

Módulo 5. Procesamiento digital de imágenes- Correcciones de imágenes-Correcciones atmosféricas

La corrección de la imagen tiende a eliminar anomalías en su localización o en los ND para dar una adecuada posición de los píxeles y/o de su valor de radiancia.

Muchas veces no se corrige defectos de la imagen, sino que se la modifica para un mejor uso o interpretación (ej.: asignar un sistema de proyección).

La corrección geométrica o asignación de un sistema de proyección es muchas veces un paso necesario, aunque la mayor parte de los productos están corregidos. Las correcciones radiométricas o del valor del pixel son frecuentemente necesarias, pero dependerá de la aplicación o estudio requerido.

Algunas de las correcciones se realizan en los centros de distribución. Así, es posible descargar productos con distinto nivel de procesamiento (los niveles de procesamiento se indican con números y letras, ej.: 1A, 1C)*.

**Explorar en <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/data-products> los distintos productos de Sentinel 2*

Fuentes de error

1. Distorsiones debidas a la plataforma

Pueden producirse variaciones en la altitud, velocidad u orientación.

El cabeceo, aleteo o giro lateral puede producir errores no sistemáticos.

2. Distorsiones debidas a la rotación terrestre

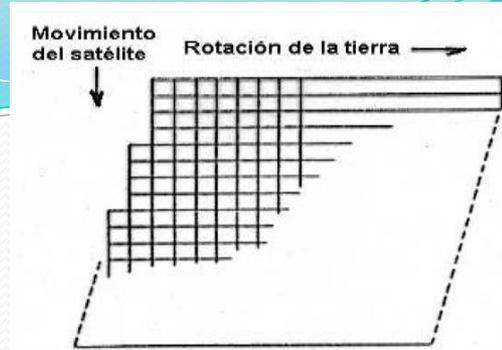
El tiempo que tarda el sensor en tomar la imagen y el movimiento de la Tierra produce una orientación Suroeste-Noreste en la imagen.

3. Distorsiones debidas al sensor

El movimiento de barrido en los sensores de ese tipo puede producir un barrido no lineal. El ángulo de barrido también tiene importancia.

La escala puede variar en los bordes de la imagen.

A veces los detectores no codifican de igual manera en ND la radiancia captada. Así, el detector defectuoso se ve más claro u oscuro que los vecinos, produciendo un bandeo en la imagen (ej.: striping en Landsat).



4. Distorsiones por efecto atmosférico

Implican correcciones radiométricas. La atmósfera modifica tanto la energía solar entrante a la superficie como la proveniente de la superficie. Los aerosoles, vapor de agua y gases son los causantes de estas distorsiones.

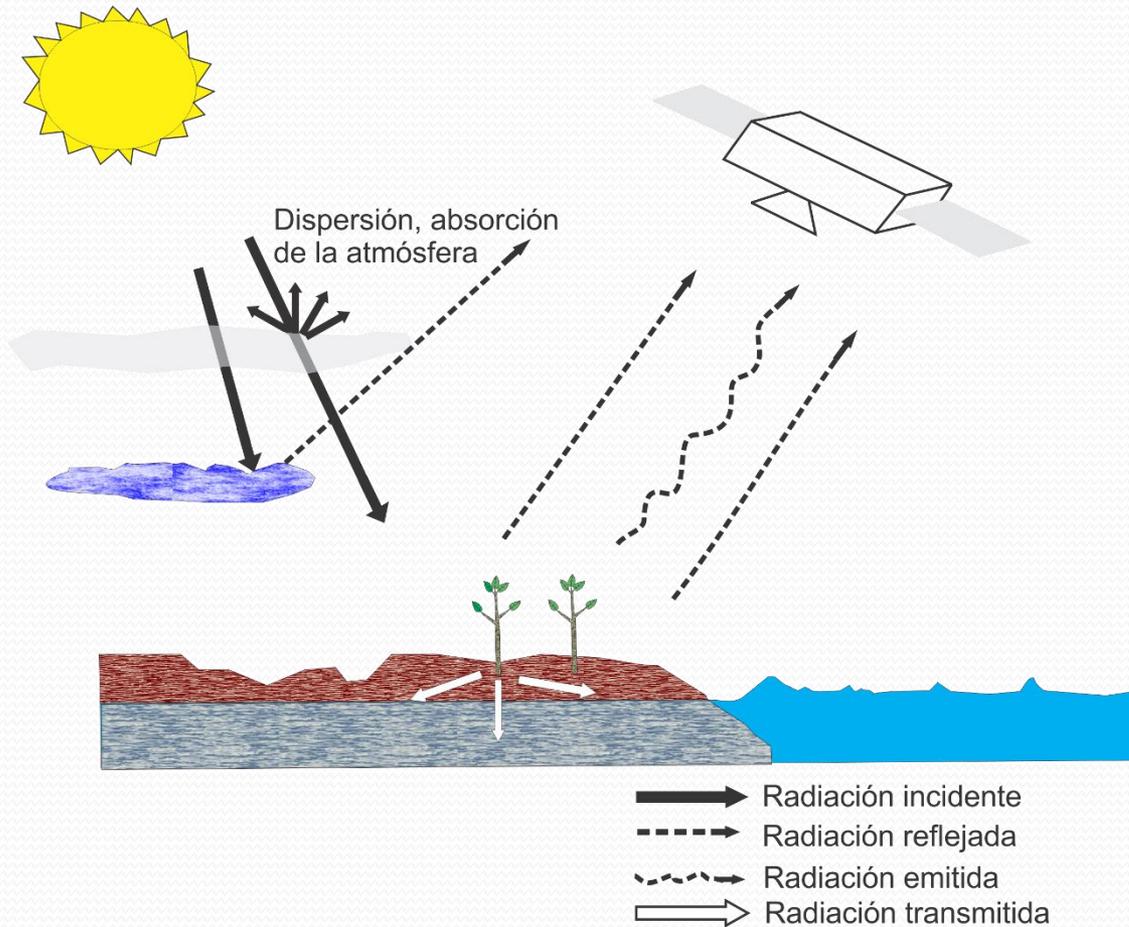
Como se verá más detalladamente más adelante, la dispersión en el visible y la absorción en el térmico son importantes. El efecto de dispersión produce en el visible una reducción del contraste en coberturas similares y una alta reflectividad en el Azul.

