

## Tema 1

### NIVEL DE REFERENCIA

Nivel de referencia puede ser definido como la cantidad de conocimiento almacenado en la mente del intérprete. En general los niveles de referencia puede ser divididos en:

General: Conocimientos en que todo interprete debe tener sobre las ciencias y técnicas de fotointerpretación.

Local: Es el conocimiento real del medio representado en la imagen.

Específico o especializado.: Es el conocimiento y la experiencia profesional de diversas ramas del saber.

## TEMA 2

**Teledetección** es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material, en nuestro caso se trata de objetos situados sobre la superficie terrestre. Para que esta observación sea posible es necesario que, aunque sin contacto material, exista algún tipo de interacción entre los objetos y el sensor.

En este caso la interacción va a **ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor**. Este flujo puede ser, en cuanto a su origen, de tres tipos:

Radiación solar reflejada por los objetos( luz visible e infrarrojo reflejado)

Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico)

Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar)

Las técnicas basadas en los dos primeros tipos se conocen como teledetección pasiva y la última como teledetección activa

**La radiación electromagnética** es una forma de energía que se propaga mediante ondas que se desplazan por el espacio a la velocidad de la luz (300000 Km/s) transportando cantidades discretas de energía (cuantos).

Estas ondas se caracterizan por tener longitudes muy diferentes, desde los rayos X y gamma con longitudes de onda menores de 100 Amstrongs hasta las ondas de televisión y radio con longitudes mayores de un metro. El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético. Dentro del espectro electromagnético se distinguen una serie de regiones en función de la longitud de onda. Las regiones más utilizadas por las diferentes técnicas de teledetección son

### Frecuencia

La frecuencia de una onda responde a un fenómeno físico que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo- se mide en hz

longitud de onda

**La distancia horizontal existente entre dos picos consecutivos, dos valles consecutivos, de la onda electromagnética, medida en múltiplos o submúltiplos del metro (m), constituye lo que se denomina "longitud de onda".**

Amplitud de onda

La amplitud constituye el valor máximo que puede alcanzar la cresta o pico de una onda

### Rayos cósmicos

Los rayos cósmicos proceden del espacio profundo y su frecuencia supera los  $3,0 \times 10^{22}$  Hz (30 ZHz). Esos rayos se componen de ondas cósmicas de la más elevada frecuencia y una alta carga de energía que llegan, incluso, hasta la superficie terrestre. Su efecto resulta mortal si alguien se expone directamente a las mismas en el espacio cósmico sin la debida protección de una escafandra, como las utilizadas por los cosmonautas. Sin embargo, a los habitantes de la Tierra no les llega a afectar de forma directa gracias a la protección natural que proporciona la capa de ozono.

### **Rayos gama:**

Esas radiaciones de frecuencias extremadamente elevadas, liberan una alta energía que puede resultar muy peligrosa y perjudicial para los seres vivos, aunque bien administradas sirven para aplicarlas en el tratamiento de algunos tipos de cáncer, así como para la esterilización del instrumental médico y los alimentos.

Las radiaciones gamma sólo se pueden detener utilizando gruesas paredes de hormigón, revestimiento de planchas de plomo, o empleando grandes cantidades de agua.

### **Rayos X**

Las radiaciones de esos rayos son invisibles para el ojo humano, pero pueden atravesar diferentes tipos objetos, incluyendo el cuerpo humano. Sin embargo, las planchas de plomo no son atravesadas por los Rayos-X, por lo que se emplea normalmente ese metal para proteger al hombre cuando trabaja con aparatos que emiten este tipo de radiaciones.

Los Rayos-X, Son producidos artificialmente por los tubos catódicos.

se emplean fundamentalmente para obtener radiografías de apoyo al diagnóstico médico, así como en investigaciones metalúrgicas, científicas y en el análisis de obras de arte.

### **Rayos ultravioleta (UV)**

La mayor parte de los rayos de Sol que recibe la Tierra, así como los que proporcionan las lámparas que emiten esos rayos, son del tipo UV-A, por lo que tomarlos en exceso puede conllevar a la aparición de cáncer en la piel, mientras que por otro lado son esos propios rayos, tomados con moderación, los que favorecen la creación de vitamina "D" en la propia piel.

No obstante la capa de ozono que cubre la Tierra actúa como filtro natural para amortiguar, en gran medida, esas radiaciones, con el fin de que nos lleguen más debilitadas.

### **Espectro de luz visible**

Esta es la única parte del espectro electromagnético visible para el ojo humano.

El Sol es la principal fuente de luz visible natural que poseemos.

### **Rayos infrarrojos (IR)**

Cualquier molécula, cuya temperatura sea superior a 0º Kelvin ( cero absoluto, equivalente a – 273º C ), emite rayos infrarrojos. Esa emisión se incrementa a medida que las moléculas que integran un cuerpo cualquiera adquieren mayor temperatura.

