

3. Interpretación de Imágenes de Sensores Remotos

3. Interpretación de Imágenes de Sensores Remotos

La visibilidad de cualquier objeto en la imagen nunca es del 100%. Además, muchos objetos no pueden ser investigados en forma completa solamente con la observación de su aspecto exterior.

Es un error pensar que el intérprete puede obtener mayor información de las imágenes que la existente en el campo.

Si se encuentran diferencias en la imagen es porque las condiciones del terreno son responsables de ellas, aun cuando estas casi no puedan ser visibles directamente en el campo.

Una vez que las diferencias son observadas y su distribución delineada sobre las imágenes, en general para establecer la naturaleza exacta de estas, deben relacionarse las imágenes con los objetos del campo, lo que implica la necesidad del conocimiento de elementos testigo o de control, y aún de realizar investigaciones de laboratorio.

Frecuentemente, se dice que en interpretación, se van descubriendo primero aquellos objetos que se observan con una orientación específica. Por ejemplo: un geólogo encontrará primero estructuras geológicas y diferentes clases de roca, en la misma imagen, en la que un ingeniero forestal encontraría forma-



Figura 44. Melgar – Colombia Ikonos, Multispectral (Prosis, 2000).



Figura 45. Zona Cafetera Pereira – Colombia Ikonos, Multispectral (Prosis, 2000).

ciones o asociaciones de vegetación y en la que el edafólogo encontrará elementos correlacionados con diferencias en los suelos.

Como regla general, cualquier técnico que trabaje habitualmente con representaciones en forma de imágenes o cartas fácilmente puede reconocer detalles como casas, carreteras, árboles, canales, etc.

Es posible que todos puedan reconocer, identificar, analizar y clasificar diferencias en el uso de la tierra. Así como aquellos que trabajen con ciencias de la tierra podrán, por lo menos parcialmente, usar estos procesos de interpretación aplicados a aspectos geomorfológicos como: ríos, llanuras fluviales, depósitos glaciales, volcanes, playas, terrazas, etc.

Ya en este nivel aparecerán las diferencias: los técnicos de Canadá tendrán gran facilidad en interpretar formas de glaciares, mientras que para los técnicos chilenos será mucho más fácil interpretar paisajes volcánicos. Los técnicos iraquíes identificarán fácilmente los "tells" (ruinas de viejas ciudades), en tanto que los holandeses fácilmente interpretarán polders, diques, dunas, etc.

En todos los casos es igualmente importante un entrenamiento en las técnicas de interpretación, y cuando este ya es un requisito cumplido, entonces el nivel del conocimiento científico en la disciplina particular en que se trabaje será el que decida sobre la capacidad para realizar una buena interpretación y la fiabilidad de sus resultados.

Para quienes trabajan con imágenes, primero es necesario adquirir conocimientos elementales sobre las técnicas de interpretación, entender los procesos de reconocimiento e identificación y conocer las limitaciones y posibilidades del uso de las imágenes, para evitar errores cuando no son usadas de una manera adecuada.

Son también necesarios en la formación de este nivel algunos conocimientos de la morfología de la superficie de la tierra, los que serán usados por todos aquellos técnicos que interpreten imágenes de sensores remotos. De la misma

manera, es necesario tener el conocimiento sobre vegetación, el uso de la tierra y muchos aspectos de la influencia humana. Estos serán usados con diferente extensión, como elementos de interpretación en muchas disciplinas. Algunos conocimientos de química son importantes para reconocer las imágenes de los objetos producidas por diferentes instrumentos (sensores), como por ejemplo sobre diferentes emulsiones en fotografías aéreas.

Es por lo anterior que se deben tener en cuenta varios aspectos:

- Se pueden observar dos (2) clases de diferencias en las imágenes, las de la superficie de la tierra y las que resultan de la técnica misma de su formación (resolución, escala, tipo de sensor, tipo de película, condiciones de captura de la información, procesamiento, etc.).
- La superficie terrestre refleja energía electromagnética, la cual es capturada por el sensor y registrada en la imagen. El conjunto de reflexiones registradas forma el conjunto de imágenes de los objetos y cada disciplina extrae diferente información de los mismos objetos.
- Una vez detectado el objeto se determina su imagen, la cual debe ser reconocida e identificada. Para ello el intérprete se vale de los atributos pictórico-morfológicos como son el tamaño, forma, sombra, patrón, textura, sitio, asociación y posición geográfica.
- Al observar el conjunto de fenómenos registrados en la imagen, se trata de hacer una combinación de aspectos que no se pueden observar en la imagen, lo que conlleva a una deducción, que no pertenece a la interpretación misma, sino a las ciencias concernientes. Aquí es importante el nivel de referencia general, especializado y local del intérprete.
- Finalmente, se debe considerar el sensor utilizado ya que es el instrumento que detecta a distancia algunas propiedades del objeto midiendo algún tipo de radiación

proveniente de él y sus variaciones espectrales, temporales y espaciales.



3.1 FASES PARA LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS

Para llevar a cabo la interpretación sobre productos de sensores que se pueda obtener estereoscopía, hay necesidad de formar un modelo tridimensional del terreno, y en los que no es posible, es claro que la interpretación visual se hace sobre la imagen. Pero en todo caso se deben realizar los siguientes pasos:

- **Lectura de la Imagen:** Incluye detección, reconocimiento e identificación de los objetos.
- **Análisis de la Imagen:** Tiene que ver con el análisis propiamente dicho de la imagen y la deducción de aspectos no observables.
- **Clasificación de la Imagen:** En esta fase, se realizan operaciones de clasificación, representación e idealización de los fenómenos presentes en la imagen.



3.1.1 Lectura de la Imagen

Es el proceso mediante el cual se identifica como conocido un objeto, elemento o forma directamente visible, por medio de un conocimiento local o específico y a los cuales se les asigna un nombre específico. Se trata del reconocimiento y ubicación del fenómeno o características relacionadas en general con el hombre como son: construcciones, cultivos, bosques, etc. A través de su forma, tamaño y otras propiedades visibles el intérprete reconoce un objeto que le es familiar.

Detección: Esta actividad tiene relación directa con la visibilidad de los objetos por ser interpretados, estando por tanto correlacionada con la clase de objeto, escala y calidad de las imágenes. Detectar no es sólo ver, sino extraer en forma selectiva los elementos de importancia para el caso particular de interpretación que se realiza.

El no detectar un objeto puede ser debido a no poder verlo en forma particular, ya sea porque la escala o resolución de las imágenes son muy pequeñas, o porque las imágenes tienen una calidad muy pobre. Influye también en la capacidad de detección de detalles la práctica del intérprete. A la detección sigue directamente el reconocimiento y la identificación. Frecuentemente, estas tres etapas son consideradas en conjunto, pero el proceso de detección es importante y estrechamente relacionado con la calidad de la imagen, siendo de primordial importancia en aquellas disciplinas en donde la separación de objetos individuales, tiene un alto significado.

Reconocimiento e identificación: Después de que un detalle es detectado, este debe ser reconocido e identificado para poder extraer información válida de la imagen, ya sea para su uso directo o como elemento por correlacionar para la interpretación final. Algunas veces se hace una diferenciación entre reconocimiento e identificación, que apunta a la sistematización de estas operaciones desde el punto de vista psicológico o del proceso mental involucrado.

Reconocer significa tomar conciencia de que el objeto o detalle observado no es desconocido, sino que ya ha sido visto en ocasiones anteriores.

Identificar significa dotar de individualidad al objeto reconocido, correlacionándolo con alguna de sus características particulares.

Un ejemplo permitirá clarificar esa diferencia conceptual: cuando alguien encuentra a otra persona en la calle puede reconocerla (o sea, saber que la conoce) pero puede no identificarla, hasta que un proceso racional correlacione su rostro con su nombre.

