

# Herramientas de Teledetección Cuantitativa

## Clase 1

Francisco Nemiña    Diego Schell    Laura Rouco

Unidad de Educación y Formación Masiva  
Comisión Nacional de Actividades Espaciales



# Esquema de presentación

## Introducción

### Organización del curso

## Conceptos básicos

### Radiancia

### Reflectancia

## Firma espectral

### Medición

### Modelado

## Práctica



# Objetivos del curso

- ▶ Poder analizar en detalle una firma espectral.
- ▶ Familiarizarse con el concepto de reflectancia bidireccional.
- ▶ Conocer las distintas fuentes de distorsión radiométrica.
- ▶ Comprender el concepto de dimensionalidad y como reducir la misma.
- ▶ Poder realizar clasificaciones supervisadas y no supervisadas comprendiendo los fundamentos matemáticos detrás de las mismas.
- ▶ Poder realizar validaciones de clasificaciones.
- ▶ Realizar estudios de series temporales.



# Objetivos del curso

- ▶ Poder analizar en detalle una **firma espectral**.
- ▶ Familiarizarse con el concepto de reflectancia bidireccional.
- ▶ Conocer las distintas fuentes de distorsión radiométrica.
- ▶ Comprender el concepto de dimensionalidad y como reducir la misma.
- ▶ Poder realizar clasificaciones supervisadas y no supervisadas comprendiendo los fundamentos matemáticos detrás de las mismas.
- ▶ Poder realizar validaciones de clasificaciones.
- ▶ Realizar estudios de series temporales.



# Objetivos del curso

- ▶ Poder analizar en detalle una **firma espectral**.
- ▶ Familiarizarse con el concepto de reflectancia bidireccional.
- ▶ Conocer las distintas fuentes de distorsión radiométrica.
- ▶ Comprender el concepto de dimensionalidad y como reducir la misma.
- ▶ Poder realizar clasificaciones supervisadas y no supervisadas comprendiendo los fundamentos matemáticos detrás de las mismas.
- ▶ Poder realizar validaciones de clasificaciones.
- ▶ Realizar estudios de series temporales.



# Objetivos del curso

- ▶ Poder analizar en detalle una **firma espectral**.
- ▶ Familiarizarse con el concepto de reflectancia bidireccional.
- ▶ Conocer las distintas fuentes de distorsión radiométrica.
- ▶ Comprender el concepto de dimensionalidad y como reducir la misma.
- ▶ Poder realizar clasificaciones supervisadas y no supervisadas comprendiendo los fundamentos matemáticos detrás de las mismas.
- ▶ Poder realizar validaciones de clasificaciones.
- ▶ Realizar estudios de series temporales.



# Objetivos del curso

- ▶ Poder analizar en detalle una **firma espectral**.
- ▶ Familiarizarse con el concepto de reflectancia bidireccional.
- ▶ Conocer las distintas fuentes de distorsión radiométrica.
- ▶ Comprender el concepto de dimensionalidad y como reducir la misma.
- ▶ Poder realizar clasificaciones supervisadas y no supervisadas comprendiendo los fundamentos matemáticos detrás de las mismas.
- ▶ Poder realizar validaciones de clasificaciones.
- ▶ Realizar estudios de series temporales.



# Objetivos del curso

- ▶ Poder analizar en detalle una **firma espectral**.
- ▶ Familiarizarse con el concepto de reflectancia bidireccional.
- ▶ Conocer las distintas fuentes de distorsión radiométrica.
- ▶ Comprender el concepto de dimensionalidad y como reducir la misma.
- ▶ Poder realizar clasificaciones supervisadas y no supervisadas comprendiendo los fundamentos matemáticos detrás de las mismas.
- ▶ Poder realizar validaciones de clasificaciones.
- ▶ Realizar estudios de series temporales.





# Objetivos del curso

- ▶ Poder analizar en detalle una **firma espectral**.
- ▶ Familiarizarse con el concepto de reflectancia bidireccional.
- ▶ Conocer las distintas fuentes de distorsión radiométrica.
- ▶ Comprender el concepto de dimensionalidad y como reducir la misma.
- ▶ Poder realizar clasificaciones supervisadas y no supervisadas comprendiendo los fundamentos matemáticos detrás de las mismas.
- ▶ Poder realizar validaciones de clasificaciones.
- ▶ Realizar estudios de series temporales.



