

MINISTERIO DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO
INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI
SUBDIRECCION DE GEOGRAFIA

APLICACION DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS EN GEOGRAFIA

BOGOTA, D. E.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI

ALVARO GONZALEZ FLETCHER
Director General

LEONARDO DELGADO LOPEZ
Secretario General

JUNTA DIRECTIVA

Principales

Dr. FERNANDO ALARCON MANTILLA
Ministro de Hacienda y Crédito Público

Gral. RAFAEL SAMUDIO MOLINA
Ministro de Defensa Nacional

Dr. LUIS GUILLERMO PARRA DUSSAN
Ministro de Agricultura

Dr. CARLOS PINZON URDANETA
Representante del Presidente de la República

Suplentes:

Dr. SANTIAGO PARDO RAMIREZ
Delegado del Ministro de Hacienda
y Crédito Público
Presidente de la Junta

Brig. Gral. EDUARDO PLATA QUIÑONES
Delegado del Ministro de Defensa Nacional

Dr. GERMAN SARMIENTO PALACIO
Delegado del Ministro de Agricultura

SUBDIRECCIONES

VICTOR JULIO ALVAREZ QUINTERO
Subdirector de Geografía

ORLANDO NIÑO FLUCK
Subdirector de Cartografía

MARIO INDABURU ROJAS
Subdirector Administrativo

ERNESTO PARRA LLERAS
Subdirector Nacional de Catastro

DIMAS MALAGON CASTRO
Subdirector de Agrología

JUAN B. ALZATE B.
Subdirector de Docencia e Investigación

Esta Obra fue realizada en la Subdirección de Geografía por:

Investigación: **DANILO CARANTON P.** Ingeniero Geógrafo
Revisión Técnica: **VICTOR JULIO ALVAREZ** Ingeniero Geógrafo
Revisión Editorial: **AMANDA R. DE MORENO** Licenciada en Sociales
Arte y Diseño: **PEDRO J. ESCOBAR**
Armada: Grupo de Diseño
Dibujo Cartográfico: Grupo de Dibujo de la Subdirección de Geografía
Impresión: Sección Imprenta y Ediciones del INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI
NUESTRA PORTADA: Centro Internacional de Bogotá

INTRODUCCION

1. ASPECTOS GENERALES

	Pág.
1.1 DEFINICION DE FOTOGRAFIA AEREA	14
1.2 DESARROLLO DE LA FOTOGRAFIA AEREA	14
1.3 EVOLUCION DE LA FOTOGRAMETRIA EN COLOMBIA	15
1.4 CLASIFICACION DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS	15
1.4.1 Clasificación según la inclinación del eje óptico	15
1.4.2 Clasificación según la emulsión de las películas	17
1.5 USOS DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS	18
1.6 COMO SE HACE UN MAPA TOPOGRAFICO	18
1.6.1 Nomenclatura y control de campo	20
1.6.2 Restitución de fotografías aéreas	20
1.6.3 Dibujo y grabado de mapas	20
1.7 DIFERENCIAS ENTRE UNA FOTOGRAFIA AEREA Y UN MAPA TOPOGRAFICO	20
1.8 LA ORTOFOTOGRAFIA	22
1.9 IMAGENES DE PERCEPCION REMOTA	22
1.9.1 Imágenes Landsat	23
1.9.2 Imágenes de Radar	24
CUESTIONARIO DE REPASO	25

2. ELEMENTOS BASICOS DE FOTOGRAMETRIA

2.1 LA TOMA DE FOTOGRAFIAS AEREAS	28
2.2 CAMARAS UTILIZADAS EN LA TOMA DE FOTOGRAFIAS AEREAS	29
2.2.1 Cámaras normales	29
2.2.2 Cámaras granangulares	30
2.2.3 Cámaras supergranangulares	30
2.3 INFORMACION COMPLEMENTARIA DE UNA FOTOGRAFIA AEREA	30
2.4 LA ESCALA DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS	33
2.4.1 Variaciones de la escala	34
2.4.2 Cálculo de la escala de una fotografía con ayuda de un mapa topográfico	37
2.4.3 Medición de áreas y distancias	37
2.4.4 Localización de una fotografía aérea en un mapa topográfico	43
2.4.5 Desplazamiento radial por diferencias de altura	43
2.5 PLANEACION DE VUELOS	46
EJERCICIOS DE APLICACION	50

3. VISION ESTEREOSCOPICA

3.1 LA ESTEREOSCOPIA	54
3.2 ESTEREOSCOPIOS	57
3.3 EJERCICIOS DE VISION ESTEREOSCOPICA	58
3.4 EFECTO SEUDOSCOPICO	58
3.5 CONSTRUCCION DEL MODELO ESTEREOSCOPICO	59
EVALUACION	60

4. FUNDAMENTOS DE FOTOINTERPRETACION EN GEOGRAFIA

4.1	LECTURA Y FOTOINTERPRETACION	62
4.2	REQUISITOS DEL FOTOINTERPRETE	62
4.3	ELEMENTOS DE RECONOCIMIENTO Y ANALISIS	63
4.3.1	Sitio y situación geográfica	63
4.3.2	Forma y tamaño	63
4.3.3	Patrón de distribución	65
4.3.4	Tonos de gris	66
4.3.5	Textura	68
4.3.6	Resolución	69
4.3.7	Sombras	69
	EVALUACION	69

5. EL PROCESO DE FOTOINTERPRETACION EN GEOGRAFIA

5.1	DEFINICION DEL OBJETO DE ESTUDIO	72
5.2	PREPARACION Y RECOPIACION DE MATERIAL	72
5.3	LECTURA DE FOTOGRAFIAS AEREAS	73
5.3.1	Reconocimiento de procesos	73
5.3.2	Identificación de líneas de flujo	73
5.3.3	Identificación de accidentes destacados	74
5.3.4	Reconocimiento de indicadores especiales	74
5.3.5	Identificación de áreas homogéneas	74
5.4	ESTABLECIMIENTOS DE UNIDADES SIGNIFICATIVAS	74
5.5	ANALISIS Y CLASIFICACION DE UNIDADES	75
5.6	BUSQUEDA DE RELACIONES	75
5.6.1	Relaciones entre elementos naturales	75
5.6.2	Relaciones entre elementos culturales y naturales	76
	CUESTIONARIO DE REPASO	78

6. EL USO DE FOTOGRAFIAS AEREAS EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFIA

6.1	LA FOTOGRAFIA AEREA COMO RECURSO DIDACTICO	80
6.2	LA FOTOGRAFIA AEREA Y EL MAPA EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFIA	80
6.3	ACTIVIDADES PRACTICAS	83

7. EL USO DE LA FOTOGRAFIA AEREA EN INVESTIGACION GEOGRAFICA

7.1	LA TAREA DEL GEOGRAFO	94
7.2	LA FOTOGRAFIA AEREA COMO HERRAMIENTA PARA ESTUDIOS DE ORGANIZACION ESPACIAL	95
7.3	FOTOINTERPRETACION DEL AREA RURAL	95
7.3.1	Fotointerpretación del medio físico	96
7.3.2	Fotointerpretación de las actividades humanas	109
7.4	FOTOINTERPRETACION DEL AREA URBANA	113
	GLOSARIO DE TERMINOS	117
	BIBLIOGRAFIA	120

PRESENTACION

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi entrega al país el presente manual con el fin de apoyar la enseñanza y la investigación geográfica, cuyo objetivo es suministrar a quienes se inician en el uso de las fotografías aéreas, las bases teóricas que sustentan la fotointerpretación.

Las imágenes de percepción remota utilizadas con fines didácticos, son recursos que convierte el aprendizaje de la geografía en una actividad dinámica e interesante para el educando, ya que le facilita la comprensión de los fenómenos físicos y culturales con los cuales no está familiarizado.

En el ámbito de la investigación geográfica, la fotografía aérea es una herramienta auxiliar muy útil de trabajo y un documento que permite, desde la oficina, obtener información y analizar apartadas zonas por medio de su examen tridimensional, reemplazando en buena medida las lentas y costosas observaciones directas en el terreno. Sin embargo, en nuestro medio la fotografía aérea es poco utilizada debido principalmente a la carencia de profesionales con una sólida formación en esta disciplina.

Con la intención de llenar ese vacío, y con el propósito de que el material cartográfico y aerofotográfico que la entidad produce sea aprovechado de manera conveniente para lograr el conocimiento científico del territorio nacional, el Instituto Geográfico se complace en presentar esta publicación a estudiantes y profesores del país que les ayudará a comprender los principios básicos, marcos de referencia, conceptos geométricos de la fotogrametría, los fundamentos y normas que deben seguirse en la fotointerpretación, especialmente en los ámbitos de la investigación y enseñanza de la geografía.

ALVARO GONZALEZ FLETCHER
Director General

INTRODUCCION

El Manual ha sido diseñado de manera secuencial, combinando la teoría con la práctica, para que el estudiante adquiera a la vez la destreza que se requiere en el manejo de las fotografías aéreas y los conocimientos básicos de fotogrametría que deberá aplicar en sus trabajos de fotointerpretación.

En la primera parte de esta obra se tratan los aspectos relacionados con la naturaleza, la evolución, las características de las fotografías aéreas y otras imágenes de percepción remota.

El segundo y tercer capítulo, contienen los elementos básicos de fotogrametría tales como geometría, planeación de vuelos, cálculo de áreas y distancias, diferencias de altura del terreno, los principios de la visión estereoscópica, y los pasos que deben seguirse para lograrla.

El cuarto y quinto capítulos contemplan los principios y fundamentos de la fotointerpretación, los requisitos que debe cumplir el fotointérprete, los elementos de reconocimiento y análisis, y las normas que se deben tener presente en el proceso de fotointerpretación en geografía.

En el capítulo sexto, se presentan ejemplos concretos sobre la aplicación de las fotografías aéreas con fines didácticos.

La séptima unidad contiene las pautas que se deben seguir en la utilización de las fotografías aéreas en la investigación geográfica, especialmente en el levantamiento de mapas del uso del suelo urbano y rural.

Por último, se incluye un glosario de términos que han sido utilizados en el desarrollo de cada tema.

INTRODUCCION



Nevado del Tolima, Quindío, Santa Isabel, Cisne y Ruiz

ASPECTOS GENERALES

OBJETIVOS

Al finalizar la primera parte de este manual, el estudiante estará en capacidad de lograr los siguientes objetivos:

- Definir las características de las fotografías aéreas y los principios básicos sobre los cuales se basan los sistemas de percepción remota.
- Clasificar las fotografías aéreas según sus componentes básicos.
- Valorar la utilidad de las fotografías aéreas en la investigación y en la enseñanza de la geografía.
- Conocer el proceso de elaboración de un mapa topográfico.
- Distinguir las diferencias entre las imágenes de satélite, los mapas y ortofotos con las fotografías aéreas.

1.1 DEFINICION DE FOTOGRAFIA AEREA

Una fotografía aérea es la imagen de un terreno captada desde un avión o cualquier otra nave aérea equipada con cámaras fotográficas especiales para tal fin. Es el registro completo y detallado, en el instante de la toma, de los elementos que conforman el medio ambiente geográfico, es decir, de los fenómenos físicos del medio natural y del complejo de acciones que el hombre realiza en ese medio.

La fotografía aérea tiene como principio el sistema de percepción fotográfica que utiliza la propiedad que tienen los cuerpos de la litósfera para absorber, dispersar o refractar la luz proveniente del sol. Esta característica se traduce en el hecho de que la energía reflejada por las rocas, el agua o la vegetación, pasa a través de la lente de la cámara y, altera en mayor o menor grado de intensidad la película sensible al espectro electromagnético instalada en su interior. Este fenómeno da origen a una gama de tonalidades del gris con la cual se forman en el negativo las imágenes de los objetos.

A mayor capacidad de los objetos para reflejar la luz solar, más clara aparece su imagen en las aerofotografías y a menor reflexividad, más oscura.

1.2 DESARROLLO DE LA FOTOGRAFIA AEREA

El hombre, para enfrentar los problemas que le plantea la organización y el desarrollo del medio que habita, se ha visto obligado a crear novedosas técnicas para localizar e identificar la evolución de los recursos que requiere para subsistir; dichas técnicas le ayudan también a planear las obras necesarias para realizar las actividades que le proporcionan un modo de vida. Con este propósito, se han perfeccionado los sistemas de obtener información de los elementos que conforman la superficie terrestre desde el aire, ampliando de manera excepcional el campo de acción de la cartografía y de otras ciencias espaciales.

En el año de 1859, el francés Laussedat propuso la utilización de fotografías aéreas en el levantamiento de mapas. Sin embargo, era difícil tomar fotografías de modo secuencial, lo que constituye uno de los requisitos para el trazado de mapas topográficos y para la observación tridimensional de las imágenes.

Sólo a finales del siglo XIX, se fabricaron los primeros aparatos, utilizando el principio de la doble imagen en la observación de los elementos del terreno fotografiado en tres dimensiones y se construyeron cámaras especiales para la toma de fotografías aéreas en serie.

El desarrollo de la aviación, el perfeccionamiento de instrumentos de medición, el descubrimiento de nuevos métodos de percepción remota, han acelerado el desarrollo de la fotogrametría hasta lograr la automatización actual que combina la televisión con las computadoras electrónicas para producir imágenes de un terreno con la riqueza de información de las fotografías aéreas y las propiedades planimétricas de un mapa.

1.3 EVOLUCION DE LA FOTOGRAMETRIA EN COLOMBIA

Con el progreso de la fotogrametría en Europa, a partir de la Segunda Guerra Mundial y el desarrollo de nuevas técnicas para la confección de mapas topográficos con base en las fotografías aéreas, el gobierno colombiano creó el Instituto Militar dotándolo con los más avanzados aparatos de restitución cuya misión era elaborar la Carta General del país, crear y conservar el catastro nacional y efectuar el levantamiento cartográfico de sus zonas fronterizas.

En 1935, Colombia inicia sus operaciones aerofotogramétricas siendo uno de los primeros países del continente en utilizar las fotografías aéreas para el levantamiento cartográfico de su territorio. Esta labor ha continuado con admirables resultados como consecuencia del óptimo nivel técnico y científico alcanzado.

De acuerdo con la eficiente labor desempeñada por el Instituto Geográfico, el gobierno nacional le asignó otras actividades, no menos importantes, relacionadas con el conocimiento científico del territorio nacional y la difusión de su geografía.

La institución cumple con estas funciones por medio de análisis geográficos integrados y temáticos a nivel local, regional y nacional, los cuales constituyen la base fundamental de los planes de desarrollo económico y social.

En el área de enseñanza de la geografía, el Instituto produce obras didácticas que facilitan el aprendizaje de esta disciplina en todos los niveles.

A pesar del avance logrado en el país, en el campo de la cartografía y fotogrametría, en el área de la enseñanza la importancia y utilidad práctica de este material se desconoce casi por completo, debido a que en Colombia los docentes no se capacitan en la utilización de las técnicas adecuadas sobre el manejo de las fotografías aéreas y su aplicación.

1.4 CLASIFICACION DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS

Las fotografías aéreas se clasifican según la inclinación del eje óptico de la cámara en el momento de la toma, la emulsión de las películas y, con el tipo de cámara empleada.

Cada imagen, de acuerdo con los elementos mencionados, tienen características especiales que ofrecen variada utilidad y tratamiento específico en la obtención de información.

1.4.1 Clasificación según la inclinación del eje óptico

Según el ángulo de toma de las fotografías aéreas éstas pueden ser verticales y oblicuas. Las primeras son aquellas tomadas cuando el eje óptico de la cámara es normal o perpendicular a un plano horizontal de referencia que es el terreno (Fig. 1.1).



Fig. 1.1 Foto obliqua baja de Bogotá

La forma del área fotografiada es en general rectangular. Las máximas deformaciones de los objetos que aparecen en la imagen se aprecian en los bordes de las mismas. Sin embargo, ellas son corregidas en el proceso de restitución empleado en la elaboración de mapas topográficos.

Cuando las fotografías aéreas son tomadas con un ángulo entre 10 a 30 grados o más, con respecto a la perpendicular del plano, se denominan oblicuas. Las deformaciones son grandes, debido al efecto de "perspectiva" que se obtiene a partir del primer plano.

En una fotografía oblicua, un objeto del mismo tamaño, un edificio por ejemplo, se ve más grande si está en el primer plano, más cerca del observador, que si se halla en el segundo plano. Es decir, que la escala es más grande en el punto de observación y decrece hacia el fondo. La forma del terreno fotografiado es trapezoidal y cubre mayor área en el segundo plano que en el primero.

