

Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2006/2007

Módulo VII: Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

ANÁLISIS VISUAL DE IMÁGENES

AUTOR: EDUARDO GARCÍA-MELÉNDEZ

ÁREA DE GEODINÁMICA EXTERNA

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

UNIVERSIDAD DE LEÓN

Índice

1. Objetivos.....	3
2. Introducción.....	3
3. Criterios visuales para identificación.....	4
3.1. Tono.....	4
3.2. Color.....	6
3.3. Textura.....	8
3.4. Forma.....	9
3.5. Tamaño.....	9
3.6. Patrón.....	9
3.7. Sombras.....	11
3.8. Localización.....	11
3.9. Visión Estereoscópica.....	11
3.10. Aspectos temporales.....	12
4. Estrategias y fases en el proceso de la interpretación visual.....	13
4.1. Detección, reconocimiento e identificación.....	13
4.2. Análisis.....	13
4.3. Clasificación.....	14
4.4. Deducción.....	14
5. Reglas para el análisis visual de imágenes.....	14
6. Bibliografía.....	15

1. Objetivos.

Descripción de los elementos y características de la interpretación visual.

Conocimiento del método o reglas para realizar interpretaciones visuales de imágenes de satélite.

Comprensión de las ventajas y limitaciones de la interpretación visual.

2. Introducción.

Generalmente, los métodos de la extracción de información a partir de imágenes de satélite se subdividen en dos grupos:

1 – Extracción de información basada en el análisis o interpretación de los datos suministrados por los satélites.

2 – Extracción de información basada en el tratamiento automático o semiautomático por parte del ordenador.

La forma más intuitiva de extraer información de imágenes de satélite es mediante la interpretación visual, que está basada en la habilidad que presentan los humanos para relacionar tonos, colores y patrones espaciales que aparecen en una imagen con elementos del mundo real. Este tipo de interpretación se lleva a cabo mediante la superposición en la imagen de un papel apropiado (transparente o semitransparente) sobre el cual se dibujan y delimitan los elementos y áreas de interés para la interpretación (unidades de vegetación, de usos del suelo, geomorfológicas, litológicas,...). Posteriormente la interpretación resultante se puede digitalizar. También es posible generar la interpretación en el propio monitor del ordenador delimitando las áreas y elementos de interés mediante digitalización en pantalla.

En una imagen de satélite (también en fotografías aéreas) se ven varios objetos de diferentes tamaños y formas, algunos de ellos se identifican correctamente mientras que otros no, dependiendo de las percepciones individuales y de la experiencia del intérprete. Cuando podemos identificar lo que vemos en imágenes de satélite y fotografías aéreas, y comunicar esa información a otros estamos realizando *fotointerpretación*: los datos en bruto de las imágenes y fotografías cuando son tratados por un cerebro humano se convierten en información. Por lo tanto, el intérprete se puede encontrar con dos situaciones:

1 – Reconocimiento directo y espontáneo de un objeto o fenómeno (porque es conocido por el intérprete).

2 – Utilización de un proceso de razonamiento en el que se utiliza el conocimiento profesional y la experiencia para identificar un objeto. En ocasiones este razonamiento no es suficiente para la interpretación correcta, siendo necesario el trabajo de campo.

El intérprete examina cada elemento de la imagen en tres sentidos: separadamente, en relación con otro elemento, y en relación con todo el patrón de la imagen. El éxito de una interpretación visual depende de varios factores:

- 1 - Experiencia y entrenamiento del intérprete. Es necesario tener poder de observación, imaginación y gran paciencia. Además, es importante que el intérprete posea un conocimiento amplio del fenómeno que se estudia, así como de la región geográfica en donde se esté trabajando.
- 2 - La naturaleza del fenómeno que se estudia (no es lo mismo estudiar asociaciones vegetales que la búsqueda de minerales o de recursos hídricos).
- 3- La calidad de la imagen.