Aun tomando en cuenta las diferencias enunciadas, del punto de vista de la técnica, en la gran mayoría de los casos están tan estrechamente relacionadas que se entiende que deben considerarse como una sola operación o fase difiriendo solamente respecto al conocimiento del intérprete y a la información disponible.

El reconocimiento e identificación son entonces definidos como la determinación de la naturaleza de un objeto o elemento directamente visible por medio de un conocimiento local o específico, con o sin el uso de claves u otros medios de información.

Todos esos conceptos están ligados a objetos claramente visibles, por lo que al conjunto de las operaciones de detección, reconocimiento e identificación se le llama fotolectura, siendo válido particularmente para reconocimientos directos.



3.1.2 Análisis de la Imagen

Este concepto es utilizado en diferentes sentidos por los intérpretes. Algunas veces es usado para indicar el proceso integral de la interpretación de imágenes de sensores remotos.

Análisis es el proceso de delinear grupos de objetos o elementos que tienen una individualidad determinada en el proceso de lectura de la imagen. (Aguilar, 2002)

La separación de los grupos objeto se realiza de acuerdo con su uso, forma, tamaño, ubicación, etc. Las líneas límite deben ser delineadas en forma separada y sistemática, de acuerdo con una leyenda previamente establecida. El resultado debe ser una agrupación lógica de objetos en unidades. No se debe delinear al azar. En el proceso de análisis las líneas límite de grupos similares son delineadas en forma separada. Estos grupos y estas líneas límite, por sí mismos, pueden ser clasificados como: confiables, moderadamente confiables y tentativos, pero las superficies encerradas entre las zonas delineadas no están clasificadas. La



Figura 46. Delineación de unidades homogéneas. (Facultad de Ingeniería, Instituto de Agrimensura, Departamento de Geomática URU, 1967).

individualidad está establecida pero la identidad es obtenida en el proceso de clasificación.

Deducción: La deducción es un proceso complicado, basado en evidencias convergentes. La evidencia se deriva de objetos particularmente visibles o de elementos que sólo suministran una información parcial sobre la naturaleza del o los objetos observados.

La deducción puede estar orientada a la separación de diferentes grupos de objetos o elementos, en cuyo caso está íntimamente relacionada con el proceso de análisis.

Este es, por ejemplo, el caso de deducir la continuación de una línea límite cuando ella no es visible. La deducción juega también un papel importante en el proceso posterior de clasificación. Puede decirse que no se logra clasificar sin alguna clase de deducción.

La deducción puede hacerse a diferentes niveles:

Respecto a objetos u elementos ampliamente visibles y con base en sus diferencias o similitudes, el proceso de deducción puede conducir directamente a conclusiones o hipótesis de trabajo. Si esto es hecho por un experto competente en la disciplina en la que se está interpretando, pueden reducirse considerablemente las investigaciones de campo.

Si la deducción es usada para establecer diferencias o semejanzas en la naturaleza de los objetos, principalmente invisibles, debe tenerse cuidado para evitar conclusiones erróneas, en estos casos es posible que aún expertos bien calificados puedan cometer errores.

Un ejemplo para ilustrar los anteriores conceptos es la deducción correcta sobre la ocurrencia de un sistema fisiográfico (cobertura glacial, depósitos eólicos, ríos meándricos) y sus componentes (depresiones, diques, barras semilunares, playas, etc.), los cuales tienen una relación directa con los objetos o elementos visibles en la imagen.

Por otro lado, la deducción hecha sobre la naturaleza edafológica de los suelos en ese sistema puede ser errónea, a menos que se hayan efectuado observaciones especiales en el campo antes de efectuar la interpretación. Por ejemplo, las dunas pueden ser arcillosas o arenosas, los depósitos aluviales pueden tener toda clase de texturas y aparecer en diferentes tipos de drenaje y grupos de unidades de cobertura y uso de la tierra. Algunas veces se llega a deducciones casi automáticas, pero esto sucede solo cuando estas son hechas por un experto que conoce y está muy bien informado con respecto a un cierto sistema local específico. En este caso el proceso parece estar muy relacionado con el proceso de reconocimiento. De todas maneras la experiencia ha demostrado que es conveniente mantener en la mente, en forma muy clara, esta distinción de procesos (deducción- reconocimiento).



3.1.3 Clasificación de la Imagen

La interpretación puede ser directa cuando los objetos son visibles y fáciles de identificar. La interpretación es indirecta o correlativa cuando los elementos no son visibles directamente, por ejemplo en el estudio de suelos.

La visibilidad de los objetos tiene un alto valor en la aplicación de las técnicas de interpretación en diferentes disciplinas. La vegetación, por ejemplo, puede ser vista en la fotografía pero muchos de sus aspectos no son visibles en forma directa. Algunas características morfológicas (importantes como evidencia concurrente), pueden ser usadas para determinar la clase o tipo de vegetación.

La visibilidad directa de algunos elementos del terreno hacen que estos sean más fácilmente interpretados, como casas, carreteras, vehículos, agua, etc.

Muchos fenómenos geomorfológicos y algunas clases de rocas pueden también ser directamente visibles sobre la imagen, lo que indica la importancia básica de la interpretación directa en los trabajos geológicos, reduciendo la carga en interpretación correlativa.

La visibilidad directa de suelos es solamente posible en casos excepcionales, y aún en estos casos, la parte visible de los suelos es su superficie, lo cual hace casi imposible determinar sus características esenciales, debiendo dedicar esfuerzos importantes a las actividades de interpretación correlativa.

Clasificación: La fase de clasificación incluye la descripción individual de las superficies delineadas por el análisis, su arreglo en un sistema adecuado para ser usado en el campo de la investigación y por último la codificación necesaria para expresar el sistema.

En interpretación, el proceso está basado en la comparación de las superficies por ser clasificadas. Esta comparación puede ser hecha dentro de una imagen o entre distintas imágenes de la zona de proyecto, utilizando fotos o mosaicos o mediante comparación con fotografías patrón, actuales o anteriores.

La clasificación establece la identidad de las superficies u objetos delineados por la interpretación. En el caso de objetos directamente reconocibles, la clasificación puede ser hecha mediante la naturaleza misma de los objetos (casas, carreteras, canales, ríos, árboles, detalles geomorfológicos).

La clasificación resultante siempre debe comprobarse en el campo y solo después de esta se llegará a la clasificación final, resultado de la cual es el mapa temático.

Cartografía Temática: Corresponde a la presentación de los resultados de la interpretación realizada. La presentación más común es la representación gráfica, en la forma de mapas temáticos (Figura 47), correspondiendo en este caso considerar dos etapas para esta actividad: una etapa previa de volcado de los resultados de la interpretación sobre la cartografía base y una final de producción cartográfica que será realizada a posteriori de la idealización.

Pueden también obtenerse como resultado final listados resultantes de la clasificación, informes escritos, resultados estadísticos, etc.

Idealización: La idealización como etapa formal final de todo trabajo cartográfico podría no incluirse como fase del proceso de interpretación, pero por requerir una muy estrecha relación entre el intérprete y el cartógrafo, se pretende fundamentalmente presentarla como etapa siguiente a la de representación.

Es el proceso de dibujo "final", que seguirá detalles lineales o encerrará áreas clasificadas como homogéneas, o la representación estandarizada (convencional) de los detalles visibles en la imagen.

Esta fase de "depurado", que seguirá las decisiones tomadas durante la etapa de representación (la cual se podría considerar como la etapa "borrador"), deberá aplicar técnicas de Idealización y generalización para la obtención del producto "final". El proceso de Idealización es frecuentemente hecho de manera tan mecánica que los intérpretes y cartógrafos no perciben que la están ejecutando.