Una fotografía aérea es "alta" o panorámica, si en ella aparece el horizonte, Fig. 1.2, y, "baja", en el caso contrario.



Fig. 1.2 Foto oblicua de Bogotá

1.4.2 Clasificación según la emulsión de las películas

Las películas utilizadas en fotografía aérea contienen halogenuros de plata, sensibles a las diferentes longitudes de onda que emiten los cuerpos de la superficie terrestre cuyo registro y ordenación, según su frecuencia, da origen a la conformación de la imagen de los objetos.

De acuerdo con la sensibilidad de las emulsiones a las diferentes longitudes de onda, se pueden distinguir los siguientes tipos principales de fotografías aéreas: pancromáticas, color e infrarroja. (Fig. 1.3)

Pancromáticas

Las películas pancromáticas (blanco y negro) son sensibles a casi todas las radiaciones del espectro visible y las que más se asemejan a la visión humana. Se utilizan en cartografía para la elaboración de mapas topográficos y en fotointerpretación. Su bajo costo hace que sean de uso muy corriente.

Fotografías a color

La superficie de esta clase de películas se compone de tres capas de emulsiones sensibles al azul, al rojo y al verde. Aportan mayor información que las películas pancromáticas. El principal inconveniente que presentan radica en su elevado costo. Pueden ser utilizadas con fines fotogramétricos y en fotointerpretación, especialmente para determinar las clases de cultivos, inventario de recursos forestales, entre otras aplicaciones.

Infrarrojas

Este tipo de película capta las longitudes de onda del infrarrojo, no visibles para el ojo humano (mayores de 0.7 micrones). Es útil en estudios geológicos, aguas superficiales, agrícolas, forestales, en operaciones militares y para detectar enfermedades de los árboles.

1.5 USOS DE LAS FOTOGRAFÍAS AEREAS

En las fotografías aéreas se hallan consignados todos los elementos del terreno y cada especialista encuentra en ellas la información que requiere para sus investigaciones: el geógrafo, los datos del medio físico y las actividades de la población urbana o rural; el geólogo examina la superficie de un área e infiere la existencia de minerales y posibles yacimientos de petróleo; el edafólogo determina los detalles necesarios para la delimitación de los diferentes tipos de suelos; los silvicultores precisan el volumen y la densidad de la cobertura vegetal; el ingeniero civil, escoge la ruta más favorable para el trazado de carreteras y el cálculo de cortes y de rellenos; el profesor de geografía tiene una ayuda didáctica para la explicación de hechos tales como deltas de los ríos, abanicos aluviales, erosión fluvial, meandros, tipos de vegetación, habitat urbana y rural; el educando, establece relaciones entre elementos geográficos y demás información para comprender la relación del hombre con los factores del medio.

Entre otros trabajos, que es posible realizar con la ayuda de las fotografías aéreas, se pueden mencionar los siguientes: planeación urbana y rural; formación, conservación y actualización del catastro; estudio de tráfico y problemas de estacionamiento; control de crecidas y deslizamiento de terrenos; inventario y evaluación de recursos naturales; estudios de drenaje y problemas de erosión; levantamiento de uso del suelo urbano y rural; planificación de sitios de recreación; delimitación de fronteras y estrategia militar.

A pesar de estas múltiples aplicaciones de las fotografías aéreas, el uso más difundido en nuestro medio es para el levantamiento de mapas topográficos, por medio de la restitución aerofotogramétrica.

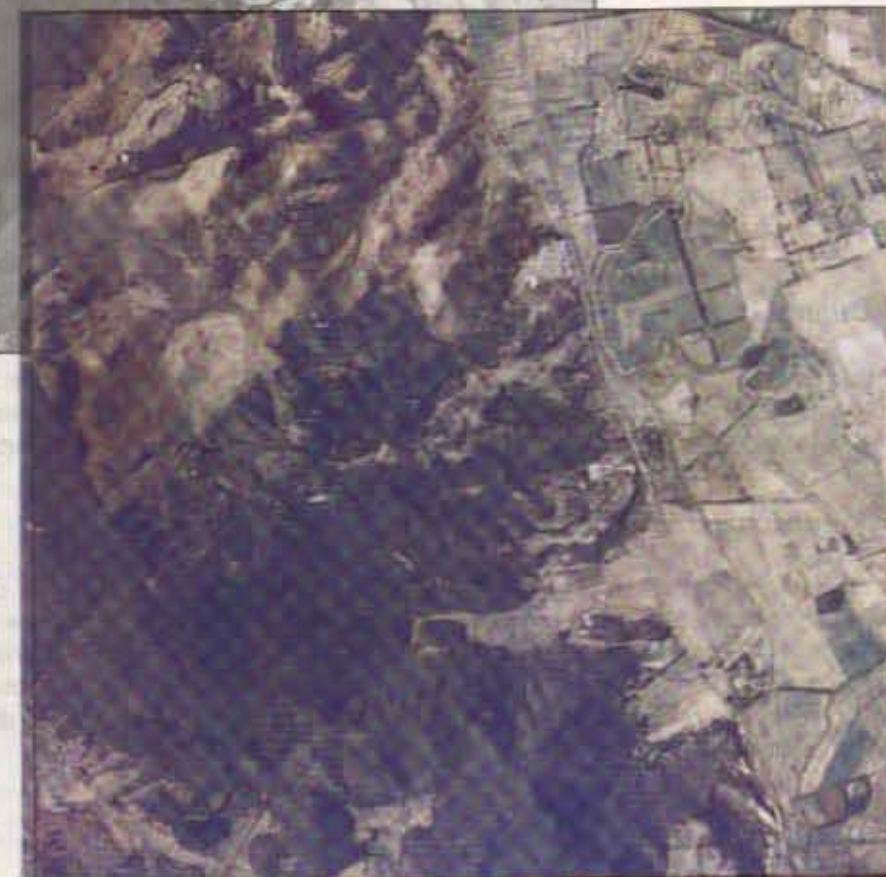
1.6 COMO SE HACE UN MAPA TOPOGRAFICO

El uso más generalizado de las fotografías aéreas se relaciona con la elaboración de mapas topográficos, aprovechando sus particularidades geométricas. Por medio de aparatos de restitución se pasa la información del terreno contenida en las imágenes a una hoja de papel. Esta actividad compete al campo de la fotogrametría.

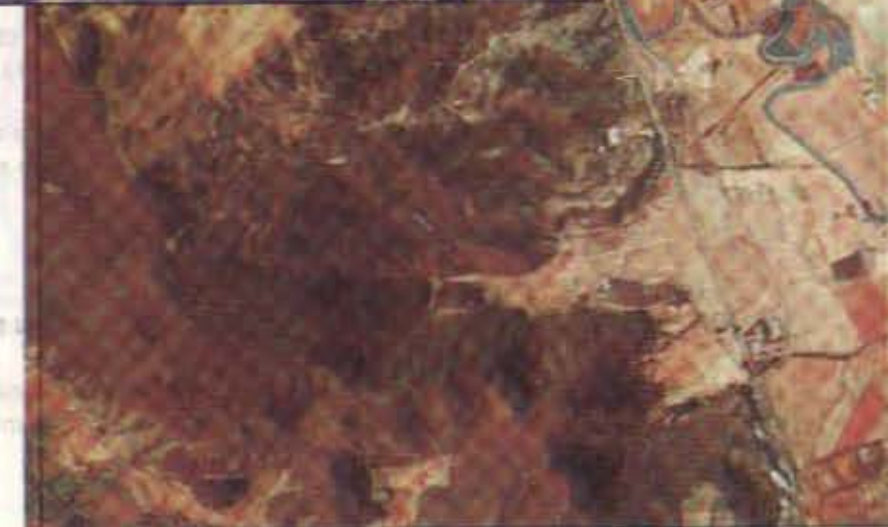
Con las fotografías aéreas se pueden elaborar mapas muy precisos a través de una visión completa de la topografía del terreno y de las condiciones existentes en el área ya sea de la zona urbana o rural.



PANCROMATICA



COLOR



INFRARROJA

Fig. 1.3 Sector al norte de Bogotá

Los aparatos de restitución permiten representar en forma gráfica la hidrografía, los bosques, el tamaño de calles, lotes y manzanas, aeropuertos, escuelas y demás lugares públicos importantes. Fig. 1.4.

La elaboración de un mapa topográfico, en términos generales, tiene un proceso que obedece a variadas y complejas etapas que van desde la planeación del vuelo para la toma de las fotografías aéreas, hasta la impresión final del mapa.

De acuerdo con las especificaciones técnicas del mapa o del plano (escala, intervalo de curvas de nivel, detalles planimétricos, etc.) se planea su elaboración teniendo en cuenta los recursos humanos, aparatos de restitución, aviones, cámaras, película. La toma de fotografías debe hacerse a escalas que permitan exactitud y resolución adecuadas para producir mapas de óptimo grado de exactitud (ver capítulo 2).

1.6.1 Nomenclatura

Una vez tomadas las fotografías aéreas es importante establecer la nomenclatura de los accidentes del terreno que aparece en las imágenes. Esta etapa se desarrolla directamente en el campo indagando por los nombres de los lugares y accidentes geográficos tales como poblaciones, ríos, lagunas, etc.

1.6.2 Control de campo

El control de campo es una actividad que consiste en localizar en el terreno puntos que se puedan identificar en las fotografías aéreas, lo cual permite el trazo de las coordenadas geográficas del mapa y ubicar los accidentes y distancias del terreno de manera coordinada y acorde con la realidad.

1.6.3 Restitución de fotografías aéreas

Las fotografías aéreas presentan distorsiones geométricas debidas a la lente de la cámara, inclinación de la misma en el momento de la exposición, desplazamiento de las imágenes de los objetos por las diferencias de relieve. Estas y otras anomalías son corregidas por procesos fotográficos y con el empleo de aparatos especiales de restitución que transforman la proyección central de una fotografía aérea en una proyección ortogonal. Enseguida el operador vuelca en una hoja de papel los detalles del terreno que deben aparecer en el mapa.

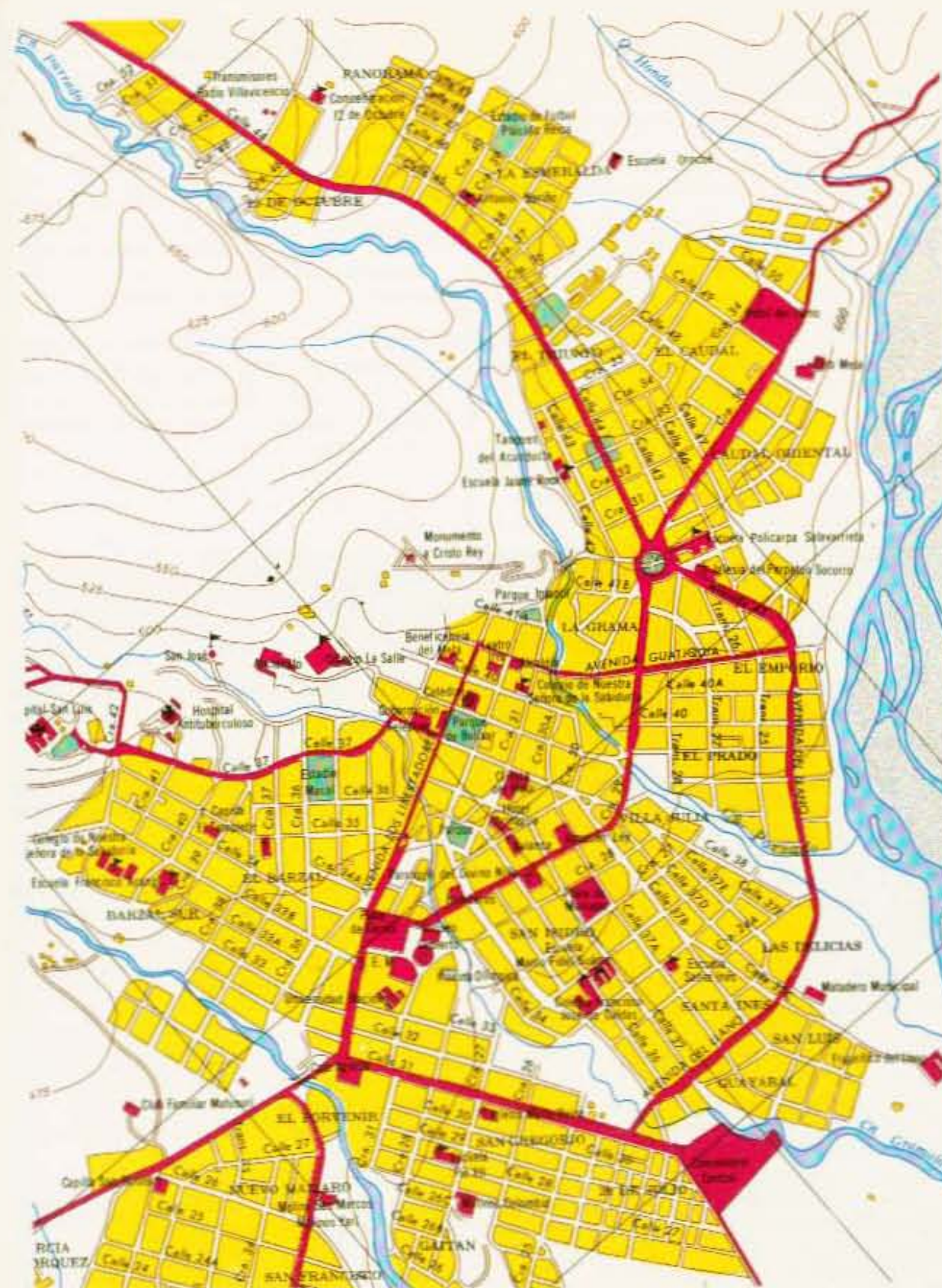
1.6.4 Dibujo y grabado de mapas

El proceso de dibujo tiene como base la información que se obtiene en la etapa de restitución, la cual es grabada de acuerdo con la cantidad de colores que deberá tener la impresión final del mapa.

Desde luego, los pasos aquí descritos para la confección de mapas, aparentemente sin ninguna relación, son tareas interdependientes y complementarias entre sí que constituyen todo un complejo sistema para producir planos y mapas.

1.7 DIFERENCIAS ENTRE UNA FOTOGRAFIA AEREA Y UN MAPA TOPOGRAFICO

Las fotografías aéreas y los mapas son la representación de una parte de la superficie terrestre. Sin embargo, entre éstos y aquellas existen diferencias que es conveniente conocer.



FOTOGRAFIA AEREA	MAPA TOPOGRAFICO
Proyección central. Con distorsión radial a partir del centro hacia los bordes.	Proyección ortogonal. Representación geométrica correcta y, sin distorsiones. La proyección de los objetos coincide con la vertical del lugar.
La escala no es uniforme para toda la fotografía. Esta varía en función de las diferencias de altura de los objetos y del terreno: mayor escala para los más elevados, y menor para los más bajos.	La escala es constante para todos los puntos del mapa, independientemente de las diferencias de altura de los objetos o del relieve.
Aparecen todos los objetos superficiales que conforman el terreno.	No aparecen todos los elementos del terreno; se hace abstracción de los menos importantes y se representan solo aquellos de verdadero valor intrínseco.
La presencia de leyendas y símbolos disminuyen el valor de la fotografía.	Las leyendas y los símbolos son fundamentales.

1.8 LA ORTOFOTOGRAFIA

En los últimos años, las técnicas aerofotogramétricas se han perfeccionado de tal manera que actualmente existen novedosos sistemas para obtener información de la superficie terrestre con precisión excepcional.

La ortofotografía es el resultado de la combinación de las técnicas fotogramétricas para transformar la proyección central en ortogonal, a partir de las fotografías aéreas convencionales las cuales presentan distorsiones que en las ortofotos son eliminadas.

Una ortofoto es el registro completo y detallado del terreno que mantiene las particularidades de una fotografía aérea y las características de un mapa. Es decir, que este documento es la conjunción de los dos porque de una parte, conserva la riqueza de información y detalles de la fotografía original, y de otra, tiene las propiedades planimétricas del mapa. Estas cualidades hacen de la ortofoto un documento de gran utilidad en el que se pueden hacer simultáneamente análisis cualitativos y estudios cuantitativos con gran precisión.

