

PATRONES DE RESPUESTA ESPECTRAL

Jaime Hernández P. y Daniel Montaner F.

Lab. Geomática y Ecología del Paisaje (GEP) – Facultad de Ciencias Forestales
Universidad de Chile

1. ENERGÍA ELECTROMAGNÉTICA

El espectro electromagnético (EE) es flujo continuo energía que se desplaza por el espacio o la atmósfera y que interactúa con los objetos que encuentra en su camino. La Teoría Ondulatoria¹ establece que cualquier partícula con una temperatura sobre el cero absoluto, en grados Kelvin, genera una vibración que da lugar a una serie de perturbaciones que se desplazan como “ondas” sinusoidales a través del campo eléctrico **E** y campo magnético **M**, perpendiculares entre si (FIGURA 1). Estas ondas representan la radiación emitida desde la fuente y viajan hacia el infinito a una velocidad constante, conocida como la velocidad de la luz ($\approx 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$). La distancia entre la cresta de una onda y la siguiente es la longitud de onda (λ) de la radiación y el número de crestas por segundo que pasan por un mismo punto es su frecuencia (f).

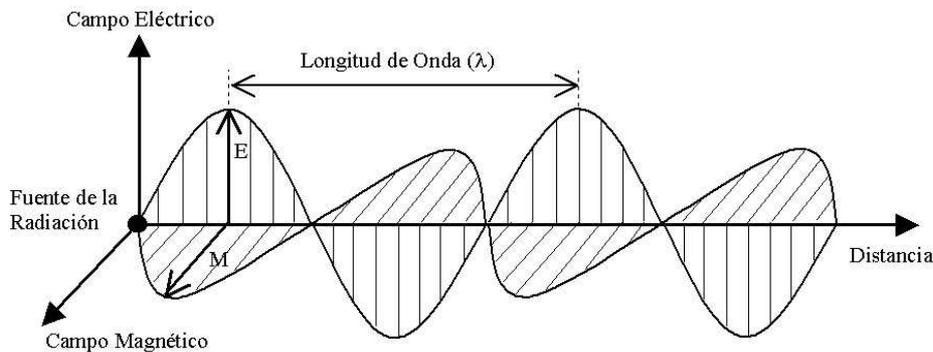


Figura 1: Se muestran los vectores eléctricos (E) y magnéticos (M), perpendiculares entre ellos, de una onda electromagnética. La longitud de onda (λ) corresponde a la distancia entre dos crestas consecutivas.

1.1 TIPOS DE ENERGÍA ELECTROMAGNÉTICA

Considerando la longitud de onda como variable discriminadora es posible distinguir entre distintos tipos de energía electromagnética. La figura 2 y el cuadro 1 describen las principales zonas del EE, abarcando desde longitudes de onda muy pequeñas (Rayos gamma, rayos X y ultravioleta) hasta aquellas muy largas (microondas y comunicaciones).

¹ Cristian Huygens, 1678.

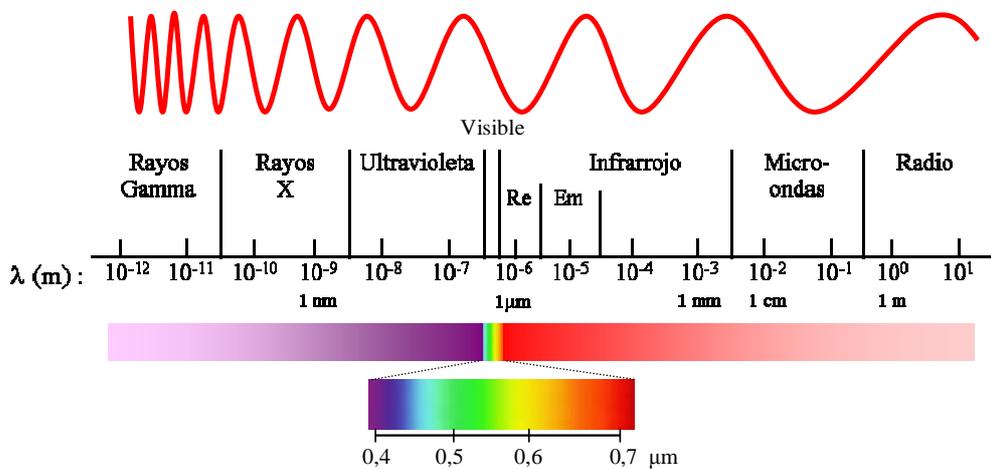


Figura 2: Esquema de espectro electromagnético (EE) indicando sus principales zonas en función de la longitud de onda (Re: infrarrojo reflejado, Em: infrarrojo emitido)

Región o Banda Espectral		Longitud de Onda (λ)	Características
Rayos Gamma		$< 0,03 \text{ nm}$	Radiación completamente absorbida por las capas superiores de la atmósfera. No se utilizan en teledetección.
Rayos X		$0,03 - 30 \text{ nm}$	
Ultravioleta (UV)		$0,03 - 0,4 \mu\text{m}$	La radiación con $\lambda < 0,3 \mu\text{m}$ es completamente absorbida por la capa de ozono de la atmósfera.
Visible (azul, verde, rojo)		$0,4 - 0,5 \mu\text{m}$ (azul) $0,5 - 0,6 \mu\text{m}$ (verde) $0,6 - 0,7 \mu\text{m}$ (rojo)	Se puede detectar a través de fotodetectores y películas fotosensibles normales (color y B/N).
Infrarrojo (IR)	Infrarrojo reflejado	$0,7 - 1,3 \mu\text{m}$ (IR cercano) $1,3 - 3,0 \mu\text{m}$ (IR medio)	Radiación solar reflejada que no contiene información acerca de las propiedades térmicas de los materiales. El rango $0,7$ a $0,9 \mu\text{m}$ se puede detectar usando películas fotosensibles (infrarrojo fotográfico).
	Infrarrojo térmico	$3,0 - 5,0 \mu\text{m}$ $8,0 - 14,0 \mu\text{m}$	Corresponden a dos ventanas atmosféricas en la región térmica.
Radar (región de la microondas)		$0,1 - 100 \text{ cm}$.	Radiación de grandes longitudes de onda, capaces de penetrar nubes, nieblas y lluvia.
Ondas de Radio y TV		$> 100 \text{ cm}$.	Radiación con las mayores longitudes de onda del espectro. Se utilizan en telecomunicaciones.

