

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.



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.



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.



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



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:

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

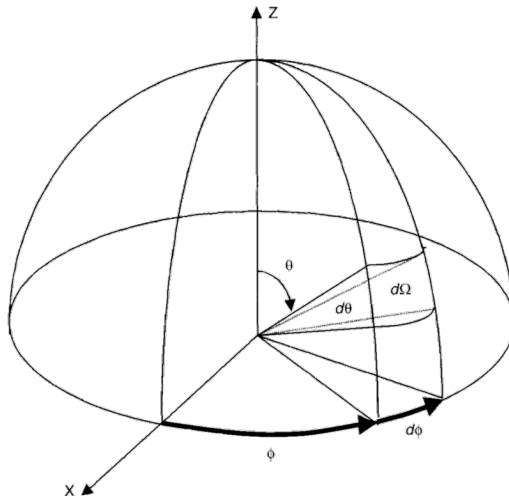
Potencia radiante por unidades de área y ángulo sólido.

Importante:

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



Radiancia



Ángulo sólido Ω y los ángulos asociados θ y ϕ .¹

¹Shunlin 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

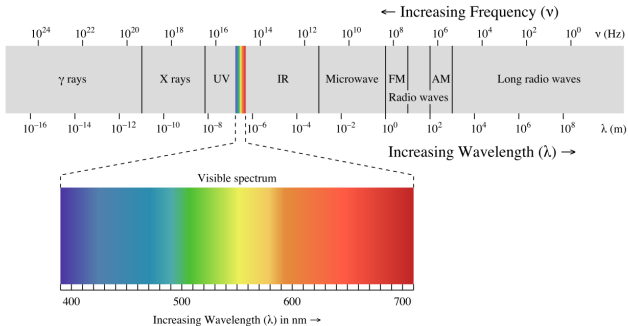
$$E = \int L(\theta, \phi) \cos(\theta) d\Omega$$

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

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



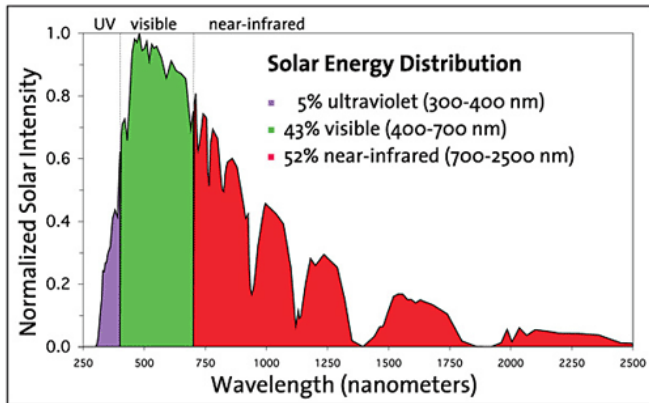
Radiancia



Espectro electromagnético.²



Radiancia



Irradiancia medida sobre la superficie terrestre.³

³ Berkeley Lab Heat Island Group.



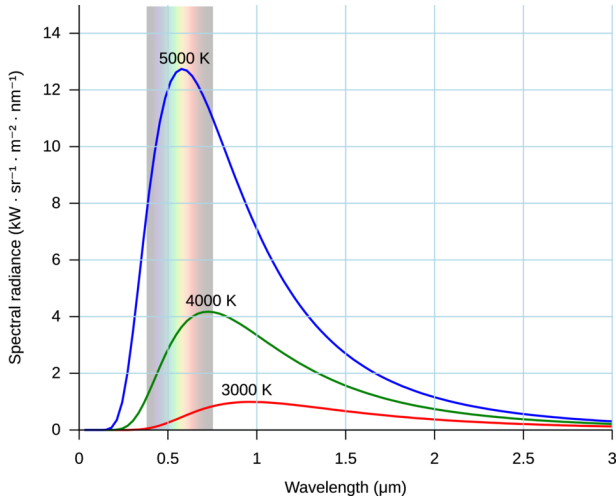
Curva de irradiancia

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.⁴

⁴blackbody.



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.



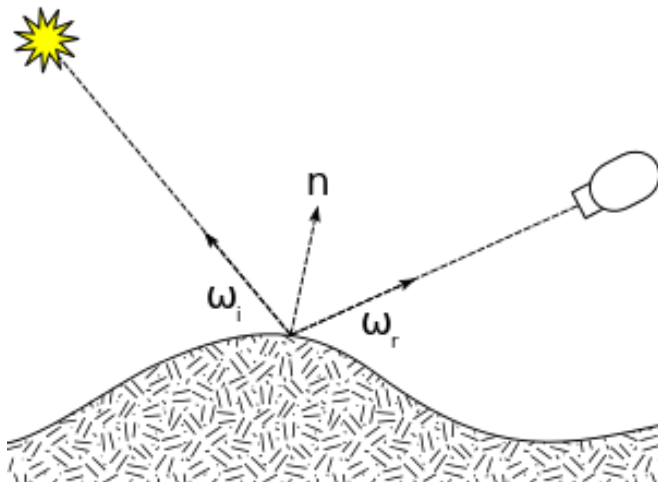
Valores tipos de E para Landsat

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

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.⁵

⁵brdf.