Las ortofotos, a las que se les puede llamar ortofoto-mapas, reducen considerablemente el tiempo en la confección de mapas convencionales por la eliminación de las etapas de dibujo y revisión final, que en el proceso normal de elaboración representan un alto porcentaje.

1.9 IMAGENES DE PERCEPCION REMOTA

Además de la fotografía aérea, existe otro tipo de percepción remota que presta invaluable servicios en investigaciones geográficas y en otros campos del conocimiento.

El concepto de "percepción remota", define en términos generales, la teledetección de objetos a distancia, es decir, la obtención de información de un objeto sin contacto directo con él.

La percepción remota se logra por medio de sensores tales como la cámara fotográfica, el radar, el sonar, etc. Los sensores remotos humanos son: el oído, el olfato y la vista.

Se denomina imágenes de percepción remota, aquellas que se obtienen a través de satélites para diferenciarlas de las fotografías aéreas convencionales, tomadas desde un avión con cámaras fotográficas.

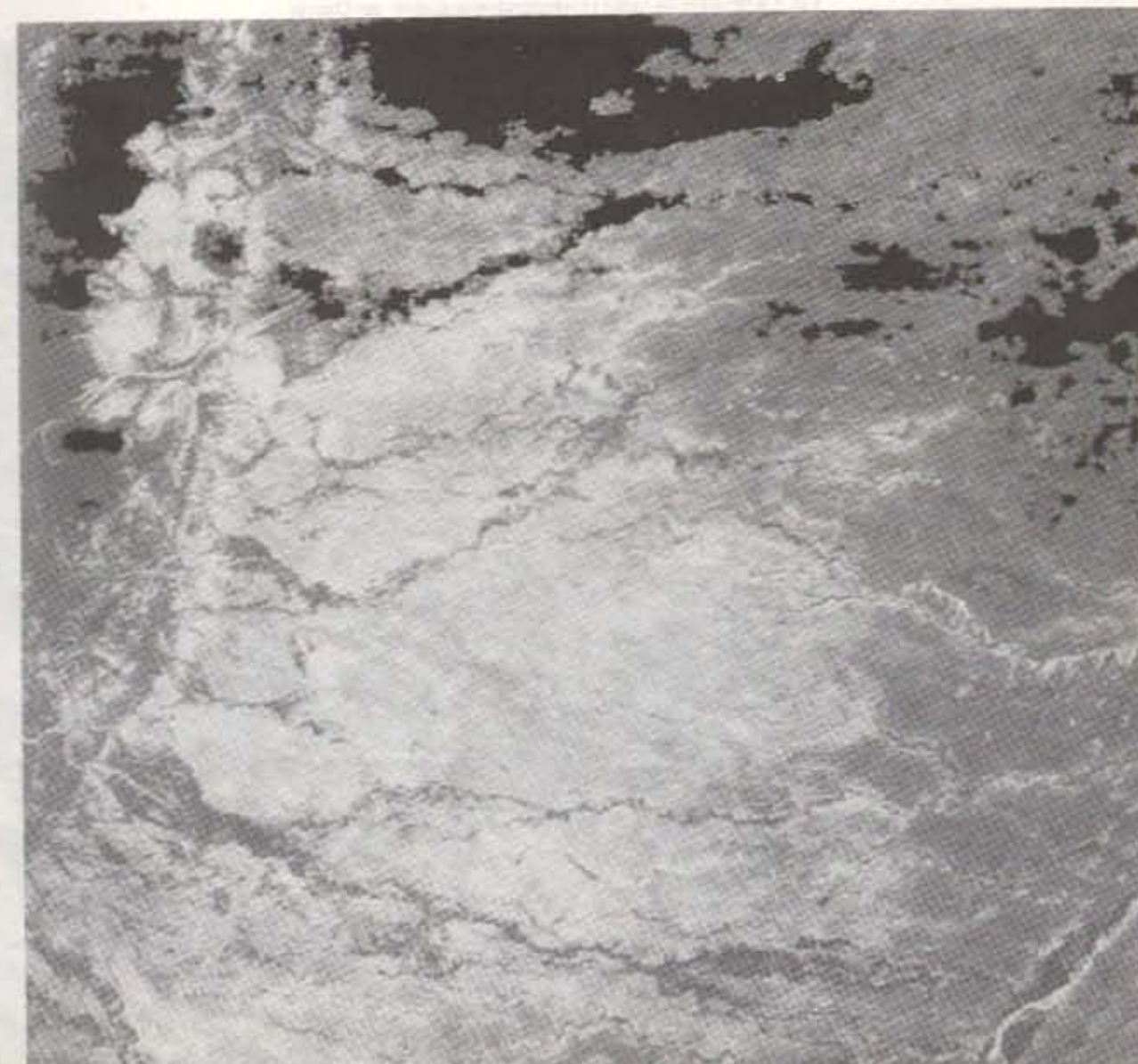
Las imágenes de percepción más conocidas y de mayor uso son las captadas por satélites estadounidenses de las series Mercury, Gemini, Apolo, Skylab, Nimbus y Landsat.

El año pasado Francia lanzó el satélite Spot para la obtención de imágenes del tipo multispectral.

1.9.1 Imágenes Landsat

De las imágenes logradas por los satélites mencionados, quizá las de mayor importancia para el estudio de los recursos naturales y humanos son las del satélite Landsat, Fig. 1.5. Este tiene una órbita circular de aproximadamente 900 Km de altura con respecto a la tierra. Su órbita es heliocéntrica, o sea, que pasan siempre a la misma hora solar por un lugar determinado de la superficie terrestre.

Fig. 1.5 Imagen Landsat



Estos documentos son de gran utilidad en estudios de vegetación, previsión de cosechas; investigaciones geomorfológicas; humedad de suelo; uso de la tierra, etc. El método de interpretación es fundamentalmente el mismo que para las fotografías aéreas.

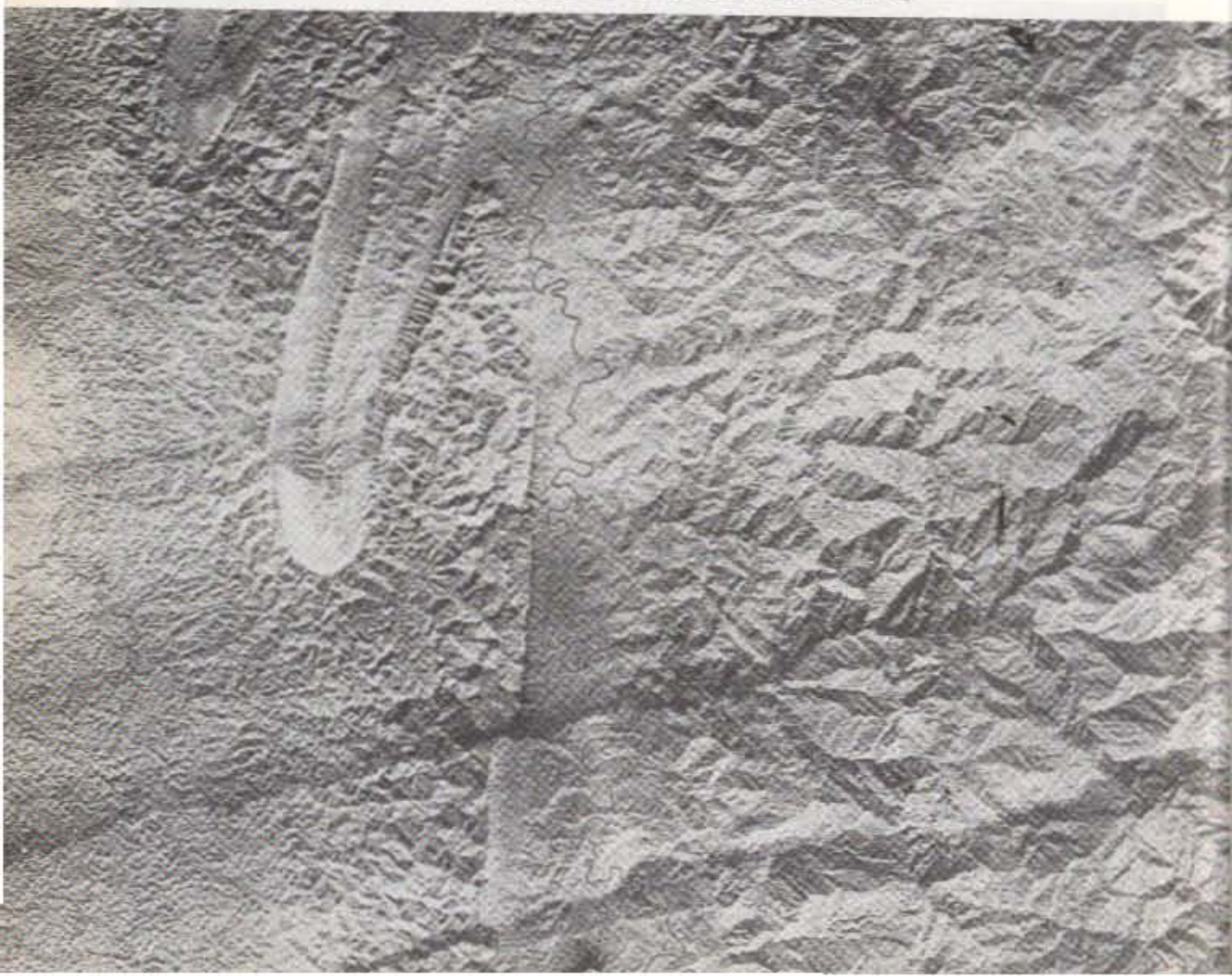
1.9.2 Imágenes de radar

El radar es un sistema de "teledetección activa", esto es, que emite sus propias ondas, las cuales una vez reflejadas por la superficie terrestre, son registradas por el radar (La fotografía y las imágenes de Landsat, son sistemas pasivos, o sea que no generan sus propias señales sino que captan la luz reflejada por los cuerpos), Fig. 1.6

El radar se instala en un avión y se orienta lateralmente (Slar). Utiliza un proceso de barrido, cada línea es construida por una sucesión de puntos captados; la unión de estas líneas sucesivas forma la imagen.

Las imágenes de radar no son aptas para la restitución fotogramétrica porque no permiten calcular desniveles, ni las pendientes del terreno. Sin embargo, con ellas es posible hacer mapas planimétricos.

Fig. 1.6 (Imagen de radar correspondiente al dpto. del Chocó)



Estas imágenes tienen utilidad práctica en estudios de vegetación anfibia o flotante, en cartografía de superficies acuáticas, y en estudios litomorfológicos.

La principal ventaja del radar la constituye la ausencia casi completa de las influencias meteorológicas (humedad atmosférica y lluvias), por lo que este sistema es muy práctico en el estudio de regiones lluviosas como las de la Costa Pacífica y la Amazonia.

CUESTIONARIO DE REPASO

1. Qué tipo de información contiene una fotografía aérea y cuál es su uso práctico?
- 2.Cuál es el principio en el que se basan los sensores fotográficos para obtener las imágenes de los objetos en las películas?
3. Qué factores influyeron en el desarrollo de la fotografía aérea y qué obstáculos se debieron superar para utilizar las fotografías aéreas en el levantamiento de mapas topográficos?
4. En Colombia, cuándo y con qué fin se comenzaron a utilizar las fotografías aéreas?
- 5.Cuál es la razón para que en Colombia, las fotografías aéreas y los mapas no sean utilizados convenientemente en la enseñanza de la geografía?
6. Cuáles son las diferencias fundamentales entre una fotografía aérea y un mapa topográfico?
7. Qué tipos de fotografías aéreas se conocen y cuáles son sus principales características y usos?
8. Qué etapas intervienen en la elaboración de un mapa topográfico?
9. Qué es la ortofotografía, cuál es su diferencia con las fotografías aéreas convencionales y con el mapa?
10. Qué es una imagen de percepción remota, y por qué a algunas de ellas se les llama de teledetección activa?
11. Cuáles son los principales usos de las imágenes de percepción remota?

ELEMENTOS BÁSICOS
DE FOTOGRAMETRÍA



Foto aérea correspondiente a un sector de la ensenada La Cocha cerca a Santa Martha.

ELEMENTOS BASICOS DE FOTOGRAMETRIA

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de esta unidad, el lector estará en condición de:

- Comprender el proceso empleado en la toma de fotografías aéreas.
- Comprender la forma y los elementos básicos que intervienen en la planeación de un vuelo para la toma de fotografías aéreas.
- Identificar los diferentes tipos de cámaras que se utilizan en la toma de fotografías aéreas y sus características generales.
- Calcular la escala de una fotografía aérea, medir áreas, distancias y diferencias de altura de un terreno sobre estos documentos.
- Resolver los problemas que se presentan con los cambios de escala.
- Localizar una fotografía aérea sobre un mapa topográfico.

2.1 LA TOMA DE FOTOGRAFÍAS AEREAS

La toma de fotografías aéreas se hace en forma consecutiva a lo largo de líneas paralelas de vuelo y con traslapeo (Fig. 2.1) entre ellas, lo que permite posteriormente la visión tridimensional de las imágenes de los objetos fotografiados. De esta manera, se cubre toda el área seleccionada man-



Fig. 2.1

teniendo constante el rumbo del avión durante la toma, con el fin de que las fotografías no resulten desfasadas unas de otras.

Al finalizar una faja de vuelo, se invierte la dirección del avión para comenzar otra línea paralela a la anterior. Todo este proceso se lleva a cabo en función de un plan de vuelo, debidamente estructurado con antelación de acuerdo con ciertas especificaciones de escala, finalidad del trabajo y características orográficas de la zona.

2.2 CÁMARAS UTILIZADAS EN LA TOMA DE FOTOGRAFÍAS AEREAS

La toma de fotografías aéreas se lleva a cabo con cámaras especiales empotradas en el avión las cuales registran la información de la superficie terrestre en películas con emulsiones de alta velocidad.

Las cámaras aerofotogramétricas se pueden clasificar en función del campo angular, la distancia focal, la inclinación del eje óptico, etc.

Según la finalidad del trabajo se selecciona una cámara de campo angular normal, granangular o supergranangular.

2.2.1 Cámaras normales

Las cámaras normales son aquellas que tienen un campo angular reducido, menos de 75° , medido sobre la diagonal y una distancia focal de aprox. 210 mm. (Fig. 2.2).

La ventaja que ofrecen las fotografías tomadas con estas cámaras es su gran precisión planimétrica.

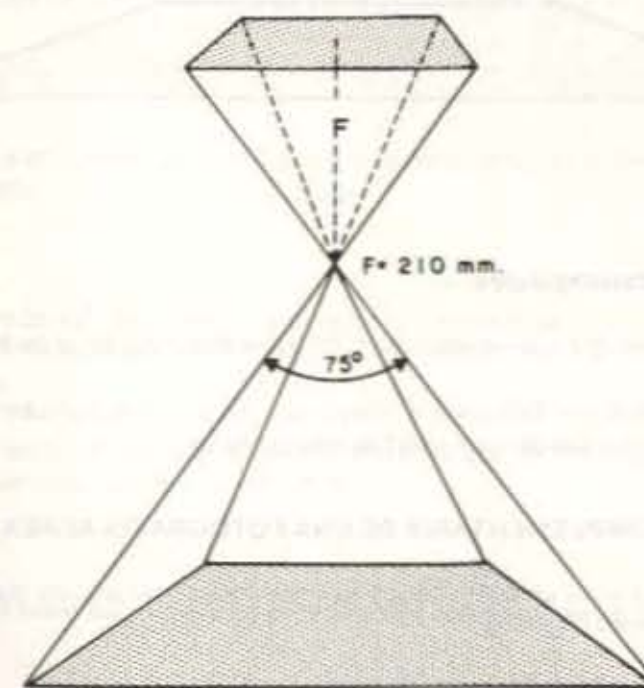


Fig. 2.2

2.2.2 Cámaras granangulares

Estas cámaras tienen un campo angular de 90° y una distancia focal de 150 mm. (Fig. 2.3).

Las fotografías cubren mayor área de terreno que las tomadas con cámaras de campo angular normal, lo cual da mayor rendimiento económico. Son muy útiles en la elaboración de mapas topográficos y en la fotointerpretación.