Para corregirlos se utilizan modelos de distinta complejidad.

Las correcciones radiométricas son especialmente necesarias si se quiere derivar algún parámetro de superficie (ej.: reflectividad de superficie, NDVI, temperatura de superficie) o análisis multitemporales.

Existen distintos métodos. Veremos modelos físicos y basados en la imagen.

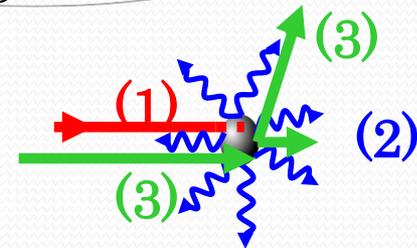
Corrección del efecto atmosférico



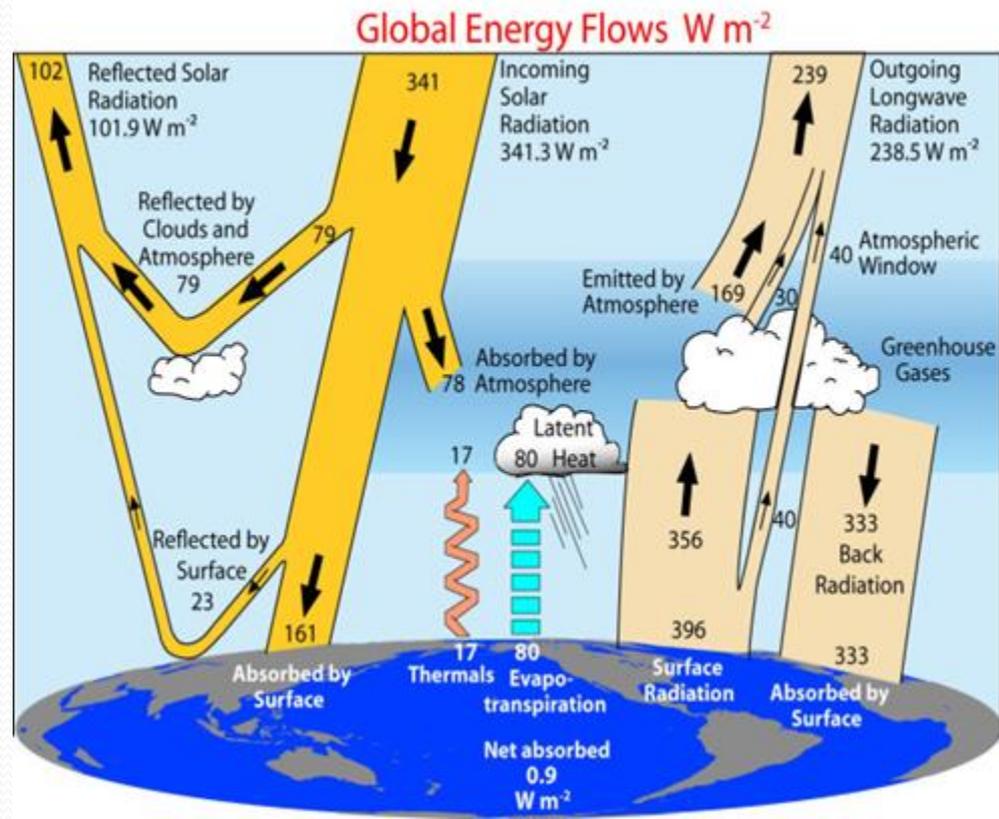
INTERACCIÓN DE LA ATMÓSFERA

En el trayecto seguido por la radiación electromagnética, ésta sufrirá tres fenómenos principales:

- 1) Absorción
- 2) Emisión
- 3) Dispersión



Sus efectos se muestran en una pérdida de claridad de la imagen; se reduce el contraste y la cantidad total de radiación proveniente de la superficie y que llega al sensor. Existen diversas correcciones en forma de algoritmos para tratar estos efectos.



ABSORCIÓN

Proceso por el cual las moléculas y partículas de la atmósfera absorben la energía radiante y la transforman en energía interna que **posteriormente será emitida en el infrarrojo térmico.**

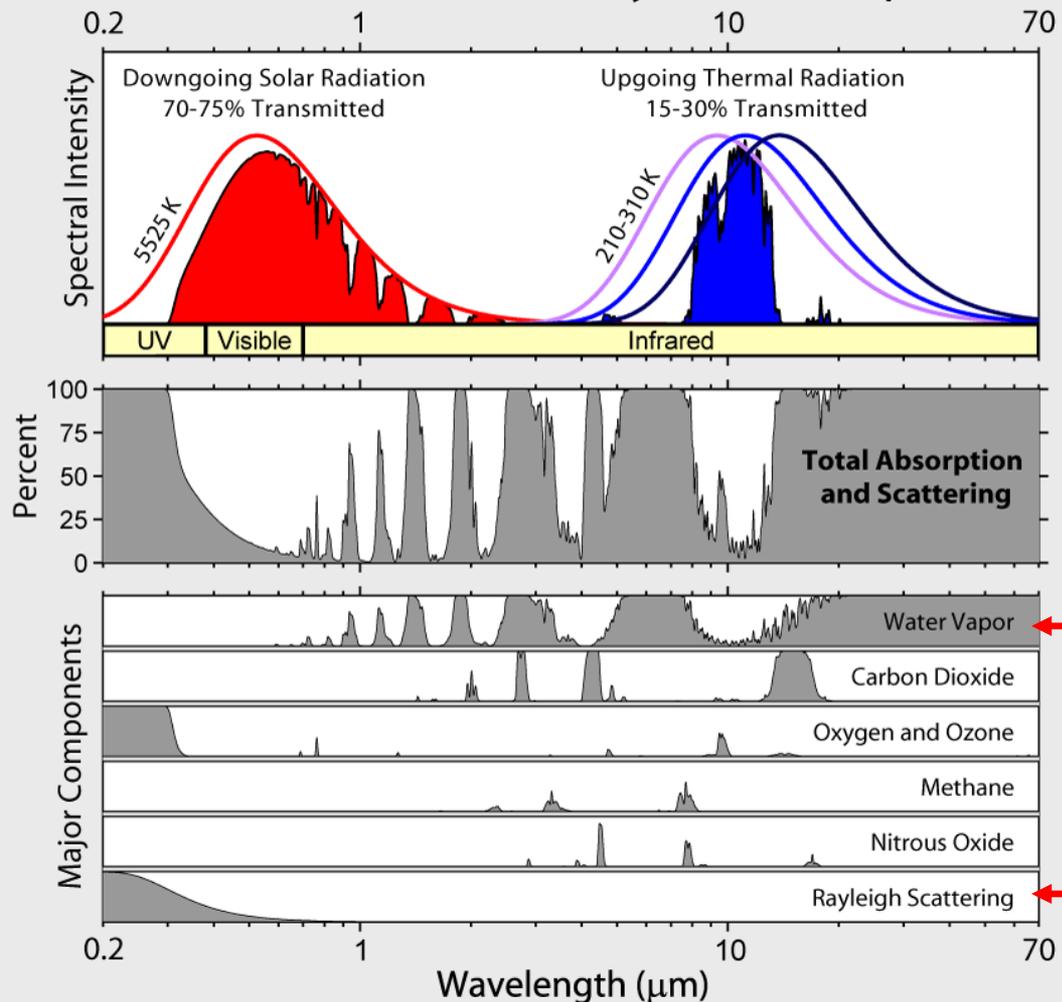
DISPERSIÓN

Este fenómeno se traduce en un redireccionamiento o pequeño desvío del camino recto de propagación. Es causado por la interacción entre la radiación y los gases y partículas atmosféricas (aerosoles). La reflexión consiguiente a ese choque **supone un aporte adicional a la radiancia proveniente de la superficie terrestre. Se reduce por tanto la radiancia directa, aumentando la difusa.** Los principales causantes son los aerosoles y el vapor de agua.