Tanto la idealización como la clasificación, requieren una habilidad bien definida en la toma de las decisiones: ¿qué incluir?, ¿qué desear?, ¿cómo representar lo que se clasifica?, etc. La idealización es conceptualmente diferente de la generalización, aun cuando sean realizadas normalmente en forma automática y simultánea.

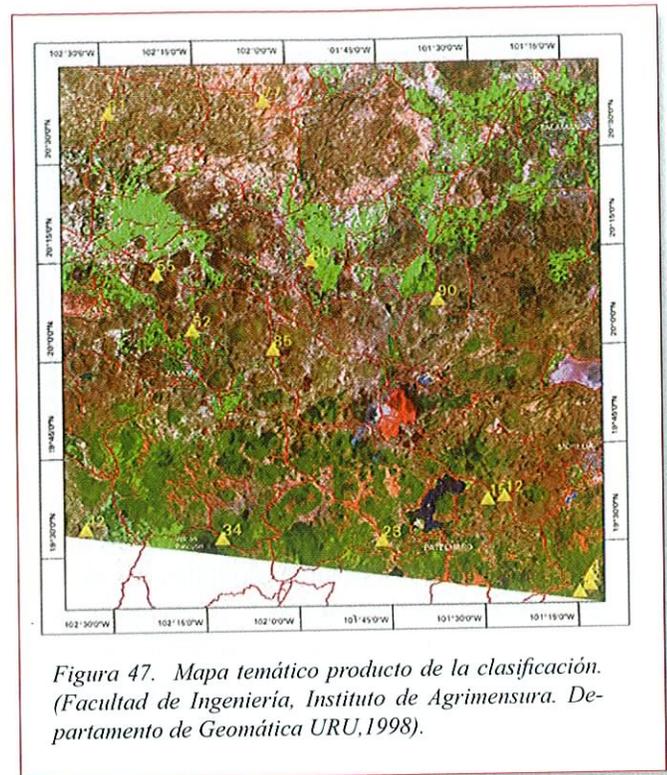


Figura 47. Mapa temático producto de la clasificación. (Facultad de Ingeniería, Instituto de Agrimensura. Departamento de Geomática URU, 1998).



3.2 NIVEL DE REFERENCIA

Nivel de referencia puede ser definido como la cantidad y calidad de los conocimientos almacenados en la mente de cualquier persona o grupo de personas, que interpretan imágenes, ya sean fotografías terrestres, aéreas, de rayos X, microscópicas o imágenes tomadas desde cualquier vehículo aéreo o espacial. (Aguilar, 2002).

El conocimiento de procesos naturales y sistemas específicos tiene gran importancia en la interpretación. En todos los casos es igualmente importante un entrenamiento en las técnicas de interpretación, y cuando este ya sea un requisito cumplido, entonces el nivel del conocimiento científico en la disciplina particular en la que se trabaje será el que decida sobre la capacidad para realizar una buena interpretación y la fiabilidad de sus resultados. Los niveles de referencia pueden ser divididos en: General, Local y Específico.

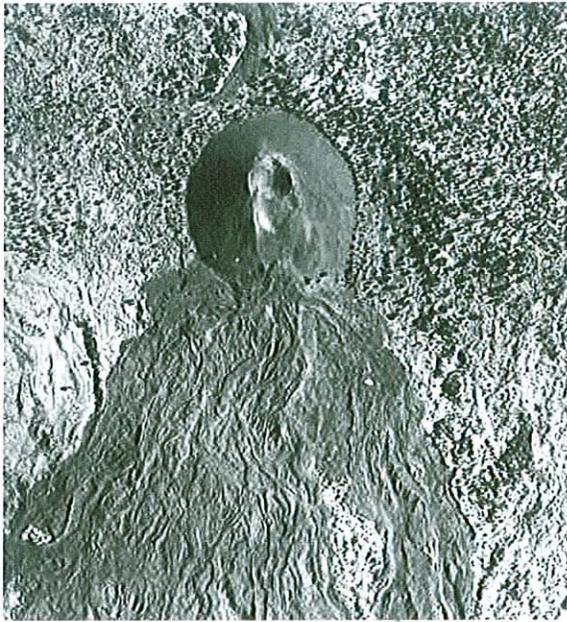


Figura 48. Cráteres inactivos del volcán Etna (Italia) (Facultad de Ingeniería, Instituto de Agrimensura, Departamento de Geomática URU, 1998).

logos o pedólogos, quienes podrán hacer deducciones específicas.

El **nivel de referencia específico** está relacionado con el conocimiento especializado de procesos o grupos de fenómenos, en aquellas áreas del conocimiento donde estos procesos y fenómenos tienen una influencia particular

Corresponde a los conocimientos propios de una profesión o técnica, lo que separará según el ejemplo anterior a los geólogos de los geógrafos. Una mínima cantidad de conocimientos específicos (como se ha dicho) podría considerarse incluido dentro del nivel elemental común a todas las disciplinas

La ocurrencia simultánea de ciertas características visibles, así como la posición de detalles relacionados con la topografía, unidos a un conocimiento local, puede permitir a un experto el discriminar especies forestales y aún emitir su opinión acerca de su estado sanitario.

El llamado **nivel de referencia general** es el que se exige como base al novato, que en el caso de un estudiante universitario será el nivel de conocimientos generales sobre su disciplina (a la altura que esté en su carrera) y aquella visión de su entorno exigible como universitario preparado.

El **nivel de referencia local** es aquel conjunto de conocimientos básicos que relacionan al conjunto de las ciencias de la tierra y las ciencias de la vida, que permitirán un nivel de referencia común entre geólogos, geógrafos y edafólogos, o entre agrónomos e ingenieros forestales.

Otro elemento importante es la familiarización del intérprete con la zona en donde se realice el proyecto, esto ayudará a disminuir la intensidad de trabajo de campo.

Una cierta forma de cono es típica para un volcán, por lo tanto es de esperarse en sus alrededores un cierto sistema de sedimentación y erosión, entrando en el campo de los conocimientos de geólogos, geomorfo-



Figura 49. I-Metro Ikonos, Pancromática. Parque Simón Bolívar – Bogotá, Colombia. (Prosis, 2000).

Es así, como ejemplo de nivel de referencia específico, una persona que viva en la ciudad de Bogotá puede tener conocimiento sobre la localización del parque Simón Bolívar ya que se ha convertido en símbolo turístico de la capital del país. Observar la figura 49, imagen del parque Simón Bolívar en la ciudad de Bogotá, D. C.



3.3 CARACTERÍSTICAS PICTÓRICO MORFOLÓGICAS QUE DETERMINAN LA INTERPRETACIÓN DE UN OBJETO O FENÓMENO

Se consideran elementos de identificación aquellas características presentes en la imagen, que colaboran o sirven de evidencia concurrente para la identificación de objetos y su diferenciación. (Aguilar, 2002).

Entre ellas se indican como fundamentales el análisis de forma, tamaño, sombras, tono y color, patrones, textura, posición geográfica y asociación.

