

Teledetección: Imágenes satelitales y Fotografía aérea

Contenido:

- **El espectro electromagnético**
- **Elementos de un sistema de teledetección**
- **Imágenes satelitales**
- **Fotografía aérea**



Cátedra de Edafología
Facultad de Agronomía y Zootecnia
Universidad Nacional de Tucumán

www.edafologia.com.ar



TELEDETECCIÓN

Imágenes Satelitales y Fotografía aérea

Ing. Agr. Juan Fernández de Ullivarri
Mg. Ing. Agr. Roberto D. Corbella

La teledetección o percepción remota puede ser definida, en sentido amplio, como la obtención de información de un objeto si tener contacto físico con el mismo (Canoba, 1980). El equipo o instrumental capaz de medir y registrar las variaciones de energía irradiada por los objetos se denomina "sensor", generalizándose con el nombre de "Sensores remotos" (SR) a todos los instrumentos o técnicas que permiten obtener este tipo de información. Nos encontramos, de esta manera, con una amplia gama de estos dispositivos que va desde las cámaras fotográficas comunes hasta los satélites. La creciente necesidad de evaluar los recursos naturales para su mejor aprovechamiento hace de los SR la herramienta más apropiada para estos fines.

Actualmente los SR se utilizan en el relevamiento de suelos, de recursos forestales, estudios geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, de vegetación, de urbanismo, meteorológicos, y estudios más específicos como enfermedades de cultivos, ataques de plagas, estimación de cosechas, etc.

Hay dos clases de teledetección remota principalmente: teledetección remota pasiva y teledetección remota activa:

- Los teledetectores pasivos detectan radiación natural emitida o reflejada por el objeto o área circundante que está siendo observada. La luz solar reflejada es uno de los tipos de radiación más comunes medidos por esta clase de teledetección. Algunos ejemplos pueden ser la fotografía y los infrarrojos.
- Los teledetectores activos por otra parte emiten energía para poder escanear objetos y áreas. Un radar es un ejemplo de teledetector activo, el cual mide el tiempo que tarda una emisión en ir y volver de un punto, estableciendo así la localización, altura, velocidad y dirección de un objeto determinado.

EL ESPECTRO ELECTRO-MAGNETICO

Se puede definir cualquier energía radiante en función de su longitud de onda y su frecuencia. Aunque los valores de longitudes de onda son continuos, se establece una serie de bandas en donde la radiación electro-magnética manifiesta un comportamiento similar. La organización de estas bandas de longitudes de onda o frecuencia se llama espectro electromagnético (Figura 1).

Las bandas más empleadas en teledetección son las siguientes:

- **Espectro visible:** (400 nm a 700 nm) se denomina así por tratarse de la única radiación electromagnética que pueden percibir nuestros ojos, coincidiendo con las longitudes de onda en donde es máxima la radiación solar. Dentro de esta se distinguen tres bandas fundamentales: Azul (400 nm a 500 nm), verde (500 nm a 600 nm) y rojo (600 nm a 700 nm).
- **Infrarrojo próximo:** (700 nm a 1300 nm) se utiliza para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad (NDVI).
- **Infrarrojo medio:** (1,3 μ m a 8 μ m) en esta franja se entremezclan los procesos de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre. Se utiliza para estimar contenido de humedad en la vegetación y los focos de alta temperatura.
- **Infrarrojo lejano o térmico:** (8 μ m a 14 μ m) se detecta el calor de la mayoría de las cubiertas terrestres.
- **Microondas:** (a partir de 1 μ m) de gran interés por ser un tipo de energía transparente a la cubierta nublada.

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE TELEDETECCIÓN

Un sistema de teledetección incluye los siguientes elementos:

- **Fuente de energía:** pasiva o activa

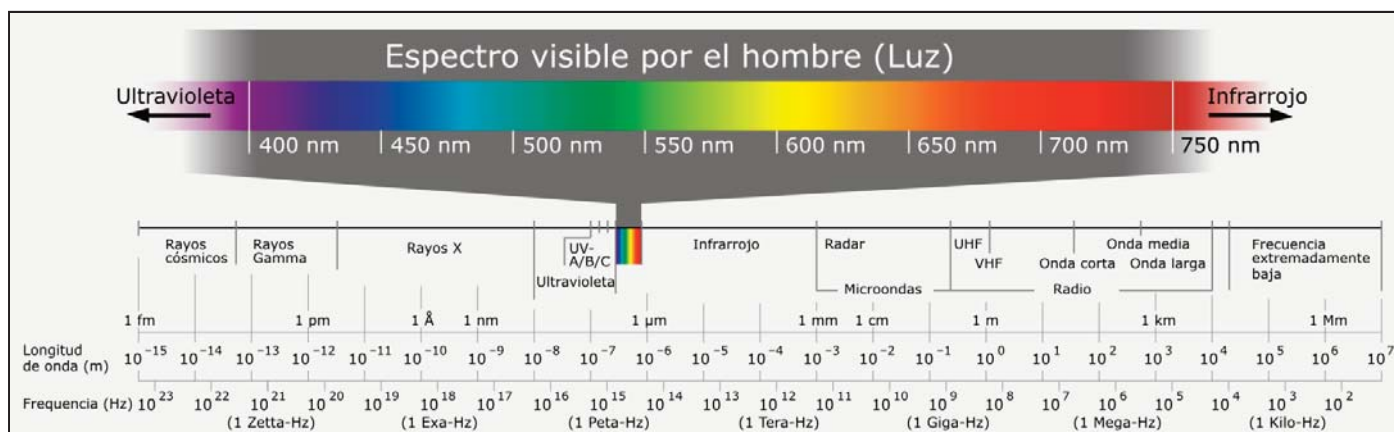


Figura 1: espectro electromagnético y detalle del espectro de luz visible.

- **Cubierta terrestre:** formada por distintas masas de vegetación, suelo, agua, construcciones, etc. Que reciben la señal energética y la reflejan de acuerdo a sus características físicas.
- **Sistema Sensor:** compuesto por el sensor propiamente dicho y la plataforma que lo alberga (ej. Avión o satélite). El sensor capta la energía, la codifica, graba y la envía a un sistema receptor.
- **Sistema receptor:** recibe la información del sensor, la graba en un formato adecuado y la distribuye.
- **Intérprete:** recibe la información y la convierte en datos de interés.
- **Usuario final.**

IMÁGENES SATELITALES

La teledetección desde satélite complementa a otros medios de observación como la fotografía aérea y los trabajos de campo. Tiene, además, algunas características que la distinguen como ser:

- Cobertura global y periódica de la superficie terrestre
- Se pueden obtener imágenes repetitivas de la mayor parte de la Tierra, incluso de áreas inaccesibles (polos, desiertos, amazonas). La repetitividad de las imágenes permite entender, estudiar y analizar fenómenos climáticos a través del tiempo (ej deforestación, desertificación). Además ciertos procesos de cambios ambientales sólo pueden ser entendidos bajo una consideración global, por lo que se necesita un sistema de información que abarque grandes espacios.
- Visión panorámica
- La altura orbital del satélite permite detectar grandes espacios, proporcionando una visión amplia de los hechos geográficos. Una fotografía aérea escala 1:18.000 capta en una sola imagen una superficie aproximada de 16 km², que asciende a 49 km² en el caso de fotografías a mayor altitud. Una imagen satelital Landsat nos permite contemplar 34.000 km² en una sola adquisición. Una imagen NOAA llega a 9 millones de km²
- Información sobre regiones no visibles del espectro
- Los sensores óptico-electrónicos facilitan imágenes sobre áreas no accesibles al ojo humano o la fotografía convencional, como es el caso del infrarrojo medio o térmico o las microondas. Estas bandas del espectro proporcionan una valiosa información para estudios medioambientales. Por ejemplo el infrarrojo medio sirve para detectar focos de alta temperatura (incendios forestales) o escapes radioactivos de cierta envergadura (Chernobyl fue detectado por un satélite Landsat antes que las autoridades soviéticas reconocieran la gravedad del hecho).

- Formato digital
- El tratamiento digital de las imágenes agiliza el proceso de interpretación y permite integrar los resultados con otro tipo de información geográfica.

RESOLUCIÓN DE UN SISTEMA SENSOR

El concepto de resolución implica cuatro manifestaciones: espacial, espectral, radiométrica y temporal.

Resolución espacial

Designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre la imagen. La resolución espacial de los sensores de observación terrestre recoge un rango bastante amplio, que abarca desde 1m hasta 5 km de lado de cada pixel.