Tipos de dispersión

- ❑ Dispersión Rayleigh: se produce cuando afecta a longitudes de onda menores que el tamaño de la partícula. Afecta por tanto a las longitudes de onda más cortas (Visible). Es la de mayor influencia en teledetección. Es la causante del color azul del cielo.
- ❑ Dispersión Mie: se produce cuando afecta a longitudes de onda similares al tamaño de la partícula. También depende de la longitud de onda.
- ❑ Dispersión no selectiva: producida por las partículas de mayor tamaño. Afecta por igual a todas las longitudes de onda. Por eso las nubes y nieblas se ven de color blanco, ya que dispersan por igual toda la luz visible.

Radiation Transmitted by the Atmosphere



Importante absorción en el IRt

Importante dispersión en el Visible

Efectos de los principales componentes de la atmósfera.

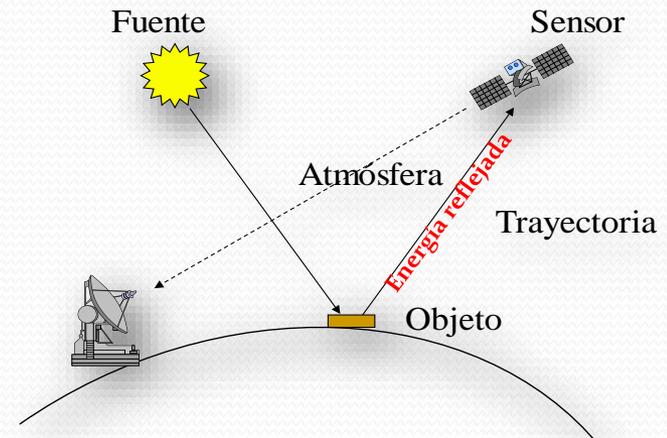
Teniendo en cuenta los efectos atmosféricos de dispersión y absorción, realizaremos la corrección radiométrica en el espectro solar y térmico, respectivamente.

Esta corrección nos permitirá obtener parámetros de superficie como reflectividad de superficie (ρ_{sup}) y temperatura de superficie (T_s o LST).



Corrección en el espectro solar

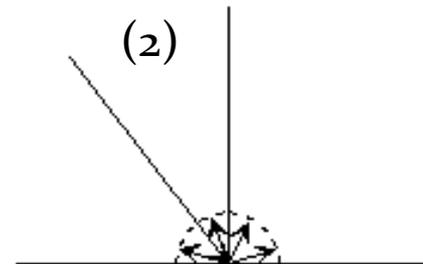
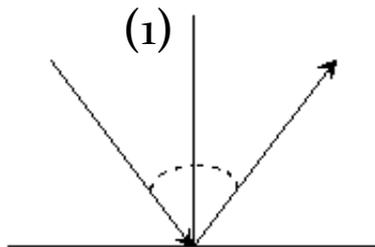
Imagen cruda (sin procesar): Datos almacenados en Número o Nivel Digital (ND, CD) -> proporcional a Radiancia (energía reflejada) recibida por el sensor de satélite.



Consideramos que se produce reflexión lambertiana.

1- **Especular**: es la superficie ideal en la que se cumple perfectamente la ley de la reflexión (ángulo incidente = ángulo reflejado).

2- **Lambertiana**: superficie ideal que refleja la radiación incidente de manera uniforme en todas las direcciones.



Un paso inicial es la conversión de ND a radiancia en cada banda.

1) Conversión de ND a Radiancia

Los ND_λ almacenados se convierten a Radiancia ($L_{\lambda sat}$).

Para los sensores de la misión Landsat la relación es del tipo lineal.

$$L_{\lambda sat} = G_\lambda ND_\lambda + B_\lambda \quad (W m^{-2} \mu m^{-1} sr^{-1})$$

Ejemplo. parámetros G_λ y B_λ para calcular $L_{\lambda sat}$
para L5-TM

banda	Gain	Biase
B1	0.765827	-2.29
B2	1.448189	-4.29
B3	1.043976	-2.21
B4	0.876024	-2.39
B5	0.120354	-0.49
B6	0.055158	1.18
B7	0.065551	-0.22