Forma

Se define la forma como los rasgos característicos inherentes a los objetos y que permite la identificación en la imagen. (Melo, 2002)

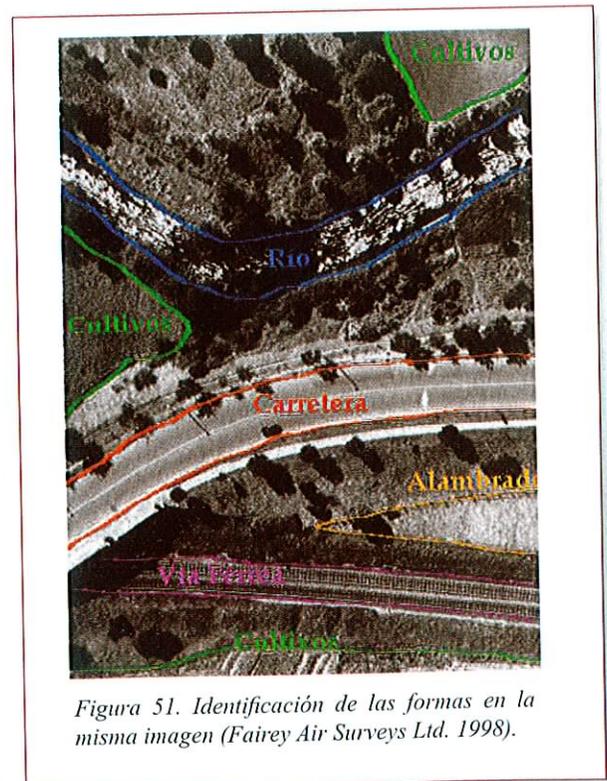
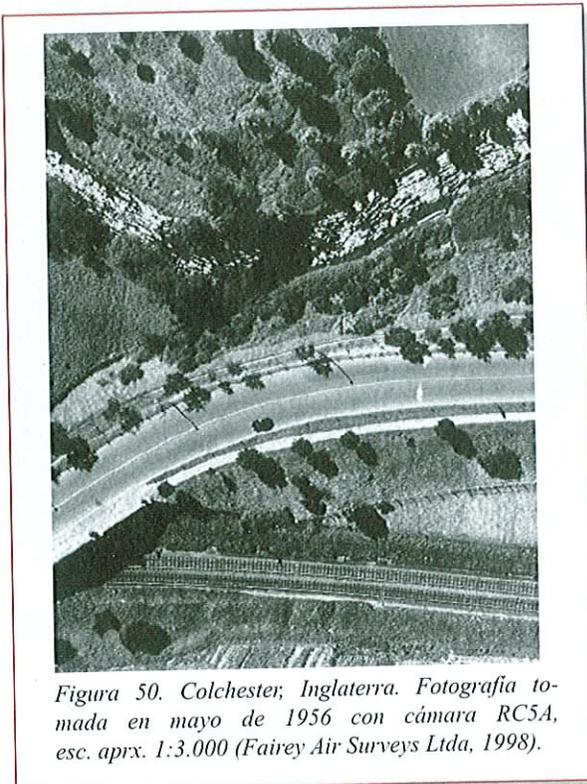
La forma, como estructura espacial de un objeto, es determinante para su identificación.

El valor de la forma para el intérprete radica en que le permite identificar la clase de objetos observados, ayudando a la comprensión de su significado y función. Esta variable normalmente se estudia asociada con la variable tamaño, realizándose (muchas veces en forma inconsciente) el análisis conjunto.

Un camino y una vía férrea pueden verse parecidas en la fotografía, pero el intérprete los diferenciará por las especificaciones de configuración requeridas por sus distintas funciones. Un camino puede tener fuertes pendientes, curvas cerradas y muchos cruces, mientras que una vía férrea tiene pendientes suaves, curvas amplias y muy pocos cruces. (Ver Figuras 50 y 51).

El análisis de la forma permitirá a un ingeniero forestal diferenciar coníferas de latifoliadas, así como quien estudia el uso de la tierra diferenciar entre límites naturales y artificiales.

Las formas del terreno y del drenaje (y la repetición de estas en un patrón) están asociadas a un tipo de relieve y este, a su vez, determinado por un tipo de formación geológica. El fenómeno



del desplazamiento radial hace que deba tenerse cierto cuidado en el análisis de este elemento (forma) para objetos de dimensión vertical importante.

La forma de un mismo objeto, varía dependiendo de su ubicación: en el centro de la imagen (vertical) o cercana a los bordes del mismo (levemente oblicua).

Tamaño

El tamaño de un objeto es uno de los más útiles indicios que llevan a su identificación. Por la medida de un objeto, el intérprete puede eliminar de su consideración gran parte de las posibilidades de identificación. Un sendero y un camino pueden ser muy parecidos, aun cuando una simple medida puede bastar para realizar la identificación.

A partir del conocimiento, apreciación de la escala o resolución, la estimación del tamaño o unas pocas medidas, podrán evitar que se confunda un arbusto con un árbol, caminos con ferrocarriles (ver Figura 52), bodegas con casas o postes de cercado con postes de teléfono. Tomando en cuenta que el tamaño debe ser considerado aún en la tercera dimensión, podrá ser necesario realizar medidas con barra de paralaje o de longitud de sombras para determinar la altura de ciertos objetos, ayudando a su identificación.

Sombras

Las sombras, para el intérprete, son fenómenos naturales y en la vida común frecuentemente se juzga el tamaño o forma de los objetos o personas por la observación de la sombra que ellos arrojan. Las sombras presentes en las fotografías aéreas, imágenes de satélite e imágenes de radar, muchas veces ayudan al

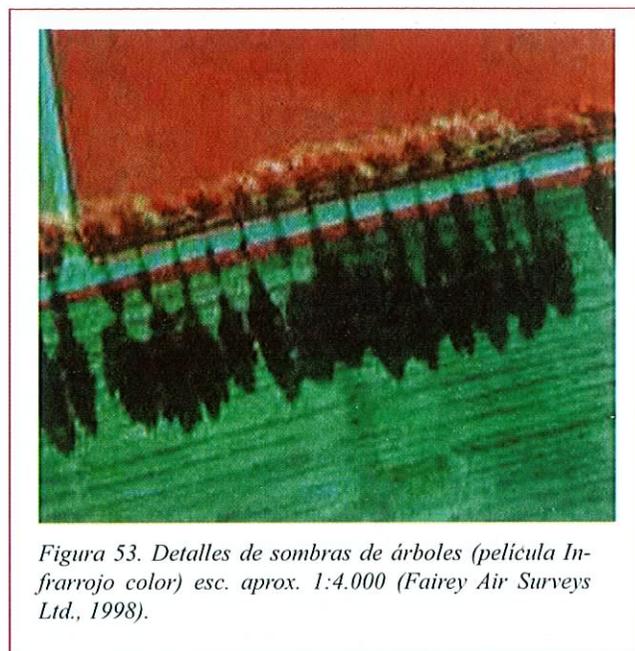


Figura 53. Detalles de sombras de árboles (película Infrarrojo color) esc. aprox. 1:4.000 (Fairey Air Surveys Ltd., 1998).

intérprete proveyéndole de representaciones en perfil de los objetos de su interés. Las sombras son particularmente útiles para los objetos pequeños o de bajo contraste con las inmediaciones. Bajo esas condiciones los fuertes cambios de tono de las sombras pueden ayudar al intérprete a identificar objetos que estén en la frontera del reconocimiento.

Las sombras también pueden provocar efectos no deseados por el ocultamiento de detalles que, según el propósito del trabajo, pueden ser de importancia fundamental.

Aquellos objetos sobre los cuales caen las sombras reflejarán tan poca luz hacia el sensor, que en las imágenes se verán tenues o no se verán. Si el intérprete no está interesado en una clase particular de objetos (en cuyo caso las sombras serían de gran ayuda), sino



Figura 52. Diferencia en tamaño de los elementos de la imagen. Esc. aprox 1:7.500 (Fairey Air Surveys Ltd., 1998).