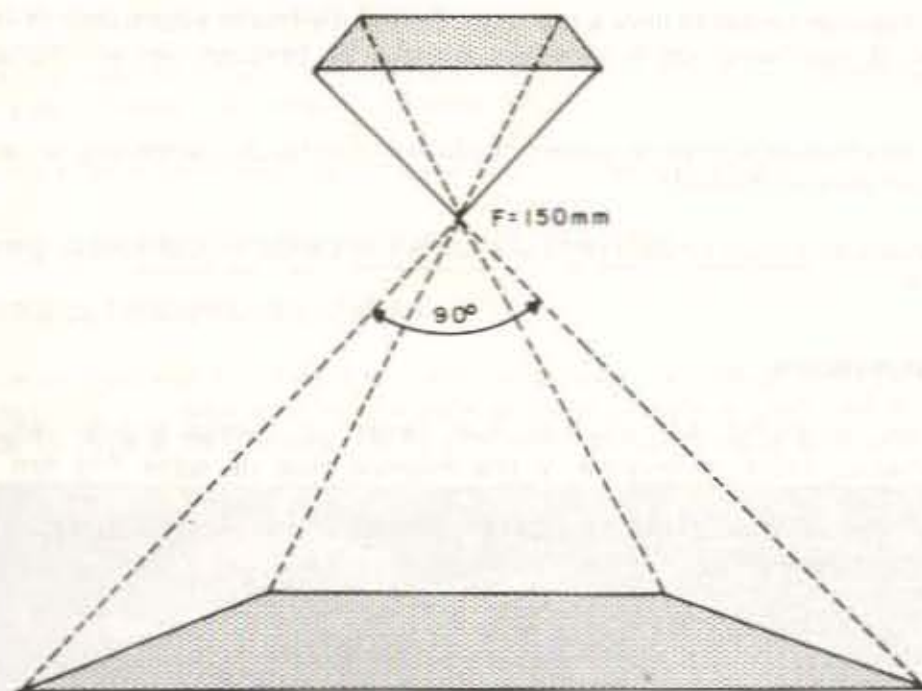


Fig. 2.3

2.2.3 Cámaras supergranangulares

Tienen un campo angular que sobrepasan los 100° y una distancia focal de 90 mm. (Fig. 2.4).

El área de terreno cubierta por fotografía es mayor que las tomadas con cámaras granangulares. Se utilizan para el trazado de curvas de nivel y en fotointerpretación.

2.3 INFORMACION COMPLEMENTARIA DE UNA FOTOGRAFIA AEREA

Normalmente, las fotografías aéreas traen en sus márgenes indicadores que son de gran ayuda en la utilización de las imágenes (Fig. 2.5).

1. Identificación del vuelo y el número de foto

Estos elementos indican el orden de las líneas de vuelo y de las fotografías.

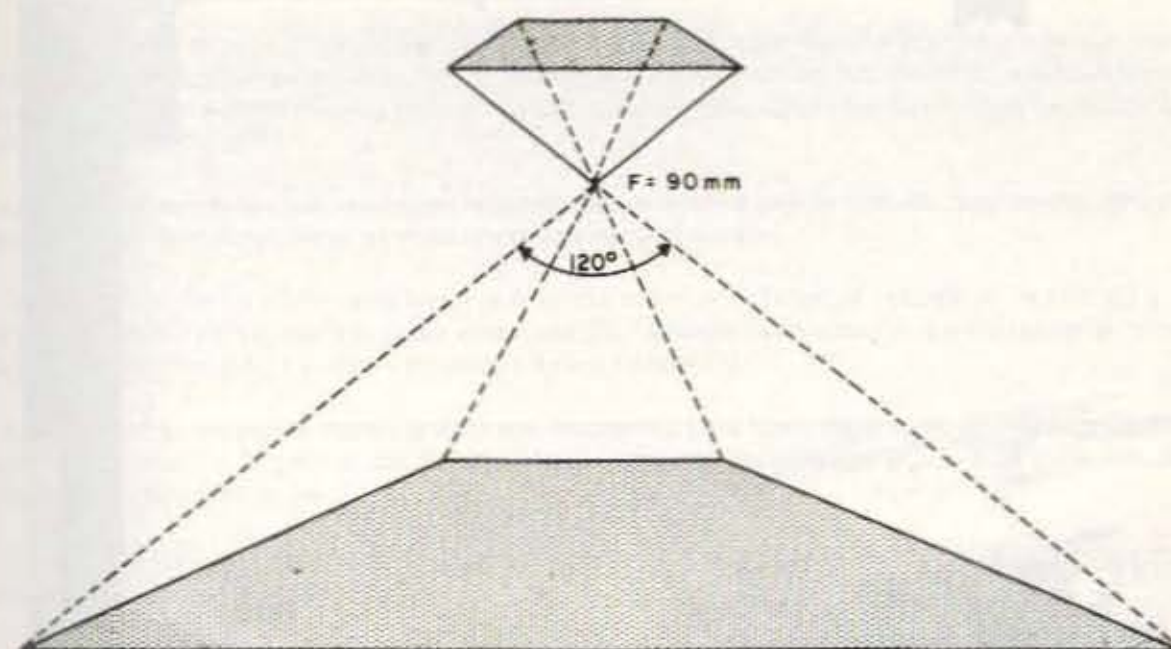


Fig. 2.4

2. Reloj

Señala la hora precisa de la toma. Este dato es de utilidad para resolver algunos problemas de fotointerpretación.

3. Distancia focal

La información de la distancia focal de la cámara es importante en la determinación de la escala media de la fotografía.

4. Nivel de burbuja

Indica la inclinación del eje óptico de la cámara en el momento de la toma.

5. Marcas fiduciales

Las marcas fiduciales sirven para localizar el punto principal de la fotografía, determinar el eje o línea de vuelo y hacer medidas de coordenadas.

6. Altimetro

Registra la altura de vuelo sobre el plano de referencia que puede ser el nivel medio del mar.

7. Brújula

Ayuda en la orientación y localización posterior de la fotografía aérea en un mapa.



Fig. 2.5

2.4 LA ESCALA DE LAS FOTOGRAFÍAS AERIAS

Las fotografías aéreas se obtienen con cámaras métricas. Esta circunstancia permite que sobre ellas se puedan realizar mediciones de distancias, áreas y ángulos del terreno fotografiado. Además, observar en tercera dimensión los elementos que lo conforman, utilizando dos fotografías sucesivas que tengan recubrimiento.

Las fotografías aéreas son la imagen reducida de un terreno, por lo cual los objetos fotografiados aparecen disminuidos en una proporción dada denominada escala.

La escala se define como la relación que existe entre una distancia medida en la foto (d) y su correspondiente longitud medida sobre el terreno (D). También es la relación que hay entre la distancia focal de la cámara (f) y la altura de vuelo sobre el terreno (h).

Las fotografías aéreas de escala grande son excelentes para fines didácticos; sin embargo, el área cubierta es menor y la generalización o visión de conjunto desaparece por lo cual para estudios detallados no son adecuadas.

En la figura (2.6) se tienen dos triángulos semejantes opuestos por el vértice: AOB y Oba de donde se puede deducir que:

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D} = \frac{f}{h}$$

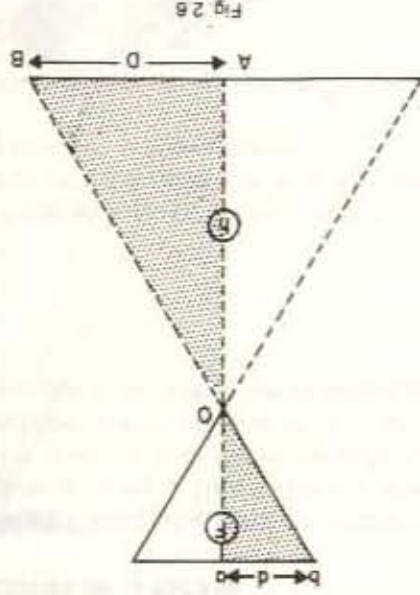


Fig. 2.6

Calcular la escala media de una fotografía aérea tomada a una altura de 1.600 m sobre el terreno y con una cámara cuya distancia principal era de 160 mm.

SOLUCIÓN: $E = ?$
 $h = 1.600 \text{ m}$
 $f = 160 \text{ mm}$

De la fórmula anterior se despeja E, y se tiene que;

$$E = \frac{1 \times h}{f}$$

$$E = \frac{1600 \text{ m}}{160 \text{ mm}} ; E = \frac{1600 \text{ m}}{0,16 \text{ m}} ; E = 1:10.000$$

Ejemplo

Calcular la escala de una fotografía aérea si dos puntos en el terreno se hallan a una distancia de 3.8 km y en la fotografía están a 8.0 cms

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D} = \frac{f}{h} ; E = \frac{1 \times D}{d} ; E = \frac{D}{d} ; E = \frac{3,8 \text{ Km}}{8 \text{ cm}} ; E = \frac{3.800 \text{ m}}{8 \text{ cm}} ;$$

$$E = \frac{380.000 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} ; E = 1:47.500$$

2.4.1 Variaciones de la escala

La escala de una fotografía varía en función de la altura de vuelo a la cual fue tomada y de la distancia focal de la cámara. Una fotografía aérea es de escala pequeña (menor detalle y resolución de los objetos) si la altura del avión es elevada. En este caso, los detalles del terreno son poco visibles y el área cubierta por la imagen es grande. Si se disminuye la altura de vuelo, la escala de la fotografía aumenta al igual que el detalle en los objetos y el área de terreno cubierta por la fotografía disminuye Fig. 2.7

Ejemplo

Se tiene una fotografía aérea en escala 1:30.000, de formato normal (23 x 23 cms). Se envía al laboratorio fotográfico para que ésta sea ampliada; allí fue procesada y quedó a un tamaño de 30 x 30 cm. Se desea conocer la nueva escala.

SOLUCION: A través de sencillas relaciones geométricas se puede obtener dicha escala:

$$\frac{d1}{d2} = \frac{E2}{E1}$$

d1 y E1, corresponde a la fotografía original

d2 y E2, a la fotografía ampliada, lo que se requiere, entonces, es conocer E2.

$$E2 = d1 \times E1 ; E2 = \frac{23 \text{ cm} \times 30.000}{30 \text{ cm}} = 1:23.000$$

Ejemplo

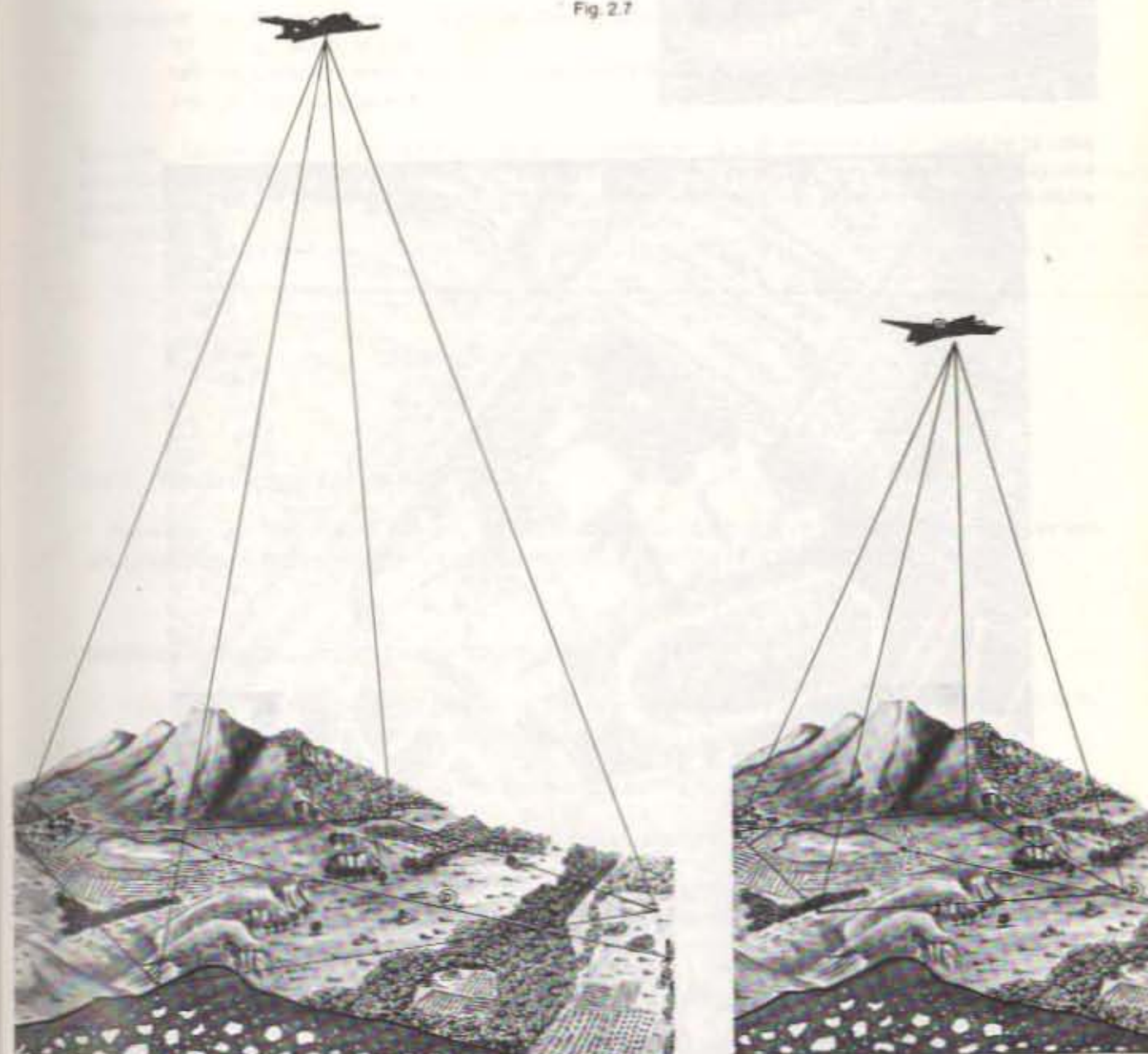
Una fotografía aérea de escala 1:18.500 (formato normal) se necesita a escala 1:25.000. A qué dimensiones deberá ser reducida para que cumpla con este requisito?

SOLUCION:

$$\frac{d1}{d2} = \frac{E2}{E1} ; d2 = \frac{d1 \times E1}{E2} ; d2 = \frac{23 \text{ cm} \times 18.500}{25.000}$$

$$d2 = 17.02 \text{ cm.}$$

Fig. 2.7





Por medio de procesos fotográficos de laboratorio, la escala de una fotografía puede ser ampliada o reducida. En tal caso el área de terreno que abarca la fotografía permanece igual, lo que varía es el tamaño de ésta y la resolución de los objetos. Fig. 2.8

Fig. 2.8



2.4.2 Cálculo de la escala de una fotografía con la ayuda de un mapa topográfico.

Cuando se desconoce la escala de una fotografía y no se tienen los datos complementarios de la misma (distancia focal y altura de vuelo), el cálculo de su escala se obtiene con la ayuda de un mapa topográfico de la zona: localizando dos puntos en el mapa y que puedan identificarse en la fotografía, se aplica la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} df \times Ef &= dm \times Em \\ Ef &= \frac{dm \times Em}{df} \end{aligned}$$

De donde df = Distancia entre los puntos identificados en la foto.
 Ef = Escala de la foto
 dm = Distancia entre dos puntos localizados en el mapa
 Em = Escala del mapa

Ejemplo: Se requiere conocer la escala de una fotografía aérea y se dispone de un mapa de la zona correspondiente en escala 1:25.000 en el cual se han identificado dos puntos entre los que hay una distancia de 10.4 cm. En la foto éstos se hallan a una distancia de 8.0 cm. Calcular la escala de dicha fotografía.

$$\begin{aligned} Ef &= \frac{10.4 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} \times 25.000 ; Ef = 1.3 \times 25.000 \\ Ef &= 1:32.500 \end{aligned}$$

2.4.3 Medición de áreas y distancias

Por medio del concepto de escala, es fácil calcular las áreas sobre mapas y fotografías aéreas utilizando papel cuadriculado, red de puntos, figuras geométricas y el planímetro.

Medición de áreas con papel cuadriculado

1. Se coloca una hoja de papel cuadriculado (preferiblemente transparente), sobre el mapa o la fotografía aérea y en éste se dibuja o delimita el perímetro del área objeto de medida.
2. Se cuentan los cuadros de 5 x 5 mm que quedan dentro del perímetro.
3. Se cuentan los cuadros que caen sobre la línea perimetral y se divide por dos y se suman a los anteriores.
4. Se calcula el área de terreno que abarca un cuadro, de acuerdo con la escala de la fotografía o del mapa, y se multiplica por el número total de cuadros con la cual se obtiene el área requerida.

