

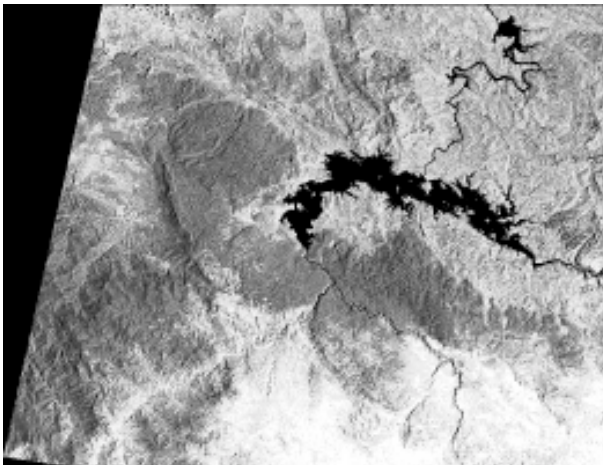


# Percepción remota

*Miguel Ángel Castillo*

Quizás una de las herramientas que más ha fortalecido el desarrollo de los sistemas de información geográfica (SIG) ha sido la percepción remota, es decir, la técnica o conjunto de técnicas que permite medir y registrar la energía electromagnética reflejada o emitida por la superficie de la Tierra, y relacionar tales mediciones con su naturaleza y distribución. Involucra también toda la serie de procesos que se utilizan para su análisis.

Los sistemas de percepción remota constan de tres elementos, una fuente de iluminación, un sensor y el objeto observado. Pongamos de ejemplo a nuestro siste-



ma visual: nosotros podemos ver los objetos que hay a nuestro alrededor debido a la luz que reflejan; nuestros ojos funcionan como sensores y la luz del sol es la fuente de iluminación. Sólo podemos ver a los objetos porque reflejan una determinada energía que nuestros ojos y cerebro procesan.

Las fotografías aéreas fueron durante muchos años uno de los productos de la percepción remota más utilizados; funcionaron como insumo principal para la elaboración de toda la cartografía base de nuestro país. Sin

embargo, con el advenimiento de la tecnología satelital en la exploración de los recursos naturales y el desarrollo de equipos de cómputo de alta capacidad y velocidades de procesamiento, las imágenes digitales de satélite se convirtieron en una de las opciones más adecuadas para trabajar grandes áreas de manera rápida y a bajo costo.

**El primer inventario forestal a escala nacional se realizó con fotografías aéreas y fueron necesarios 25 años para abarcar todo el territorio, mientras que las últimas ediciones de este estudio periódico se han tardado un año y medio en promedio con el auxilio de las imágenes de satélite y los SIG.**

Innegablemente las fotografías aéreas representan uno de los medios que proporciona mayor detalle espacial, e incluso la posibilidad de ver en tercera dimensión con un par de ellas (par estereoscópicas). Ésta es una habilidad insustituible, pero su naturaleza analógica las hace difíciles de procesar por medios automatizados, lo cual deriva en un incremento en los tiempos de procesamiento, costos y en algunos casos, pérdida de actualidad. Ejemplo típico de ello son los inventarios forestales a escala nacional; el primer inventario se llevó a cabo con fotografías aéreas y fueron necesarios 25 años para abarcar todo el territorio nacional, mientras que las últimas

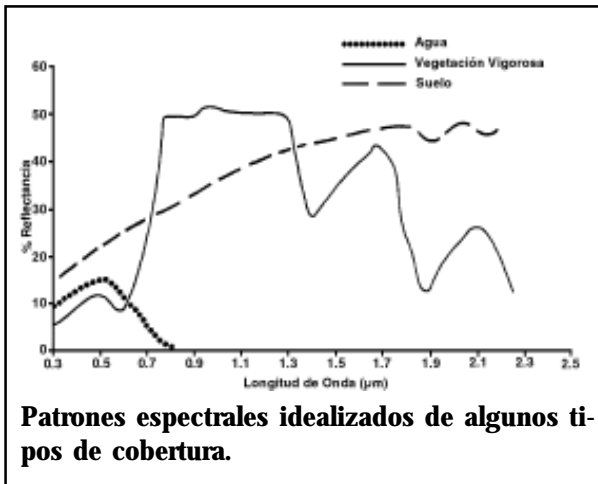
**Valores bajos del rojo y altos en el infrarrojo indicarán presencia de vegetación, lo contrario indicará otro tipo de materiales. Existen satélites que registran información de estas regiones espectrales y permiten monitorear fácilmente la distribución de los recursos forestales.**



ediciones de este estudio periódico se han tardado un año y medio en promedio con el auxilio de las imágenes de satélite y los SIG.

Puede concebirse a una imagen de satélite como un arreglo matricial de hileras y columnas, donde cada uno de los números que se encuentran en sus celdas representa un indicador de la intensidad de la energía electromagnética reflejada o irradiada por la superficie terrestre. Nótese que no se habla únicamente de la luz visible como en el caso de la fotografía aérea, sino que también otros tipos de radiación electromagnética pueden ser susceptibles de registrarse. Los satélites dedicados a la exploración de la superficie de la Tierra llevan a bordo sensores que les permiten registrar energía de regiones espectrales en ocasiones diferentes a la luz visible, y en ese sentido funcionan como ojos adicionales que nos permiten detectar aquel tipo de luz (o radiación) que es invisible a nuestros sentidos.

Seguramente se preguntarán ¿por qué insistir tanto en la importancia de la radiación no visible? Parte de la explicación radica en la gráfica siguiente que nos muestra cómo los objetos reflejan la luz de diferente manera, dependiendo de su naturaleza.