3. Criterios visuales para identificación.

Existen una serie de factores que diferencian a las imágenes de satélite y a las fotografías aéreas de otras imágenes a las que se está más acostumbrado: (1) se muestran datos desde una perspectiva elevada y a menudo no familiar, (2) el uso frecuente de longitudes de onda fuera de la porción visible del espectro electromagnético, y (3) la visión de la superficie de la Tierra en escalas y resoluciones no familiares. Estas diferencias pueden suponer un desafío importante para el analista de imágenes principiante. Un estudio sistemático de las imágenes incluye varias características básicas de elementos que aparecen en las mismas. Las características específicas útiles para una tarea concreta y la manera en la que son consideradas depende del campo de aplicación. La mayor parte de las aplicaciones consideran las características básicas que se describen a continuación.

3.1. Tono

Se refiere al brillo relativo de los objetos. Las variaciones tonales son elementos muy importantes en la interpretación, constituyendo uno de los principales criterios de interpretación visual. La expresión tonal de los objetos en la imagen está directamente relacionada con la cantidad de energía reflejada por la superficie. Los distintos tipos de rocas, suelos, vegetación, presentan diferentes tonos. Las variaciones en las condiciones de humedad también se reflejan como diferencias tonales: un incremento en el contenido de humedad origina tonos de gris más oscuros (figura 1). Las diferencias son debidas a:

- la diferente impresión de la imagen puede dar distintos tonos en dos imágenes contiguas;
- la posición del sol (su elevación dependiendo de la hora del día y de la estación del año);
- la distinta reflectividad de los elementos según la longitud de onda considerada, es decir, el tono característico de una cubierta varía con la banda del espectro considerada (por ejemplo la vegetación presenta tonos oscuros en las bandas correspondientes a longitudes de onda del visible, mientras que en longitudes de onda del infrarrojo presenta tonos más claros);
- las características distintas de diferentes elementos según la estación del año (por ejemplo vegetación y contenido en humedad, ver figura 1).