Los rayos infrarrojos de baja potencia se utilizan para accionar diferentes dispositivos de control remoto como, por ejemplo, el mando de los televisores, intercomunicación entre equipos y dispositivos informáticos (ordenadores o PC y sus periféricos), visión nocturna, fotografía nocturna, etc., mientras que los de alta potencia se emplean para generar calor.

#### **Ondas de radio frecuencia:**

Dentro de ese espectro se incluyen las ondas que permiten la transmisión de señales de radio de amplitud modulada (AM) y frecuencia modulada (FM), incluyendo televisión, teléfono inalámbrico, teléfono móvil o celular, GPS (*Global Positioning System* – Sistema de Posicionamiento Global), controles para gobierno de equipos remotos, hornos microondas, radar, etc.

Ambas teorías pueden complementarse y concluirse que la radiación electromagnética presenta una naturaleza dual, onda- corpúsculo, con lo que pueden explicarse su propagación y su interacción con la materia

### **Cuerpo negro**

Cuerpo que emite y absorbe la cantidad máxima posible de radiación a cualquier  $\lambda$  y cualquier T

Ningún cuerpo en la naturaleza = absolutamente negro

Es capaz de emitir energía en cantidades dependiendo de la temperatura del cuerpo. Así la cantidad de energía emitida por un cuerpo negro aumenta con su temperatura, mientras que la I

La ley de Kirchhoff establece que un cuerpo que es buen emisor de energía es también buen absorbente de dicha energía. Así, los cuerpos de color negro son buenos absorbentes y el cuerpo negro es un cuerpo ideal, no existente en la naturaleza, que absorbe toda la energía. longitud de onda de máxima radiación disminuye según aumenta la temperatura del cuerpo.

**emitancia** es la energía radiante desde una unidad de área y por unidad de tiempo

Potencia emitida por unidad de superficie de la fuente radiante

El coeficiente de emisividad ( $\epsilon$ ), es un número adimensional que relaciona la habilidad de un objeto real para irradiar energía térmica, con la habilidad de irradiar si éste fuera un cuerpo negro:

$$\epsilon = \frac{\text{radiacion emitida por una superficie}}{\text{radiacion emitida si fuera un cuerpo negro}}$$

Un cuerpo negro, por consiguiente, tiene un coeficiente  $\epsilon = 1$ , mientras que en un objeto real,  $\epsilon$  siempre se mantiene menor a 1.

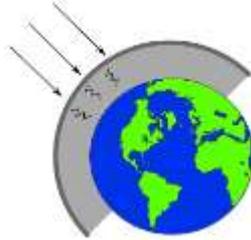
Teniendo en cuenta la Ley de Stefan-Boltzmann, la radiación emitida por una superficie real se expresa como una porción de la que emitiría el cuerpo negro y se expresa como

### Atmósfera:

Puede que para algunos tipos de sensores la atmósfera sea el objeto de estudio, pero en el caso de los satélites que tienen como finalidad el análisis y/o evaluación de los recursos naturales, la atmósfera es un factor que genera interferencias entre la cubierta terrestre y el sensor. Los componentes de la atmósfera, especialmente aerosoles, vapor de agua, CO<sub>2</sub> y ozono interactúan en tres sentidos:

a) **absorción:** la atmósfera absorbe energía en algunos sectores del espectro electromagnético e imposibilita la observación desde el espacio exterior en esas longitudes de onda, es decir que actúa como un filtro selectivo.

Las bandas donde la transmisividad es alta se conocen como **ventanas atmosféricas** y son aprovechadas en teledetección para el estudio de los recursos naturales. Si el objeto de estudio fuera la atmósfera, los sensores explorarían las longitudes de onda donde la absorción atmosférica es mayor.

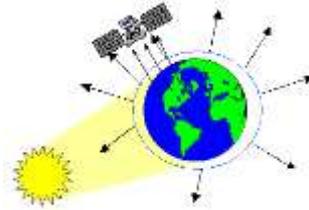


b) **dispersión:** este fenómeno afecta en distinto grado a todo el espectro. Se produce cuando la radiación choca contra partículas en suspensión en la atmósfera (principalmente aerosoles y vapor de agua) y se refleja en cualquier sentido. Es muy difícil de corregir, ya que es variable en tiempo, en espacio y en función de la cantidad de partículas en suspensión.

Las partículas que absorben humedad con facilidad poseen una gran eficiencia como dispersantes por lo que las peores condiciones de claridad atmosférica se dan en el verano cuando la humedad tiende a ser alta.

c) **emisión:** como todos los componentes de la atmósfera están por encima del 0 absoluto emiten energía en distintos valores, de modo que se suman a la energía que recibe el sensor y alteran la respuesta que llega desde la cubierta terrestre. Se debe tratar de corregir estos valores, porque lo que en realidad recibe el sensor es una señal suelo – atmósfera.

A la absorción, dispersión y emisión atmosférica que enmascara la respuesta original de la superficie se la suele agrupar como **ruido atmosférico**.



El sol ilumina la superficie terrestre, ésta refleja esa energía en función del tipo de cubierta presente sobre ella. Ese flujo reflejado es recogido por el sensor, que lo transmite a las estaciones receptoras. Entre la superficie terrestre y el sensor se interpone la atmósfera que dispersa y absorbe parte de la señal original.

La dependencia con la longitud de onda determina que la proporción de energía reflejada, absorbida y/o transmitida varíe para las diferentes longitudes de onda. Esto hace que dos objetos que pueden ser indistinguibles entre sí en un dado rango espectral puedan ser perfectamente diferenciados en otro rango.

#### Interacción de la radiación electromagnética con las distintas cubiertas terrestres:

La radiación incidente sobre la tierra se descompone en tres procesos: reflexión, transmisión y absorción. La relación entre los distintos tipos de flujos de energía responde a la siguiente fórmula:

$$C_i = C_r + C_a + C_t$$

La proporción del flujo incidente que es reflejado, absorbido o transmitido depende de las características de la superficie. Esta proporción varía en distintas bandas del espectro, por eso es importante conocer el comportamiento de las distintas cubiertas en las diferentes longitudes de onda.

#### Características de la radiación energética en el espectro óptico:

Se denomina dominio óptico del espectro a aquel grupo de longitudes de onda directamente dependientes de la energía solar, además se analizará lo correspondiente al infrarrojo medio, cuando los procesos de reflexión se entremezclan con los de emisión.

La radiación cuando entra en contacto con la superficie terrestre puede sufrir cuatro procesos diferentes:

1. Parte será reflejada con un ángulo similar a aquél con el que haya incidido. Recibe el nombre de reflexión ESPECULAR.
2. Parte será reflejada uniformemente en todas las direcciones. Se conoce como reflexión LAMBERTIANA.
3. Parte será absorbida por el objeto, de modo que éste sufre un calentamiento. Más adelante pierde esa energía en forma de radiación en el infrarrojo térmico y el cuerpo se enfría.
4. Parte será transmitida a otros objetos o a la superficie terrestre y no volverá al espacio exterior, donde se encuentra el sensor.

En cuanto a las condiciones de observación, conviene tener presente que la cantidad de energía que llega al sensor depende del ángulo con que la superficie refleje la energía incidente y del ángulo que formen el haz incidente con la posición del sensor.

Esta geometría de observación está estrechamente ligada a la rugosidad que presenta la superficie. A este respecto, pueden distinguirse dos tipos de cubiertas: aquellas que reflejan la energía con el mismo ángulo de flujo incidente (especular) y aquellas que lo reflejan uniformemente en todas las direcciones (Lambertiana). En el primer caso, el sensor sólo recibe energía reflejada del suelo si está situado en la dirección del ángulo de reflexión, siendo nula en cualquier otro caso. Si la superficie es Lambertiana, la radiancia es constante en cualquier ángulo de reflexión.

La dependencia con la longitud de onda determina que la proporción de energía reflejada, absorbida y/o transmitida varíe para las diferentes longitudes de onda. Esto hace que dos objetos que pueden ser indistinguibles entre sí en un dado rango espectral puedan ser perfectamente diferenciados en otro rango.

Cada tipo de material, suelo, vegetación, agua, etc. reflejará la radiación incidente de forma diferente lo que permitirá distinguirlo de los demás si medimos la radiación reflejada. A partir de medidas de laboratorio se ha obtenido la reflectividad para las distintas cubiertas en diferentes longitudes de onda. El gráfico que, para cada longitud de onda, nos da la reflectividad en tanto por ciento se conoce como **signatura espectral** y constituye una marca de identidad de los objetos. Resulta así fácil por ejemplo distinguir entre suelo y vegetación, e incluso entre diferentes tipos de suelo o diferentes tipos de vegetación.

- Propiedades físico – químicas de la cubierta, sería la forma de radiar energía de esa cubierta en laboratorio.
- Condiciones ambientales, ajenas a la cubierta. Pendiente, orientación, latitud y hora del día son factores que influyen en la reflectividad, dependen en gran medida de las condiciones de iluminación. En el caso de observar vegetación influye también la fisiología de la planta y el grado de cobertura del suelo. El sensor con su resolución espacial (tamaño de la mínima unidad que observa) incide también en la imagen resultante, ya que puede recoger una señal nítida o un promedio entre dos o más cubiertas vecinas. En el gráfico se muestran cuatro de las principales cubiertas que pueden aparecer en una imagen: vegetación (sana y enferma), suelo desnudo, agua y nieve. Algunas cubiertas tienden a presentar una respuesta uniforme en distintas longitudes de onda, mientras que otras ofrecen un comportamiento mucho más selectivo.

#### **Vegetación:**

Hay muchos factores que inciden en la reflectividad de la vegetación que presenta un comportamiento muy cromático, con valores bajos en el espectro visible y más elevados en el infrarrojo cercano:

- Características de la hoja: estado fenológico, contenido de humedad, forma, etc.
- Características morfológicas de la planta: altura, perfil, disposición de las hojas, cantidad de capas de hojas, cobertura del suelo, etc.
- Ubicación de la planta: pendiente, orientación, asociación o no con otras especies, diagrama de plantación, etc.

Los factores mencionados introducen algunas variaciones, pero en general la vegetación sana refleja poco en las bandas visibles, con un máximo en la porción verde (0,5  $\mu\text{m}$ ), mucho en el infrarrojo cercano y luego va disminuyendo su reflexión en el infrarrojo medio.

Este comportamiento responde a la presencia de pigmentos fotosintéticos y agua en el interior de las hojas. Los pigmentos absorben en las bandas visibles (por eso la baja reflectividad). Clorofila, xantófilas y carotenos absorben en proximidades de los 0,445  $\mu\text{m}$  y la clorofila tiene un nuevo pico de absorción cercano a los 0,645  $\mu\text{m}$ . Entre ambos picos de absorción aparece la mayor reflectividad en las bandas visibles (coincide con el verde) y explica el color con el que vemos a la vegetación vigorosa.

En el infrarrojo cercano (entre 0,7 y 1,3  $\mu\text{m}$ ) se presentan los mayores valores de reflectividad de la curva, esto parece explicarse por la estructura interna de las hojas. Actúa el mesófilo (capa esponjosa, con cavidades de aire) que difunde y dispersa la mayor parte de la radiación incidente de esta porción del espectro. Como la estructura de la hoja presenta grandes variaciones según las especies, esta banda es más útil que las bandas visibles para diferenciar especies vegetales.

A partir de 1,4  $\mu\text{m}$  se evidencia la absorción de energía por parte del agua y la curva de reflectividad cae bruscamente en el infrarrojo medio. Hay dos picos bien definidos de reflectividad en estas longitudes, que responden a la absorción del agua (1,6 y 2,2  $\mu\text{m}$ ). La observación en esta parte del espectro sirve para conocer el estado de vigor de la hoja, con relación a su contenido de humedad.

Cuando la vegetación ha tenido algún tipo de estrés (sequía, enfermedades, incendios, etc.) muestra un comportamiento espectral notoriamente distinto. Aumenta la reflectividad en las bandas visibles, porque al encontrarse disminuidos o alterados los pigmentos es menor la absorción y cae la reflectividad en el infrarrojo cercano por la alteración del mesófilo y la variación interna en el contenido de aire, que hace menor la difusión.

Suelos:

La curva espectral de un suelo desnudo es ascendente desde el espectro visible hasta el infrarrojo. Depende de la composición químico - física, la estructura, la textura y el contenido de humedad.

Considerando las características físicas, la reflectividad es mayor en suelos más secos y con bajo contenido en materia orgánica. En las longitudes de onda más largas la humedad del suelo incide directamente en la reflectividad, es menor a mayor cantidad de agua.

Agua:

La mayor reflectividad del agua se da en las menores longitudes de onda, que corresponden a los colores azul y verde (tonos en que nosotros la percibimos). Aunque en general la reflectividad es baja en todo el espectro, pues el agua absorbe o trasmite la mayor parte de la energía que recibe, la máxima absorción se da en las mayores longitudes de onda.

La profundidad y el contenido de materiales en suspensión influyen en la reflectividad. Si son aguas poco profundas el fondo hace su aporte en la reflectividad y eleva la curva, mientras que los cuerpos de agua de mayor profundidad se presentan más oscuros.

Si hay clorofila en suspensión (por presencia de algas) disminuye la reflectividad en la banda azul y aumenta levemente en el verde y el infrarrojo cercano, por eso el agua se verá con tonalidades verdosas. Si hay arcilla en suspensión la reflectividad será mayor en la banda roja y veremos el agua con apariencia barrosa.

También influye en la reflectividad la apariencia de la superficie. Si el agua está plana (tranquila) es mínima la reflexión. Al tornarse rugosa la superficie (por oleaje) la reflectividad aumenta por que la reflexión es más difusa.

Nieve:

La nieve presenta una reflectividad alta y constante, pues refleja la mayor parte de la energía incidente a distintas longitudes de onda. Presenta una curva de reflexión bastante homogénea, aumenta brevemente en el infrarrojo cercano. Por este motivo aparece blanca en todas las bandas.

<http://www.caece.edu.ar/tea/recursos.htm>