Ejemplo:

Calcular el área del casco urbano del municipio de puerto López en la fotografía de escala 1:14.750
 Fig. 2.9



Fig. 2.9 Foto aérea vertical de Puerto López (Meta)

Solución

- Cuadros dentro del perímetro: 83
- Cuadros sobre la línea perimetral: $52 \div 2 = 26$
- Sumatoria de cuadros: $83 + 26 = 109$
- En escala 1:14.750, 1 cm = 147,5 m

$$\text{Luego, } \frac{1 \text{ cm}^2}{4} \text{ representa } \frac{21.756,25 \text{ m}^2}{4} = 5.439 \text{ m}^2$$

$$— 5.439 \text{ m}^2 \times 109 = 592.851 \text{ m}^2$$

Medición de áreas con red de puntos

Medir áreas con el sistema de la red de puntos, facilita la observación de la superficie objeto de cálculo porque la red se hace sobre un papel transparente. Los pasos que deben seguirse son los mismos empleados con el papel cuadrículado; ejemplo, se necesita medir el área que abarca la manzana señalada en la foto.



Fig. 2.10

Solución

Escala 1:3.800

- Puntos dentro del perímetro: 92
- Puntos sobre el perímetro: $17 \div 2 = 8.5$
- Sumatoria de puntos: $92 + 8.5 = 100.5$
- En escala 1:3.800 un punto representa 361 m^2 o sea, que $361 \text{ m}^2 \times 100.5 = 36.280,5 \text{ m}^2$

Medición de áreas por figuras geométricas

Procedimiento:

1. Se coloca una hoja de papel transparente sobre el mapa y se dibuja el perímetro del área que se quiere medir.
2. Se divide el área por secciones adaptándolas a figuras geométricas: trapezios, cuadrados, triángulos, etc.
3. Se calcula el área de cada figura aplicando en cada caso las fórmulas correspondientes:

$$S_1 = \frac{B+b}{2} \cdot h; S_1 = \frac{6.0 \text{ cm} + 3.0 \text{ cm} + 2 \text{ cm}}{2} = 18.0 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = b \times h; S_2 = 4.0 \text{ cm} \times 3.0 \text{ cm} = 12.0 \text{ cm}^2$$

$$S_3 = \frac{b \times h}{2}; S_3 = \frac{4.0 \text{ cm} \times 1.0 \text{ cm}}{2} = 2.0 \text{ cm}^2$$

$$S_4 = \frac{b \times h}{2}; S_4 = \frac{4.0 \text{ cm} \times 1.5 \text{ cm}}{2} = 3.0 \text{ cm}^2$$

$$S_4 = 1^2; 55 = 4.0 \text{ cm} \times 4.0 \text{ cm} = 16.0 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ cm} = 100 \text{ m}; 1 \text{ cm}^2 = 10\,000 \text{ m}^2 \text{ Area total} = 51 \text{ cm}^2 = 510.000 \text{ m}^2$$

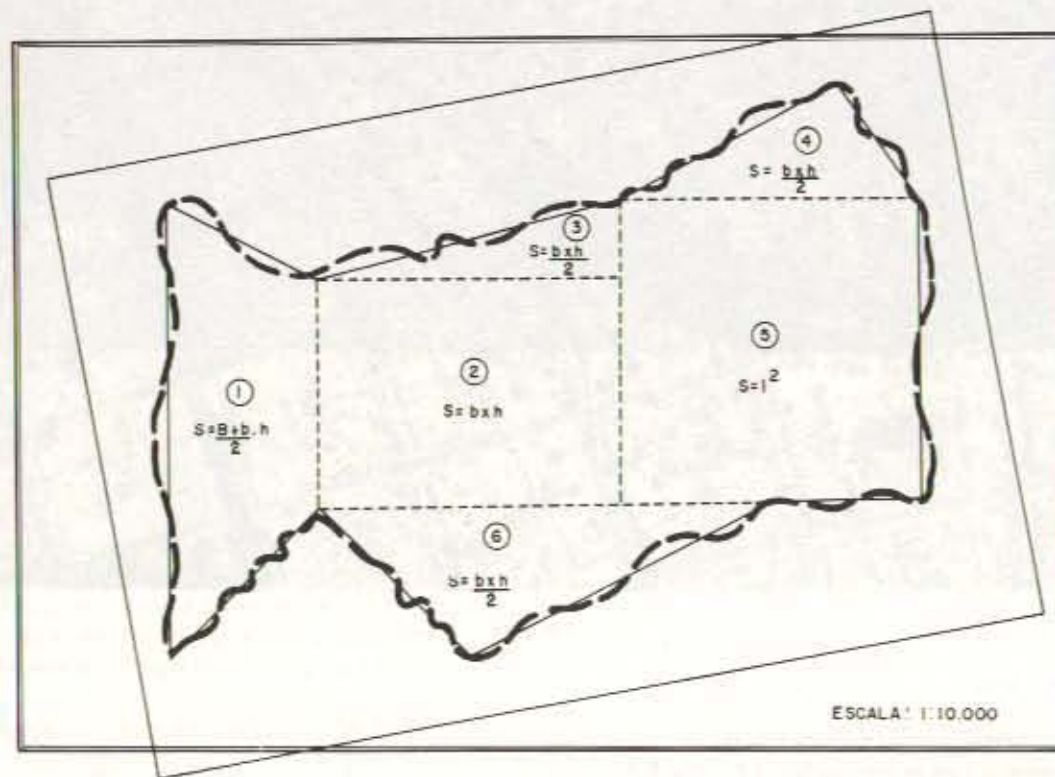


Fig. 2.11

Medición de áreas con planímetro

El planímetro es un instrumento que se utiliza para medir áreas sobre mapas o planos. Consta de un brazo trazador, ajustable, que está en relación con la escala del mapa. Un extremo del brazo se halla unido a otro, denominado brazo polar, en el otro extremo posee una mirilla o un punzón trazador. Fig. 2.12 con el que se recorre el perímetro del área que se desea medir, en el sentido de las manecillas del reloj.

Cuando se emplea la tabla de constantes que trae el planímetro, se gradúa el brazo trazador colocándolo en la posición correspondiente a la escala del mapa, se recorre el perímetro del área con la mirilla y se lee el valor de la superficie del terreno en el disco graduado del aparato.

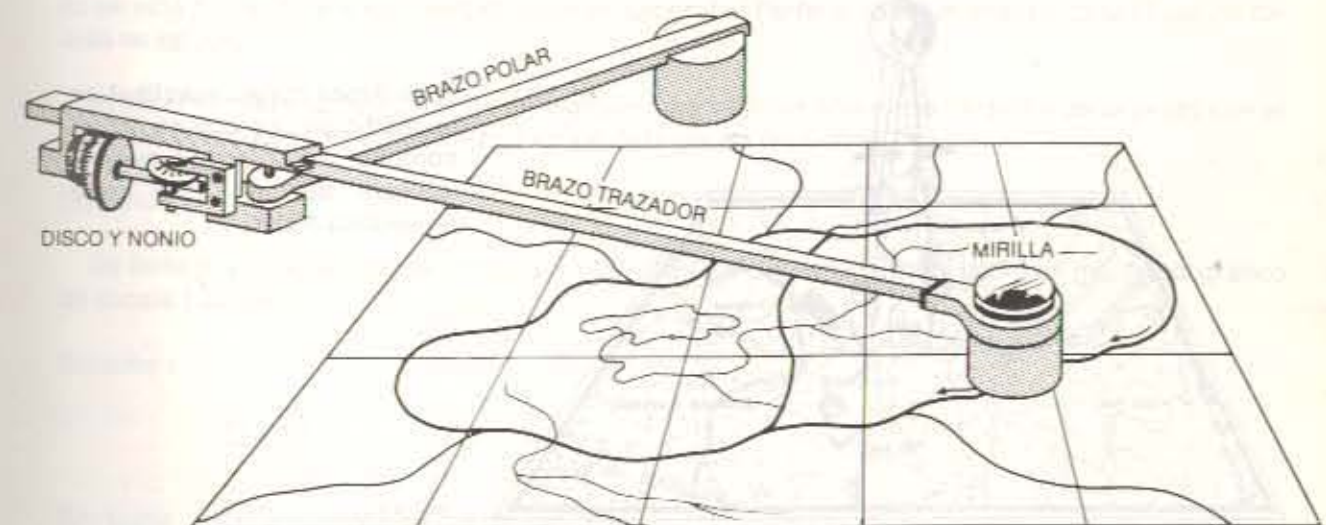


Fig. 2.12

Cuando no se usa la tabla que trae el planímetro y se desea calcular el área de un terreno sobre un mapa de escala 1:10.000 se procede de la siguiente manera:

1. Se coloca el brazo trazador en cualquier posición, por ejemplo: 1:15.
2. Se gradúan el disco y el nonio del instrumento en ceros y se recorre el perímetro de un área conocida que puede ser un cuadrado de 2 x 2 cm, que en escala 1:100.000 representa un terreno de 4 Km²; la lectura para este cuadrado es de 01.58. Es decir, que para 4 Km² corresponde una lectura en el instrumento de 0.158.
3. Se calcula la constante para esta posición del brazo trazador (1:15) y la escala del mapa (1:100.000), dividiendo el área de terreno por la lectura correspondiente o sea,

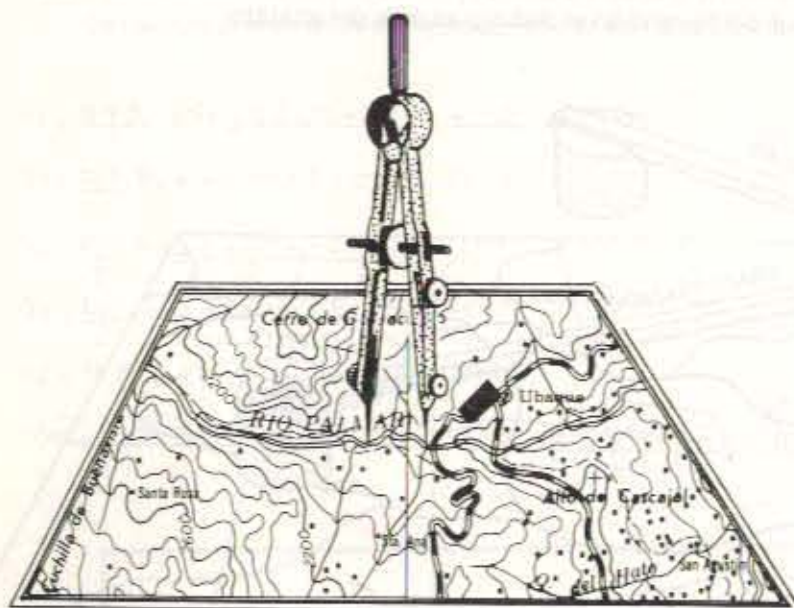
$$K = \frac{A}{L}; K = \frac{4 \text{ Km}^2}{0.158} = 25.32 \text{ Km}^2 \quad K = 25.32 \text{ Km}^2$$

4. Se coloca nuevamente el disco y el nonio en ceros y se recorre el perímetro del área que se requiere medir, anotando su lectura, por ejemplo, 0.633. Esta lectura se multiplica por la constante para obtener el área requerida.

$$A = K \times L; A = 0.633 \times 25.32 \text{ Km}^2 = 16.03 \text{ Km}^2 \quad A = 16.03 \text{ Km}^2$$

Medición de distancias

Sobre los mapas y fotografías aéreas se pueden hacer cálculos de distancias (en línea recta o curva) del terreno que representan. La medición de distancias en línea curva puede hacerse por varios métodos. Los más conocidos son con el compás de punta secas y con el curvímeter por ejemplo, si se necesita medir la longitud de un río sobre una fotografía aérea en escala 1:8.000. Se determina la abertura del compás que puede ser de 1 cm, que representa en el terreno una distancia de 80 m y se procede a recorrer la longitud del río Fig. 2.13 si el número de pasos del compás es de 12, la longitud del tramo del río es entonces $12 \times 80 \text{ m} = 960 \text{ m}$.



Si se desea mayor exactitud en la medición, se coloca en el compás una abertura menor, 0.5 cm que en este caso representa 400 m.

Fig. 2.13

El curvímeter es un instrumento que permite medir distancias sobre mapas o fotografías aéreas a escalas diferentes, para ello, se coloca el aparato verticalmente sobre el plano y se hace rodar, recorriendo la distancia que se quiere medir Fig. 2.14. La aguja del curvímeter indicará la distancia en Km.

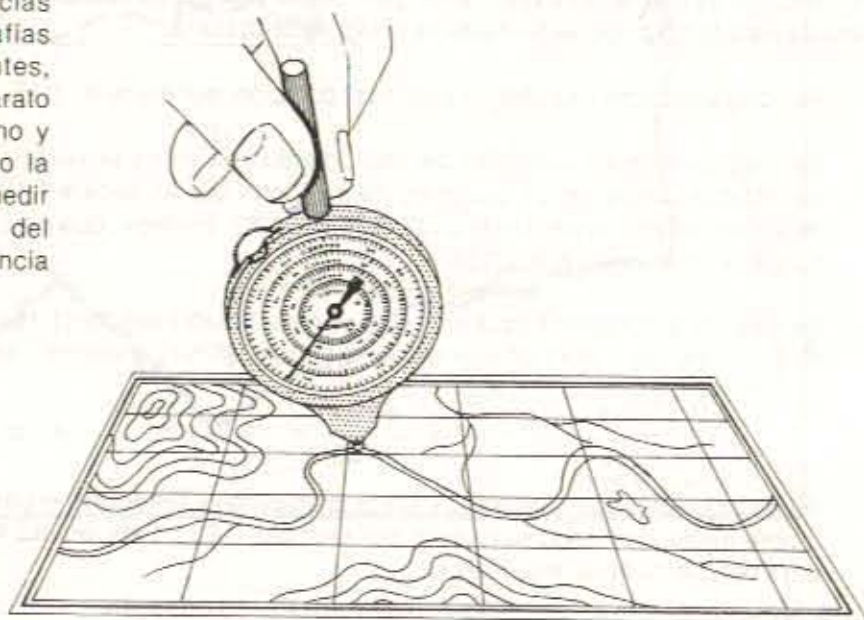


Fig. 2.14

Para mediciones en línea recta puede utilizarse el compás o sencillamente midiendo con una regla sobre la fotografía aérea la distancia que se desea calcular. Por ejemplo, en una fotografía aérea de escala 1:32.500 la distancia entre dos puntos es de 7 cm. Cuál será la distancia para esos mismos puntos en el terreno?

$$E = 32.500$$

$$d = 7 \text{ cm}$$

$$D = ?$$

$$D = E \times d$$

$$D = 32.500 \times 7 \text{ cm} = 227.500 \text{ cm}$$

$$D = 2.275 \text{ m}$$

2.4.4 Localización de una fotografía aérea en un mapa topográfico

La localización de una fotografía aérea en un mapa topográfico es un aspecto de gran ayuda cuando se está haciendo una fotointerpretación en geografía. Permite hacer el análisis de la situación del área de estudio.

El sistema más práctico consiste en elaborar una ventana sobre una cartulina de acuerdo con el área que ésta cubre sobre el mapa en función de la escala del mapa.

Ejemplo:

Se tiene una fotografía aérea en escala 1:20.000, y se desea localizarla sobre un mapa topográfico de escala 1:25.000.

Solución:

$$\frac{d1}{d2} = \frac{E2}{E1}$$

En donde $d1$ = lado de la fotografía (23 cms)
 $E1$ = Escala de la fotografía (1:20.000)
 $d2$ = Lado de la foto en el mapa
 $E2$ = Escala del mapa

$$d2 = \frac{d1 \times E1}{E2} \quad d2 = \frac{23 \text{ cms} \times 20.000}{25.000} \quad d2 = 18.4 \text{ cm.}$$

El área que cubre la fotografía sobre el mapa es un cuadrado de 18.4 x 18.4 cm dimensiones con las que se elabora la ventana colocándole las marcas fiduciales y otras guías que ayudarán a localizarla sobre el mapa.

2.4.5 Desplazamiento radial por diferencia de altura

Debido a que una fotografía aérea vertical es una proyección central, la imagen de un objeto sufre desplazamiento radial a partir del centro de la foto. Si el objeto se halla por encima del plano de referencia o de proyección, el desplazamiento se produce hacia los bordes de la fotografía. En caso contrario éste se desplaza hacia el centro.