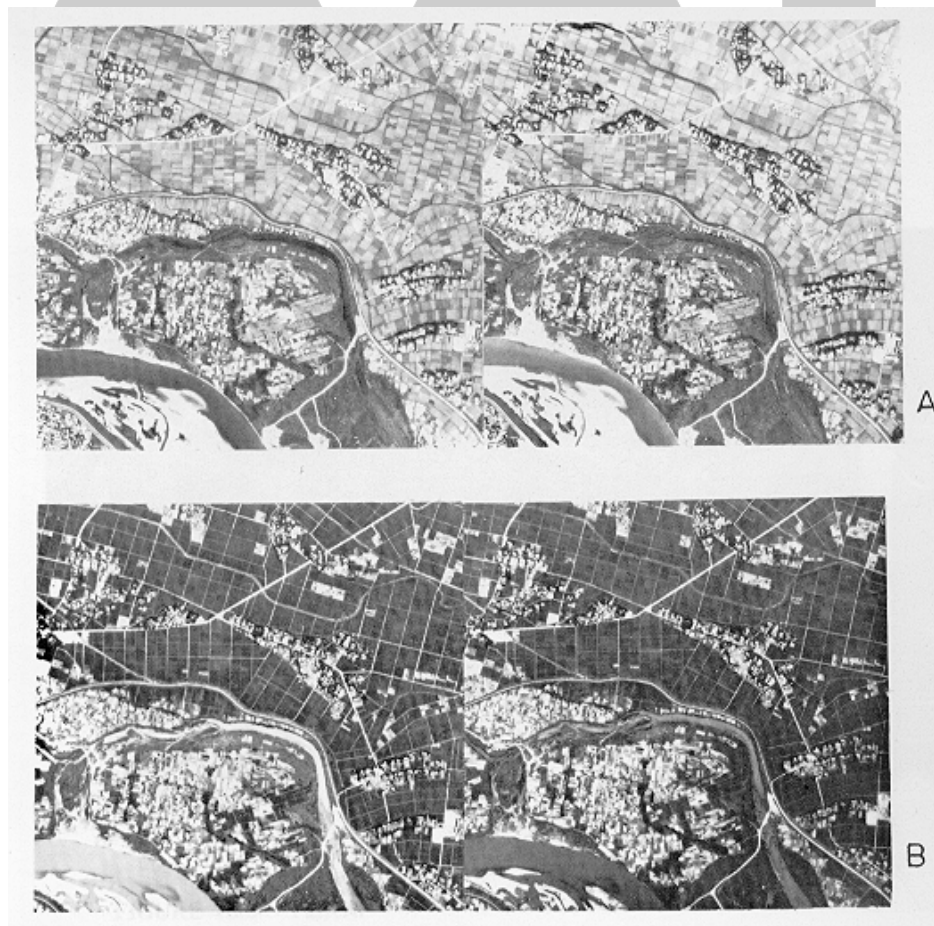


Figura 1. Variación en el tono de gris debido a variaciones estacionales. Estereogramas hechos a partir de fotografías aéreas del Lejano Oriente: el estereograma A) corresponde a la estación seca y B) a la estación húmeda. En B) se aprecia que los campos de arroz se encuentran encharcados y que los ríos son más anchos. (Según Van Zuidam, 1986).

Es necesario destacar que una representación impresa de una imagen supone una pérdida de los tonos (distintos niveles de energía) captados por el detector, ya que en la mayor parte de los casos éste detecta hasta 256 niveles distintos. Por otra parte, el ojo humano tampoco está capacitado para distinguir 256 niveles o tonos de gris.

3.2. Color

La ventaja del color sobre el tono es que el ojo humano es mucho más sensible a las variaciones cromáticas frente a las variaciones de intensidad luminosa. Además, debido a la posibilidad de mezclar varias bandas del espectro en una composición de color, el color resulta ser un elemento básico para la interpretación visual de las imágenes de satélite.

El ojo humano percibe longitudes de onda entre 400 y 700 nm, separando la energía recibida en tres componentes que son los denominados colores primarios: azul, verde y rojo, a partir de los cuales se puede generar cualquier otro color. El monitor de los ordenadores presenta tres canales (rojo, verde, azul); cuando desplegamos una sola banda del espectro (grises), la misma señal se introduce por los tres canales del monitor. Sin embargo, cuando realizamos una composición en color, los datos de tres bandas utilizadas son introducidos por cada uno de los tres canales del monitor, de forma que se reproducen multitud de colores en los píxeles como producto de la combinación de los valores de intensidad de cada una de las tres bandas para cada píxel (figura 2).

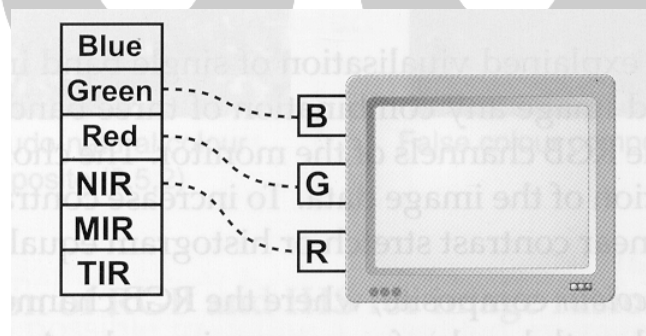


Figura 2. Forma de desplegar una imagen multibanda en un monitor utilizando los canales rojo, verde y azul del mismo.

En principio, cualquier combinación de bandas puede ser utilizada en una composición en color. Sólo la experiencia y el área de aplicación o el tema en el que se esté trabajando, hará elegir qué tres bandas de un conjunto multispectral son utilizadas para la composición en color. Por ejemplo, una composición de color natural, será aquella en la que asignemos al canal rojo del

monitor, la imagen captada por un detector en longitudes de onda correspondientes al rojo del espectro electromagnético, al canal verde del monitor la imagen captada en longitudes de onda correspondientes al verde, y por último al canal azul, la imagen captada en longitudes de onda correspondientes al azul. Una elección muy utilizada es la composición en falso color, que consiste en la asignación a los canales rojo, verde y azul del monitor (**Red, Green, Blue**) las bandas correspondientes al infrarrojo cercano, al rojo y al verde del espectro electromagnético respectivamente, en estas imágenes de falso color una de las características principales es que la vegetación aparece en color rojo.