Se trata de una de las características más importantes que hay que considerar a la hora de elegir imágenes, porque determina de forma directa qué rasgos del terreno pueden cartografiarse. Esto es muy importante para evaluar los costos del proyecto dado que, generalmente, cuanto más detallada es una imagen más cara resulta por unidad de superficie.

Resolución espectral

Este término define el número y anchura de las bandas espectrales que el sensor es capaz de medir. Las longitudes de onda se expresan en micras (um). El número de bandas se utiliza asimismo para explicar cómo mide el sistema la reflectancia de varias longitudes de onda distintas. Por ejemplo, un sensor multiespectral de cuatro bandas mide la energía en cuatro longitudes de onda diferentes. Hay que tener en cuenta, no obstante, que una imagen multiespectral se compone casi siempre de tres bandas como mínimo porque una imagen a color sólo puede crearse adicionando los tres colores fundamentales (rojo, verde y azul).

Un sensor será tanto más idóneo cuanto mayor número de bandas proporcione, ya que facilita la caracterización de distintas cubiertas. Por ejemplo Spot trabaja con 3 bandas (rojo, verde e infrarrojo cercano), Landsat con 7 (Figura 2).

Resolución Radiométrica

Hace mención a la sensibilidad de sensor, en el caso de sistemas fotográficos se refiere al número de niveles de gris recogido por la película. En sensores electrónicos se mide en bits. La mayoría de los sensores trabaja con 256 niveles ($8 \text{ bits} = 2^8 = 256$)

Resolución temporal

Se refiere a la frecuencia de cobertura, o sea a la periodicidad con la que se adquiere la imágenes de la porción de superficie terrestre. Los satélites meteorológicos

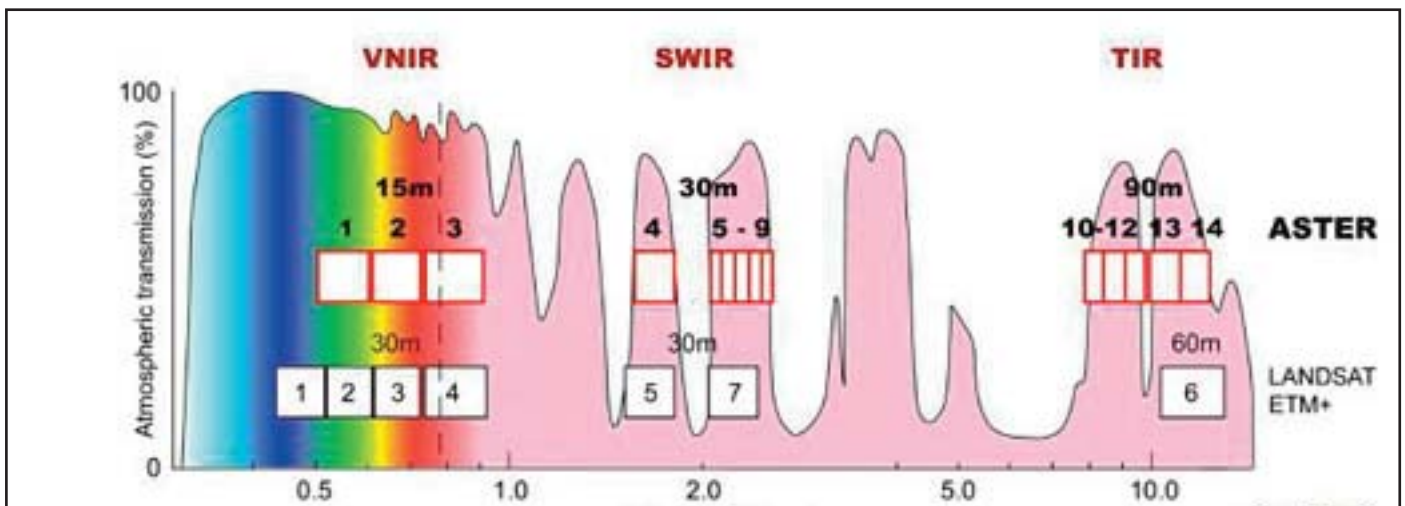


Figura 2: bandas espectrales ASTER y Landsat. La curva de fondo indica la transmisión atmosférica. Se indican las posiciones de las bandas espectrales (rojo: ASTER de 14 bandas, negro: Landsat de 7 bandas). A. Kääb.

proporciona una imagen cada 30 minutos, en cambio los satélites de recursos naturales ofrecen una cadencia mucho menor: entre los 16 días del Landsat y los 31 días del ERS.