En la fig. (2.15) la imagen del poste se halla desplazada hacia el borde de la fotografía debido a que éste se encuentra por encima del plano de referencia (r), mientras que el árbol se halla desplazado hacia el centro porque éste está por debajo de dicho plano.

Midiendo el desplazamiento radial de un objeto se puede calcular su altura.

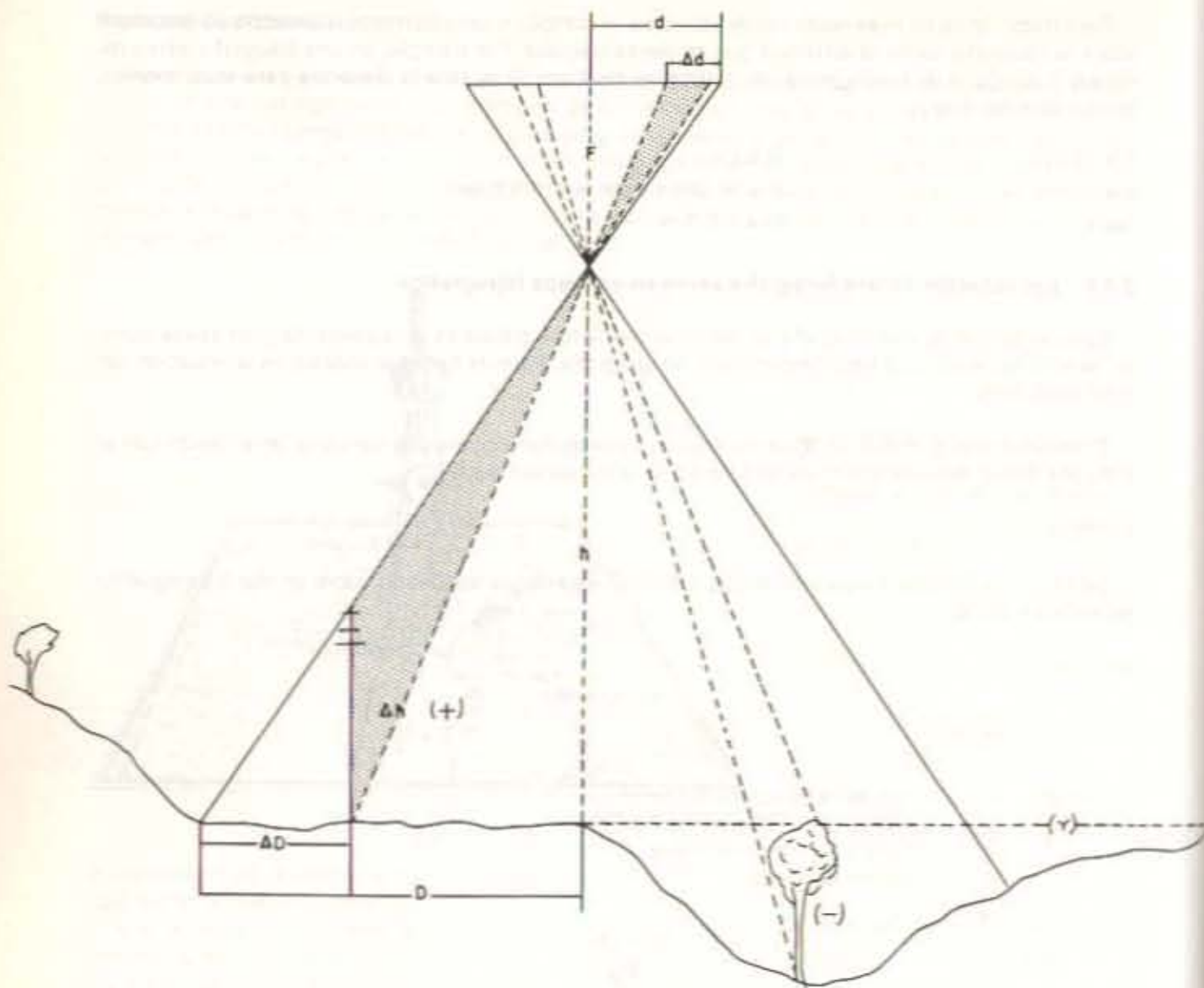


Fig. 2.15

Por semejanza del triángulo se puede establecer la siguiente relación:

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{\Delta h}{h} \quad \text{y} \quad \frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta D}{D}$$

de estas igualdades se deduce que:

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta h}{h} \quad (2.4) \quad \Delta d = \frac{\Delta h}{h} \cdot d$$

$$\Delta h = \frac{d \cdot h}{d}$$

En donde:

D = Distancia del nadir al borde del terreno cubierto

ΔD = Distancia del objeto al borde

d = Distancia del centro de la foto al borde

Δd = Desplazamiento radial del objeto desde su base hasta la cima con relación al plano. (se mide en milímetros sobre la foto).

r = Plano de referencia

h = Altura de vuelo sobre el plano de referencia

Δh = Altura del objeto sobre el plano

f = Distancia focal de la cámara

De estas fórmulas se puede concluir que:

- El desplazamiento radial crece o decrece en función de la altura de los objetos fotografiados y con la altura de vuelo.
- El desplazamiento radial es hacia afuera o hacia el centro de la fotografía según que el punto se halle por encima o por debajo del plano datum.

Ejemplo

Se requiere calcular la altura de un edificio que aparece en una fotografía aérea vertical en escala 1:20.000 la cual fue tomada con una cámara aerofotogramétrica cuya distancia principal era de 150 mm.

Dicho edificio presenta una distancia al punto principal de 7 cm y un desplazamiento radial de 6 mm.

SOLUCION

$$\Delta h = ?$$

$$E = 1:20.000$$

$$d = 7 \text{ cm}$$

$$\Delta d = 6 \text{ mm}$$

la fórmula

$$\Delta h = \frac{d \cdot h}{d}$$

En este caso se desconoce la altura de vuelo, sin embargo, ésta se puede establecer con la fórmula

$$h = E \times f ; \quad h = 20.000 \times 150 \text{ mm.}$$

$$h = 20.000 \times 0.15 \text{ m} = 3.000 \text{ m}$$

$$\Delta h = \frac{6 \text{ mm} \times 300 \text{ m}}{7 \text{ cm}}$$

$$\Delta h = \frac{0.6 \text{ cm} \times 300 \text{ m}}{7 \text{ cm}} = 25.7 \text{ m}$$

2.5 PLANEACION DE VUELOS

La planeación de un vuelo se hace con base en exigencias de escala, finalidad del trabajo y de acuerdo con el equipo disponible para tal fin.

A través de sencillas relaciones geométricas se efectúa el cálculo de los elementos que conforman el plan de vuelo: cantidad de líneas de vuelo (fajas) y el número de fotografías que se requieren en cada una de éstas. Los porcentajes de recubrimiento longitudinal y transversal, las distancias entre centros de fotografías; el intervalo entre exposiciones; el rumbo y la altura del avión (Fig. 2.16).

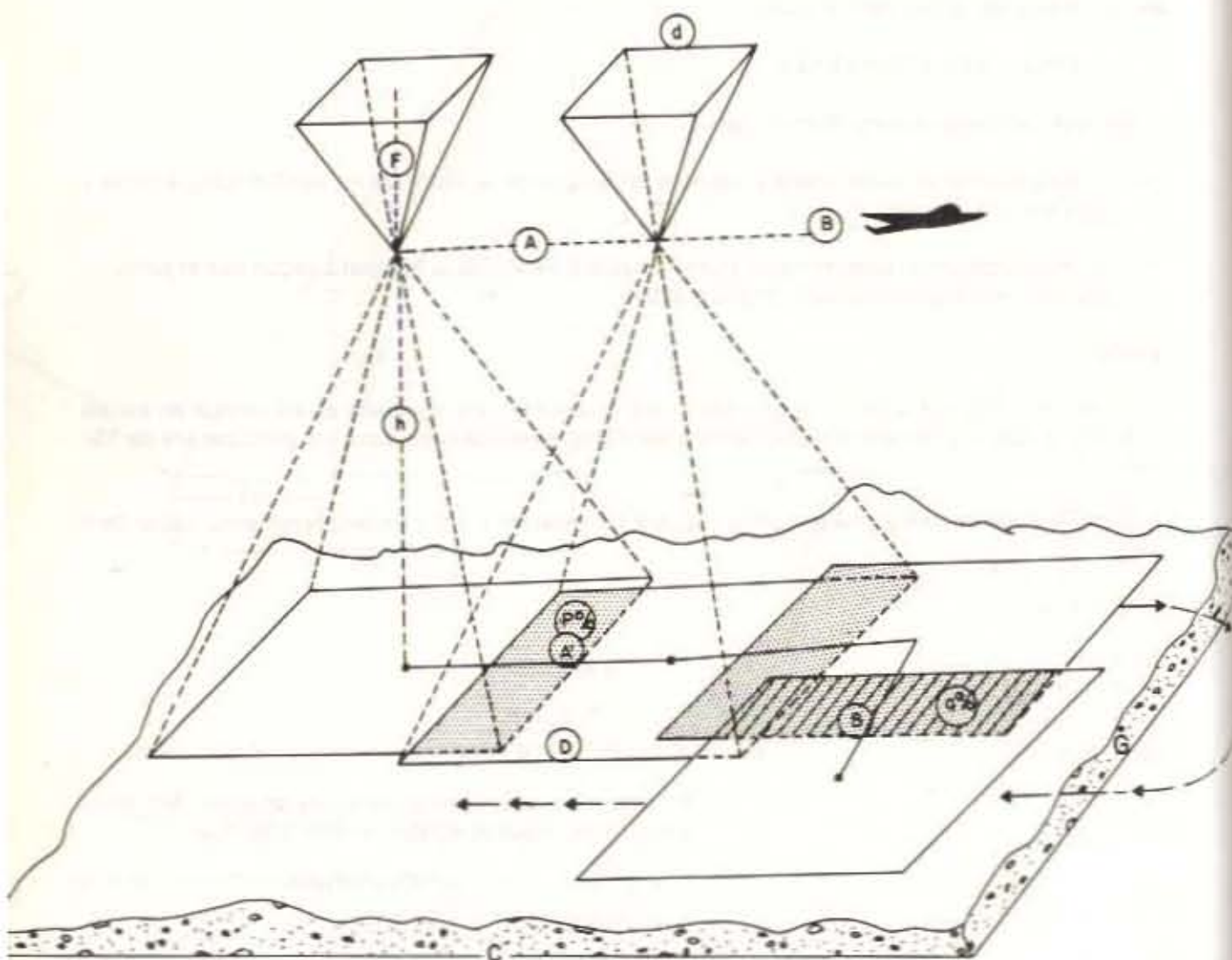


Fig. 2.16

Los elementos que intervienen en la planeación de un vuelo son los siguientes:

- (p) **Traslapo longitudinal.** Es el porcentaje de recubrimiento entre dos fotos sucesivas en la dirección de la línea de vuelo.
- (q) **Traslapo lateral.** Porcentaje de recubrimiento entre dos fotos de líneas adyacentes.
- (f) **Escala de la fotografía.** Es la relación de proporcionalidad entre terreno y foto (no tiene unidad de medida).
$$\frac{1}{E} = \frac{f}{h}$$
- (f) **Distancia focal de la cámara.** Distancia en milímetros entre la lente de la cámara y el negativo. Esta viene dada en milímetros en el formato de la cámara.
- (d) **Distancia en la foto.** Es la longitud de un lado de la fotografía aérea, que en el formato normal es de 23 cm.
- (D) **Distancia en el terreno.** Se trata de la longitud del terreno que abarca un lado de la fotografía (en metros o en kilómetros. Se obtiene multiplicando $d \times E$).
- (h) **Altura del avión sobre el terreno.** La altura de vuelo sobre el terreno es la distancia entre la lente de la cámara y el terreno. Se obtiene restando de la lectura que señala el altímetro, la cota o curva de nivel que pasa por el sitio que corresponde al centro principal de la fotografía. Esto se hace sobre un mapa topográfico, o por la relación:
$$\frac{1}{E} = \frac{f}{h}$$
- (H) **Altura del terreno.** Es la altura del terreno con respecto al nivel medio del mar. Se obtiene de la lectura del altímetro, en metros o kilómetros.
- (A) **Línea de base o distancia entre centros.** Se trata de la distancia que recorre el avión entre dos exposiciones consecutivas. Se calcula en función de la escala y el porcentaje de traslape longitudinal requerido:
$$A = dE \left(1 - \frac{p\%}{100} \right)$$

1 = recubrimiento al ciento por ciento.
- (B) **Longitud entre centros adyacentes.** Es la distancia que existe en el terreno, entre lugares correspondientes entre centros principales de dos fajas adyacentes. Se obtiene en función de la escala y el porcentaje de recubrimiento lateral.
$$B = dE \left(1 - \frac{7\%}{100} \right)$$
- (C) **Largo del terreno.** Longitud del terreno que se va a cubrir con fotografías aéreas en dirección de la línea de vuelo (Km).
- (G) **Ancho del terreno.** Longitud del terreno, transversal a la línea de vuelo (Km).
- (S) **Área de terreno cubierta por fotografía.** El área de terreno que cubre una fotografía aérea está en función del tipo de cámara utilizada y de la escala. Esta a su vez, depende de la altura de vuelo.

Se obtiene multiplicando el lado de la fotografía por la escala al cuadrado de la misma:

$$Sf = (dE)^2$$

- (Sm) **Área de terreno cubierta por modelo.** Se trata del área de terreno traslapado, o sea, el área que se repite en dos fotografías sucesivas. Se obtiene multiplicando la "longitud de la línea de base" por la longitud entre centros adyacentes:

$$Sm = A \times B$$

- (I) **Intervalo entre exposiciones.** El intervalo entre exposiciones es el tiempo que transcurre entre dos exposiciones consecutivas:

$$I = \frac{A}{V}$$

- (V) **Velocidad.** Es la velocidad a la cual debe ir el avión (Km/h)

- (NLV) **Número de líneas de vuelo.** El número de líneas de vuelo se establece de acuerdo con el ancho del terreno y la distancia o longitud entre centros adyacentes.

$$NLV = \frac{G-D}{B} + 1$$

- (NFLV) **Número de fotografías por línea de vuelo.** El número de fotografías que se requieren por línea de vuelo se obtiene de acuerdo con la longitud del terreno en dirección de la línea de vuelo y la longitud de la línea de base.

$$NFLV = \frac{C}{A} + 1$$

- (NTF) **Número total de fotografías.** El número total de fotografías que es necesario tomar para cubrir un terreno se obtiene dividiendo el área del proyecto por el área cubierta por modelo, o sumando las fotografías por líneas de vuelo.

$$NTF = \frac{ST}{Sm} + 1$$

- (ST) **Es el área total** del terreno que se requiere cubrir con fotografías aéreas.

Ejemplo

Se tiene un terreno de 7 Km de ancho por 9 Km de largo. Se necesita cubrirlo con fotografías aéreas en escala 1:10.000 con traslapo longitudinal de 60% y lateral del 30%.

Para la ejecución de este proyecto se cuenta con una cámara fotogramétrica de formato normal (23 X 23 cm) y una distancia focal de 150 mm.

El avión disponible tiene una velocidad de 300 Km/h.