# Organización del curso

## Plataforma de Educación a Distancia

<https://sopi.conae.gov.ar/aulavirtual>

Contraseña: benteveo2016

## Aprobación

1. *75 % de asistencia.*
2. sumar 60 puntos entre
  - ▶ 7 cuestionarios teórico-prácticos sobre las clases
  - ▶ 1 trabajo final integrador



# Organización del curso

## Plataforma de Educación a Distancia

<https://sopi.conae.gov.ar/aulavirtual>

Contraseña: benteveo2016

## Aprobación

1. *75 % de asistencia.*
2. sumar 60 puntos entre
  - ▶ 7 cuestionarios teórico-prácticos sobre las clases
  - ▶ 1 trabajo final integrador



# Organización del curso

## Plataforma de Educación a Distancia

<https://sopi.conae.gov.ar/aulavirtual>

Contraseña: benteveo2016

## Aprobación

1. *75 % de asistencia.*
2. sumar 60 puntos entre
  - ▶ 7 cuestionarios teórico-prácticos sobre las clases
  - ▶ 1 trabajo final integrador



## Cronograma

- ▶ 8/4 Conceptos básicos y firmas espectrales.
- ▶ 15/4 Correcciones radiométricas.
- ▶ 22/4 Dimensionalidad
- ▶ 29/4 Índices.
- ▶ 6/5 Clasificaciones no supervisadas.
- ▶ 13/5 Clasificaciones supervisadas.
- ▶ 20/5 Validación de datos satelitales.
- ▶ 27/5 Clase de consulta
- ▶ 3/6 Clase de consulta
- ▶ 10/5 Entrega del trabajo final.



# Organización del curso

## Cronograma

- ▶ 8/4 Conceptos básicos y firmas espectrales.
- ▶ **15/4 Correcciones radiométricas.**
- ▶ 22/4 Dimensionalidad
- ▶ 29/4 Índices.
- ▶ 6/5 Clasificaciones no supervisadas.
- ▶ 13/5 Clasificaciones supervisadas.
- ▶ 20/5 Validación de datos satelitales.
- ▶ 27/5 Clase de consulta
- ▶ 3/6 Clase de consulta
- ▶ 10/5 Entrega del trabajo final.



## Cronograma

- ▶ 8/4 Conceptos básicos y firmas espectrales.
- ▶ 15/4 Correcciones radiométricas.
- ▶ **22/4 Dimensionalidad**
- ▶ 29/4 Índices.
- ▶ 6/5 Clasificaciones no supervisadas.
- ▶ 13/5 Clasificaciones supervisadas.
- ▶ 20/5 Validación de datos satelitales.
- ▶ 27/5 Clase de consulta
- ▶ 3/6 Clase de consulta
- ▶ 10/5 Entrega del trabajo final.



## Cronograma

- ▶ 8/4 Conceptos básicos y firmas espectrales.
- ▶ 15/4 Correcciones radiométricas.
- ▶ 22/4 Dimensionalidad
- ▶ **29/4 Índices.**
- ▶ 6/5 Clasificaciones no supervisadas.
- ▶ 13/5 Clasificaciones supervisadas.
- ▶ 20/5 Validación de datos satelitales.
- ▶ 27/5 Clase de consulta
- ▶ 3/6 Clase de consulta
- ▶ 10/5 Entrega del trabajo final.





# Organización del curso

## Cronograma

- ▶ 8/4 Conceptos básicos y firmas espectrales.
- ▶ 15/4 Correcciones radiométricas.
- ▶ 22/4 Dimensionalidad
- ▶ 29/4 Índices.
- ▶ **6/5 Clasificaciones no supervisadas.**
- ▶ 13/5 Clasificaciones supervisadas.
- ▶ 20/5 Validación de datos satelitales.
- ▶ 27/5 Clase de consulta
- ▶ 3/6 Clase de consulta
- ▶ 10/5 Entrega del trabajo final.



# Organización del curso

## Cronograma

- ▶ 8/4 Conceptos básicos y firmas espectrales.
- ▶ 15/4 Correcciones radiométricas.
- ▶ 22/4 Dimensionalidad
- ▶ 29/4 Índices.
- ▶ 6/5 Clasificaciones no supervisadas.
- ▶ **13/5 Clasificaciones supervisadas.**
- ▶ 20/5 Validación de datos satelitales.
- ▶ 27/5 Clase de consulta
- ▶ 3/6 Clase de consulta
- ▶ 10/5 Entrega del trabajo final.



# Organización del curso

## Cronograma

- ▶ 8/4 Conceptos básicos y firmas espectrales.
- ▶ 15/4 Correcciones radiométricas.
- ▶ 22/4 Dimensionalidad
- ▶ 29/4 Índices.
- ▶ 6/5 Clasificaciones no supervisadas.
- ▶ 13/5 Clasificaciones supervisadas.
- ▶ **20/5 Validación de datos satelitales.**
- ▶ 27/5 Clase de consulta
- ▶ 3/6 Clase de consulta
- ▶ 10/5 Entrega del trabajo final.