Cuadro 1: Descripción de las regiones del espectro electromagnético ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$ y $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).

La principal fuente de energía radiante que llega a nuestro planeta es la emitida por el sol. Sin embargo, no todos los tipos de energía son capaces de atravesar

nuestra atmósfera sufriendo modificaciones que se explican a través de varios procesos físicos, entre los cuales destacan la dispersión y la absorción.

El proceso de dispersión es el resultante de múltiples interacciones entre la radiación incidente y aerosoles atmosféricos, provocando que algunos tipos de energía se dispersen en muchas direcciones. La dispersión selectiva afecta mucho más a longitudes de onda menores (UV y azul) que al resto de bandas espectrales, lo cual genera el color azul de los cielos. Se le conoce con el nombre de Dispersión Rayleigh², debido a su descubridor, y es causada por la presencia de partículas con diámetros mucho menores a las longitudes de onda involucradas (Nitrógeno, Oxígeno y Dióxido de Carbono). La Dispersión Mie³ se produce cuando el tamaño de las partículas es similar a la longitud de onda de la radiación, provocando un efecto de neblina que afecta la calidad de las imágenes multiespectrales. La dispersión no selectiva afecta a todas las longitudes de onda por igual y es causada principalmente por la presencia de polvo, niebla o nubes que contienen partículas con diámetros mayores a longitudes de onda incidentes (Chuvieco, 1996).

La absorción ocurre cuando una parte de la energía incidente sobre una partícula es retenida para ser transformada generalmente en calor, después de lo cual, es reemitida en longitudes de onda mayores. Existen tres gases particularmente eficientes en la absorción de radiación solar: vapor de agua, ozono y dióxido de carbono. De esta forma, la radiación solar incidente o insolación es atenuada a través de su paso por la atmósfera y llega disminuida a la superficie terrestre. Como consecuencia, la atmósfera presenta una serie de zonas espectrales en las que tiene un comportamiento transparente a la radiación electromagnética llamadas ventanas atmosféricas y es a través de ellas por las que es posible la teledetección de la superficie terrestre. Las principales ventanas atmosféricas son:

Cuadro 2: Principales ventanas atmosféricas para la observación terrestre.

Ventana	Rango espectral (μm)
1	0,3 – 1,3
2	1,5 – 1,8
3	2,0 – 2,6
4	3,0 – 3,6
5	4,2 – 5,0
6	7,0 – 15,0

2. FIRMAS ESPECTRALES

Una vez que la energía electromagnética llega a la superficie terrestre, interactúa con cada tipo de material ya sea por reflexión, absorción o transmisión, de acuerdo a un patrón de respuesta espectral particular. Este comportamiento distintivo de cada tipo de material es aprovechado en procesos de clasificación de imágenes, siendo común referirse a él como “firma espectral”. Su determinación en forma consistente presenta algunas dificultades asociadas a las siguientes razones:

² John William Strutt, Lord Rayleigh, 1871.

³ Gustav Mie, 1908.

- La vegetación tiene un comportamiento dinámico debido a los cambios fenológicos que ocurren estacionalmente. Esto significa que su firma espectral cambia durante el año.
- Las condiciones de iluminación asociadas a la topografía (pendiente y orientación), la posición del sol durante el año (elevación y azimut), y las condiciones de humedad del suelo y la vegetación pueden significar variaciones importantes en el patrón de respuesta espectral.
- Debido a la resolución espacial⁴ de la mayoría de los sensores, la información contenida en un píxel es el resultado de una mezcla espectral de varios tipos de materiales. Por ejemplo, en el caso de Landsat TM / ETM+ el área asociada a un único píxel (30 x 30 m) puede estar compuesta por vegetación herbácea, vegetación arbórea, suelo desnudo y pavimento, todo lo cual queda registrado en un único nivel digital.

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 λ en el eje X. Al unir los puntos con una línea continua se origina una representación bidimensional de la firma espectral (FIGURA 3).

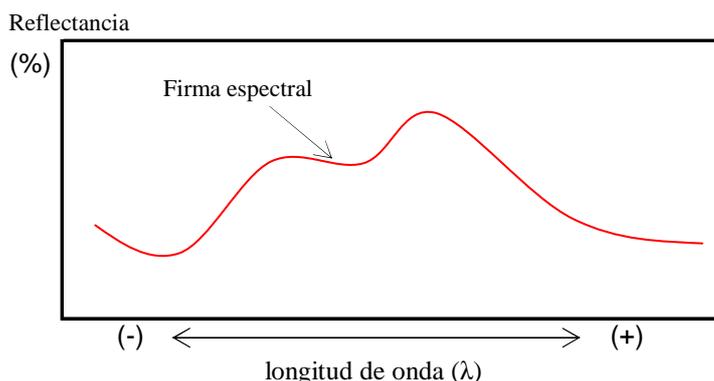


Figura 3: Representación gráfica de una firma espectral una de cobertura de suelo cualquiera (% indica reflectividad).

Los seres humanos somos capaces de percibir a ojo desnudo el patrón de respuesta espectral en el rango visible del EE ($\lambda = 0,4 - 0,7 \mu\text{m}$), el cual interpretamos como el “color” característico del objeto o material observado. La figura 4 presenta ejemplos de firmas espectrales de objetos que percibimos de color azul, verde y rojo. Un objeto verde podría ser la hoja de una planta en primavera que, debido a la actividad de sus pigmentos fotosintéticos, absorbe en mayor cantidad la energía electromagnética de longitudes de onda entre 0,4-0,5 μm (azul) y entre 0,6-0,7 μm (roja). Lo anterior significa que se refleja una mayor cantidad de luz verde (0,5-0,6 μm), debido a que es menos absorbida, dando lugar al color verde con que finalmente la percibimos.