Calcular los elementos del plan de vuelo:

- a) Altura de vuelo (h)

- b) Distancia entre centros (A)
c) Distancia entre centros adyacentes (B)
d) Área de terreno cubierta por fotografías (SF)
e) Área de terreno cubierta por modelo estereoscópico (Sm)
f) Intervalo entre exposiciones (I)
g) Número de líneas de vuelo (NLV)
h) Número de fotografías por línea de vuelo (NFLV)
i) Número total de fotografías para cubrir el proyecto (NTF)

DESARROLLO:

$$ST = 9 \text{ Km} \times 7 \text{ Km} = 63 \text{ Km}^2$$

$$E = 1:10.000$$

$$p\% = 60\%$$

$$q\% = 30\%$$

$$d = 0.23 \text{ m}$$

$$f = 0.15 \text{ m}$$

$$G = 7 \text{ Km}$$

$$C = 9 \text{ Km}$$

$$D = 2.3 \text{ Km}$$

$$V = 300 \text{ Km/h}$$

Con estos datos se procede a efectuar los cálculos que se requieren para el plan de vuelo:

- a) Altura del vuelo

$$h = E \times f = 10.000 \times 0.15 \text{ m} = 1.500 \text{ m}$$

- b) Distancia entre centros o línea de base

$$A = dE \left(1 - \frac{p\%}{100}\right) = 0.23 \text{ m} \times 10.000 \left(1 - \frac{60\%}{100}\right) = 2.300 \text{ m} \times 0.4 = 920 \text{ m}$$

- c) Distancia entre centros adyacentes

$$B = dE \left(1 - \frac{q\%}{100}\right) = 0.23 \text{ m} \times 10.000 \left(1 - \frac{30\%}{100}\right) = 2.300 \text{ m} \times 0.7 = 1.610 \text{ m}$$

- d) Área de terreno cubierta por fotografía

$$Sf = (dE)^2 = (0.23 \text{ m} \times 10.000)^2 = 5.29 \text{ Km}^2$$

- e) Área por modelo estereoscópico

$$Sm = A \times B = 0.92 \text{ Km} \times 1.61 \text{ Km} = 1.48 \text{ Km}^2$$

- f) Intervalo entre exposiciones

$$I = dE \left(1 - \frac{p\%}{100}\right) = \frac{A}{V} = \frac{0.92 \text{ Km}}{300 \text{ Km/h}} = 11 \text{ seg.}$$

- g) Número de líneas de vuelo

$$NLV = \frac{G-D}{B} + 1$$

$$NLV = \frac{(7-2.3) \text{ Km}}{1.61 \text{ Km}} + 1 = 2.92 + 1 = 4$$

h) Número de fotografías por línea de vuelo =

$$NFLV = \frac{C}{A} + 1 = \frac{9 \text{ Km}}{0.92 \text{ Km}} + 1 = 9.78 + 1 = 11 \text{ fotos}$$

i) Número total de fotografías

$$NTF = \frac{ST}{Sm} + 1 = \frac{63 \text{ Km}^2}{1.48 \text{ Km}^2} + 1 = 44 \text{ fotos}$$

EJERCICIOS DE APLICACION

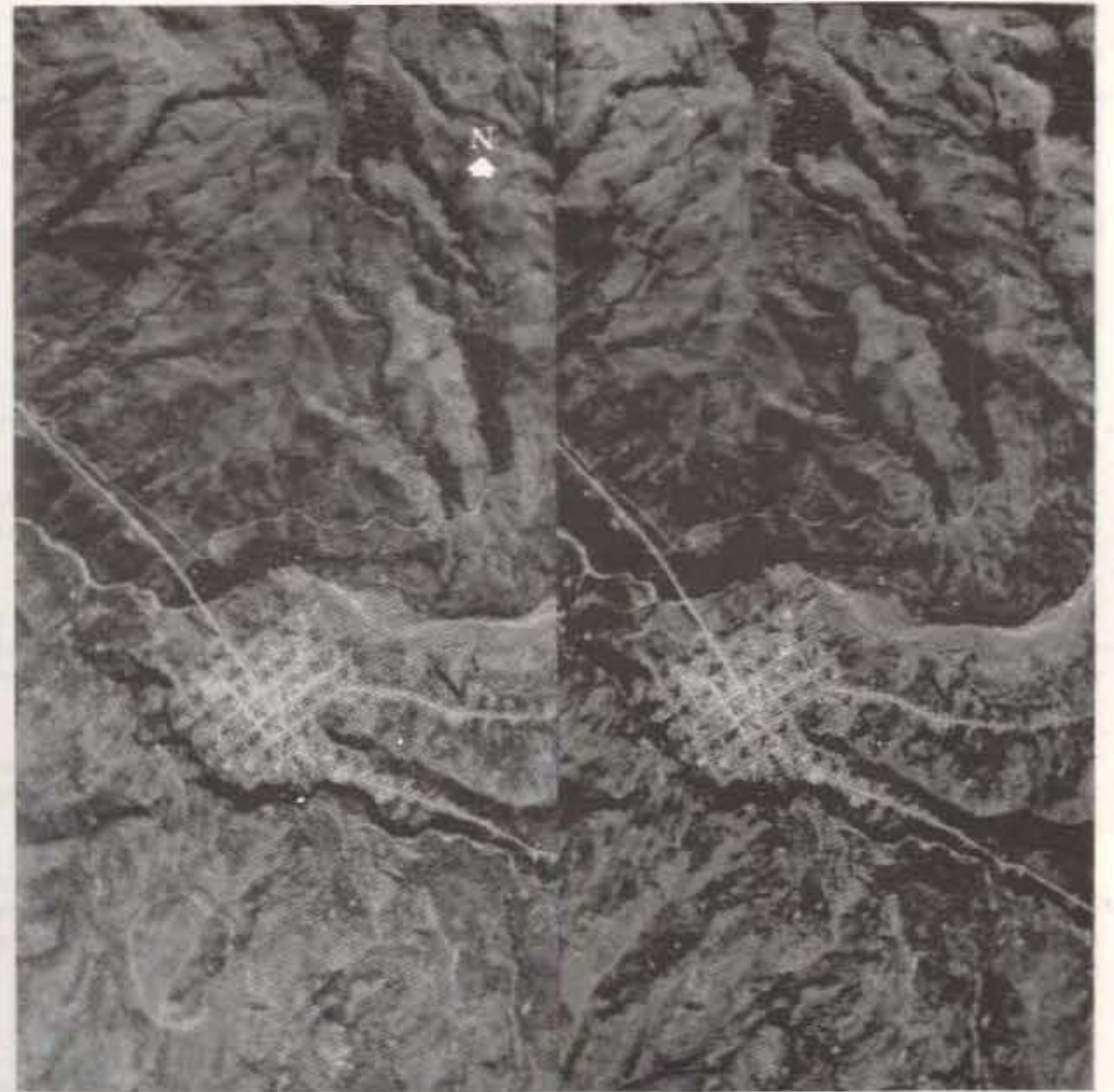
- Calcular la escala de una fotografía aérea si dos puntos en el terreno, distan el uno del otro 3.6 Km y en la foto están separados 16 cm.
- Se requiere saber la distancia que hay entre dos ciudades, si en una fotografía aérea de escala 1:60.000 están separadas 12 cm.
- Determinar la altura de vuelo a la que se tomó una fotografía aérea de escala 1:30.000 con una cámara cuya distancia focal era de 165 mm.
- Una fotografía aérea de escala 1:40.000 fue tomada a una altura de 6.000 m. Calcular la distancia focal de la cámara utilizada para ello.
- Una fotografía aérea de escala 1:10.000 y formato normal, es reducida por medio de procesos fotopográfico a una dimensión de 15 x 15 cm. Calcular la escala a la cual fue transformada.
- Se requiere ampliar la cuarta parte de una fotografía aérea de escala 1:60.000 y un formato de 20 X 20 cm. Qué dimensiones deberá tener la ampliación para que quede a una escala de 1:15.000?
- Se dispone de una fotografía aérea y de un mapa de la misma zona. La distancia entre dos puntos en la fotografía es de 3 cm y 12 cm en el mapa. Calcular la escala de la fotografía si la del mapa es de 1:10.000.
- Se desea localizar una fotografía aérea de escala 1:30.000 y un formato de 23 x 23 cm en un mapa topográfico cuya escala es de 1:25.000. Calcular las dimensiones que abarcará dicha fotografía sobre el mapa.
- A qué distancia deben estar dos puntos en un mapa topográfico de escala 1:50.000 si dichos puntos en una fotografía aérea de escala 1:60.000 están a 6 cm?
- Elaborar una ventana para localizar una fotografía aérea de escala 1:30.000 sobre un mapa en escala 1:25.000. El formato de la cámara es de 20 x 20 cm.
- Se desea cubrir fotográficamente, en escala 1:20.000, un terreno de 10 x 12 Km. El traslape longitudinal debe ser de 70%, y el lateral de 40%, se tiene una cámara aerofotogramétrica de formato normal y distancia focal de 160 mm; el avión tendrá una velocidad de 250 Km/h.

- Calcular:
- Altura a la cual debe volar el avión
 - El intervalo entre exposiciones
 - Número de líneas de vuelo requeridas
 - Número total de fotos para cubrir el terreno.

12. Calcular el desplazamiento de un árbol que está a una distancia de 8 cm. del punto principal si la fotografía fue tomada a una altura de 900 m y el árbol tiene una altura de 60 m.

RESPUESTAS:

- = 1:22.500
- = 7,2 Km
- = 4.950 m
- = 150 mm
- = 1:15.333
- = 40 cm
- = 1:40.000
- = 27.6 x 27.6 cm
- = 7.2 cm
- = 24 x 24 cm
- = a) 3 200 m. b) 20 seg. c) 3 líneas; d) 33 fotos
- = 5.3 mm



Ciudad de Cajamarca

VISION ESTEREOSCOPICA

OBJETIVOS

Con el desarrollo de este capítulo se lograrán los siguientes objetivos:

- Comprender la importancia de la doble imagen en el análisis tridimensional del terreno fotografiado.
- Elaborar modelos estereoscópicos con fotografías aéreas para su observación tridimensional.
- Conocer las características y el uso de instrumentos que se utilizan en la visión estereoscópica.
- Adquirir destreza y experiencia en la visión estereoscópica.

3.1 LA ESTEREOSCOPIA

En las páginas anteriores se trataron aspectos relacionados con la geometría de una sola fotografía aérea considerando únicamente las dos dimensiones del plano en la que se podían medir distancias, áreas y efectuar el reconocimiento de algunos elementos del terreno fotografiado.

En el presente capítulo se estudia otro concepto geométrico de las fotografías aéreas, y es el de la estereoscopia, que permite el análisis en tres dimensiones de los elementos que constituyen un terreno por medio de la utilización de dos fotografías sucesivas y con traslape lateral o longitudinal entre ellas.

Aunque en el campo de la fotogrametría, la geometría de la doble imagen para producir mapas topográficos a través de procesos de restitución, es muy complejo, aquí solo se examinan los conceptos básicos que se requieren para la obtención de una buena fotointerpretación en geografía.

La estereoscopia se la define como la capacidad que tienen las personas para percibir los objetos en tercera dimensión. Este fenómeno tiene lugar por la cualidad que posee el cerebro de fusionar dos imágenes en una de un mismo objeto, recibidas independientemente a través de cada ojo (línea de base).

La figura (3.1) ayuda a comprender mejor el proceso de la fusión mental de dos imágenes:

Coloque el dibujo de las pirámides a una distancia de 30 cm de los ojos, fije la visión en el punto que se halla en el centro; acerque rápidamente las imágenes unos 15 cm, enseguida notará, que éstas se separan en tres; concéntrate en la imagen central hasta lograr la altura y profundidad relativa de cada pirámide.

El principio de la estereoscopia con fotografías aéreas es similar al descrito para la visión normal de las personas, solo que la separación de los puntos (línea de base) desde donde se obtienen las imágenes tienen una distancia mayor que la separación de los ojos. La visión tridimensional en este caso, se obtiene reemplazando las imágenes percibidas por cada ojo con fotografías del terreno captadas desde puntos diferentes para ser observadas posteriormente con un estereoscopio, el cual permite la fusión de las dos imágenes del terreno en una, obteniéndose de esta forma la visión estereoscópica.

Para obtener la estereoscopia con fotografías aéreas de un terreno se requiere que una parte de éste, por lo menos el 30 por 100 que aparece en la primera fotografía, esté contenido también en la segunda, fig. (3.2).

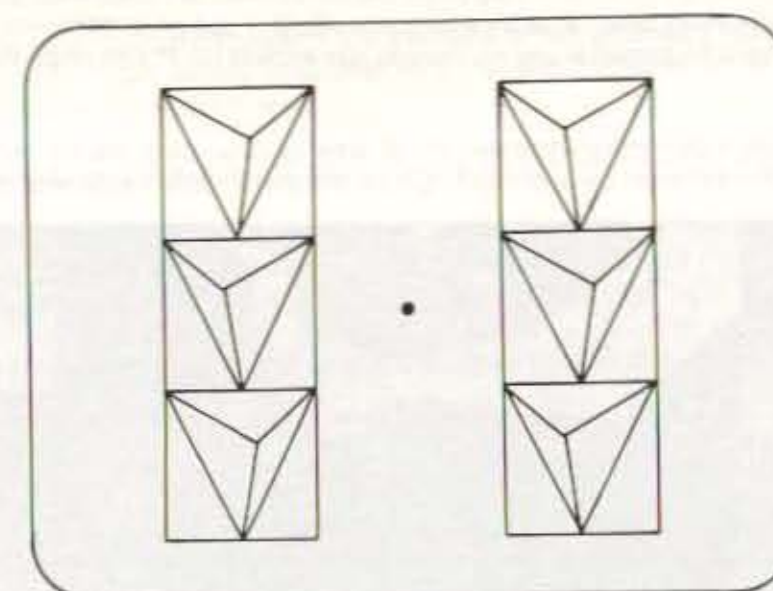


Fig. 3.1

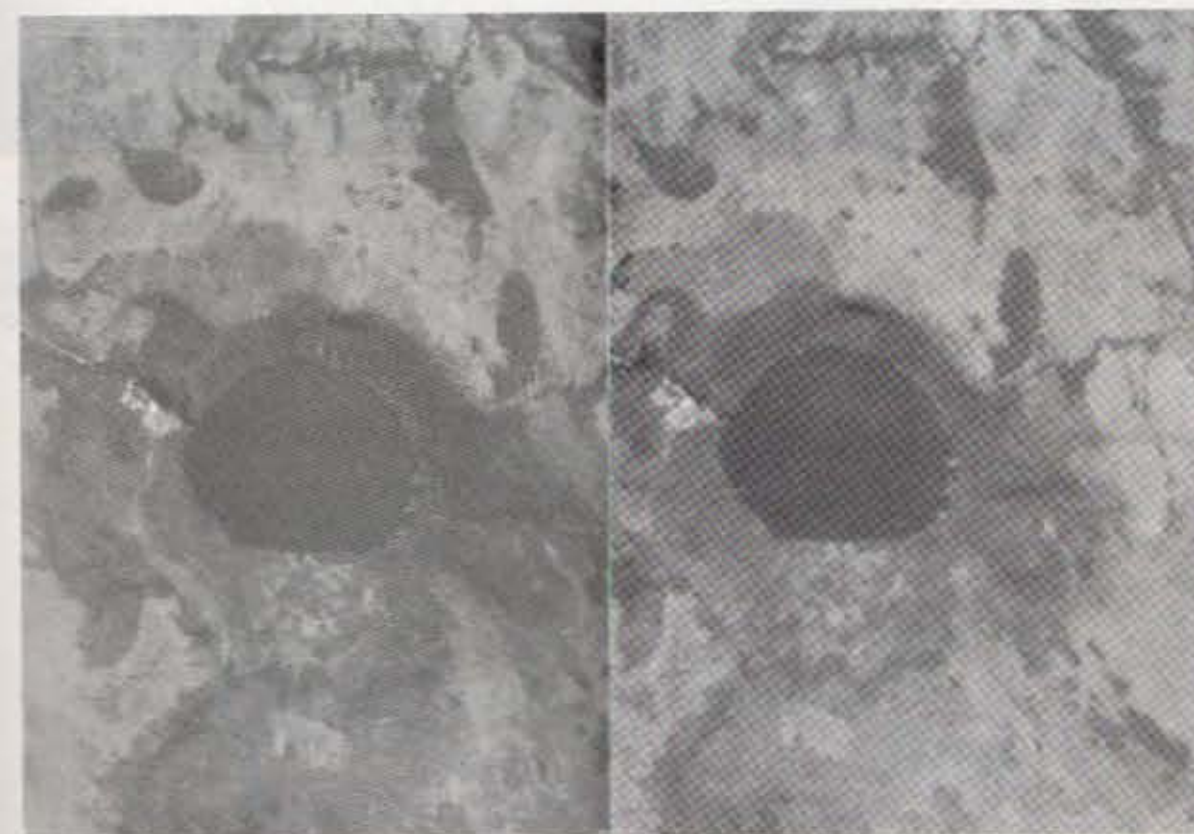


Fig. 3.2

Otros requisitos que deben tener las fotografías que conforman un modelo es que tengan escala semejante, es decir, que éstas sean tomadas a la misma altura, y que en el momento de la exposición, el eje óptico de la cámara no presente una inclinación que exceda de 3° con respecto a la vertical del lugar.

Si se desea observar tridimensionalmente toda el área de una fotografía es necesario utilizar la correspondiente del otro extremo, para formar lo que se denomina triplete estereoscópica.