## Cronograma

- ▶ 8/4 Conceptos básicos y firmas espectrales.
- ▶ 15/4 Correcciones radiométricas.
- ▶ 22/4 Dimensionalidad
- ▶ 29/4 Índices.
- ▶ 6/5 Clasificaciones no supervisadas.
- ▶ 13/5 Clasificaciones supervisadas.
- ▶ 20/5 Validación de datos satelitales.
- ▶ **27/5 Clase de consulta**
- ▶ 3/6 Clase de consulta
- ▶ 10/5 Entrega del trabajo final.



# Organización del curso

## Cronograma

- ▶ 8/4 Conceptos básicos y firmas espectrales.
- ▶ 15/4 Correcciones radiométricas.
- ▶ 22/4 Dimensionalidad
- ▶ 29/4 Índices.
- ▶ 6/5 Clasificaciones no supervisadas.
- ▶ 13/5 Clasificaciones supervisadas.
- ▶ 20/5 Validación de datos satelitales.
- ▶ 27/5 Clase de consulta
- ▶ **3/6 Clase de consulta**
- ▶ 10/5 Entrega del trabajo final.



# Organización del curso

## Cronograma

- ▶ 8/4 Conceptos básicos y firmas espectrales.
- ▶ 15/4 Correcciones radiométricas.
- ▶ 22/4 Dimensionalidad
- ▶ 29/4 Índices.
- ▶ 6/5 Clasificaciones no supervisadas.
- ▶ 13/5 Clasificaciones supervisadas.
- ▶ 20/5 Validación de datos satelitales.
- ▶ 27/5 Clase de consulta
- ▶ 3/6 Clase de consulta
- ▶ 10/5 Entrega del trabajo final.



## Definición:

Hablamos de *métodos cuantitativos en teledetección óptica* cuando queremos cuantificar los datos disponibles en una imagen para poder extraer información de las mismas utilizando las longitudes de onda de  $0,4\mu m$  a  $14\mu m$ .



## 1. Tipos de modelos

1.1 estadísticos

1.2 biofísicos

## 2. Tipos de variables

2.1 continuas

2.2 categóricas





# Métodos cuantitativos

## 1. Tipos de modelos

1.1 estadísticos

1.2 biofísicos

## 2. Tipos de variables

2.1 continuas

2.2 categóricas



## 1. Tipos de modelos

1.1 estadísticos

1.2 biofísicos

## 2. Tipos de variables

2.1 continuas

2.2 categóricas



## 1. Tipos de modelos

1.1 estadísticos

1.2 biofísicos

## 2. Tipos de variables

2.1 continuas

2.2 categóricas



## 1. Tipos de modelos

1.1 estadísticos

1.2 biofísicos

## 2. Tipos de variables

2.1 continuas

2.2 categóricas



## 1. Tipos de modelos

1.1 estadísticos

1.2 biofísicos

## 2. Tipos de variables

2.1 continuas

2.2 categóricas



# Esquema de presentación

Introducción

Organización del curso

Conceptos básicos

Radiancia

Reflectancia

Firma espectral

Medición

Modelado

Práctica



# Radiancia

## Definición:

$$dE = L_{\lambda}(\theta, \phi) \cos(\theta) d\Omega dA dt d\lambda$$

Potencia radiante por unidades de área y ángulo sólido.

## Importante:

- ▶  $[L_{\lambda}] = \frac{W}{m^2 sr nm}$
- ▶ Es una de las dos magnitudes más relevantes.



## Definición:

$$dE = L_{\lambda}(\theta, \phi) \cos(\theta) d\Omega dA dt d\lambda$$

Potencia radiante por unidades de área y ángulo sólido.

## Importante:

- ▶  $[L_{\lambda}] = \frac{W}{m^2 sr nm}$
- ▶ Es una de las dos magnitudes más relevantes.





## Definición:

$$dE = L_{\lambda}(\theta, \phi) \cos(\theta) d\Omega dA dt d\lambda$$

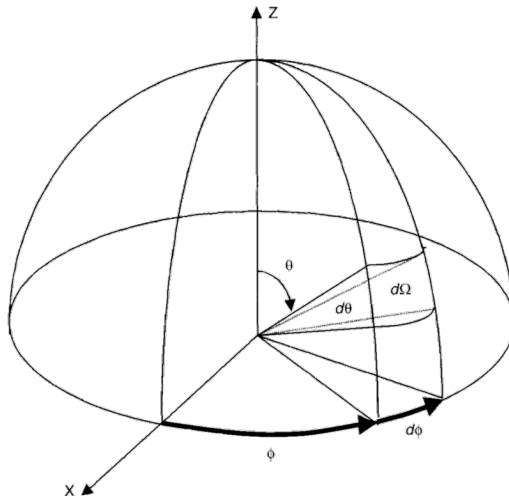
Potencia radiante por unidades de área y ángulo sólido.