Definición:

Definimos la BRDF (espectral 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:

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

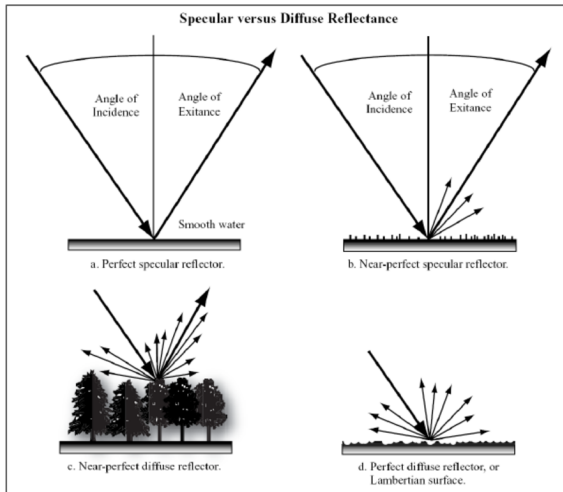
Definición:

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.⁶

⁶ 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 ρ_{λ} .



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 λ_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

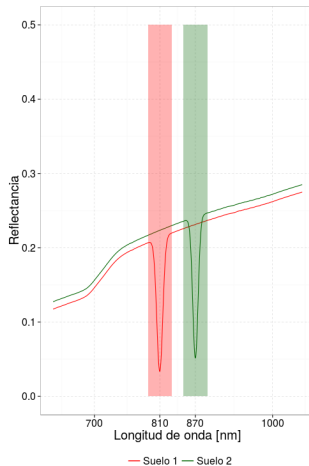
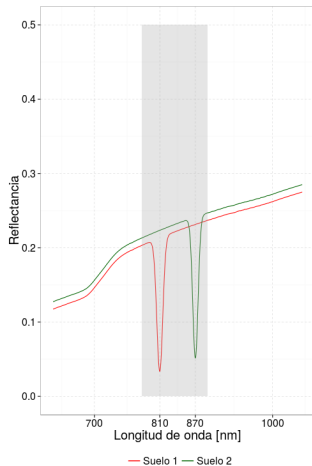
$$\rho_j = \frac{\int s_j(\lambda) \rho d\lambda}{\int s_j(\lambda) d\lambda}$$

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

Importante

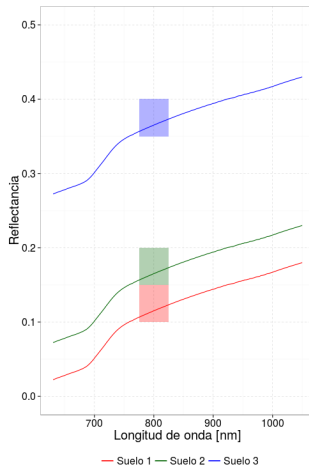
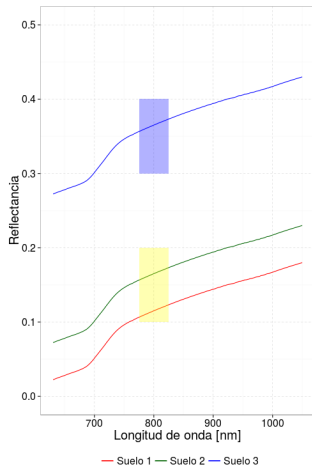
Desde el punto de vista espectral, las resoluciones espectral y radiométrica, nos permiten distinguir distintas cosas de la firma espectral.





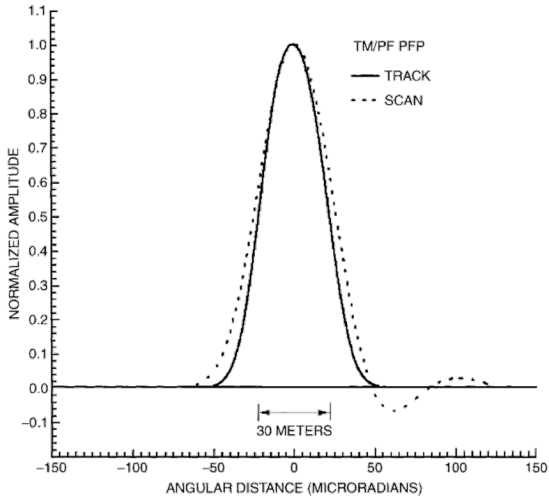
Espectral separa.





Resolución radiométrica.





Respuesta espacial de un sensor en ambas direcciones.⁷

⁷Shunlin 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

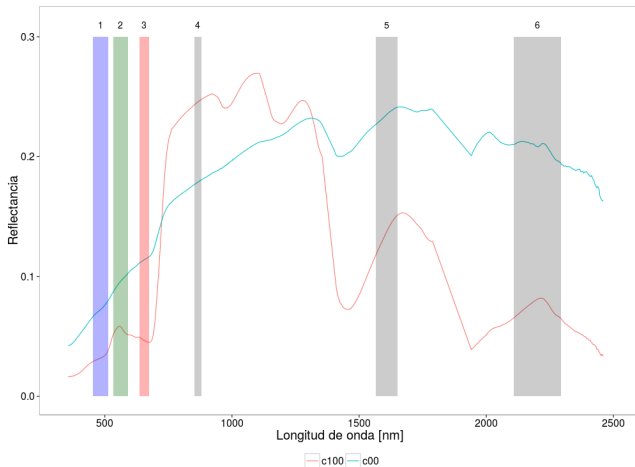
El valor de reflectancia para un píxel vale

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

donde w_i corresponde a la distinta cobertura de cada píxel.



Modelado

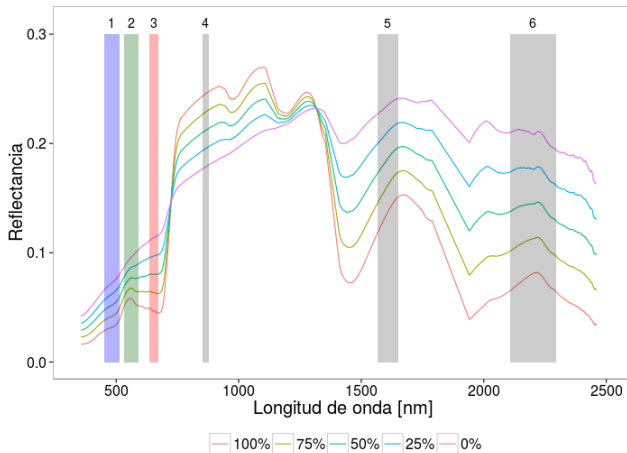


Firmas espectrales de vegetación y suelo desnudo.⁸

⁸Roger Nelson Clark y col. *USGS digital spectral library splib06a*. 2007.



Modelado



Mezcla de firmas espectrales para un gradiente de coberturas.⁹

⁹Roger 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

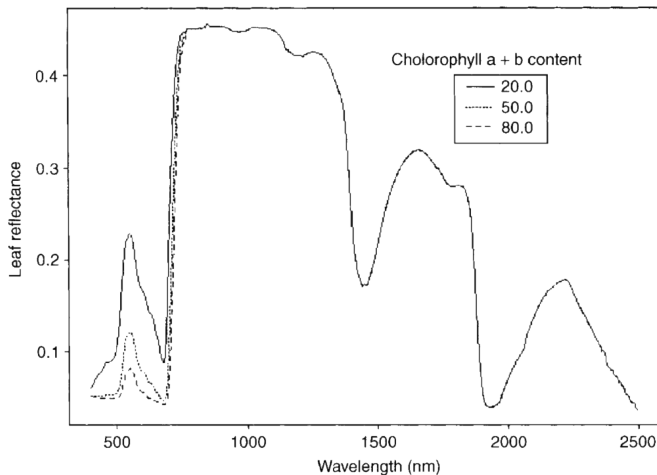
- ▶ Visible
- ▶ Infrarrojo cercano
- ▶ Infrarrojo de onda media



La vegetación tiene 3 zonas del espectro principales que modelar

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

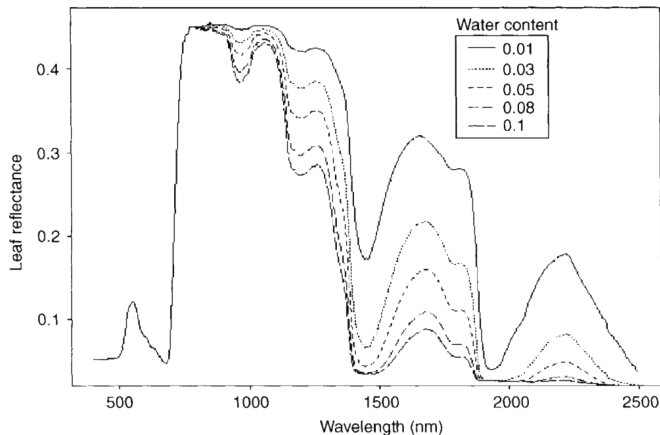




Variaciones de la firma espectral con el contenido de clorofila.¹⁰

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

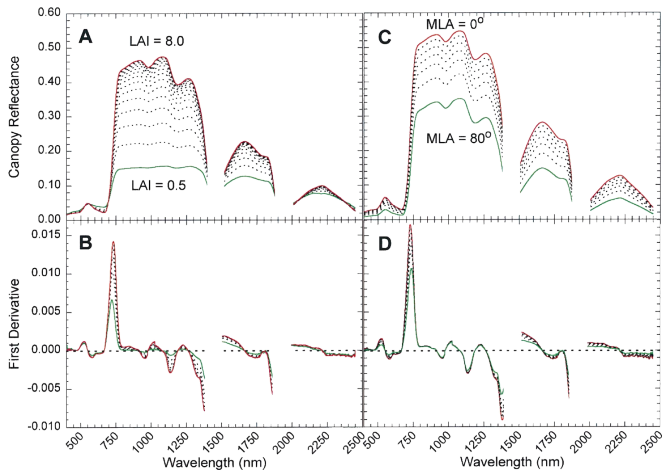




Variaciones de la firma espectral con el contenido de agua.¹¹

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

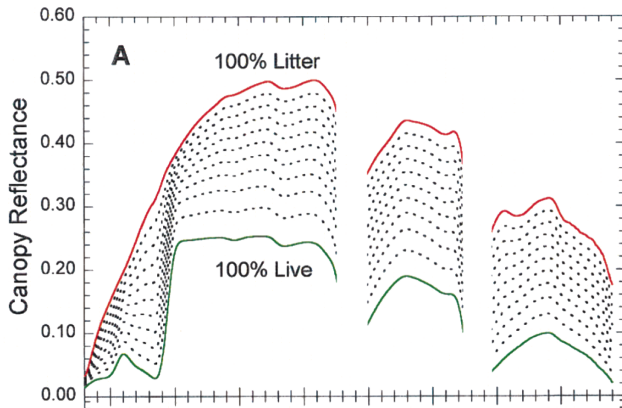




Variaciones de la firma espectral con el área foliar.¹²

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



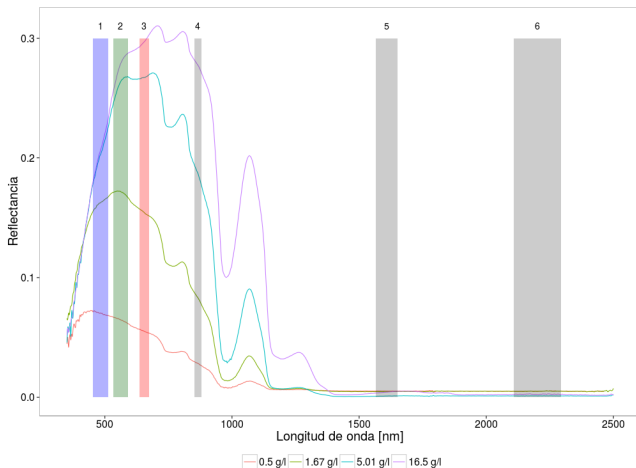


Firma espectral de la vegetación en diferentes estados.¹³

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



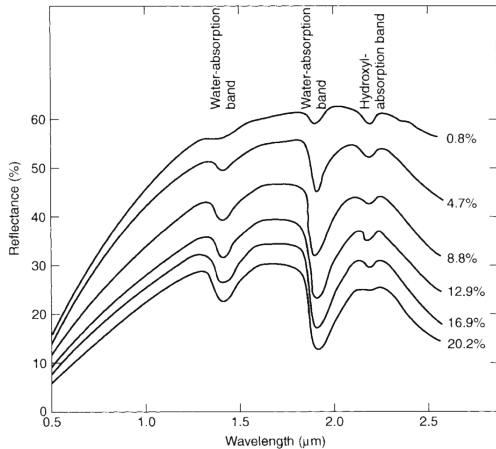
Modelado



Firma espectral de agua con distinto contenido de arcilla disuelta.¹⁴

¹⁴Roger Nelson Clark y col. *USGS digital spectral library splib06a*. 2007.





Firma espectral del suelo con distintos contenidos de humedad.¹⁵

¹⁵Shunlin 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.