Dependiendo de la aplicación y de la disponibilidad de imágenes con varias bandas, se pueden realizar otras composiciones en color distintas al falso color y al color natural. En estos casos, además de las combinaciones aleatorias (tres a tres) que se quiera, se suelen estudiar las matrices de correlación entre las bandas del conjunto multispectral (figura 3), y elegir aquellas tres que se encuentren menos correlacionadas entre sí. También se suele aplicar la técnica de los componentes principales. Se han realizado múltiples ensayos para identificar la composición en color que ofrece una mejor discriminación de cubiertas, pero hay que tener en cuenta que una composición que es ideal para un cierto tema en un área determinada, puede no serlo en un área distinta en la que se estudia el mismo tema. Se pueden probar las composiciones propuestas o utilizadas en la bibliografía, pero siempre se tendrá que evaluar de forma crítica, teniendo en cuenta los conocimientos sobre el tema y la zona, para decidir la aplicación de una determinada composición u otra que se crea que se adapta mejor a las necesidades del análisis.

A)						
Band	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
1	1.000	0.952	0.902	0.638	0.544	0.648
2	0.952	1.000	0.971	0.734	0.615	0.723
3	0.902	0.971	1.000	0.747	0.705	0.803
4	0.638	0.734	0.747	1.000	0.642	0.624
5	0.544	0.615	0.705	0.642	1.000	0.950
6	0.648	0.723	0.803	0.624	0.950	1.000

B)						
Band	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6
1	1.000	0.940	0.862	0.632	0.387	0.523
2	0.940	1.000	0.959	0.761	0.488	0.633
3	0.862	0.959	1.000	0.827	0.595	0.726
4	0.632	0.761	0.827	1.000	0.664	0.687
5	0.387	0.488	0.595	0.664	1.000	0.934
6	0.523	0.633	0.726	0.687	0.934	1.000

Figura 3. Matrices de correlación para seis de las bandas del sensor TM (excluida la banda térmica) de una subescena correspondiente al sureste de España. A) matriz correspondiente a toda la subescena; B) matriz correspondiente a la subescena con la vegetación, agua y sierras enmascaradas.

3.3. Textura

Es la frecuencia con la que suceden cambios tonales, es decir, el contraste espacial entre los elementos que componen la imagen (se percibe como repeticiones de cambios tonales). Esta característica se produce por una agregación de rasgos unitarios que pueden ser demasiado pequeños para diferenciarse individualmente, pero que juntos marcan una diferencia respecto al resto de la foto. Por ejemplo en los árboles cada hoja tiene su propia forma, tamaño, patrón, sombra y tono, pero todas estas características juntas dan una sensación visual que permite diferenciar entre un tipo de árboles y otros. Para definir la textura se suelen usar los adjetivos de suave (campo de trigo crecido) y grosero (en un terreno rugoso, como puede ser un suelo desnudo en áreas de montaña con muchas piedras o un bosque), lineal, etc. (figura 4). A menudo la textura se puede relacionar con la rugosidad del terreno. La textura está muy relacionada con la resolución espacial del sensor ya que procede de la relación entre el tamaño del objeto y dicha resolución. Este criterio es importante, por ejemplo, para discriminar entre objetos con el mismo comportamiento espectral. A medida que se reduce la escala a la que observamos la imagen, la textura de cualquier objeto o área se hace progresivamente más fina hasta desaparecer (ver figura 4).



Figura 4. Fotografías aéreas de un bosque tropical en el que se observa: en la foto de la derecha una textura grosera (escala aproximada 1:10.000, Lejano Oriente), en la foto del centro una textura media (escala aproximada 1:10.000, Sudamérica), en la foto de la izquierda (misma zona que la foto del centro) una textura fina (escala aproximada 1:40.000). (Según Van Zuidam, 1986).