## Importante:

- ▶  $[L_{\lambda}] = \frac{W}{m^2 sr nm}$
- ▶ Es una de las dos magnitudes más relevantes.



# Radiancia



Ángulo sólido  $\Omega$  y los ángulos asociados  $\theta$  y  $\phi$ .<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Shunlin Liang. *Quantitative remote sensing of land surfaces*. Vol. 30. John Wiley & Sons, 2005.



## Definición

Definimos la irradiancia como

$$E = \int L(\theta, \phi) \cos(\theta) d\Omega$$

para el caso de que la luz se emita sólo en uno de los hemisferios

$$E = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} L(\theta, \phi) \cos(\theta) \sin(\theta) d\theta d\phi$$



## Definición

Definimos la irradiancia como

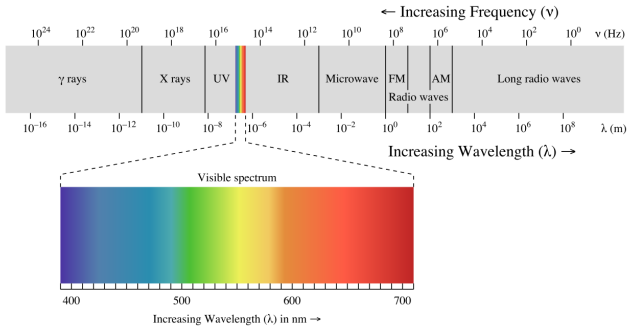
$$E = \int L(\theta, \phi) \cos(\theta) d\Omega$$

para el caso de que la luz se emita sólo en uno de los hemisferios

$$E = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} L(\theta, \phi) \cos(\theta) \sin(\theta) d\theta d\phi$$



# Radiancia

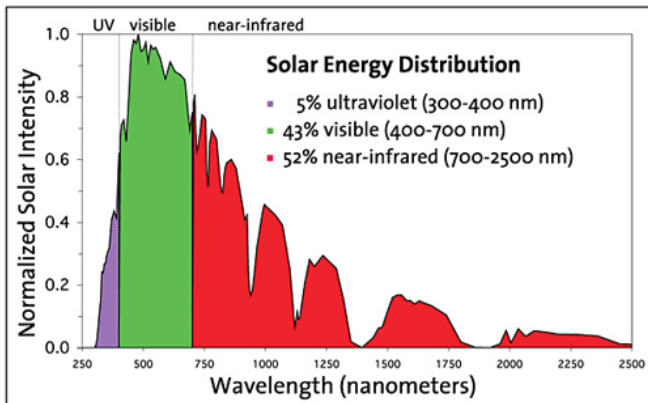


Espectro electromagnético.<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Wikimedia Commons. *EM spectrum*. 2007.



# Radiancia



Irradiancia medida sobre la superficie terrestre.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Berkeley Lab Heat Island Group.



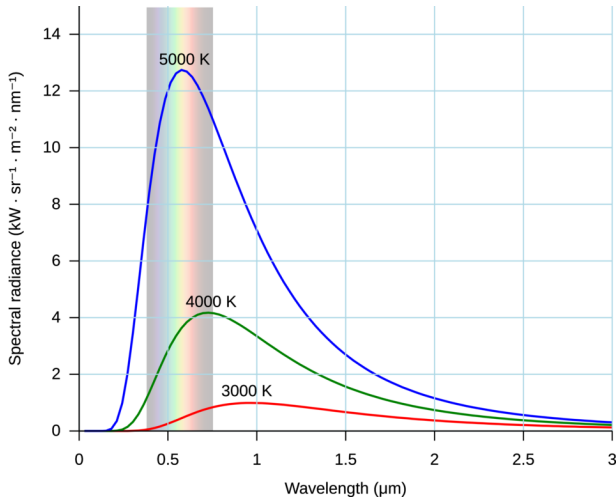
## Curva de irradiancia

Cálculo de la irradiancia de un cuerpo negro

$$E(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1}$$



# Radiancia



Curva de irradiancia para un cuerpo negro.<sup>4</sup>

<sup>4</sup>[Wikimedia Commons](#). *Black body*. 2015.





## Cálculo de la irradiancia solar

Cálculo de la irradiancia solar

$$S_0 = \int_0^{\infty} E_0(\lambda) d\lambda$$

su valor aproximado es

$$S_0 = 1369 \text{ W/m}^2$$

es la cantidad de luz que llega del sol.



## Cálculo de la irradiancia solar

Cálculo de la irradiancia solar

$$S_0 = \int_0^{\infty} E_0(\lambda) d\lambda$$

su valor aproximado es

$$S_0 = 1369 \text{ W/m}^2$$

es la cantidad de luz que llega del sol.



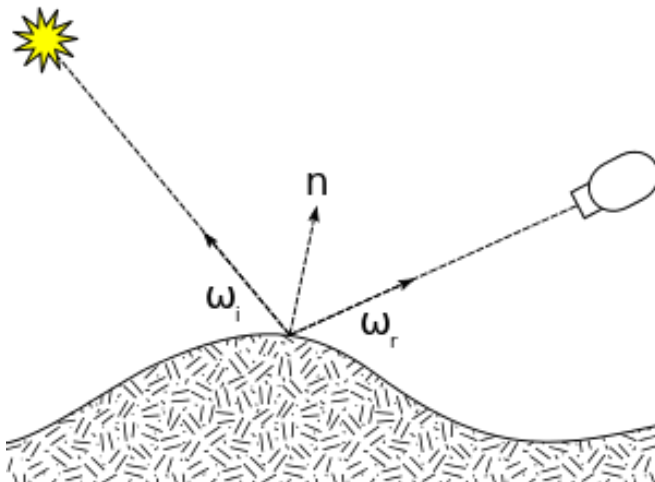
## Valores tipos de E para Landsat

$$\text{En } [L_\lambda] = \frac{W}{m^2 \mu m}$$

Banda	ETM+	TM	OLI
1	1970	1954	1925
2	1843	1826	1826
3	1555	1558	1574
4	1047	1047	955
5	227.1	217.2	242
7	80.53	80.29	82.5



# Reflectancia



Irradiancia incidente y reflejada por una cobertura.<sup>5</sup>

<sup>5</sup>Wikimedia Commons. *Bidirectional reflectance distribution function*. 2009.



## Definición:

Definimos la BRDF (spectral bidirectional reflectance distribution function) como:

$$f(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r) = \frac{dL(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r)}{dE(\theta_i, \phi_i)}$$

## Definición:

Definimos la reflectancia direccional como:

$$R(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r) = \frac{\pi L(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r)}{\cos(\theta_i) E_0} = \pi f(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r)$$



## Definición:

Definimos la BRDF (spectral bidirectional reflectance distribution function) como:

$$f(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r) = \frac{dL(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r)}{dE(\theta_i, \phi_i)}$$

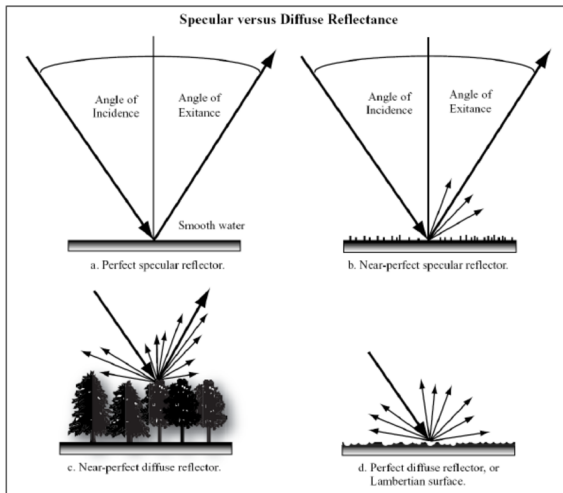
## Definición:

Defininimos la reflectancia direccional como:

$$R(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r) = \frac{\pi L(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r)}{\cos(\theta_i) E_0} = \pi f(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r)$$



# Reflectancia



Distintos casos de reflectancia direccional.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> John R Jensen. *Remote sensing of the environment. an earth resource perspective.* Upper Saddle River, New Jersey. Prentice-Hall, 2007.



## Aproximación lambertiana

Hablamos de la aproximación lambertiana cuando la reflectancia no depende del ángulo reflejado

$$\rho = \frac{\pi L}{\mu_i E_0}$$

donde tomamos  $\mu = \cos(\theta)$





# Esquema de presentación

Introducción

Organización del curso

Conceptos básicos

Radiancia

Reflectancia

Firma espectral

Medición

Modelado

Práctica



## Definición:

La distribución de la reflectancia es función de la longitud de onda nos habla de la características intrínsecas de la cobertura. Es su firma espectral  $\rho_{\lambda}$ .



## Respuesta espectral

Podemos pensar a la respuesta de un sensor como una integral

$$\rho_j = \frac{\int s_j(\lambda) \rho d\lambda}{\int s_j(\lambda) d\lambda}$$

donde si pensamos a la respuesta como una distribución podemos definir  $\lambda_c$  y  $\Delta\lambda$  el centro de la adquisición y ancho de banda efectivo.

## Importante

Desde el punto de vista espectral, las resoluciones espectral y radiométrica, nos permiten distinguir distintas cosas de la firma espectral.



## Respuesta espectral

Podemos pensar a la respuesta de un sensor como una integral

$$\rho_j = \frac{\int s_j(\lambda) \rho d\lambda}{\int s_j(\lambda) d\lambda}$$

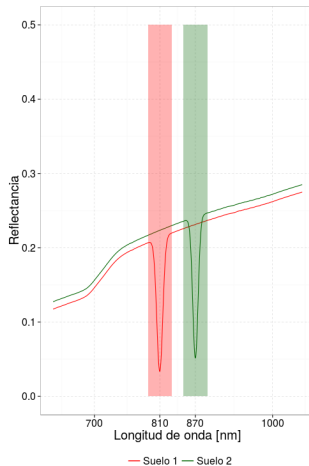
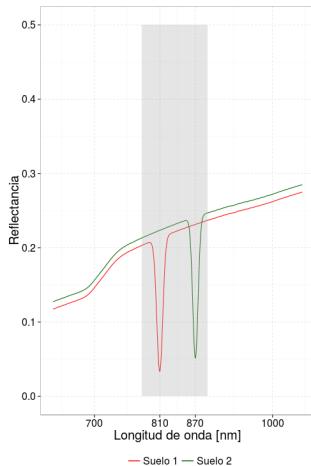
donde si pensamos a la respuesta como una distribución podemos definir  $\lambda_c$  y  $\Delta\lambda$  el centro de la adquisición y ancho de banda efectivo.

## Importante

Desde el punto de vista espectral, las resoluciones espectral y radiométrica, nos permiten distinguir distintas cosas de la firma espectral.



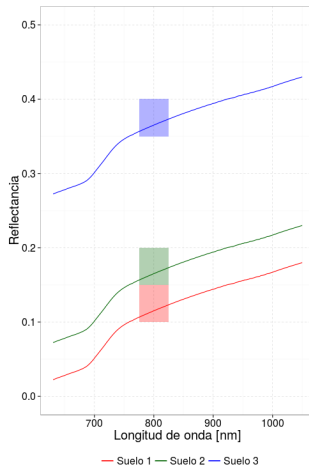
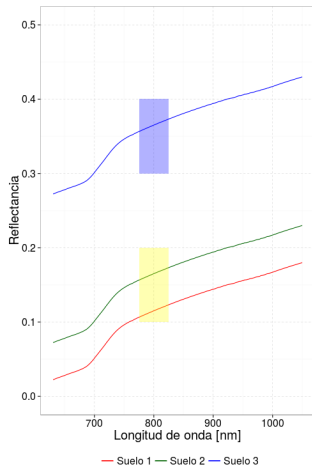
# Medición



Espectral separa.

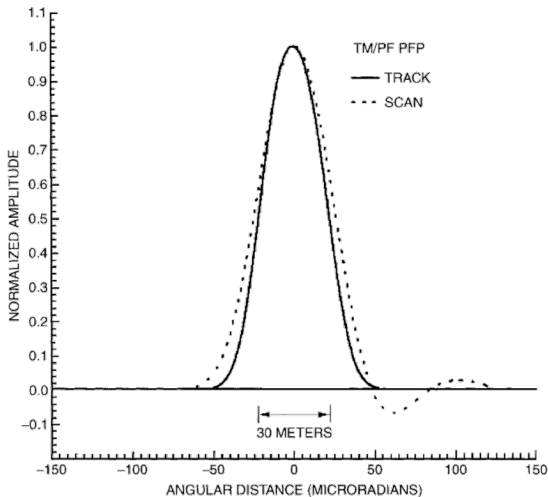


# Medición



Resolución radiométrica.





Respuesta espacial de un sensor en ambas direcciones.<sup>7</sup>

<sup>7</sup>Shunlin Liang. *Quantitative remote sensing of land surfaces*. Vol. 30. John Wiley & Sons, 2005.



## Respuesta espacial

- ▶ La resolución espacial sale de esta función.
- ▶ Es importante por que nos permite comprender la formación de un píxel.

## Formación de un píxel

El valor de reflectancia para un píxel vale

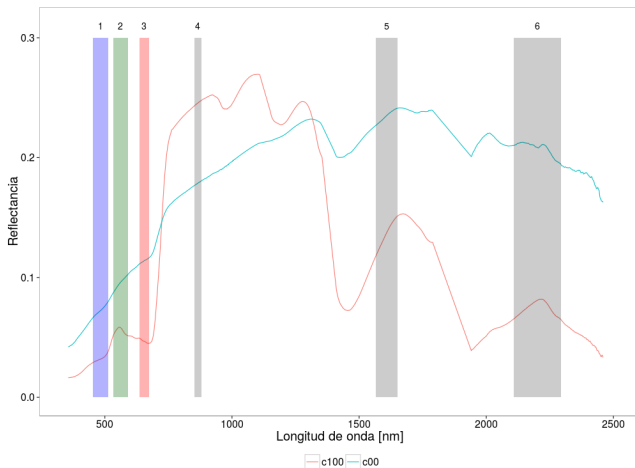
$$\rho_{pix} = \sum_i w_i \rho_i$$

donde  $w_i$  corresponde a la distinta cobertura de cada píxel.