Fig. 3.3

El aficionado a la fotografía puede construir modelos de visión estereoscópica tomando dos fotografías de una persona o de un paisaje desplazando ligeramente la cámara cuando haga la segunda exposición, con el propósito de lograr dos proyecciones centrales de un mismo objeto desde ángulos diferentes que le permitirán su observación tridimensional con un estereoscopio.



3.2 ESTEREOSCOPIOS

El estereoscopio es un instrumento óptico que mediante lentes, prismas y espejos ayudan a la fusión mental y aumento de imagen de dos fotografías de un terreno, tomadas desde distintos puntos para obtener la visión tridimensional del mismo.

Existen varios tipos de estereoscopios, pero todos tienen la misma función e iguales fundamentos.

El estereoscopio más sencillo y el más económico es el de bolsillo, el cual consta de dos lentes con un aumento de 2 a 4 veces, empotrados en una base de metal o plástico y con una separación de 6.5 cm correspondiente a la distancia interpupilar de una persona, fig. (3.5)

Con un par de lupas de 3 cm de diámetro se puede construir un estereoscopio de bolsillo.

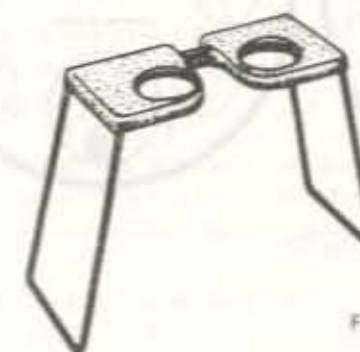


Fig. 3.5 Estereoscopio de Bolsillo.

El estereoscopio compuesto de lentes, prismas, espejos y además con binoculares tiene un campo de visión más amplio, lo cual permite el estudio simultáneo de casi todo el modelo en trabajos de oficina, fig. (3.6).

Los binoculares acercan más el terreno al observador, y aunque el área que se observa con éstos es limitada, el tamaño de los objetos es mayor y pueden ser estudiados con relativa facilidad. Para una visión más amplia del modelo, se retiran los binoculares, observando un área mayor pero de menor escala.

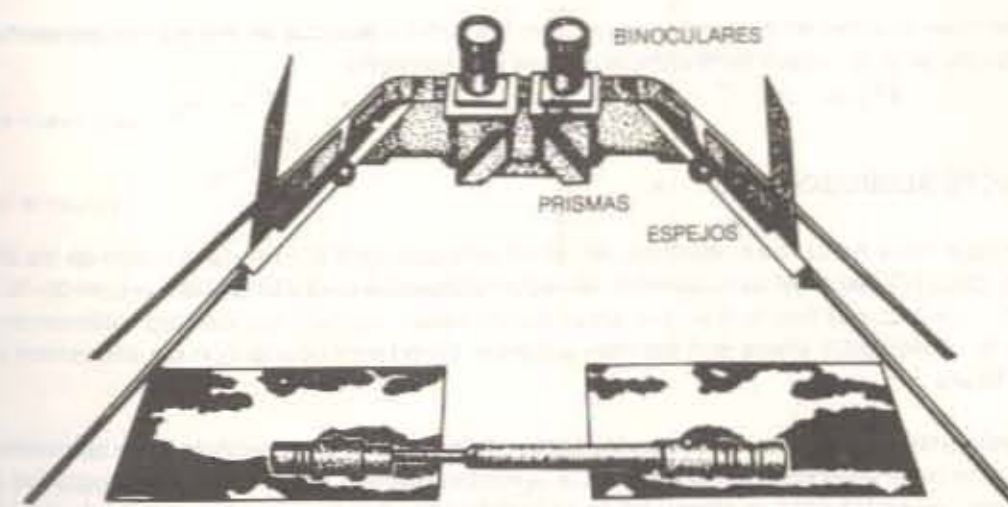


Fig. 3.6 Estereoscopio de Espejos

3.3 EJERCICIO DE VISION ESTEREOSCOPICA

La figura (3.7) contiene el dibujo de ocho círculos que se hallan en diferentes posición relativa con respecto al observador. A su vez, cada uno de ellos contempla variados elementos cuyo orden secuencial debe ser determinado de acuerdo con su cercanía al observador.

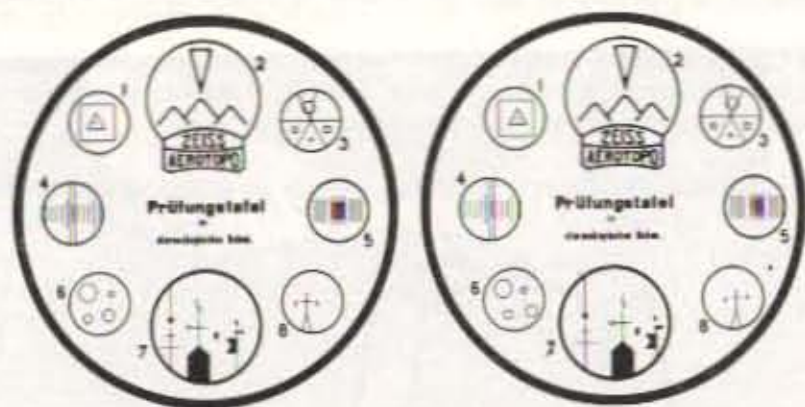


Fig. 3.7

Procedimiento

- Coloque las figuras (A y B) separadas una de la otra 6.5 cm de distancia si el estereoscopio a utilizar es el de bolsillo; 17.0 cm para un instrumento compuesto de lentes y espejos; y 25.0 cm si se trata de un estereoscopio construido con lentes, prismas, espejos y binoculares.
- Instale el estereoscopio sobre las figuras de manera que la figura 3.7A pueda ser observado con la lente izquierda y el 3.7B con la lente derecha.
- Observe simultáneamente, a través de las lentes los círculos mayores: mueva uno de ellos hasta que las dos imágenes se fundan en una sola.
- Determine el orden en el que se encuentran los ocho círculos y de los elementos contenidos en cada uno de ellos, según su distancia relativa al observador.

3.4 EFECTO SEUDOSCOPICO

Una vez que haya realizado el ejercicio de visión estereoscópica, invierta el orden de las imágenes; coloque el dibujo (3.7A) en el lado derecho del estereoscopio y el (3.7B) en lado izquierdo. Al observar el modelo notará que la secuencia que antes presentaban los círculos cambió totalmente; los más cercanos del observador ahora son los más alejados. Otro tanto ocurre con los elementos interiores de cada círculo.

Este fenómeno se le conoce como seudoscopia o falsa visión estereoscópica que se presenta como consecuencia de la inversión de imágenes. De la misma manera sucede con las fotografías aéreas si éstas no son colocadas para su observación estereoscópica, en la secuencia en que fueron tomadas; los accidentes del terreno de mayor altura se verán como la parte más baja del relieve, y los de menor altura como los más altos.

3.5 CONSTRUCCION DEL MODELO ESTEREOSCOPICO

En la construcción del modelo estereoscópico se deben tener en cuenta los requerimientos enunciados, en el numeral 3.1, relacionados con los requisitos mínimos que deben cumplir las fotografías aéreas para lograr la visión estereoscópica.

- El primer paso en la elaboración de par estereoscópico consiste en localizar los puntos principales de cada fotografía uniéndolos las marcas fiduciales opuestas con una línea, cuya intersección determina el punto principal.
- Obtenidos los puntos principales deberán ser transferidos de una foto a la adyacente: el punto principal de la foto No. 2 (P2) se localiza y se marca en la foto No. 1. Este proceso se repite en la segunda foto. Fig. 3.8
- Con una línea se unen el punto principal de la foto con el transferido, con lo cual se obtiene la línea de vuelo, o sea, se dibuja sobre las fotografías la trayectoria seguida por el avión en el terreno en el momento de la toma.
- Acomode el modelo de manera que las líneas de vuelo queden paralelas, a su vez, seleccione la imagen de un objeto, claramente visible en las dos fotografías aéreas, con una separación de 6.5 cm. una de otra fig. 3.9 y procurando que las sombras de los objetos queden hacia el observador.
- 8 Coloque el estereoscopio sobre el modelo de modo que éste quede paralelo a la línea de vuelo y perpendicular al observador. Gire el aparato hasta que logre la fusión de las líneas de vuelo en una; obtenido lo anterior, se tiene elaborado el modelo estereoscópico, y cualquier objeto que se observe, cerca a la línea de vuelo, será visto en tres dimensiones. Si desea estudiar la totalidad del área de la segunda imagen, repita todo el proceso señalado, con la foto No. 3.

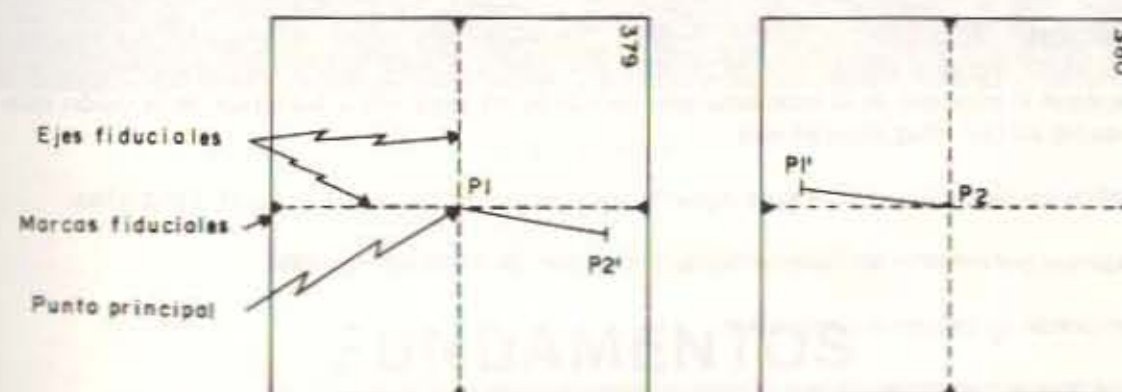


Fig. 3.8

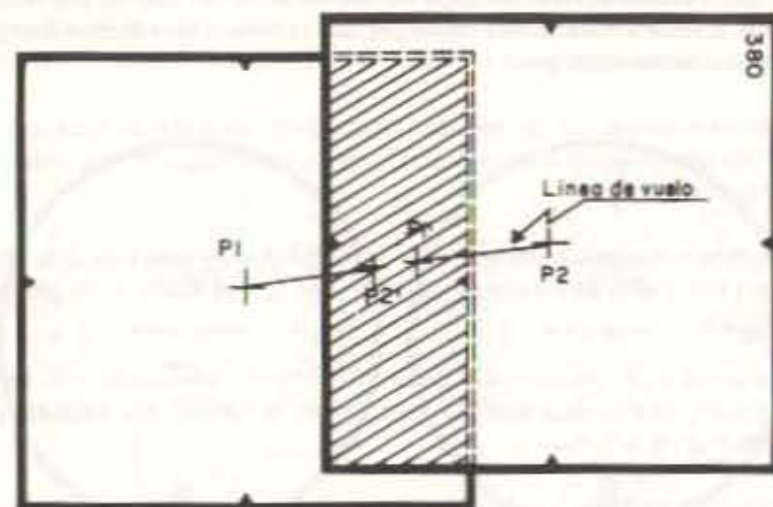


Fig. 3.9

EVALUACION

1. Explique el principio de la estereoscopia normal de las personas y las bases de la visión estereoscópica con fotografías aéreas.
2. Defina los requisitos básicos para lograr la visión estereoscópica con un par de fotografías.
3. Explique brevemente las características principales de los estereoscopios.
4. Responda las siguientes preguntas:
 - Qué ocurre cuando se utilizan los estereoscopios con binoculares? cuáles son las ventajas y desventajas?
 - En qué consiste el efecto seudoscópico y cómo se corrige?
 - Cuál es el propósito del trazado de la trayectoria del vuelo en las fotografías aéreas y cómo se obtiene?
 - En qué consiste el proceso de la transferencia de puntos principales en las fotografías aéreas y como se obtienen dichos puntos?



Ciudad de Honda (Tol.)

FUNDAMENTOS DE FOTOINTERPRETACION EN GEOGRAFIA

OBJETIVOS

Al finalizar este capítulo se habrán logrado los siguientes objetivos:

- Distinguir el conjunto de normas y técnicas que permiten identificar y deducir las características de los elementos registrados en las fotografías aéreas.
- Establecer las condiciones de sitio y situación de un lugar o fenómeno que aparece en una aerofotografía con el apoyo de un mapa topográfico.
- Identificar las propiedades de los objetos y su interacción en el espacio a través de los elementos de reconocimiento y análisis.

4.1 LECTURA Y FOTOINTERPRETACION

La fotointerpretación es el conjunto de principios y técnicas tendientes a identificar y deducir características de los fenómenos registrados en las fotografías aéreas. La fotolectura hace parte de estas técnicas y consiste en el reconocimiento de los objetos consignados en las imágenes. En cambio el concepto de fotointerpretación es una actividad que en geografía, no solo implica la identificación de los elementos que conforman el espacio sino que, además involucra otras actividades tales como el establecimiento de unidades, la búsqueda de relaciones y explicación a través de análisis de causalidad para lo cual el geógrafo debe recurrir a otras fuentes de información de carácter bibliográfico y cartográfico que complementado con las visitas al terreno, conforman el proceso de fotointerpretación.

4.2 REQUISITOS DEL FOTOINTERPRETE

En las fotografías aéreas se hallan consignados todos los elementos que conforman el espacio fotografiado y cada especialista encontrará en ellas la información que requiere para sus investigaciones.

Tanto en geografía como en otras disciplinas, el óptimo aprovechamiento del material aerofotogramétrico no solo depende de la experiencia que tenga el fotointérprete en su manejo sino también de los conocimientos que posea del tema de investigación, los que combinados con las técnicas que el avance científico actual pone a su disposición, le permite desarrollar con mayor eficacia los trabajos relacionados con su campo de acción. Es decir, que para llevar a cabo un excelente labor de investigación con el apoyo de las fotografías aéreas, no basta conocer sus características y tener destreza en su utilización, sino que además es indispensable poseer una sólida formación relacionada con el tema objeto de estudio.

A este conocimiento previo de la materia de investigación se denomina nivel de referencia, el cual es diferente para cada individuo.

El nivel más elemental consiste en la capacidad de las personas, sin ninguna preparación específica, para identificar los objetos en las imágenes captadas desde el aire. El segundo nivel se refiere a los conocimientos precisos que tiene cada profesional en el área de su formación que le permite obtener toda una gama de datos de las fotografías aéreas para sus estudios y que un sujeto que carece de esta formación no está en condiciones de lograr.

La calidad y la cantidad de información que se puede alcanzar de las imágenes está en estrecha relación con el conocimiento previo que tenga la persona del objeto de estudio y de la habilidad para la

utilización de esta herramienta de trabajo. El primer requisito es inherente a la formación profesional del fotointérprete. El segundo se puede lograr mediante el estudio de las técnicas básicas de fotointerpretación contemplados en este manual.

4.3 ELEMENTOS DE RECONOCIMIENTO Y ANALISIS

En la utilización de fotografías aéreas verticales con el propósito de obtener información y efectuar análisis de los fenómenos que conforman un espacio, es necesario conocer los elementos de reconocimiento los que combinados con el nivel de referencia científico constituyen el marco de referencia básica del proceso de fotointerpretación en geografía.

Los elementos de reconocimiento y análisis son ciertas características propias de los objetos que son registradas en las películas pancromáticas (fotografías en blanco y negro) y que desempeñan un papel decisivo en las etapas de identificación y examen de los aspectos que componen el área de estudio.

Para el quehacer de la geografía se destacan en primer lugar, los que corresponden al terreno fotografiado. Pero existen otros que también son de importancia y que pertenecen al tipo de material y equipo empleado en la toma de las fotografías.

4.3.1 Sitio y situación geográfica

Dollfus (1977, p. 7), considera que el trabajo del geógrafo comienza con la localización del objeto de su investigación para luego, proceder a describir y definir sus formas. Esta actividad, según este autor, "conduce a realizar el análisis de su disposición, su repetición, su similitud y su singularidad".

Localizar un fenómeno en geografía, significa definir su sitio y situación. El concepto de sitio implica precisar el lugar exacto de su emplazamiento dentro de un medio local y, situación comprende el establecimiento de las relaciones que éste mantiene con otros objetos, bien sea cerca o alejados de él dentro de un espacio dado cuya extensión está en función de su tamaño e importancia.

El reconocimiento de los sistemas de organización de un espacio se apoyan en el análisis de sitio y situación. