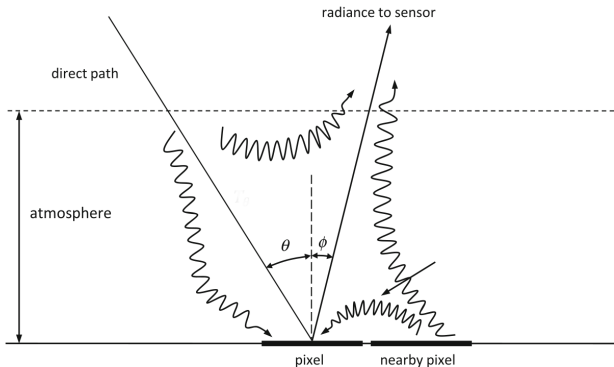


Diagrama esquemático de las dispersiones en la atmósfera.<sup>3</sup>

<sup>3</sup>John A Richards. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer, 2013.



# Planteo del problema

## Formulación matemática

$$dL_\lambda = -k_\lambda \rho L_\lambda ds + j_\lambda \rho ds$$

donde  $-k_\lambda \rho L_\lambda ds$  representa absorciones y  $j_\lambda \rho ds$  representa fuentes,

$$\frac{dL_\lambda}{k_\lambda \rho ds} = -L_\lambda + J_\lambda$$

## Nombres

- ▶  $k_\lambda$  mass extinction cross section
- ▶  $j_\lambda$  source function coefficient
- ▶  $\rho$  densidad



# Planteo del problema

## Aproximaciones

Resolver esto en general es imposible. Tendremos que hacer distintas aproximaciones.





# Esquema de presentación

Transferencia radiativa

Planteo del problema

Aproximaciones

Absorción constante y sin fuentes

Atmósfera plana

Atmósfera

Absorciones

Dispersión

Soluciones practicas

Reflectancia

Correccion atmosferica

Práctica



# Absorción constante y sin fuentes

$$k_\lambda = \text{cte}, j_\lambda = 0$$

En este caso nos queda la ecuación

$$dL_\lambda = -k_\lambda \rho L_\lambda ds$$

cuya solución es

$$L_\lambda(s_1) = L_\lambda(0) \exp \left( - \int_0^{s_1} k_\lambda \rho ds \right)$$



# Absorción constante y sin fuentes

$$k_\lambda = \text{cte}, j_\lambda = 0$$

Notando

$$u = \int_0^{s_1} \rho ds$$

nos queda la ecuación mas compacta

$$L_\lambda(s_1) = L_\lambda(0)e^{-k_\lambda u}$$

conocida como ley de Beer-Bouguer-Lambert.



# Absorción constante y sin fuentes

## Definición

Llamamos transmitancia espectral al valor

$$T_{\lambda} = \frac{L_{\lambda}}{L_{\lambda}(0)} = e^{-k_{\lambda} u}$$

## Utilidad

Si definimos la transmitancia como arriba:

$$L_{\lambda} = T_{\lambda} L_{\lambda}(0)$$



## Atmósfera plana

Suponemos que toda la dependencia espacial es en la dirección  $z$ , entonces

$$\mu \frac{dL_\lambda}{k_\lambda \rho dz} = -L_\lambda + J_\lambda$$

definiendo a la profundidad óptica como

$$\tau_\lambda = \int_z^\infty k_\lambda \rho dz$$



## Atmósfera plana

Nos queda entonces

$$\mu \frac{dL_\lambda}{d\tau} = L_\lambda - J_\lambda$$

resolver esto ya depende de la atmósfera y no suele haber formas cerradas.

## Observacion

Necesito además conocer 2 condiciones de contorno.

- ▶ La radiancia solar
- ▶ La reflectancia en el terreno



# Esquema de presentación

Transferencia radiativa

Planteo del problema

Aproximaciones

Absorción constante y sin fuentes

Atmósfera plana

Atmósfera

Absorciones

Dispersión

Soluciones practicas

Reflectancia

Correccion atmosferica

Práctica



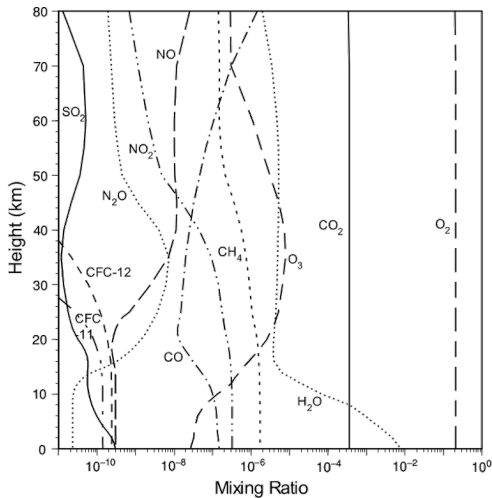
## Efectos atmosféricos

- ▶ Absorciones
  - ▶ Constantes
  - ▶ Variables
- ▶ Dispersión
  - ▶ Rayleigh
  - ▶ Mie
  - ▶ Aerosoles





# Absorciones

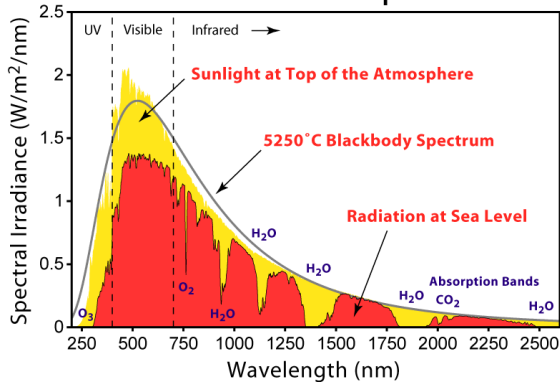


Composición de la atmósfera.<sup>4</sup>

<sup>4</sup>Kuo-Nan Liou. *An introduction to atmospheric radiation*. Vol. 84. Academic press, 2002.



## Solar Radiation Spectrum

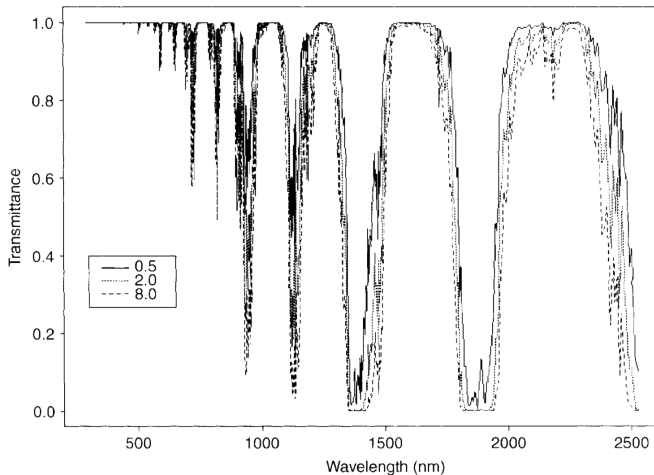


Comparación entre la irradiancia solar a tope de la atmósfera y de la cobertura.<sup>5</sup>

<sup>5</sup>Wikimedia Commons. Solar Spectrum. 2007.



# Absorciones



Variaciones de la absorción por contenido de vapor de agua.<sup>6</sup>

<sup>6</sup>Shunlin Liang. *Quantitative remote sensing of land surfaces*. Vol. 30. John Wiley & Sons, 2005.



## Porcentaje de absorcion tipica

Para Landat 5 - TM

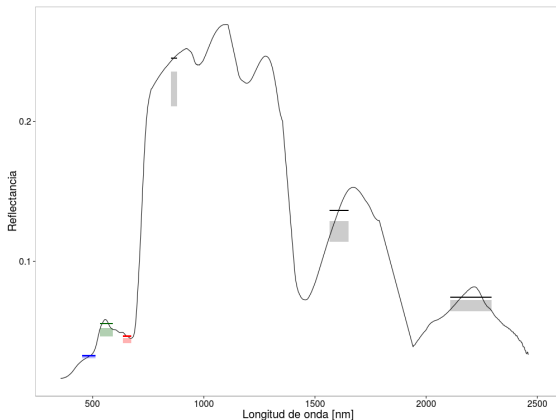
Banda	Ozono	Vapor de agua
$490 \pm 60nm$	↘ 1.5 % - 2.9 %	-
$575 \pm 75nm$	↘ 5.2 % - 13.4 %	↘ 0.5 %-3 %
$670 \pm 70nm$	↘ 3.1 % - 7.9 %	↘ 0.5 %-3 %
$837 \pm 107nm$	-	↘ 3.5 %-14 %
$1692 \pm 178nm$	-	↘ 5 %-16 %
$2190 \pm 215nm$	-	↘ 2.5 %-13 %

Variaciones de absorvancia por contenido de ozono y vapor de agua.<sup>7</sup>

<sup>7</sup>EF Vermote y A Vermeulen. "Atmospheric correction algorithm: spectral reflectances (MOD09). <http://modarch.gsfc.nasa.gov>". En: MODIS/ATBD/atbd\_mod08. pdf 49 ().



# Absorciones



Comparación entre la firma espectral y la respuesta espectral para  
vegetación con errores por absorción de ozono y vapor de agua.<sup>8</sup>

<sup>8</sup>Roger Nelson Clark y col. *USGS digital spectral library splib06a*. 2007.

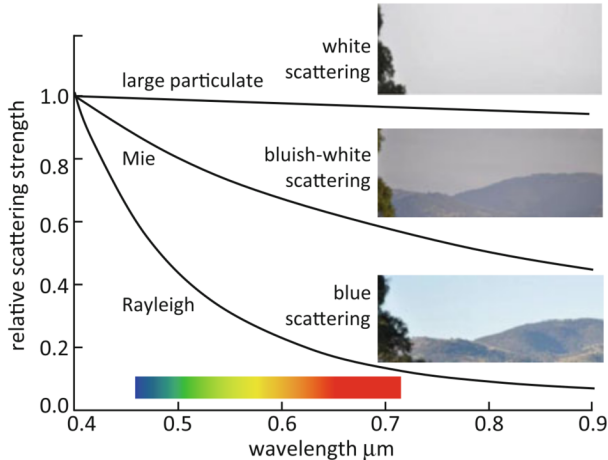


## Soluciones

- ▶ Resolver la ecuación de transferencia radiativa.
- ▶ Calibrar con datos en el terreno.



# Dispersión



Distintos tipos de dispersión en la atmósfera.<sup>9</sup>

<sup>9</sup>John A Richards. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer, 2013.



## Dispersión de Rayleigh

Se da por partículas pequeñas

$$d \ll \lambda$$

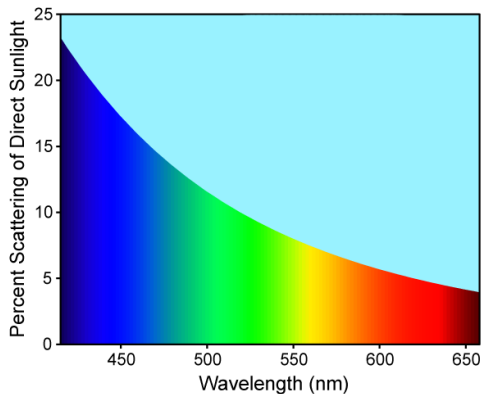
esta siempre presente

$$J_{\lambda} \sim \frac{1}{\lambda^4}$$





# Dispersión



$J$  vs.  $\lambda$  en la zona óptica.<sup>10</sup>

<sup>10</sup>[Wikimedia Commons](#). *Rayleigh sunlight scattering*. 2007.



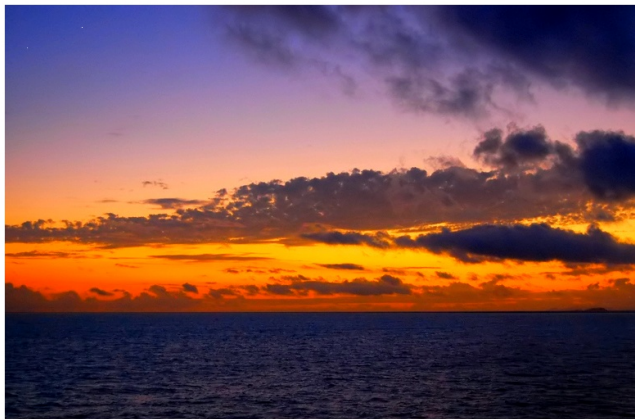


Foto de un atardecer para distender.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup>Paolo Motta. *Rayleigh scattering*. 2008.



## Dispersión de Mie

Se da por partículas de tamaño similar a la longitud de onda

$$d \sim \lambda$$

puede o no estar presente.



## Dispersión por aerosoles

Se da por partículas de mayor que la longitud de onda

$$d \gg \lambda$$

puede estar presente en distintas zonas de la imagen.



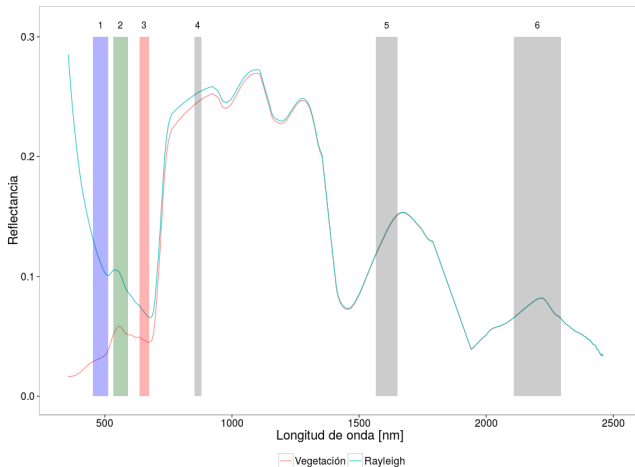
## Porcentaje de dispersión típica

Para Landat 5 - TM

Banda	Rayleigh	Aerosol
$490 \pm 60nm$	↗ 0.064 - 0.080	↗ 0.007 - 0.048
$575 \pm 75nm$	↗ 0.032 - 0.040	↗ 0.006 - 0.040
$670 \pm 70nm$	↗ 0.018 - 0.020	↗ 0.005 - 0.034
$837 \pm 107nm$	↗ 0.007 - 0.009	↗ 0.003 - 0.023
$1692 \pm 178nm$	↗ 0.000 - 0.001	↗ 0.001 - 0.007
$2190 \pm 215nm$	-	↗ 0.001 - 0.004



# Dispersión



Variación de la firma espectral por dispersión de Rayleigh.<sup>12</sup>

<sup>12</sup>Roger Nelson Clark y col. *USGS digital spectral library splib06a*. 2007.



## Soluciones

- ▶ Resolver ecuación de transferencia radiativa
- ▶ Calibrar con datos en el terreno.
- ▶ Modelar al comportamiento de forma estadística.



# Esquema de presentación

Transferencia radiativa

Planteo del problema

Aproximaciones

Absorción constante y sin fuentes

Atmósfera plana

Atmósfera

Absorciones

Dispersión

Soluciones practicas

Reflectancia

Correccion atmosferica

Práctica





## Calculo

$$\rho_{toa} = \frac{\pi L}{E_0}$$

$$3.14 * d^2 (g * DN + b) / E_0$$

- ▶ DN : número digital
- ▶ g : ganancia
- ▶ b : bias
- ▶ d : distancia tierra-sol
- ▶ E<sub>0</sub> : irradiancia solar



## Calculo

$$\rho_{\cos} = \frac{\rho_{toa}}{\cos(\theta)}$$

$$DN / \cos(a)$$

- ▶ DN : reflectancia
- ▶ a : ángulo solar



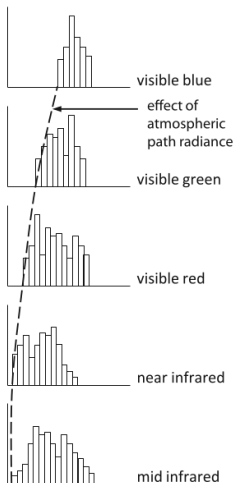
## Calculo

$$\rho_{dos} = \frac{\rho_{toa} - \rho_p}{\cos(\theta)}$$

$$(DN - DN_{min}) / \cos(a)$$

- ▶ DN : reflectancia
- ▶ DN<sub>min</sub> : reflectancia mínima de la banda
- ▶ a : ángulo solar





Histogramas por banda mostrando el menor valor en cada una.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> John A Richards. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer, 2013.



## Calculo

$$\rho_{pse} = A * \rho_{toa} + B$$

donde  $A$  y  $B$  se obtienen a partir de encontrar objetos invariantes en cada imagen.



# Esquema de presentación

Transferencia radiativa

Planteo del problema

Aproximaciones

Absorción constante y sin fuentes

Atmósfera plana

Atmósfera

Absorciones

Dispersión

Soluciones practicas

Reflectancia

Correccion atmosferica

Práctica



## Actividades prácticas de la segunda clase

1. Abrir imágenes Landsat 8 y digitalizar coberturas de interes.
2. Convertir la imagen a reflectancia.
3. Corregir la imagen por el coseno del angulo.
4. Corregir la imagen por DOS 1 %.
5. Corregir la imagen por objetos invariantes
6. Comparar las firmas obtenidas por distintos metodos.