# Modelado

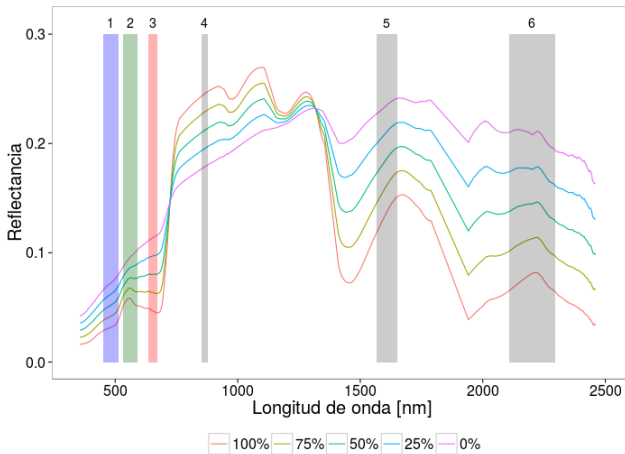


Firmas espectrales de vegetación y suelo desnudo.<sup>8</sup>

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



# Modelado



Mezcla de firmas espectrales para un gradiente de coberturas.<sup>9</sup>

<sup>9</sup>Roger Nelson Clark y col. *USGS digital spectral library splib06a*. 2007.



La vegetación tiene 3 zonas del espectro principales que modelar

- ▶ Visible
- ▶ Infrarrojo cercano
- ▶ Infrarrojo de onda media



La vegetación tiene 3 zonas del espectro principales que modelar

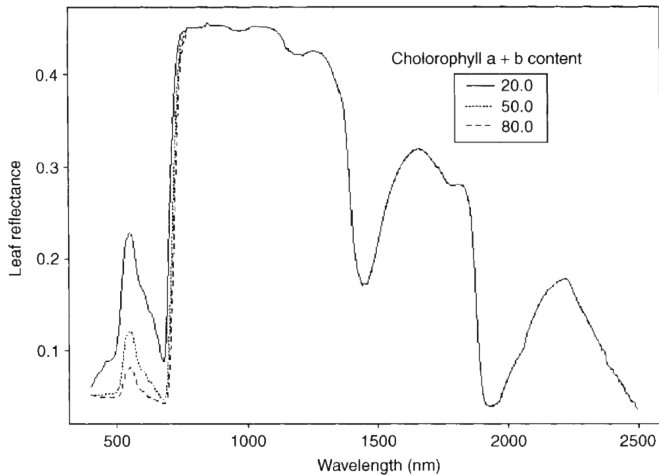
- ▶ Visible
- ▶ Infrarrojo cercano
- ▶ Infrarrojo de onda media



La vegetación tiene 3 zonas del espectro principales que modelar

- ▶ Visible
- ▶ Infrarrojo cercano
- ▶ Infrarrojo de onda media



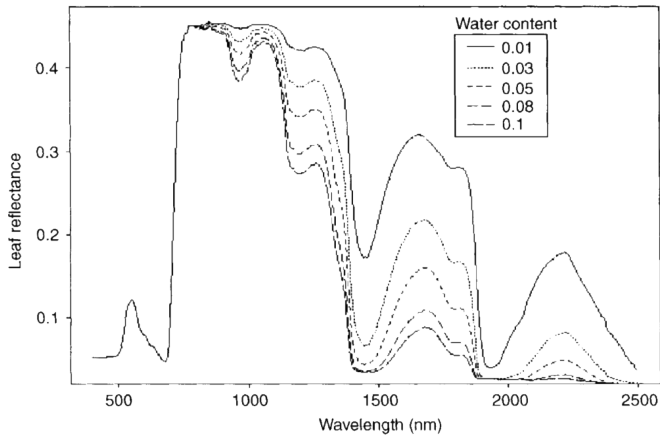


Variaciones de la firma espectral con el contenido de clorofila.<sup>10</sup>

<sup>10</sup>Shunlin Liang. *Quantitative remote sensing of land surfaces*. Vol. 30. John Wiley & Sons, 2005.