3.4. Forma

Se refiere a la forma de los objetos, a la forma de su perímetro, a la forma tal y como se ve en una foto de dos dimensiones, en definitiva la forma caracteriza a muchos de los objetos que se ven en las imágenes (figura 5). Asimismo también se incluye en la forma, la altura relativa de los objetos cuando se trabaja con visión estereoscópica en la interpretación visual. El intérprete deberá tender a identificar los objetos de acuerdo con esta característica ya que es una de las más fáciles. En algunos casos esta característica bastará para diferenciar el objeto de estudio de los del resto de la imagen, pero no en todos.

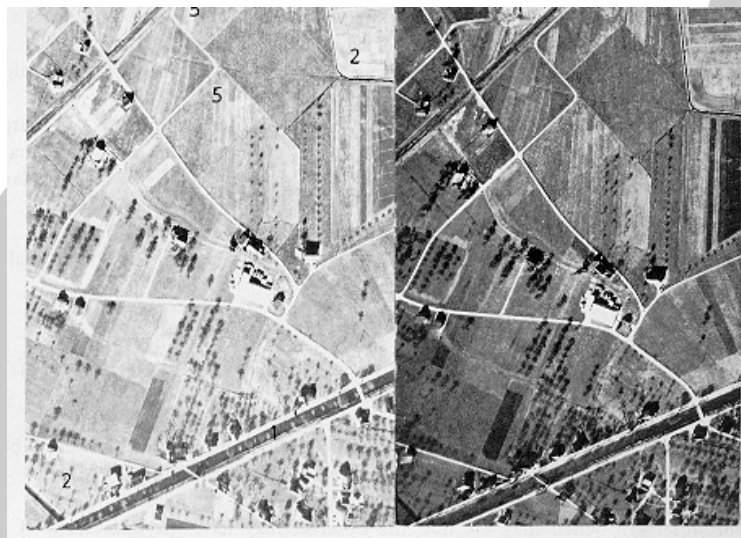


Figura 5. En este estereograma correspondiente al centro de Europa se pueden reconocer distintos objetos por su forma: casas, carreteras secundarias o caminos, canal (en la parte inferior, recto, ancho con tonos oscuros y cruzado por varios puentes, etc.). (Según Van Zuidam, 1986).

3.5. Tamaño

El tamaño de los objetos en las imágenes se tiene que considerar siempre en el contexto de la resolución espacial y de la escala en la que está impresa o desplegada la imagen. Igualmente es importante relacionar el tamaño del objeto analizado con otros objetos de la imagen o foto: por ejemplo para saber si una carretera o camino es más o menos importante.

3.6. Patrón

Se refiere a la distribución espacial de los objetos (tanto naturales como construidos), a la repetición de formas cada cierto espacio, que permite su identificación. Por ejemplo patrón concéntrico, radial, etc. Un olivar presenta una plantación regular alineada, en contraste con un bosque o una dehesa (figura 6). Los cultivos en aterrazamientos o bancales también presentan un patrón característico, así como los distintos patrones de disposición de la red de drenaje

(figura 7) en dendrítico, paralelo, etc., y los patrones de construcción (figura 8) en las ciudades (distinción de áreas industriales por las naves, murallas de las ciudades antiguas, etc.)



Figura 6. Estereograma de una zona de España en el que se muestra el patrón de plantación de olivos en filas (Según Van Zuidam, 1986).



Figura 7. Estereograma de una zona de España en el que se muestra un patrón de drenaje subdendrítico. (Según Van Zuidam, 1986).

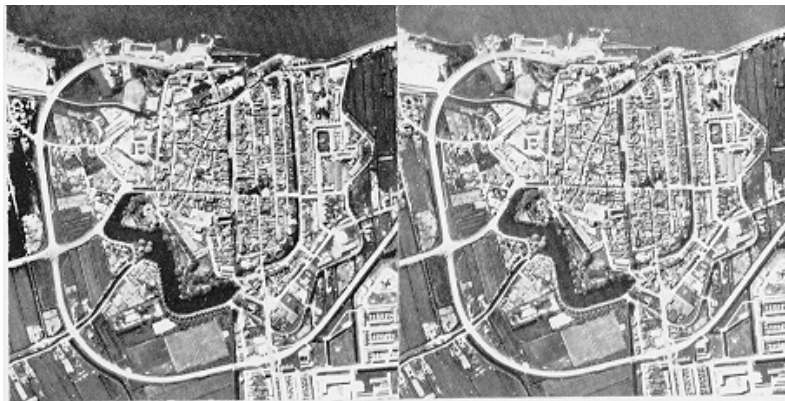


Figura 8. Estereograma en el que se observa un patrón urbano con una forma estrellada que corresponde al recinto medieval. (Según Van Zuidam, 1986).

3.7. Sombras

Es la oscuridad en un área o espacio debido a que los rayos de una fuente de energía (generalmente el sol) no llegan a ella por la interposición de un cuerpo opaco que forma parte del terreno, o una construcción. Las sombras pueden ocultar importantes fenómenos, pero también ayudan a la percepción tridimensional de los objetos, lo cual puede ayudar a su distinción. Son muy dependientes de la fecha de adquisición de la imagen y del relieve local. También modifican la señal de una misma cubierta o sustrato recibida por el sensor ya que se produce una tonalidad ligeramente distinta pudiendo separar la misma categoría o clase en dos, cuando en realidad es la misma.

3.8. Localización

Se refiere a la posición topográfica o geográfica en la que se encuentra un objeto o elemento respecto a un marco de referencia (montaña, valle, ciudad, etc.). Por ejemplo un gran edificio situado en el punto donde convergen numerosas vías de tren, lo más probable es que corresponda a una estación de ferrocarril y no a un hospital. En algunos casos la identificación de los objetos de estudio no se hace de una manera directa, sino que se realiza por eliminación: es decir, conociendo el tema de estudio (por ejemplo vegetación) se pueden conocer las características donde pueden darse determinados tipos: a partir de cierta altura únicamente pueden darse los pinos y los abetos. En el caso de la vegetación, de los usos de suelo, etc. esta distinción por eliminación variará de región en región y de estación en estación. En cuanto a las formas del relieve, también existe una variación condicionada por el clima.

3.9. Visión estereoscópica

La impresión de profundidad que se encuentra en el mundo real también se puede adquirir con dos imágenes de la misma zona tomadas desde diferentes posiciones. Para ello es necesario un par de imágenes o fotografías, que se disponen por separado y se observan a la vez por los dos ojos mediante un aparato denominado estereoscopio, obteniendo así la visión tridimensional de las formas del relieve. Los estereogramas son pares de fotos dispuestos para la visión estereoscópica (como ocurre con la mayor parte de las figuras incluidas en este texto). La visión estereoscópica es un aspecto fundamental para los estudios geológicos y geomorfológicos, de vegetación, de suelos, etc., aportando una visión tridimensional del espacio observado. Hasta hace unos años, la mayor parte de los sensores espaciales no poseían esta capacidad (las fotografías aéreas, sí). Una excepción era el satélite SPOT (figura 9), con un dispositivo móvil que varía el campo de visión facilitando observaciones no verticales de hasta 27° a ambos lados del nadir (punto central de la imagen tomada desde la vertical) pudiendo adquirir dos imágenes

de la misma zona desde puntos distintos que permite la visión estereoscópica, sin embargo las imágenes presentaban necesariamente fechas distintas y por lo tanto distintas condiciones de adquisición. Actualmente esta posibilidad de obtener imágenes para analizar estereoscópicamente ya está presente en varios sensores (como por ejemplo SPOT-5, ASTER, IKONOS y *QuickBird*) y además se ha perfeccionado la captación de los pares estereoscópicos mediante la técnica *along-track*, que permite la adquisición de dicho par de imágenes en una misma órbita con las mismas condiciones de toma. Así, esta generación de imágenes, al presentar una mayor resolución espacial y la posibilidad de observación tridimensional, son idóneas para la interpretación visual frente a las imágenes de los sensores más antiguos, y entran además en clara competencia con la fotografía aérea convencional.