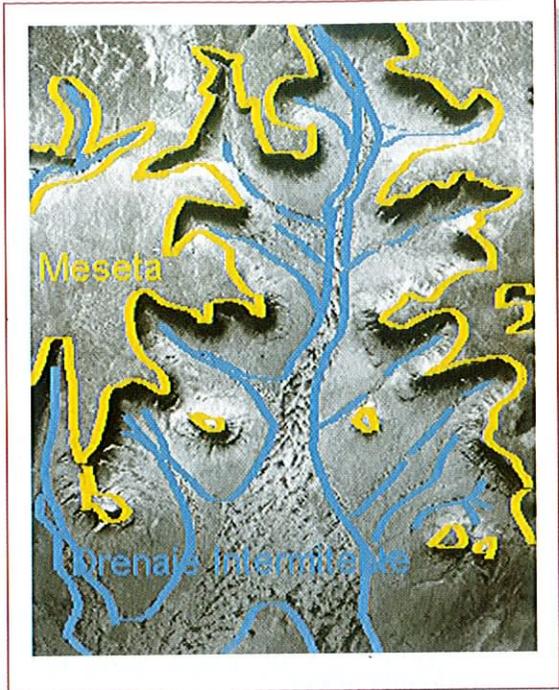
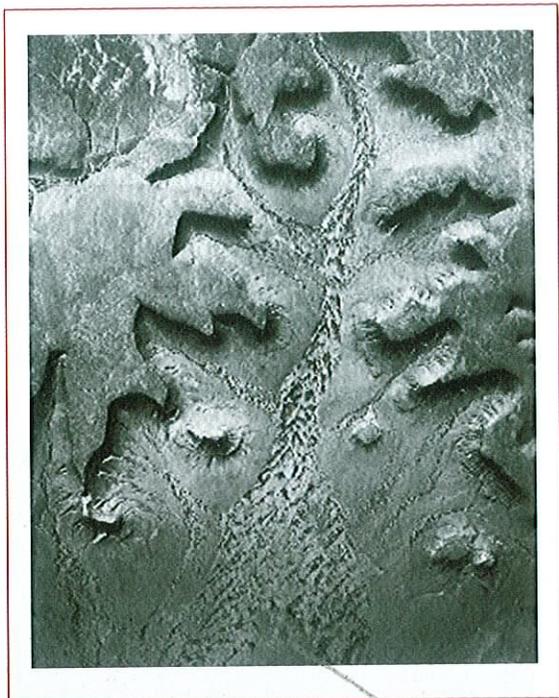


Figura 54. Efecto de la sombras sobre el terreno - Rutba, Irak. Fotografía obtenida con una cámara Wild RC 5a, escala original 1/20.000 (Wild Heerbrugg, 1998).

en el terreno como un todo, deberá dejar de lado algunas de las ventajas del uso de las sombras arrojadas, para ver lo más posible de la superficie, lo que condicionará el momento (hora) de toma de las imágenes.

Las imágenes de propósito general son generalmente tomadas antes o después del mediodía, a efectos de que se presenten sombras, pero

que estas sean pequeñas, y no obstaculicen la observación general del terreno.

En las figuras 55 y 56 se observa la inversión del relieve por cambio de dirección de las sombras, por ejemplo se observa que al rotar 180° la fotografía, cambia la percepción de la imagen, produciéndose una sensación de inversión del relieve, conocida como seudoscopia.

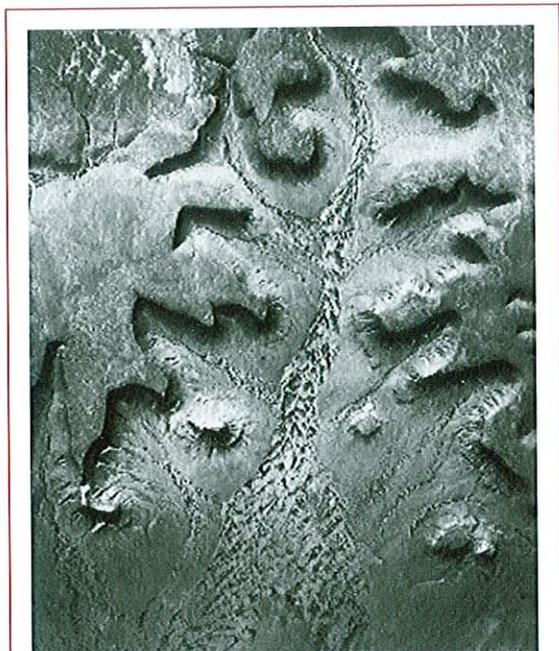


Figura 55. Sombras hacia el observador (Wild Heerbrugg, 1998).

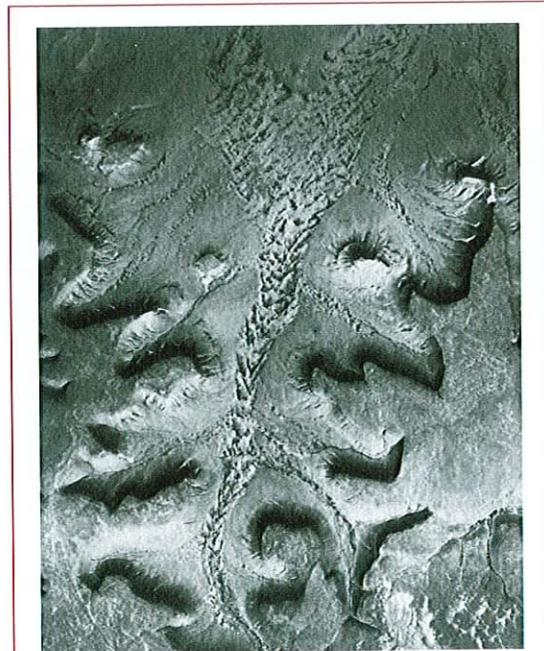


Figura 56. Sombras alejándose del observador (Wild Heerbrugg, 1998).

En levantamientos especiales (arqueología, p.ej.) donde el microrrelieve puede brindar importantes indicios por la aparición de formas de interés, la situación puede darse a la inversa, buscándose adrede la aparición de sombras largas, buscando imágenes con sol bajo.

Además de su importancia en sí mismas, por la ayuda al reconocimiento e identificación, las sombras cumplen un importante papel en la observación estereoscópica, tal que la inexistencia de estas puede dificultar seriamente la interpretación.

Tono y color

La percepción del color es un importante elemento de relación del hombre con el medio ambiente. En las imágenes pancromáticas (blanco y negro), se pierde esa percepción y los objetos son observados en distintos tonos de gris.

El tono se define como los grados de variación de gris que existe entre el negro y el blanco. (Melo, 2002).

Los tonos de las imágenes se encuentran influenciados por una multitud de factores, lo que provoca que los tonos de objetos que puedan ser familiares no correspondan con la percepción de ellos en la naturaleza.

Una superficie líquida (río, laguna, lago, etc.) puede aparecer en tonos que van del blanco al negro, dependiendo de la posición del sol y de la cantidad de material en suspensión, que hacen que reflejen luz hacia el sensor de manera diferencial. (Figura 57).

Un camino asfaltado puede aparecer con tono muy claro en caso de poseer una superficie muy lisa. Una senda puede aparecer con tono blanco en tiempo seco y muy oscuro después de las lluvias.