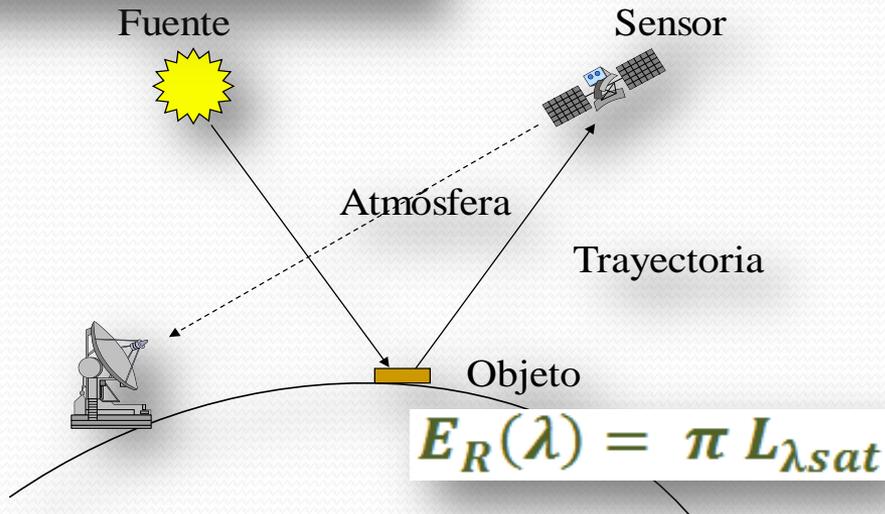
Parámetros que se buscan en el header de la imagen o en publicaciones

Cuando usamos una banda en particular, trabajamos con irradiancias espectrales, es decir, haremos los cálculos para cada banda:

$$\rho = \frac{E_R(\lambda)}{E_I(\lambda)}$$

$$E_I(\lambda) = E_{\lambda 0} d^{-2} \cos \theta_z$$

SATÉLITE



$$\rho_{\lambda TOA} = \frac{\pi L_{\lambda sat}}{E_{\lambda 0} d^{-2} \cos \theta_z}$$

Irradiancia solar espectral exoatmosférica y corrección por distancia Tierra-Sol

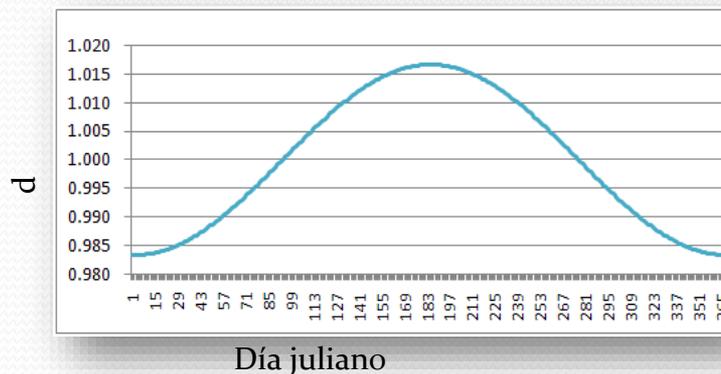
Tabla de E_{λ_0} para misión Landsat

Band #	Landsat 7 ETM+	Landsat 5 TM	Landsat 4 TM	Landsat 1-5 MSS
1	1970	1958	1958	1848
2	1842	1827	1826	1588
3	1547	1551	1554	1235
4	1044	1036	1033	856.6
5	225.7	214.9	214.7	
7	82.06	80.65	80.70	
8	1369			

$$d = 1 - 0.01673 \cos\left(2\pi \frac{\text{día Juliano} - 3}{365}\right)$$

$$\rho_{\lambda TOA} = \frac{\pi L_{\lambda sat}}{E_{\lambda_0} d^{-2} \cos\theta_z}$$

Parámetro que se obtiene del header, o se calcula.



Reflectancia TOA (ρ), en resumen...

Cuando la energía electromagnética $E_I(\lambda)$ incide sobre los cuerpos situados en la superficie terrestre, ésta puede descomponerse en tres términos debido a la reflexión, absorción y transmisión de la superficie.

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

$$\rho = \frac{E_R(\lambda)}{E_I(\lambda)}$$

Si **NO** se consideran los efectos introducidos por la atmósfera y además se considera reflexión Lambertiana:

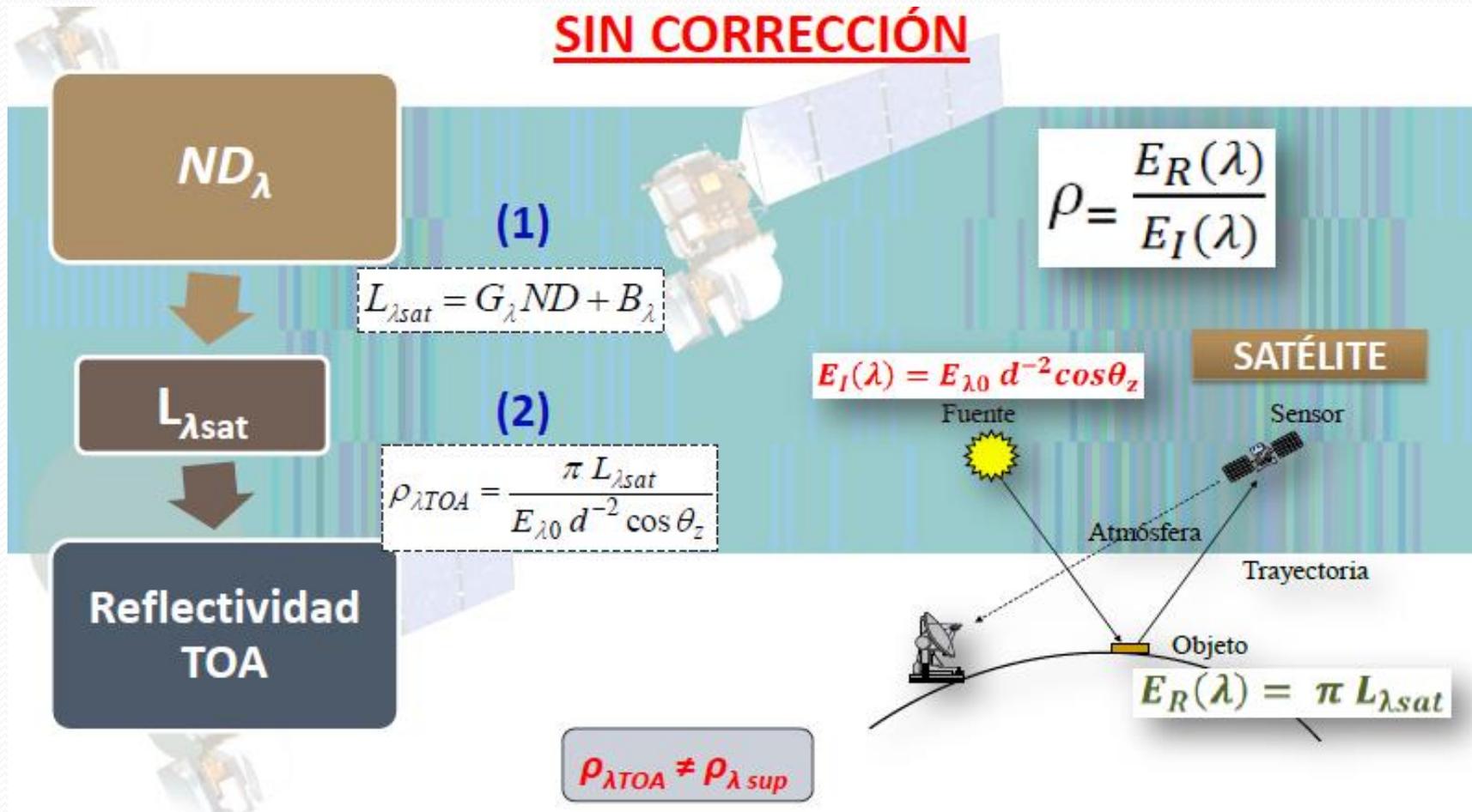
$$E_I(\lambda) = E_{\lambda 0} d^{-2} \cos \theta_z$$

$$E_R(\lambda) = \pi L_{\lambda sat}$$

$$\rho_{\lambda TOA} = \frac{\pi L_{\lambda sat}}{E_{\lambda 0} d^{-2} \cos \theta_z}$$