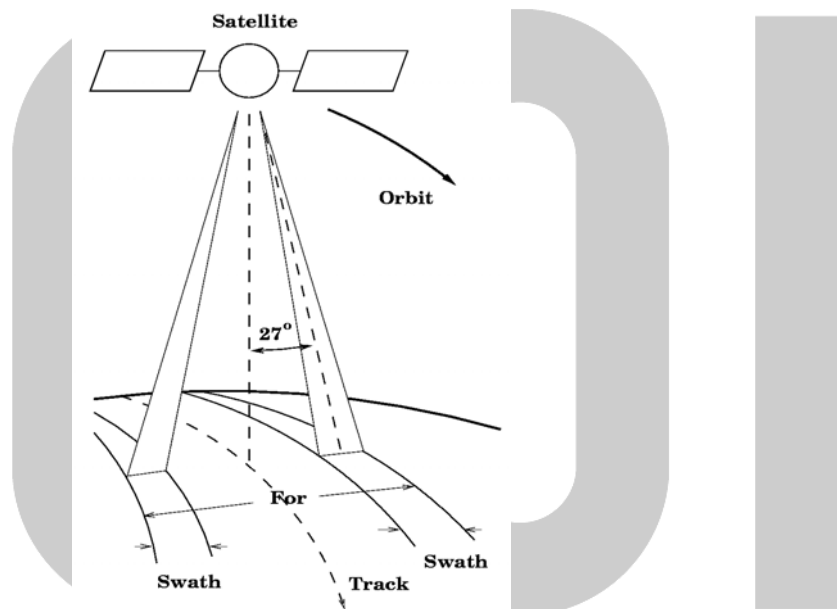


Figura 9. Adquisición de imágenes no verticales por parte del satélite SPOT

3.10. Aspectos temporales

Los aspectos temporales relacionados con los fenómenos naturales son de gran importancia en la interpretación porque factores como el crecimiento vegetativo y el contenido en humedad del suelo varían durante el año. Por otra parte estos aspectos también son importantes para interpretar los cambios ocurridos en un período de tiempo determinado en cuanto a usos del suelo y repercusiones de las actividades humanas sobre el medio. En los estudios multitemporales se ha de tener en cuenta que los tonos, colores y texturas, (que están relacionados con las condiciones medio-ambientales y de adquisición), podrán variar de una

imagen a otra de la misma zona, por lo que habrán de considerarse individualmente para cada imagen.

Tras la introducción de estos criterios o elementos de interpretación se ha obtenido una relación de la extensión espacial de las características a las que se refieren: el tono y color se pueden definir para un único píxel, la textura se define con respecto a un grupo de píxeles. Los otros elementos o criterios se refieren a objetos individuales o a grupos de objetos. El uso simultáneo y a menudo implícito de estos criterios constituye la fuerza de la interpretación visual de las imágenes. En la clasificación digital de las imágenes sólo se tiene en cuenta la respuesta espectral, lo cual explica la limitación de los métodos automatizados en comparación con la interpretación visual.

4. Estrategias y fases en el proceso de la interpretación visual.

En cierto sentido, el proceso de interpretación visual es como el trabajo de un detective tratando de juntar todas las piezas de ciertas evidencias para resolver un misterio. Para el analista o intérprete el misterio puede ser por ejemplo porqué ciertas áreas rocosas presentan tonos o colores distintos entre sí, o porqué algunas áreas de uso agrícola aparecen distintas del resto. Por otra parte, conviene destacar que la interpretación visual es sólo una técnica, por lo que es imprescindible tener un conocimiento científico y experiencia en el campo de aplicación para un uso que sea efectivo. La compleja actividad denominada análisis visual de imágenes (también fotointerpretación) es un proceso que se puede dividir en varias fases: 1) detección, reconocimiento e identificación, 2) análisis, 3) clasificación, 4) deducción.

4.1. Detección, reconocimiento e identificación.

El primer paso en el proceso es la detección, es decir, el simple descubrimiento de que algo está ahí; el segundo paso es el reconocimiento, por el cual el intérprete reconoce un objeto familiar sobre la base de su forma, tamaño y otras propiedades visibles. Finalmente está el paso de la identificación, en el cual el objeto o característica es identificado como algo conocido por un nombre o término.

4.2. Análisis.

Antes de empezar con el análisis es necesario determinar qué objetos o características se van a analizar dependiendo del tema de interés (red de drenaje, formas del relieve, litologías, vegetación, etc.). El análisis significa dividir la imagen en unidades, es decir dibujar sobre ella contornos y líneas de manera sistemática de acuerdo con una leyenda establecida analizando



toda la imagen.

4.3. Clasificación.

La clasificación consiste en la comparación basada en las características definidas de las unidades en la fase de análisis. Es decir, se asignará un nombre de clase a las unidades diferenciadas que presenten las mismas características. Si los objetos de estudio no son claramente visibles o interpretables entonces se necesitará trabajo de campo adicional.

4.4. Deducción.

La deducción está definida como la fase que trata de la combinación de las observaciones realizadas sobre la imagen con el conocimiento adquirido a partir de otras fuentes, con el fin de adquirir información que no se puede obtener a partir de las imágenes. También se refiere este término a cuando el intérprete llega a conclusiones sobre la base de sus observaciones en las imágenes. En general todas las fases anteriores (excepto la detección) presentan un importante componente de deducción.

5. Reglas para el análisis visual de imágenes (fotointerpretación).

Es necesario que la técnica del análisis visual de imágenes se desarrolle según las mejores líneas científicas y prácticas, para lo cual es necesario utilizar un método sistemático. Existen al menos cuatro reglas para el procedimiento general:

- 1 - El análisis se tiene que realizar de forma metódica, en pasos sucesivos dependiendo de la disciplina o tema de estudio y aplicación.
- 2 - La interpretación tiene que ir de lo general a lo específico (desde el reconocimiento al estudio de detalle). Las unidades principales tienen que ser interpretadas antes que los detalles (aunque en algunos casos la interpretación se ve simplificada haciéndolo al revés).
- 3 - La interpretación tiene que proceder desde las características que son conocidas a las desconocidas, aplicando las sucesivas fases descritas en el apartado anterior.
- 4 - La imagen se tiene que analizar sólo por sus propias cualidades. Esto es válido para la primera y segunda fases del apartado anterior, sin embargo para la clasificación final hay que incluir otro tipo de información que no proporciona las imágenes.

6. Bibliografía.

- CHUVIECO, E. (2006). *Teledetección Ambiental: la observación de la Tierra desde el Espacio*. Ariel., 586 pp.
- JANSSEN, L.F. (Ed.) (2000). *Principles of Remote Sensing. An introductory textbook*. ITC Educational Textbooks Series, Enschede, 170 pp.
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W.; CHIPMAN, J.W. (2004). *Remote sensing and image interpretation*. Wiley & Sons, 750 pp.
- LÓPEZ VERGARA, M. L. (1988). Manual de fotogeología (2ª edición). Publicaciones Científicas de la Junta de Energía Nuclear, 306 pp.
- RENCZ, A.N. (1999). *Remote Sensing for the Earth Sciences*. Wiley & Sons (3ª edición), 707 pp.
- RICHARDS, J.A. (1986). *Remote sensing digital image analysis. An introduction*. Springer-Verlag, 281 pp.
- SABINS, F.F. (1997). *Remote sensing: principles and interpretation*. W.H. Freeman & Company, 494 pp.
- VAN ZUIDAM, R.A. (1986). *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. Smits Publishers, The Hague, 442 pp.