Algunos objetos metálicos, como por ejemplo un tanque de combustible, o un techo pueden reflejar tanta luz que el rango tonal del film

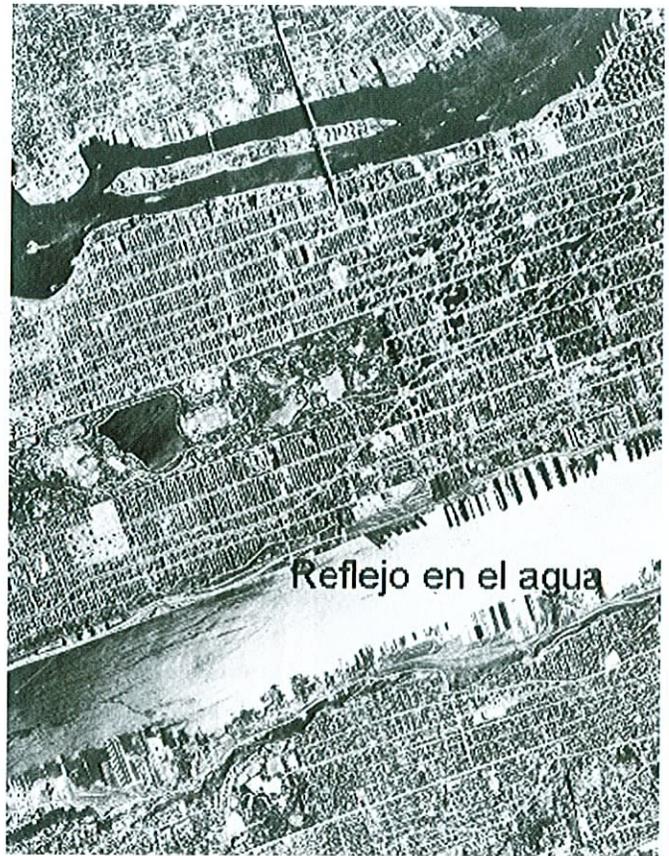


Figura 57. La dirección de los rayos solares provoca variaciones tonales en los cursos de agua. Esc. aprox. 1:7.500 (Wild Heerbrugg, 1998).

no es capaz de registrarlos y pierde todos los detalles. Cuando el intérprete comprende los factores que gobiernan o de los que dependen los tonos de las imágenes, los utilizará como una importante herramienta para la identificación o para el conocimiento de la composición del detalle observado.

Los edafólogos utilizan las variaciones tonales para clasificar suelos, los ingenieros forestales para distinguir entre variedades de coníferas y latifoliadas, el geólogo para mapear litologías y estructuras.

El intérprete puede aprovechar las variaciones en reflectividad de los objetos de interés (ver Figuras 58 al 63), utilizando imágenes tomadas (o solicitadas) con la combinación de película y filtro que mejor registre los contrastes

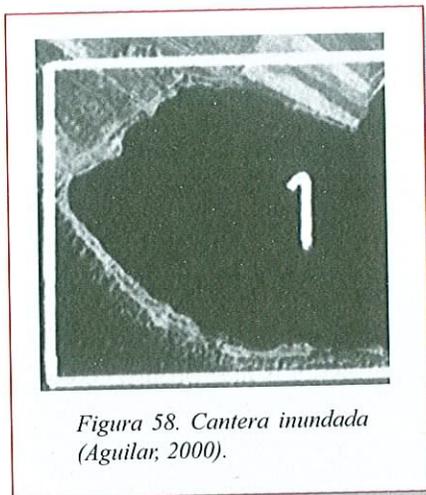


Figura 58. Cantera inundada (Aguilar, 2000).

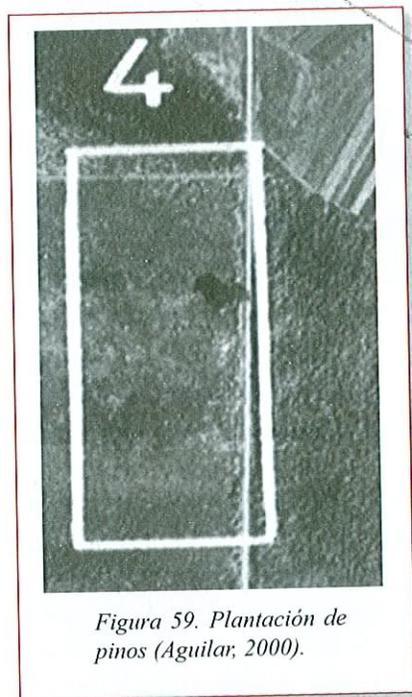


Figura 59. Plantación de pinos (Aguilar, 2000).

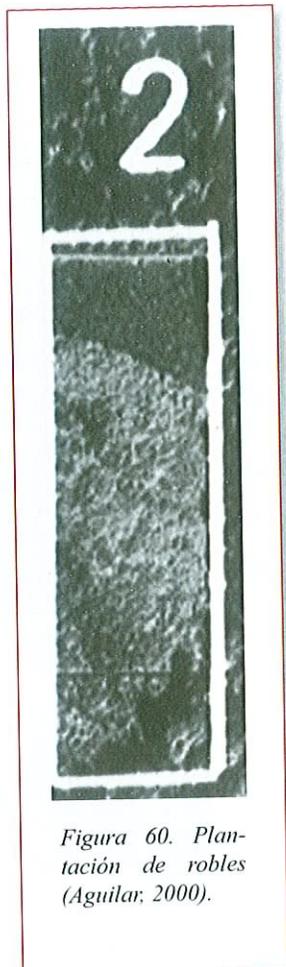


Figura 60. Plantación de robles (Aguilar, 2000).



Figura 61. Bosque mixto alto (pino, hayas) (Aguilar, 2000).



Figura 62. Arroyo con tajamares (Aguilar, 2000).



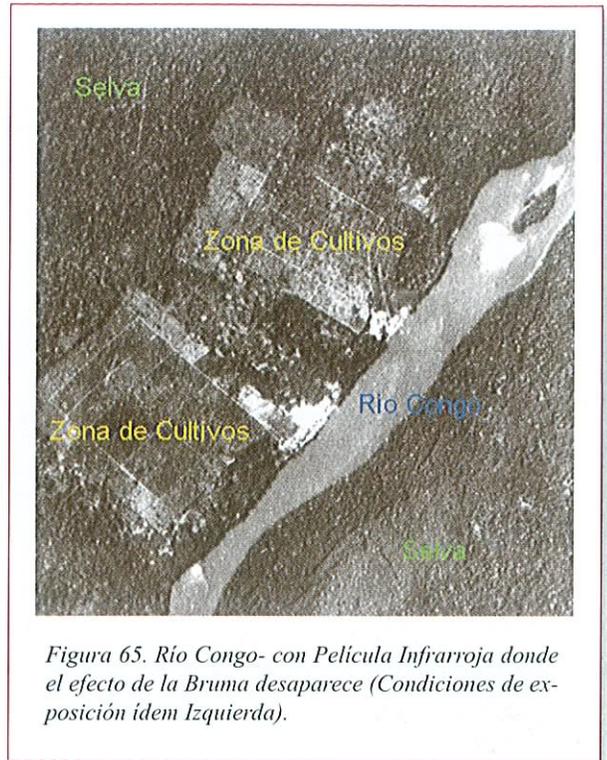
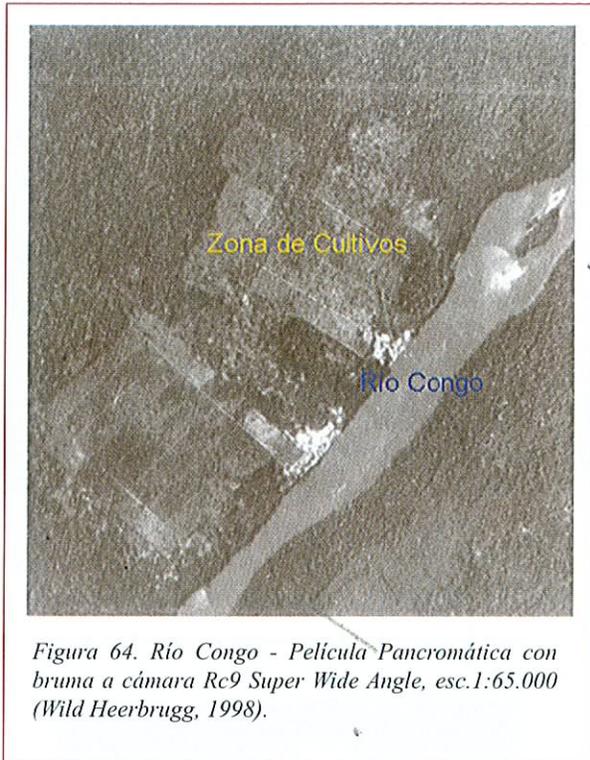
Figura 63. Campo arado (zona oscura ya arada, zonas claras sin arar) (Aguilar, 2000).

tonales (foto aérea) o composición de bandas y resolución cuando se hable de imágenes de satélite, para identificar aquellos objetos.

Las emulsiones y los sensores pancromáticos (blanco y negro), son sensibles a todos los colores del espectro visible, registrando los objetos de la superficie terrestre en tonos

de gris que se aprecian como "naturales" y sencillos de interpretar.

Las imágenes que serán destinadas a uso general son tomadas habitualmente con una combinación de película pancromática y filtro que elimine la interferencia de la bruma atmosférica (ver los cambios en las Figuras 64 y 65). Muchos trabajos especializados



de interpretación son realizados más eficientemente con otras combinaciones de película, filtro o composición de bandas.

El uso de emulsiones y celdas del sensor sensibles a las radiaciones infrarrojas permite el registro de condiciones de la vegetación, suelos y drenaje en forma especialmente interesante.

Con estas emulsiones (p. ej.: infrarrojo blanco y negro) pueden realizarse clasificaciones de vegetación por su estado sanitario. La reflectividad al infrarrojo de las plantas depende de su capacidad para sintetizar clorofila, la cual varía drásticamente entre la vegetación sana y enferma, así como ofrece la posibilidad de separar las especies jóvenes de las adultas y diferentes especies entre sí.

En imágenes falso color como regla general se indica que los rojos fuertes pertenecen a vegetación joven y sana, desplazándose los colores hacia pardos y amarillos según el estado sanitario de la cobertura vegetal. La aparición de manchas blancas o cyan corresponden en

general a vegetación seca (sin reflectividad al infrarrojo).

Una distinción interesante es la que puede realizarse respecto de las superficies de agua libre, como ríos, lagos, lagunas, etc., en virtud a que el agua absorbe totalmente la radiación infrarroja, dando en la imagen infrarroja blanco y negro una respuesta espectral totalmente negra, lo que permite definir claramente los márgenes o riberas (ver Figura 68), así como brindar una clara separación de las zonas húmedas y secas.

En la interpretación de rocas, suelos y vegetación en donde puede haber una gran abundancia de elementos cuyos colores naturales son importantes y en muchos casos indicaciones definitivas de su identidad y condición, el uso de la fotografía color o imagen de satélite es cada vez más requerida, aún cuando su costo pueda parecer elevado en comparación con la fotografía blanco y negro.

Una de las emulsiones fotográficas de mayor uso en el estudio de la cobertura vegetal es

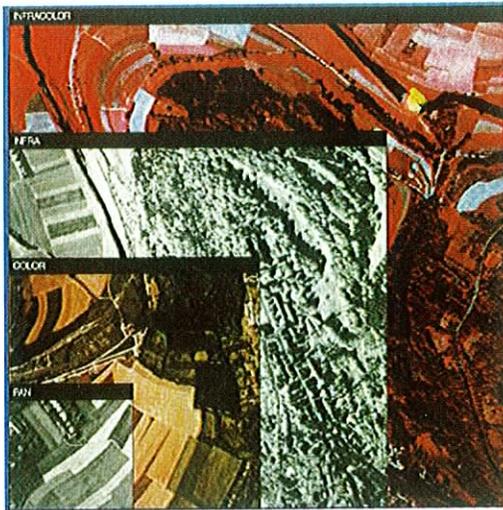


Figura 66. Comparación de imágenes con diferentes tipos de films (Zeiss, 1987).



Figura 67. Detalle del estado de la vegetación a través de una Imagen Infrarroja color -Cámara RC10, escala original-1/6.000 (Carl Zeiss, 1987).

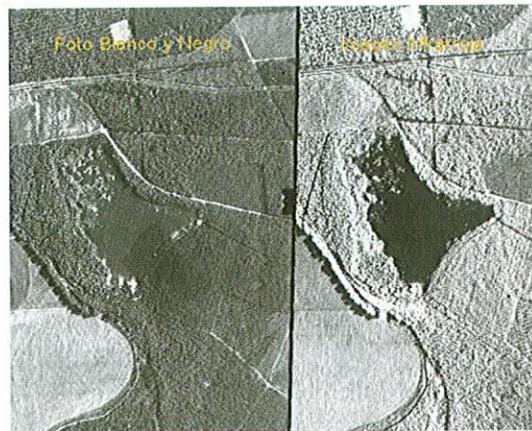


Figura 68 Visualización del agua en Blanco/Negro y en Infrarrojo Blanco y Negro de un espejo de agua-Cámara RMK A 15/23, escala original 1/7.000 (Carl Zeiss, 1987).

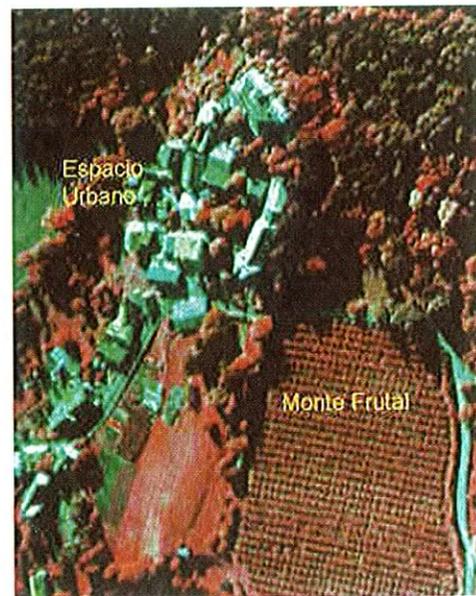


Figura 69. Detalle de la Imagen Infrarroja Color esc. aprox. 1:5.000 (URU, 1967).

la llamada falso color o película detectora de camuflaje o infrarrojo color. En estas películas, los colores que aparecen no tienen relación con los colores naturales que tienen los objetos fotografiados, pero permite claras identificaciones en relación con las diferencias en la cobertura vegetal.

Patrones

Se define patrón como el arreglo espacial de un conjunto de objetos o asociaciones de objetos similares, así como la repetición sistemática de formas. (CIAF, 2002).

En los estudios de ciencias de la tierra siempre se ha puesto especial énfasis en el patrón como



Figura 70. Imagen Infrarrojo Color esc. aprox. 1:6.000 (URU, 1967).



Figura 71. Patrón urbano y rural- Cámara RMK 15/23, escala original 1/20.000 (S.M.G., 1967).

un indicio importante de la función, del origen o de aquellos elementos que la determinan.

Los geógrafos y antropólogos estudian los patrones de asentamientos humanos y su distribución para comprender los efectos de la difusión y migración de las culturas históricas. Los patrones de cultivos pueden proveer al geólogo de claves para la identificación de estructuras geológicas y fundamentalmente los patrones de drenaje brindan estrechas asociaciones con las estructuras, la litología y la textura de suelos.

Las variadas relaciones entre organismos y su entorno producen patrones característicos de asociaciones de especies vegetales. Los patrones regionales que antes sólo podían ser estudiados mediante largas y laboriosas jornadas de campo son visibles claramente en las fotografías aéreas.

Aún más, las imágenes captan gran cantidad de pequeños pero significativos patrones, que podrían ser pasados por alto o erróneamente interpretados por el observador terrestre, como por ejemplo líneas de fracturas.

El intérprete entrenado aprecia el valor y significancia de la imagen por su conocimiento de esos patrones. Aunque algunos patrones son básicamente culturales, en tanto otros son básicamente naturales, son muy pocas las zonas de la tierra que no han sido afectadas por el hombre y su actividad cultural, motivando que la mayoría de los patrones visibles en las imágenes de sensores remotos, resultan de la interactividad del patrón natural y las actividades humanas.

Los detalles culturales son destacados en las fotografías aéreas e imágenes en razón de estar constituidos por líneas rectas o configuraciones regulares. Muchas actividades humanas dejan cicatrices en la superficie que persisten por un largo tiempo después de cesar esas actividades.

Patrones de asentamientos, minería o agricultura pueden ser visibles desde el aire después de cientos de años, directamente o a través de patrones alterados de vegetación, erosión o absorción de humedad, pasando a ser la interpretación de imágenes de sensores remotos una herramienta habitual e importante en la arqueología.

. Textura

El término textura en la técnica de interpretación de imágenes de sensores remotos se refiere a la repetición de tonos en grupos de objetos que son demasiado pequeños para ser discriminados individualmente. (Aguilar, 2002).

Textura es la frecuencia de cambios y disposición de los tonos dentro de una imagen. (CIAF, 2002).



Figura 72. Salto, Uruguay- Texturas forestales. Escala original 1/20.000 (URU, 1967).

Es evidente que el tamaño del objeto requerido para producir una determinada textura varía de acuerdo con la escala y resolución de la imagen. En imágenes de alta resolución y fotografías de escala grande, los árboles pueden ser vistos individualmente y aun cuando no puedan distinguirse sus ramas y hojas, estas contribuyen a brindar una cierta textura a las copas.

En imágenes de escala pequeña, esas copas son las que contribuirán a la textura de todo el bosque. Dentro de un cierto rango de escalas, la textura con que aparecen en la imagen grupos de objetos puede ser distintivo suficiente para servir de indicio cierto para la identificación de los objetos. Ello permitirá separar por ejemplo, campos en los que se desarrollan actividades

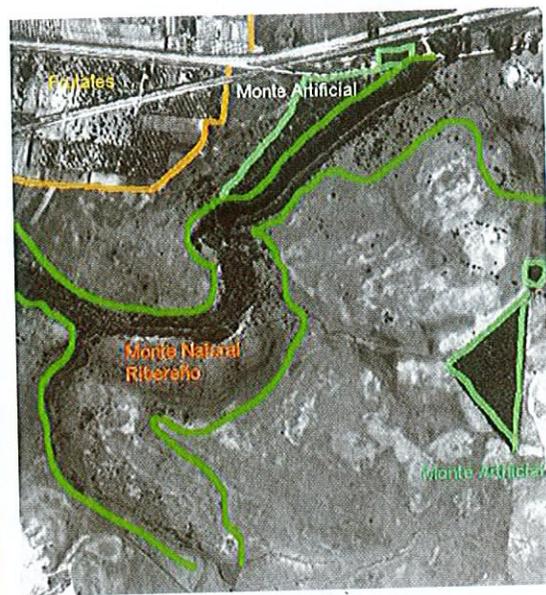


Figura 73. Clasificación de Texturas Forestales (URU, 1967).

agrícolas de aquellos que han tenido solamente actividad pecuaria, etc.

Posición geográfica

La posición es otra variable importante a los efectos de la correcta identificación de un detalle. Hay elementos que aún teniendo apariencia similar a lo observado, la diferente

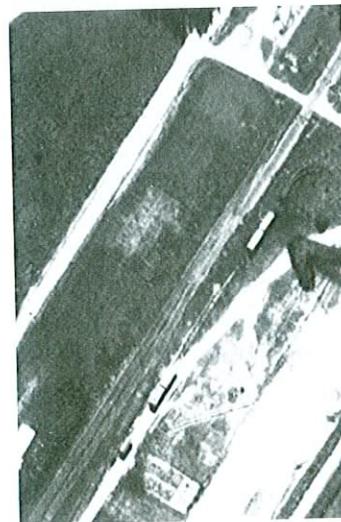


Figura 74. Imagen con un objeto para ser identificado (Aguilar, 2000).

posición que ocupan, ya sea en cota, respecto a una construcción, un centro poblado o respecto a un cultivo, brinda un indicio de su destino.

Se debe entender como la posición que ocupa por sí o "respecto de..." y aun cuando pueda definirse como el resultado de una deducción y no una variable primaria podrá permitir diferenciar una piscina de un tanque, una antena de radio de un molino, un canal de drenaje de uno de riego, un garaje de un galpón, etc.

En las figuras 75 y 76, identifique el elemento que se señala en la imagen:



Asociación

La identificación de un tipo de suelo o roca puede ser deducida del tipo de vegetación que lo cubre o del modelo del drenaje que lo caracteriza. Estos elementos son generalmente usados en la detección de yacimientos de minerales e hidrocarburos.

La identificación de una especie o tipo de vegetación puede ser sugerida por su sitio ecológico donde crece y puede ser obser-

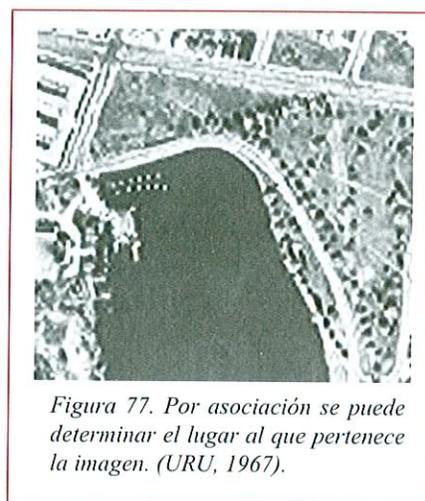


¿Es una casa, un camión o vagones de tren?

Según la posición del elemento, ¿puede determinar correctamente el tipo de elemento, qué es?

Realice una lista de elementos que pueden ayudarle a determinar el elemento desconocido.

Observe la carretera y la vía que en la imagen aparecen. El elemento localizado sobre la vía es un vagón, pero para su confirmación observe la imagen siguiente e identifique los elementos y uso que tiene el territorio involucrado.



vado en la imagen. La elevación relativa de un lugar, incluyendo los detalles de drenaje, puede ser un indicador importante en la predicción de las condiciones del suelo o la probabilidad de encontrar una asociación vegetal especial. Ciertas especies pueden ser identificadas mediante el reconocimiento de otras especies con las cuales suele asociarse.



3.4 PAPEL Y PERFIL DEL INTÉRPRETE DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS

La persona que realiza interpretación de imágenes de sensores remotos debe tener primero que todo una formación técnica que le permita el reconocimiento en su temática. Para los levantamientos de cobertura y uso de la tierra es importante contar con conocimientos de geoformas, suelos, vegetación e infraestructura urbana y rural. Esta persona, experta en la temática por interpretar, usa las imágenes como una herramienta, para obtener cualitativa y cuantitativamente una respuesta a su investigación.

Para muchos intérpretes, la investigación científica solo comienza a tomar forma durante el trabajo de campo. Las investigaciones sobre la naturaleza de los objetos mapeados son los principales propósitos en los levantamientos utilizando la interpretación de imágenes. La situación en la que una persona hace el trabajo de campo, y otra persona la interpretación, debe evitarse hasta donde sea posible

Los edafólogos o los geólogos que estén familiarizados con sistemas y procesos específicos de glaciación podrán con más habilidad interpretar imágenes en donde aparecen estos fenómenos, de manera que el conocimiento específico tiene gran importancia en la interpretación de imágenes.

En todos los casos, es importante un entrenamiento en las técnicas de interpretación, buscando un alto nivel de conocimiento que será el que decida sobre la habilidad para realizar una buena interpretación en la disciplina particular en que se trabaja. Una buena interpretación solo puede ser realizada por un técnico con un buen nivel de referencia, dependiendo del propósito de la interpretación.