TIPOS DE ÓRBITA

Los satélites de observación de la tierra, se dividen, según su órbita, en satélites de órbita baja (LEO) y satélites de órbita geoestacionaria (GEO).

- Los LEOs (Low Earth Orbit) varían en un rango de típicamente, 200 a 1200 km sobre la superficie terrestre, lo que significa que poseen periodos comprendidos entre 90 minutos y 5 horas y por lo tanto son excelentes candidatos para realizar exploraciones exhaustivas de la superficie terrestre (detección de incendios, determinación de la biomasa, estudio de la capa de ozono, etc.). Ej.: Landsat
- los GEOs tienen una órbita fija a 35875 km de distancia, en órbita ecuatorial, por las características de la órbita geoestacionaria, siempre permanecen fijos en el mismo punto. Son excelentes para estudios de meteorología (Meteosat).

TIPOS DE SALITES

LandSat: Los LandSat son una serie de satélites construidos y puestos en órbita por Estados Unidos para la observación en alta resolución de la superficie terrestre. Los LandSat orbitan alrededor de la Tierra en órbita LEO, a 705 km de altura. Están equipados con instrumentos específicos para la teledetección multispectral. Resolución espacial 30 m. Resolución Temporal 16 días.

SPOT: Los satélites Spot (Sistema Probatorio de Observación de la Tierra o Satélite Para la Observación de la Tierra) son una serie de satélites de teledetección

civiles de observación del suelo terrestre. Lanzado por Francia, en colaboración con Bélgica y Suecia. Órbita LEO a 822 km. Resolución espacial 10 m. Resolución Temporal 2 a 3 días.

GOES: Es un satélite meteorológico de órbita GEO del programa estadounidense del National Weather Service "NWS" de la NOAA. Los datos de imágenes y de sonda del GOES son continuos y proveen una corriente de información ambiental para soportar el pronóstico del tiempo, el seguimiento de tormentas severas, y para investigación de meteorología. Resolución espacial 5 km. Resolución Temporal 30 minutos.

Meteosat: Meteosat son una serie de satélites meteorológicos de órbita GEO construidos y lanzados por la Agencia Espacial Europea (ESA). Proporcionan información meteorológica a África y Europa. Resolución espacial 5 km. Resolución Temporal 30 minutos.

MODIS: Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) es un instrumento científico lanzado en órbita terrestre por la NASA en 1999 a bordo del satélite Terra (EOS AM) y en 2002 a bordo del satélite Aqua. Resolución espacial 250 m, 500 m y 1000 m. Resolución Temporal 12 horas.

Radarsat: Lanzado el 4 de noviembre de 1995, es el resultado de un consorcio entre el Gobierno Canadiense, la industria privada y la NASA. Difiere de los sensores ópticos en el tipo de datos adquiridos y la forma de hacerlo. Los sistemas ópticos multispectrales, como Landsat y SPOT, son sistemas pasivos que utilizan la luz solar reflejada por la Tierra para la formación de imágenes de la superficie del planeta (pasivos). Como los datos se recogen a frecuencias correspondientes al espectro visible, la presencia de nubes, polvo, humo, etc. impide obtener imágenes útiles. Radarsat, por el contrario, utiliza un Radar de

Abertura Sintética (SAR) que envía sus propias señales de microondas y procesa sus reflejos en la superficie terrestre. Al ser un sensor activo, la longitud de onda más larga facilita la penetración atmosférica y permite colectar datos bajo condiciones atmosféricas adversas

FOTOGRAFÍA AÉREA

CARACTERÍSTICAS DE LAS FOTOGRAFÍAS AERIAS VERTICALES

Tamaños: Los fotogramas son copias de contacto, del mismo que el negativo. Existen varios tamaños, siendo los más habituales: 18 x 18 cm, 23 x 23 cm.

Papel: puede ser

- a) Simple peso: se deforma fácilmente con la humedad y la temperatura, no resiste mucho uso.
- b) Doble peso: sufre deformaciones, se lo utiliza para los trabajos a campo.

Según la superficie del mismo:

- a) Mate: se puede dibujar sobre ella con cualquier tipo de lápiz.
- b) Brillante: proporciona una mejor definición de la imagen, solo puede dibujarse con lápices grasos.
- c) Semimate: con características intermedias.