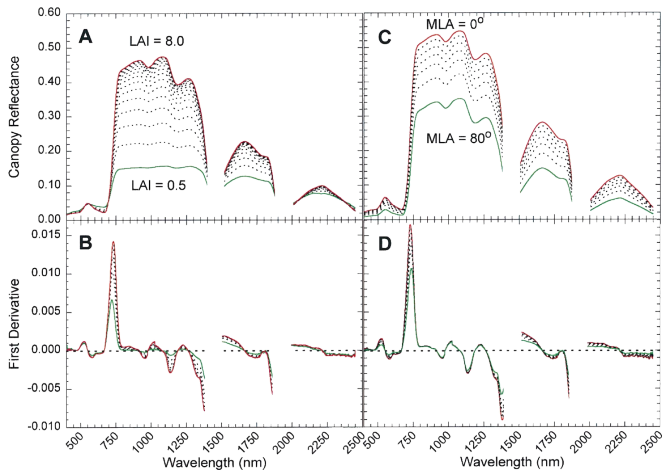
# Modelado



Variaciones de la firma espectral con el contenido de agua.<sup>11</sup>

<sup>11</sup>Shunlin Liang. *Quantitative remote sensing of land surfaces*. Vol. 30. John Wiley & Sons, 2005.





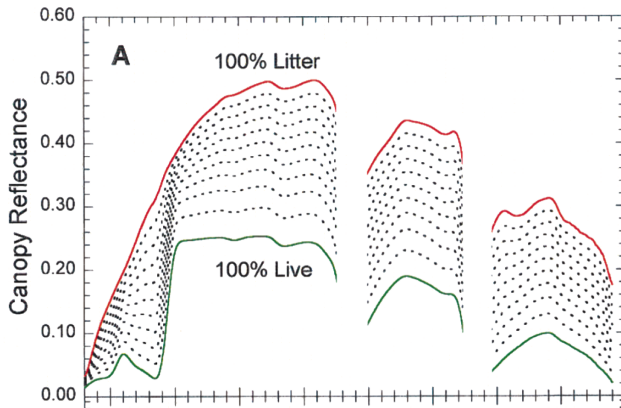
Variaciones de la firma espectral con el área foliar.<sup>12</sup>

<sup>12</sup>Gregory P Asner. "Biophysical and biochemical sources of variability in canopy reflectance". En: *Remote sensing of Environment* 64.3 (1998), págs. 234-253.





# Modelado

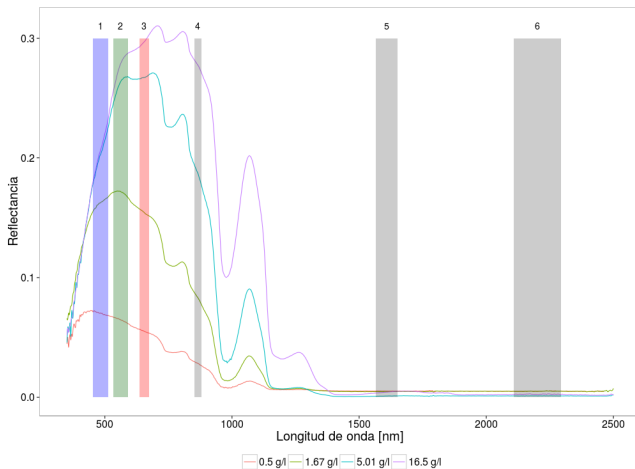


Firma espectral de la vegetación en diferentes estados.<sup>13</sup>

<sup>13</sup>Gregory P Asner. "Biophysical and biochemical sources of variability in canopy reflectance". En: *Remote sensing of Environment* 64.3 (1998), págs. 234-253.



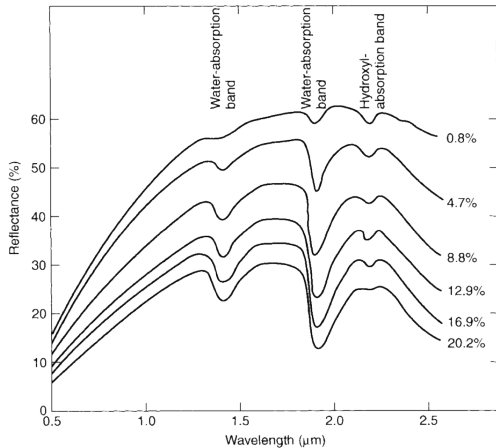
# Modelado



Firma espectral de agua con distinto contenido de arcilla disuelta.<sup>14</sup>

<sup>14</sup>Roger Nelson Clark y col. *USGS digital spectral library splib06a*. 2007.





Firma espectral del suelo con distintos contenidos de humedad.<sup>15</sup>

<sup>15</sup>Shunlin Liang. *Quantitative remote sensing of land surfaces*. Vol. 30. John Wiley & Sons, 2005.



# Esquema de presentación

Introducción

Organización del curso

Conceptos básicos

Radiancia

Reflectancia

Firma espectral

Medición

Modelado

Práctica



## Actividades prácticas de la primera clase

1. Abrir imágenes Landsat 8 y familiarizarse con el SoPl.
2. Digitalizar coberturas uniformes dentro de la imagen.
3. Extraer la firma espectral de las coberturas digitalizadas.
4. Reescalar las firmas obtenidas y compararlas para dos imágenes distintas.