La vegetación vigorosa presenta un pico de reflectancia en la zona de color verde de la luz visible (de 0.5 a 0.6 mm), en otras palabras, nosotros vemos a las plantas de color verde porque reflejan la mayor parte de la energía cuyas longitudes de onda corresponden a este color. La energía cuyas longitudes de onda corresponden al azul y rojo es absorbida por las plantas vigorosas para realizar sus procesos fotosintéticos. Al acercarse el verano algunas plantas disminuyen su actividad fotosintética, lo que trae como consecuencia un



**Fotografía aérea escala 1:20,000 de 1996. Poblados El Paraíso y Revolución, en los límites de los municipios de La Trinitaria y Frontera Comalapa.**

aumento en la reflectancia del rojo, la combinación de estos dos colores (rojo + verde) produce tonalidades amarillas.

Este tipo de cobertura también presenta una reflectancia muy alta en la región del infrarrojo cercano (0.7 a 1.4 mm). Se ha encontrado que esos valores se reducen cuando las plantas disminuyen su vigor, así que imaginemos a un sensor que puede registrar mediciones en la región del rojo y del infrarrojo cercano; valores bajos del rojo y altos en el infrarrojo indicarán presencia de vegetación, lo contrario indicará la presencia de otro tipo de materiales; el cociente de estos dos valores IR/R, también conocido como índice de vegetación, será muy alto en la medida que el vigor de la vegetación también lo sea. Existen satélites que registran información de estas regiones espectrales periódicamente y que nos permiten monitorear con facilidad la distribución de los recursos forestales a escala regional.

El cálculo de los índices de vegetación es sólo uno de los muchos procesos digitales que se pueden aplicar a las imágenes de satélite, y puesto que la lista es enorme sólo mencionaré uno de los más populares, el de la clasificación automatizada. Lo que se pretende con este proceso es convertir los indicadores de reflectancia presentes en una imagen a un mapa de tipos de cobertura y en esencia se hace uso de los patrones espectrales y del conocimiento del área.

Los satélites también son diversos en función de



factores como su resolución espacial, el número de regiones espectrales o bandas que registran, periodicidad con la que se obtienen las escenas, etcétera. Algunos de los más conocidos son los sensores AVHRR (advanced very high resolution radiometer) con imágenes que pueden abarcar un país diariamente y el MODIS (moderate resolution imaging spectrometer), ideales para el monitoreo en gran escala de la biosfera; la serie Landsat y SPOT, adecuados para trabajos a nivel de mayor deta-

lle, su área de cobertura es de aproximadamente 170x170 km y 60x60 km respectivamente. Han comenzado a surgir también otros más adecuados para trabajos urbanos o en áreas pequeñas y que pueden producir cartografía de mucho detalle, como el sensor IKONOS.

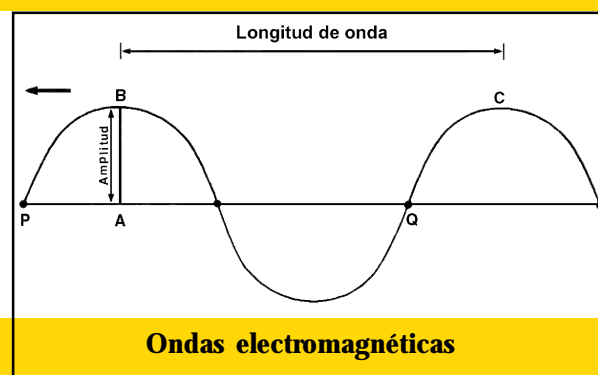
Espero que este repaso de algunos conceptos haya despejado dudas (y quizás creado otras) sobre lo que significa el trabajo en el área de percepción remota aplicado al estudio de los recursos naturales. J

## La naturaleza de la luz

La naturaleza de la luz ha sido estudiada por muchos científicos durante años. En una de las primeras teorías sostenida por Isaac Newton en 1670 se proponía que la luz estaba compuesta por partículas que se transportaban por el espacio en línea recta. James Clerk Maxwell en 1860 propuso la teoría de las ondas electromagnéticas al encontrar que la luz presentaba un comportamiento similar al de las ondas de radio. Varios años más tarde, Max Plank con su teoría de la mecánica cuántica revolucionó el pensamiento de la época al describir la luz como paquetes de energía denominado cuantos. Por último, Louis de Broglie en 1924 unificó la teoría electromagnética y la de los cuantos al demostrar la naturaleza dual de la luz.

De esta manera los rayos X, los rayos ultravioleta, la luz visible, el infrarrojo, la microondas, las ondas de radio, corresponden a diferentes tipos de radiación electromagnética que pueden ser descritos en términos de un flujo de fotones, los cuales son partículas sin masa que viajan en forma de onda a la velocidad de la luz. La única diferencia encontrada entre los rayos X, la luz visible y las ondas de radio es la cantidad de energía hallada en los fotones.

Una forma muy conveniente de describir la radiación electromagnética es mediante sus propiedades ondulatorias; si las ondas se organizan en un continuo de acuerdo a sus longitudes, obtenemos el espectro electromagnético en donde



Ondas electromagnéticas

las ondas más cortas o las de mayor energía corresponderán a los rayos gamma (obtenidos de la fisión nuclear) y las longitudes de onda más largas, las menos energéticas corresponderán a las ondas de radio.

Isaac Newton fue el primero en demostrar que luz blanca en realidad está compuesta de una combinación de colores o longitudes de onda. La luz visible en realidad ocupa una porción muy pequeña del espectro electromagnético; se pueden distinguir tres regiones dentro de ella: la del azul que va de 0.4 a 0.5 mm (=micras), la del verde, de los 0.5 a los 0.6 y finalmente el rojo, que va de los 0.6 a los 0.7 mm; cualquier otro color se puede definir como la combinación de éstos.