**Sin
corrección**

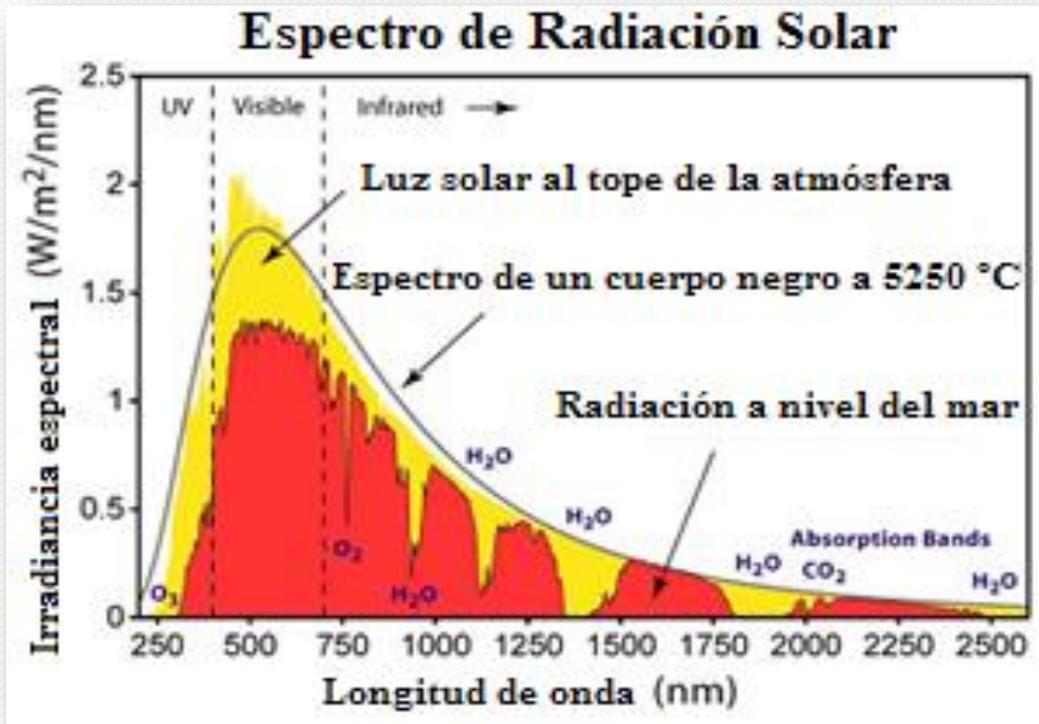
Esquema general



Ir a Practico 5-presentación corrección espectro solar y a ejercicios 1 a 3 Práctico N° 5

3) Reflectividad de superficie (CON CORRECCIÓN ATMOSFÉRICA)

En realidad la Reflectancia TOA (ρ_{TOA}) no expresa lo que pasa en la superficie, debido a que no considera el efecto de la atmósfera.



Necesitamos conocer:

$$\rho_{\lambda sup} = \frac{E_R(\lambda)}{E_I(\lambda)}$$

Es por eso que debemos introducir un **modelo de corrección atmosférica** para conocer la **energía que ilumina la superficie** y la **fracción reflejada** por ésta.

Método de corrección:

Modelo Simple de Transferencia Radiativa: Reflectancia de superficie ($\rho_{\lambda sup}$)

$$\rho_{\lambda sup} = \frac{\pi(L_{\lambda sat} - L_{\lambda p})}{T_{\lambda v}(E_{\lambda 0} d^{-2} \cos\theta_z T_{\lambda z} + E_{\lambda down})}$$

d es la distancia Tierra-Sol (UA)

$E_{\lambda 0}$ es la irradiancia solar espectral exoatmosférica ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$).

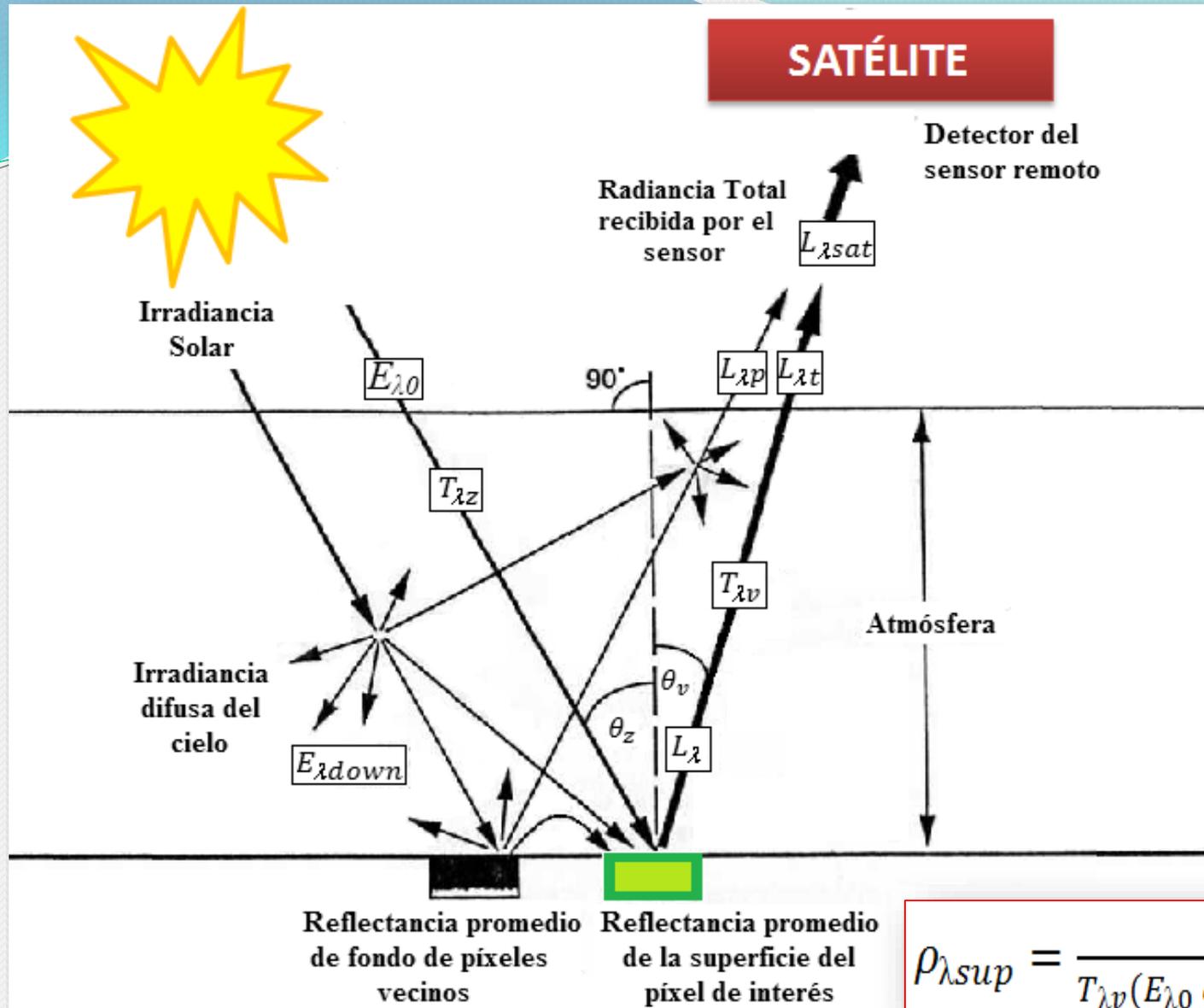
θ_z es el ángulo cenital solar.