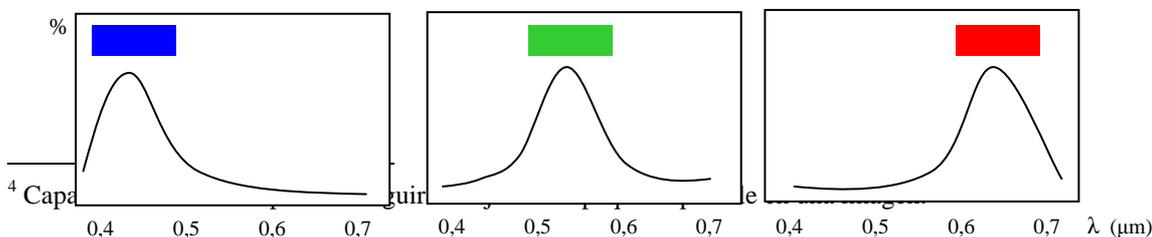


Figura 4: Firmas espectrales en el rango visible del EE que percibimos de color azul, verde y rojo (% indica reflectividad).

Más allá del espectro visible, todos los materiales presentan respuestas espectrales características que se pueden detectar usando sensores óptico-electrónicos capaces de detectar energía en la región infrarroja reflejada y térmica. Estos instrumentos pueden ser usados a nivel terrestre, en campo o en laboratorio, o montados en plataformas aéreas o satelitales. La figura 5 presenta un conjunto de firmas espectrales de referencia general para un conjunto de materiales comunes de encontrar en la superficie terrestre.

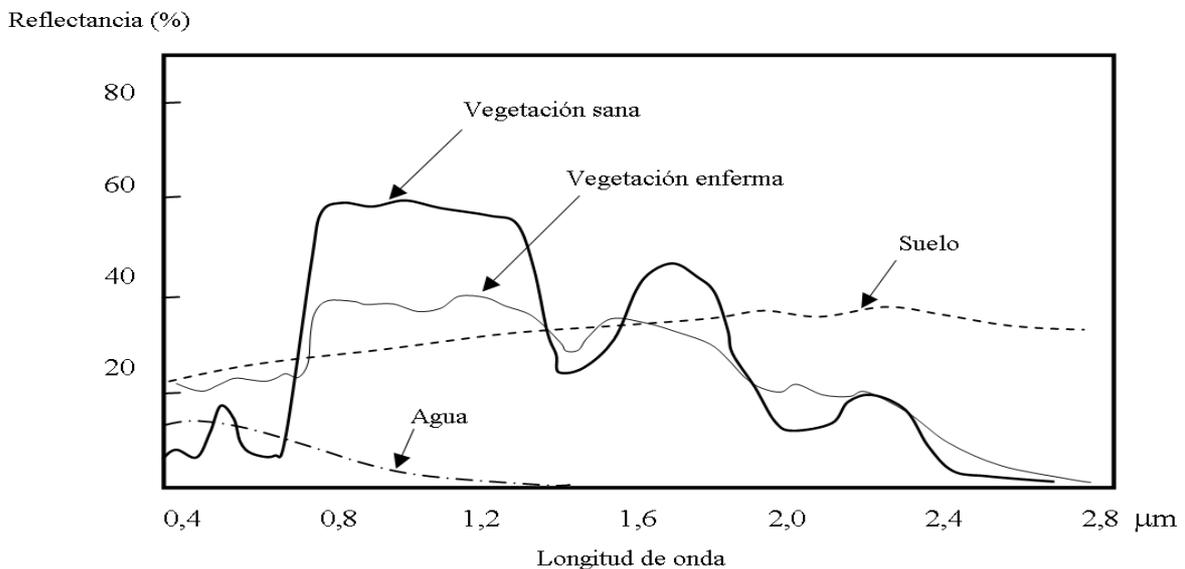


Figura 5: Firmas espectrales típicas para vegetación, suelo y agua en el rango visible e infrarrojo reflejado del EE.

2.1 CONSTRUCCIÓN DE FIRMAS ESPECTRALES

Poder contar con patrones de reflectancia espectral de referencia es fundamental para lograr resultados confiables cuando se trabaja con imágenes multiespectrales o hiperespectrales, provenientes de sensores remotos. Tradicionalmente, se usa el término "verdad de terreno" para referirse a datos colectados en terreno que son usados como referencia para identificar patrones similares en la imagen. En general, estos datos de referencia se pueden usar para:

- Asistir las labores de interpretación y análisis de los datos de sensores remotos.
- Calibrar instrumentos de teledetección.
- Verificar información extraída de datos teledetectados.

Una de las formas más usadas para obtener datos de patrones espectrales referenciales es efectuar mediciones en terreno de los materiales y superficies

de interés. En la práctica, este trabajo puede efectuarse en condiciones controladas de laboratorio o directamente en el campo usando instrumentos capaces obtener estos datos en forma instantánea. Dichos instrumentos, de los cuales existe una gran variedad de alternativas, se agrupan bajo el nombre de espectro-radiómetros, o sencillamente radiómetros.

En laboratorio, se controlan las condiciones y geometría de la iluminación para obtener datos independientes estandarizados. Sin embargo, al efectuar mediciones de campo se pueden recopilar datos representativos de la variedad de condiciones ambientales reales en que se encuentran los materiales estudiados, las cuales son difíciles de simular en laboratorio. La medición involucra tres pasos:

- Se apunta el instrumento hacia un panel de calibración especial que permite evaluar la radiación incidente (A), en ese momento, sobre el sitio de medición (FIGURA 6^a). El panel tiene propiedades de reflectancia ideales, capaz de reflejar toda la energía incidente hacia todas las direcciones por igual (reflector lambertiano⁵).
- Se mide la radiación reflejada (B) por el material de interés (FIGURA 6B).
- Se calcula la reflectancia como el ratio R entre la radiación incidente y la reflejada ($R=A/B$).

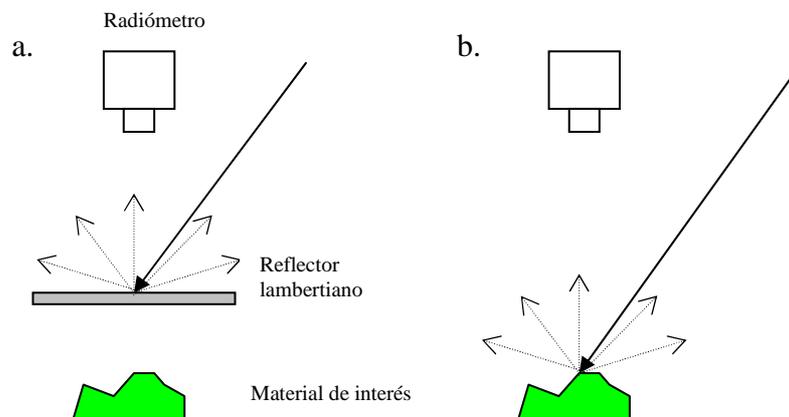


Figura 6: Pasos para la medición de reflectividad usando radiómetros de campo.

La mayoría de los radiómetros de campo son multicanales, lo cual permite efectuar lecturas de radiancia en más de una banda espectral. Además, para un completo estudio de comportamiento espectral es frecuente realizar medidas de reflectancia bidireccional y así caracterizar la cubierta de interés para un conjunto más amplio de condiciones de iluminación. Para ello, se mide la radiancia reflejada en distintos ángulos cenitales θ° y distintas direcciones azimutales φ° (FIGURA 7) y se compara con la radiación incidente sobre la misma cobertura.

⁵ Aquel que refleja la energía uniformemente en todas las direcciones

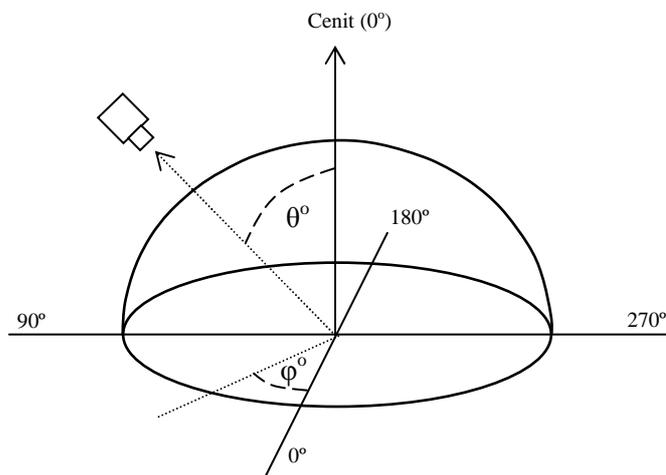


Figura 7: Esquema para mediciones de reflectancia bidireccional en distintos ángulos cenitales (θ°) y azimutales (φ°).

2.2 LIBRERÍAS ESPECTRALES

Una vez obtenidos los datos de respuesta espectrales es necesario disponerlos ordenadamente en formatos utilizables por otros potenciales usuarios. Esta labor conlleva la creación de librerías espectrales que contienen los datos de firmas espectrales de una gran variedad de materiales y cubiertas terrestres. La librería espectral de ASTER⁶ contiene una compilación de cerca de 2000 firmas espectrales de materiales naturales y hechos por el hombre. Además, incluye datos de otras tres librerías espectrales públicas: Universidad John Hopkins (JHU), Laboratorio de propulsión a reacción de la NASA (*Jet Propulsion Laboratory* - JPL), y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS – Reston).

A continuación se presenta un conjunto de firmas espectrales ordenadas por tipos de materiales que han sido recopiladas desde distintas librerías públicas.

2.3 COMPORTAMIENTO ESPECTRAL DE LA VEGETACIÓN

En la vegetación el nivel de reflectancia se ve modificado principalmente por factores como: los tipos de pigmentos, estructura de las hojas y el contenido de humedad. El primero afecta a las longitudes de ondas del espectro visible (0,4-0,7 μm) donde el 65% es absorbido por la Clorofila, el 29% por la Xantófila y el 6% por Carotenos. La estructura de las hojas (capa esponjosa del mesófilo) a su vez aumenta la reflectividad en la zona del infrarrojo cercano (0,8-1,1 μm). Finalmente, entre los rangos 1,4 μm -1,8 μm (infrarrojo medio) la reflectividad depende del contenido de agua entre y dentro de las células, en condiciones de hidratación normales ambos valles son profundos y marcados, en condiciones de estrés hídrico estos son menos marcados aumentando su reflectividad (Alonso & Moreno, 1999).

Si se analiza el comportamiento espectral del dosel vegetal, los factores que afectan su reflectividad son la proporción hojas, lignina y el efecto del suelo, la geometría de las hojas y los ángulos de observación de éstas (Manzano, 2004). La figura 8 muestra firmas espectrales para diferentes tipos de vegetación.

⁶ (<http://speclib.jpl.nasa.gov/>)

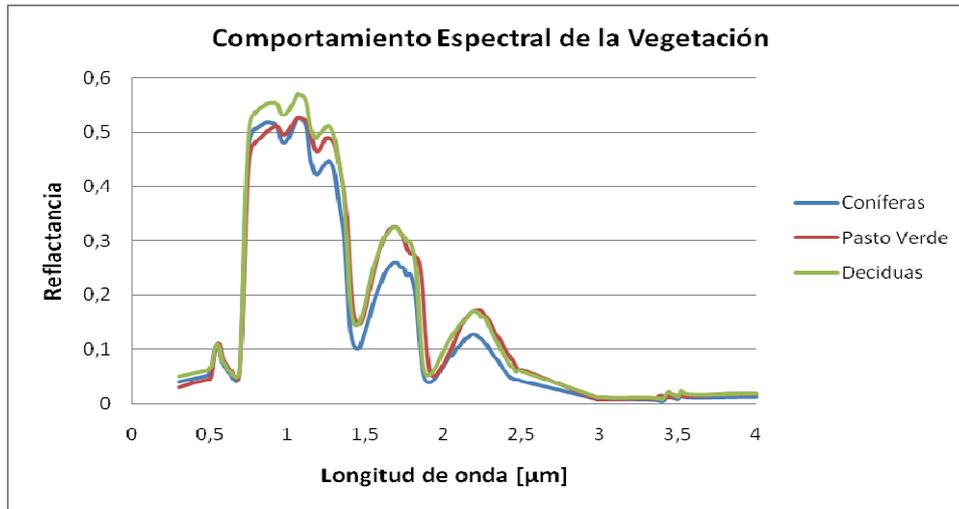


Figura 8: Niveles de reflectividad para los diferentes tipos de vegetación a distintas longitudes de onda.

2.4 COMPORTAMIENTO ESPECTRAL DE TIPOS DE SUELO

Los principales factores que afectan el comportamiento espectral de los suelos son el color y el contenido de humedad. Cuando los suelos se encuentran secos las tierras ennegrecidas presentan mayor reflectancia, contrariamente cuando se encuentran con un alto contenido de agua poseen en promedio una reflectancia dos veces más débil que los suelos secos registrando las mayores diferencias en la zona de infrarrojo cercano (Scanvic, 1989). Otros factores que modifican la reflectancia de los suelos son: el contenido de materia orgánica, la textura y estructura, disposición vertical y horizontal, así como los ángulos de iluminación y observación de éstos (Manzano, 2004). La figura 9 muestra firmas espectrales para diferentes tipos de suelos.

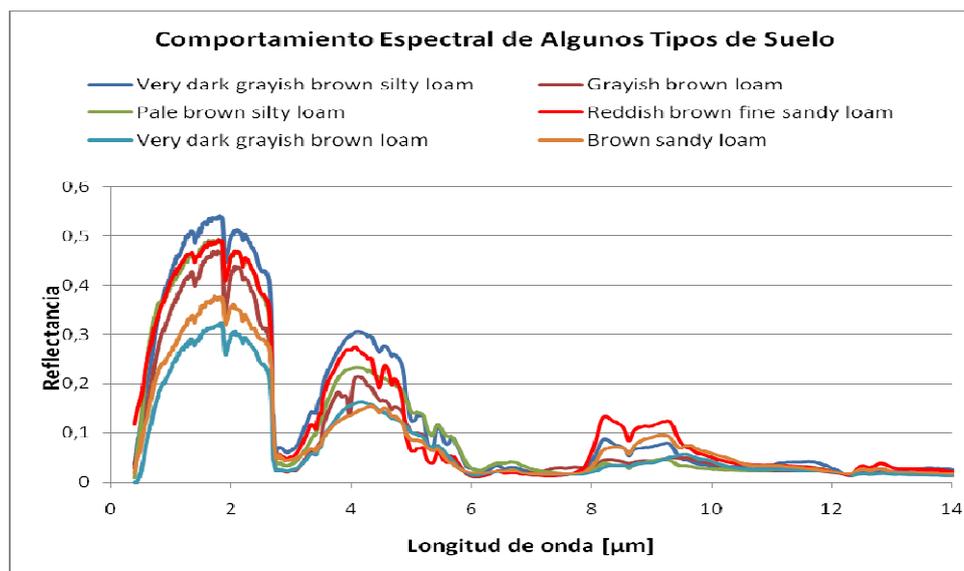


Figura 9: Niveles de reflectividad para los diferentes tipos de suelos a distintas longitudes de onda.

2.5 COMPORTAMIENTO ESPECTRAL DE LOS MINERALES

En general, el comportamiento de los minerales está asociado a su color, los minerales blancos presentan una reflectancia muy fuerte contrario a los minerales oscuros, quienes son fuertemente absorbentes y reflejan poca luz en toda la extensión del espectro. Las micas por su parte tienen baja reflectancia particularmente la biotita, una mica negra, que presenta una absorción cercana al 95% (Scanvic, 1989).

El estudio espectral de los minerales permite mediante técnicas geomáticas la detección de minerales de alteración que son de alto interés a la hora de ubicar algunos yacimientos, acumulaciones de minerales y/o zonas de alteración hidrotermal (Riaza, 2000). La figura 10 muestra firmas espectrales para diferentes tipos de minerales.

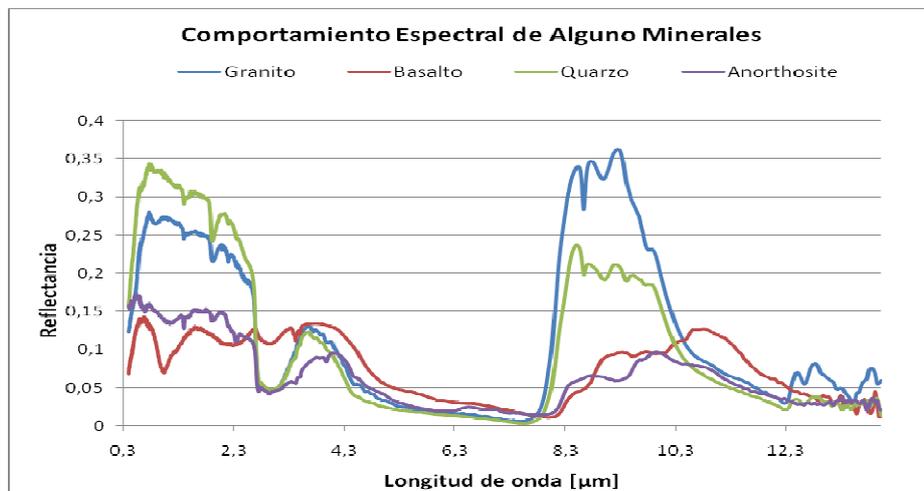


Figura 10: Niveles de reflectividad para los diferentes tipos de minerales a distintas longitudes de onda.

2.6 COMPORTAMIENTO ESPECTRAL DE LA NIEVE

La nieve posee un comportamiento altamente reflectivo en la sección visible del espectro electromagnético, disminuyendo fuertemente hacia el infrarrojo cercano. Los factores que afectan este comportamiento son, entre otros, su grado de compactación, el tamaño de los cristales y el grado de pureza (Pérez & Muñoz, 2006). La figura 11 muestra firmas espectrales para diferentes tipos de nieve.

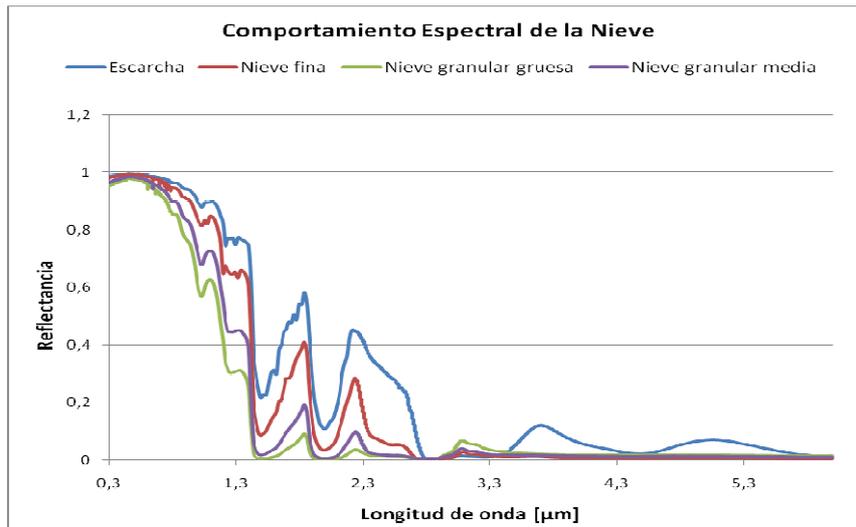


Figura 11: Niveles de reflectividad para los diferentes tipos de nieve a distintas longitudes de onda.

2.7 COMPORTAMIENTO ESPECTRAL DEL AGUA

La reflectividad que presenta el agua es bastante baja (observar magnitudes de reflectancia en figura 12) y con una tendencia descendente a medida que aumenta la longitud de onda. Se ve afectada por factores como el contenido de Clorofila, materiales en suspensión, rugosidad superficial y profundidad (Manzano, 2004). La figura 12 muestra firmas espectrales del agua en diferentes condiciones.

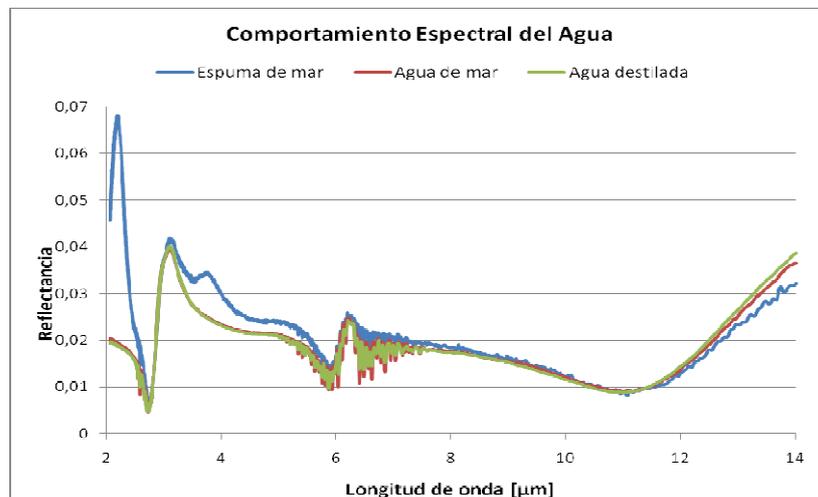


Figura 12: Niveles de reflectividad para el agua en diferentes condiciones a distintas longitudes de onda.

2.8 COMPORTAMIENTO ESPECTRAL DE ELEMENTOS URBANOS DE CONSTRUCCIÓN

Los diferentes elementos del ambiente urbano poseen comportamientos espectrales bastante diversos de acuerdo a su naturaleza y color, es así como en general los diferentes tipos de asfaltos y cementos, también llamados elementos “calientes” presentan una gran absorción en la sección térmica del EE (Towers & Von martini, 2002). La madera a su vez,

varía su comportamiento según su color y la forma e intensidad con la que fue secada (Ananias, et al.2004). La figura 13 muestra firmas espectrales de diferentes materiales de construcción.

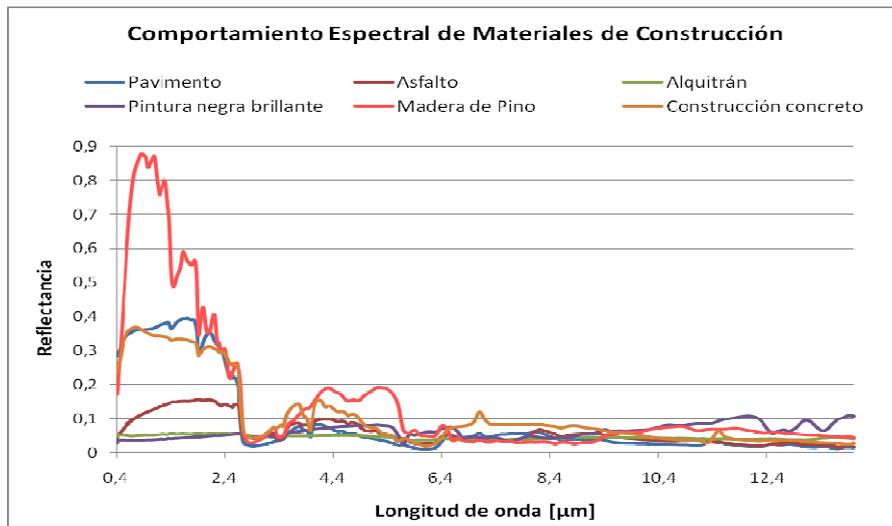


Figura 13: Niveles de reflectividad para diferentes materiales de construcción a distintas longitudes de onda.

3. UTILIZACIÓN DE PATRONES ESPECTRALES EN IMÁGENES TELEDETECTADAS

El reconocimiento de distintos tipos de coberturas, asistido por computador, en función de sus características espectrales se denomina comúnmente clasificación. El objetivo general de la clasificación es asignar un conjunto de píxeles u objetos (conjunto de píxeles) en la imagen digital a un conjunto de clases predefinidas. Ejemplos de clases son tipo de vegetación, suelo desnudo, nieve, o zonas urbanas. Desde este punto de vista, la clasificación puede ser vista como un problema de etiquetación de píxeles u objetos que presentan un patrón espectral similar. Para ello, se construye algo así como una clave de identificación (firma espectral de referencia) con la que se compara la firma espectral a clasificar y se etiqueta con el nombre de aquella a la que "más se parezca" (FIGURA 14).

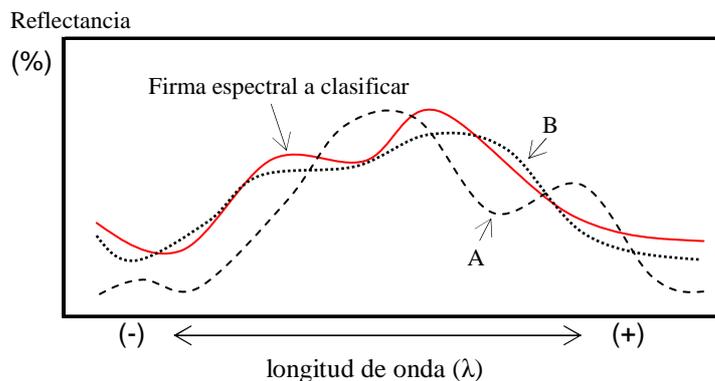


Figura 14: Ejemplo de clasificación de un píxel u objeto, que exhibe la firma espectral representada por la línea roja continua, se compara con las firmas espectrales referenciales de dos clases A y B (por ejemplo: vegetación tipo A y vegetación tipo B). En este caso se clasifica como B debido a su mayor similitud con el patrón espectral referencial B. En procesos de clasificación digital la similitud se mide en términos de distancia euclidiana o estadística n-dimensional, con n igual al número de bandas espectrales disponibles. Es usual dejar sin

clasificar aquellos píxeles u objetos que no tienen suficiente similitud con algunas de las firmas referenciales.

Los patrones espectrales a clasificar son obtenidos de las imágenes teledetectadas de acuerdo a dos enfoques básicos: i) píxel a píxel, ii) orientado a objetos. Tradicionalmente, y en especial para imágenes de resolución espacial moderada, por ejemplo Landsat TM / ETM+, Spot HRV o ASTER, la clasificación opera para patrones espectrales asociados a píxeles. Para ello, dado un píxel cualquiera, se obtiene su firma espectral a través de los niveles digitales que presenta en todas las bandas de la imagen multispectral (A en la figura 15). En cambio, cuando se trabaja con imágenes de alta resolución espacial, por ejemplo QuickBird o IKONOS, es conveniente segmentar la imagen previamente y luego extraer la firma espectral “promedio” del objeto a clasificar (B en la figura 15).

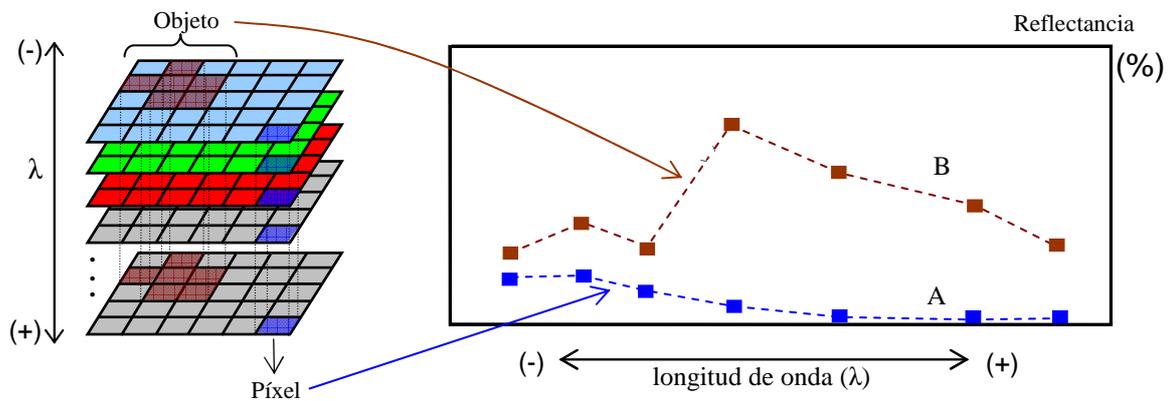


Figura 15: Ejemplo de obtención de firmas espectrales a clasificar, en imágenes teledetectadas, asociadas a píxeles individuales (A) o a objetos obtenidos a través de segmentaciones previas (B). La segmentación consiste en la agrupación de píxeles que tienen una similitud espectral, textural o contextual a través de algoritmos matemáticos.

La firma espectral de referencia debe ser definida para todas las clases que se desea identificar y existen dos formas de obtenerlas:

- Librerías espectrales públicas. Esta opción no es siempre factible debido a que diversos tipos de materiales son específicos de algunas regiones o países y no existen patrones espectrales referenciales. Por ejemplo, en Chile algunos tipos de suelo y gran parte de nuestra vegetación nativa son únicos (endémicos) por lo cual no pueden ser encontrados en ninguna librería espectral extranjera.
- A partir de los datos contenidos en la propia imagen. Este enfoque asume que en la imagen a clasificar se pueden distinguir píxeles que corresponden, con un alto grado de certidumbre, a algunas de las clases que interesa clasificar. Para ello, se debe realizar un proceso de entrenamiento de los algoritmos de clasificación usando estos píxeles de muestra para formar las firmas espectrales que serán usadas como referencia (ver figura 14). Existen dos enfoques para lo anterior: supervisado y no supervisado.

La clasificación supervisada se utiliza cuando el usuario conoce *a priori* para un subconjunto de píxeles de la imagen a qué clase pertenecen. Es necesario contar con áreas de entrenamiento para todas las clases predefinidas. Es deseable tener muestras puras en las que el conjunto de píxeles corresponda a

un sólo tipo de objeto y minimizar la presencia de píxeles ajenos que contaminen la muestra. Se requiere una muestra con un mínimo de $m+1$ píxeles para cada clase, siendo m el número de bandas que se usarán en el análisis, pero se recomienda superar tanto como sea posible este mínimo. Una vez obtenidas las firmas de referencia, existen varios criterios para clasificar cada píxel entre los cuales cabe mencionar:

- Clasificador de mínima distancia (vecino más cercano): es el criterio más sencillo, y consiste en asignar cada píxel a la clase más cercana. Para ello se mide la distancia euclidiana entre el vector de características del píxel en cuestión y la media del agrupamiento de píxeles para cada clase.
- Clasificador de paralelepípedos: este método fija áreas de dominio para cada clase, que forman hipercubos si el espacio es n -dimensional, o simplemente paralelepípedos si el espacio es bi -dimensional. La asignación de cada píxel se efectúa al comprobar la pertenencia a alguna de estas áreas de dominio.
- Clasificador de máxima probabilidad (CMP): es el clasificador más usado y corresponde a una aplicación de la teoría de Decisión Bayesiana⁷. Se asigna el píxel a la clase que muestre la probabilidad a posteriori más alta de ser la correcta.
- Otros criterios de asignación: se han desarrollado métodos alternativos al CMP debido a que frecuentemente no se puede cumplir el requisito de normalidad estadística y a que se debe ser muy cuidadoso al extraer las estadísticas de entrenamiento para no violar el supuesto de unimodalidad. Entre este tipo de clasificadores cabe mencionar: redes neuronales, clasificación borrosa (*fuzzy*), clasificadores de contexto y clasificadores de árbol.

La clasificación no supervisada se aplica cuando no se tienen áreas de entrenamiento disponibles, y se desarrolla a través del análisis de "clusters". En primer lugar, se agrupan los datos de acuerdo a su tendencia natural, y en segundo lugar, se identifica cada grupo por comparación con información de campo. Las clases homogéneas se crean asignando cada píxel a la semilla o centroide adecuada, de acuerdo a un criterio de minimización la varianza residual entre clases, dentro de un proceso iterativo que acaba cuando no se puede mejorar la separación. La forma en que las semillas se seleccionan y la forma en que los píxeles son asignados a dichas semillas dan origen a los diferentes algoritmos de agrupamiento o "clustering". Otros autores proponen localizar las semillas coincidiendo con los picos del histograma de los niveles digitales de la imagen, sin embargo, el criterio más extendido es el llamado ISODATA ("interactive self-organizing data análisis") que selecciona las semillas de forma sistemática a lo largo del rango total de valores de niveles digitales para las bandas de la imagen (ERDAS Imagine Inc. 1999).

4. IMÁGENES HIPERESPECTRALES

Los sensores hiperespectrales son capaces de entregar datos de alta resolución espacial con alta resolución radiométrica (cientos de bandas). Ello hace que la cantidad de datos sea extremadamente elevada y se hable más bien de "cubos" de datos (ver figura 16). Esta característica ha llevado al límite a los métodos tradicionales de clasificación tales como mínima distancia, o máxima verosimilitud (CMP). Por su parte, los enfoques no paramétricos han sido aplicados con éxito, en especial la aplicación de redes neuronales.

⁷ Thomas Bayes, 1742

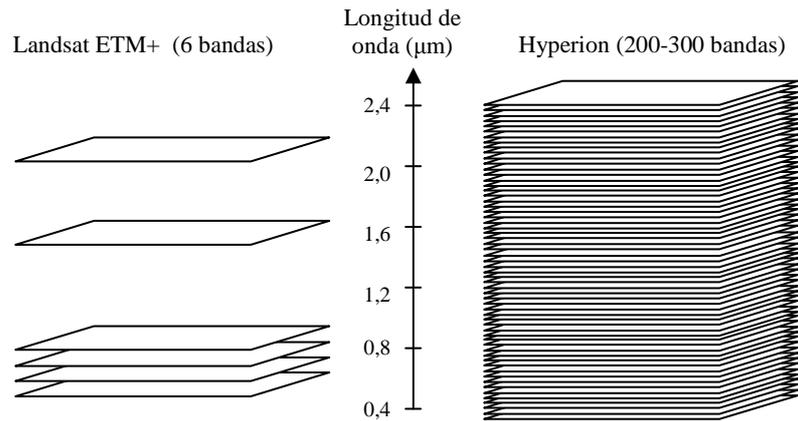


Figura 16: Comparación de resolución espectral entre el sensor multiespectral Landsat ETM+ y el sensor hiperespectral Hyperion. Ambos tienen resolución espacial de 30 m.

Una segunda categoría de técnicas de clasificación para este tipo de datos utiliza modelos de espectroscopia de imágenes. Como ya ha sido explicado, este enfoque requiere contar con patrones de respuesta espectral de librería para todos los posibles tipos de materiales “puros” a encontrar en la escena (“end-members”).

El poder estudiar distintos elementos a distancia con gran precisión, nos permite realizar estudios sobre grandes superficies a costos razonables, en diferentes periodos y en forma selectiva sobre los distintos tipos de elementos presentes en las imágenes. La teledetección, particularmente a través del estudio de patrones de respuesta espectral, nos permite entender el comportamiento de las distintas superficies a lo largo del EE logrando aprovechar características que se desarrollan más allá del alcance del ojo humano

Determinar alteraciones espectrales en la vegetación, permite identificar la presencia de plagas o condiciones de estrés con precisión y rapidez, la determinación de diferentes micrositios (agrícolas y forestales), el monitoreo e inventario de elementos urbanos, son entre otras, actividades que no serían posibles sin el apoyo de la tecnología espacial, el conocimiento de la energía electromagnética, su interacción con la atmósfera y los materiales terrestres