Escalas: la escala de la fotografía surge de la relación que existe entre la Distancia Focal y la Altura de Vuelo. La distancia focal es un valor que varía muy poco de cámara en cámara (100-155 mm), siendo la altura de vuelo mucho más variable, obteniéndose de esta manera distintas escalas. Las más comunes son: 1:20.000, 1:35.000 y 1:60.000. En uno de los márgenes de las fotos suelen venir impresos 4 relojes. A través de estos no sólo podemos determinar la escala, en el caso de que sea desconocida, sino que además podemos evaluar algunas condiciones en las que se realizó el vuelo.

Recorridos y recubrimientos: El sentido de recorrido del avión es de Este a Oeste, o viceversa. En algunas zonas se pueden encontrar vuelos en sentido Norte-Sur (o viceversa) pero son poco frecuentes. Los vuelos se realizan de forma tal que entre un recorrido y otro, haya una superposición que puede variar entre un 15% y un 30%. Esto se conoce como Recubrimiento Lateral y el fin que persigue es que no quedan espacios sin fotografiar. Además, en cada recorrido las fotos se sacan con una frecuencia tal, de manera que exista entre cada foto y la siguiente una Superposición del 60%, a esto se denomina Recubrimiento Longitudinal, y es lo que permite ver en Esteroscopia.

Adquisición de las fotografías: Instituto geográfico Militar (IGM), INTA, Servicio de Hidrografía Naval (SHN).

MOSAICOS

Son mapas fotográficos que se pueden confeccionar con Fotografías Aéreas o con Imágenes satelitales. Para el primer caso el mosaico se realiza pegando los fotogramas uno al lado del otro, eliminando las superposiciones y por medio de una técnica especial que procura que las líneas de unión entre fotogramas sea lo menos visible (Figura 3).

- **Ventajas y usos:** permiten tener una visión global de la zona a relevar. Se pueden separar distintos ambientes o paisajes, y ubicar en estos, "áreas muestras" para fotointerpretar. En algunos tipos de mosaicos se pueden hacer mediciones con exactitud (por ejemplo: superficies de determinadas cuencas, distancias relativas etc.).
- **Desventajas:** al eliminarse las superposiciones no se puede lograr la "sensación" de relieve por medio de la estereoscopia.

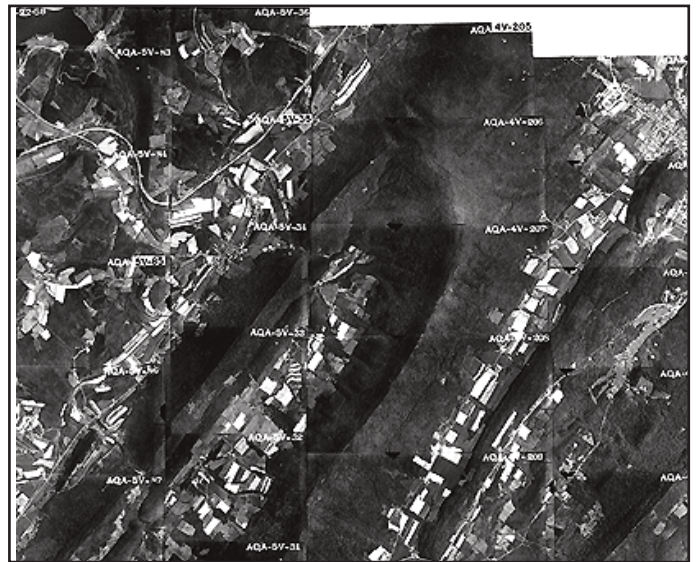


Figura 3: Mosaico de fotografías aéreas. Fuente: Commodity Stabilization Service USDA

TIPOS DE MOSAICOS

- **Controlados:** Se acoplan las fotos de acuerdo a una serie de puntos ubicados sobre las mismas, y que generalmente representan puntos geodésicos de las cartas topográficas.
- **Semicontrolados:** En estos, los puntos de apoyo que se utilizan para acoplar las fotos son identificados a simple vista, siendo los elementos fácilmente observables, tanto en la foto como en la carta.
- **Incontrolados:** las fotos o imágenes se acoplan tratando de empalmar, lo más perfectamente posible, reces hidrográficas, caminos, límites de potreros, rasgos topográficos, entre otros, sin ningún control con la carta topográfica del IGM.

ESCALAS

Los mosaicos de fotografías aéreas suelen confeccionarse a escalas detalladas o muy detalladas: 1-20.000 - 1:10.000 - 1:5.000.

FOTOINDICES

Son fotografías a escala reducida que se toman de un grupo de fotogramas ubicados sobre una mesa o cualquier superficie plana. Estos fotogramas se ordenan según sus recorridos y superposiciones correspondientes, de manera que sean visibles los números de los mismos. Tienen poca definición y contraste irregular. Se utilizan únicamente para localizar las zonas y las fotografías que se necesitan.

Escalas: las más comunes son: 1:100.000 a 1:500.000

ESTEREOSCOPIA

Es conocido que para ver "en relieve" se deben observar simultáneamente los objetos desde distinto ángulo. Si tenemos dos fotografías de un mismo terreno tomadas desde distinto ángulo, sólo falta poder coordinarlas mentalmente para obtener la visión estereoscópica (en relieve). Esto se consigue a través del uso de unos aparatos especiales denominados Esteroscopios. Hay distintos tipos y modelos de esteroscopios, siendo los más usados, los de Bolsillo (o de Lentes) y el de Espejos (Figura 4). El primero es muy usado a campo por su fácil maniobrabilidad y transporte siendo sus desventajas con respecto al de espejos:

- a) Su menor campo visual: solo se puede observar una pequeña porción de la foto, debido a la estrecha distancia que hay entre lentes.
- b) Dificultad de delinear sobre las fotos: delimitar unidades sobre las fotos resulta engorroso debido a la escasa altura del aparato (mide aprox. 10 cm).

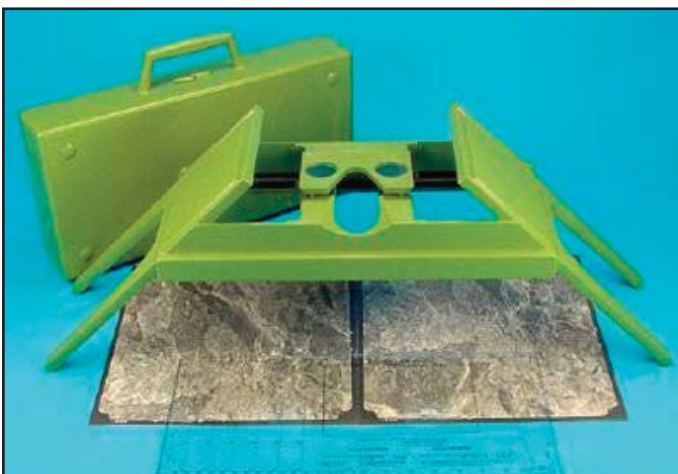


Figura 4: Esteroscopi de espejo plegable para fotografía aérea.
Fuente: Laboescuela

FOTOLECTURA, FOTOINTERPRETACION. MÉTODOS

Fotolectura: Se limita a la simple identificación y descripción de las imágenes de los objetos captados por las fotografías aéreas o imágenes satelitales.

Fotointerpretación: Se refiere al reconocimiento, identificación, descripción y clasificación de los objetos naturales y culturales de la superficie terrestre, tal como se observa visualmente; y a la deducción científica de esta información en relación al objetivo que se persigue y en base al conocimiento y experiencia del fotointérprete.

Método de fotointerpretación: Hay varios métodos que se utilizan para llevar a cabo una fotointerpretación. Todos se basan en que, cualquier elemento patrón puede estar relacionado directa o indirectamente, a una unidad de mapeo de suelos, y por lo tanto, un cambio en uno o más de estos elementos puede correlacionarse con un límite de suelos. Para relevamientos de grandes áreas, el método que se utiliza es el de "Análisis Fisiográfico" y se basa en el conocimiento de la relación entre Fisiografía y Suelos. (los Elementos Patrón en este caso se utilizan para estudiar la fisiografía de estas áreas).

ELEMENTOS PATRONES A TENER EN CUENTA

Si definimos al "patrón" o "diseño" como la distribución de los objetos naturales o culturales (artificiales). Vemos que existen dos elementos que son propios de la fotografía, es decir, que no constituyen un objeto natural o cultural fotografiado cuya distribución podemos analizar. Estos elementos fotográficos que nos permiten caracterizar o identificar a los otros elementos patrones son Tono y Textura.

Tono: se refiere a la intensidad de grises que se pueden observar en la fotografía o imagen satelitaria y es el resultado de la "reflexión" de la luz sobre la superficie del suelo. Ejemplo los tonos grises claros se los puede asociar con texturas gruesas, con suelos permeables, con bajo contenido de humedad, también posiciones elevadas, vegetación rala o escasa. Los tonos grises muy claros o blancos, pueden inferir la presencia de elementos muy definidos como nubes, camino, vías férreas, dunas, olas (espuma del oleaje), nieve, agua reflejando la luz solar. En cambio los grises oscuros se los puede relacionar con texturas finas, suelos poco permeables con alto contenido de humedad, posiciones bajas, deprimidas, vegetación densa arbórea. Los tonos grises muy oscuros a negros infieren, a veces, presencia de algunos elementos como cursos de agua, lagos, lagunas, sombra de arboles, de montañas etc. Es importante destacar que hay factores que pueden incidir en la intensidad de estos tonos sin ser mencionados anteriormente y que se deben a fenómenos netamente fotográficos como ser: reve-

lado, tiempo de exposición, tipo de papel usado, etc.

Textura: se refiere a la frecuencia de cambio de tono en la imagen fotográfica. Si al observar una imagen fotográfica, se encuentra en un sector más o menos extenso una faja frecuencia de cambio de tonos, es decir, que aparece un tono predominante; se puede decir que esa unidad tiene una textura homogénea. En cambio una textura heterogénea, se refiere a una alta frecuencia de tonos distintos de grises en una unidad determinada.

Elementos Patrones

Patrón de paisaje: es uno de los primeros elementos que se analiza, y nos permite dividir el área en estudio en unidades más o menos homogéneas, obteniendo de esta manera una primera orientación sobre límites generalizados de suelos. Estas unidades observadas van a ser distintas según la escala de trabajo. En estudios poco detallados se van a diferenciar unidades fisiográficas o geomorfológicas, como por ejemplo sierras y colinas, cordones medanosos, planicies de inundación, terrazas aluviales, dunas etc. En cambio, en levantamientos de suelos a nivel de predios individuales, usando fotografías aéreas, sólo se puede diferenciar "ambientes" más o menos homogéneos como por ejemplo áreas planas, áreas con pendientes pronunciadas etc.

-

Patrón de drenaje superficial: es la disposición de las vías de agua en cuanto a su forma o diseño, densidad y distribución. Este patrón depende de la relación Infiltración-Escorrimento, así como del clima, relieve y material predominante en los mismos.

a) Densidad del drenaje superficial: en general materiales poco permeables tienen baja capacidad de infiltración y provocan un mayor escurrimiento, organizando una red de drenaje relativamente densa. Materiales de mayor permeabilidad tienen mayor capacidad de infiltración y dan origen a sistemas de drenaje mucho menos densos.

- b) Distribución de drenaje superficial: la uniformidad de la red está asociada fundamentalmente a la uniformidad en los materiales que integran el suelo y también al Relieve. Cambios en los materiales, y/o cambios en las pendientes, implican una variación en la distribución de los cursos de agua.
- c) Diseño del drenaje superficial: da idea del tipo de material que integra el suelo, de la uniformidad de éste, y de las ondulaciones del terreno. Estos diseños son numerosos, y a continuación se tratan algunos de ellos:
- c 1) Patrón de drenaje dendrítico.
 - c 2) Patrón de drenaje angular
 - c 3) Patrón de drenaje anárquico
 - c 4) Meandros

-

Patrón de Relieve: Se puede incluir aquí las Clases de Relieve (Macro y Micro) y los Tipos de Relieve (Excesivo, Normal, Subnormal y Cóncavo).

Patrón de Pendiente: Hay que considerar Forma: da la idea de las condiciones de Drenaje, Longitud de la Pendiente: da idea de las condiciones de escurrimiento y erosión. Exposición de la Pendiente: permite inferir la existencia de microclimas y asociarlo con el desarrollo vegetal.

Patrón de Vegetación Natural: en general, cambios espontáneos de vegetación natural, son indicadores de cambios de suelos. Así como tipo de vegetación y Densidad de la misma.

Patrón de Erosión: es fundamental distinguir la erosión geológica provocada por las fuerzas de la naturaleza y la erosión acelerada en la que interviene el hombre.

Patrón Uso de la Tierra: Si bien suele existir una estrecha relación entre el uso y las características de los suelos este patrón debe ser uno de los últimos a tener en cuenta, dado que no siempre el uso que se realiza de los mismos es el adecuado.