$L_{\lambda p}$ es el path radiance ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1} \text{sr}^{-1}$).

$T_{\lambda v}$ y $T_{\lambda z}$ son las transmisividades atmosféricas.

$E_{\lambda down}$ es la irradiancia difusa del cielo hacia abajo ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$).

SATÉLITE



$$\rho_{\lambda \text{ sup}} = \frac{\pi(L_{\lambda \text{ sat}} - L_{\lambda p})}{T_{\lambda v}(E_{\lambda 0} d^{-2} \cos \theta_z T_{\lambda z} + E_{\lambda \text{ down}})}$$

A continuación se presentan los procesos realizados para estimar los parámetros del modelo.

Método DOS (Dark Object Subtraction)

Asume que dentro de la imagen existen coberturas que tienen reflectancia casi cero (ej.: agua, vegetación densa, sombra). Esa señal captada por el sensor se debe a la dispersión atmosférica (Chavez, 1996)

➤ **Estimación de los $L_{\lambda p}$ (path radiance)**

Se asume atmósfera Rayleigh.

Sobre la imagen se localizan cuerpos oscuros, cuyos valores representen el $L_{\lambda p}$.

➤ **$E_{\lambda down}$ se considera igual a cero** (Song et al., 2001; Barnaby & Pellikka, 2003).

$$\rho_{\lambda sup} = \frac{\pi(L_{\lambda sat} - L_{\lambda p})}{T_{\lambda v}(E_{\lambda 0} d^{-2} \cos \theta_z T_{\lambda z} + E_{\lambda down})}$$



$$\rho_{\lambda S} = \frac{\pi(L_{\lambda sat} - L_{\lambda p})}{T_{\lambda v}(E_{\lambda 0} d^{-2} \cos \theta_z T_{\lambda z} + E_{\lambda down})} \approx \frac{\pi(L_{\lambda sat} - L_{\lambda p})}{T_{\lambda z} T_{\lambda v}(E_{\lambda 0} d^{-2} \cos \theta_z)}$$



$$\rho_{\lambda sup} = \left[\frac{\rho_{\lambda TOA} - \rho_{\lambda TOA min}}{T_{\lambda v} T_{\lambda z}} \right]$$

➤ Cálculo de Transmisividades

$$T_{\lambda v} = e^{-\tau_{\lambda r} / \cos \theta_v}$$

$$T_{\lambda z} = e^{-\tau_{\lambda r} / \cos \theta_z}$$

$\tau_{\lambda r}$ es el espesor óptico para la dispersión Rayleigh (Kaufman, 1989). (donde λ es el punto central de cada banda utilizada, en μm)

$$\tau_{\lambda r} = 0.008569 \lambda^{-4} (1 + 0.01113 \lambda^{-2} + 0.00013 \lambda^{-4})$$

Tabla. $\tau_{\lambda r}$ estimados para las bandas de los sensores TM y ETM+.

Sensor	Banda	λ (μm)	$\tau_{\lambda r}$
TM	1	0.4850	0.1627
	2	0.5600	0.0904
	3	0.6600	0.0463
	4	0.8300	0.0183
	5	1.6500	0.0012
	7	2.2000	0.0004
ETM+	1	0.4787	0.1716
	2	0.5610	0.0897
	3	0.6614	0.0460
	4	0.8346	0.0180
	5	1.6500	0.0012
	7	2.2080	0.0004

Ir a práctico N° 5 (ejercicios 4 a 6)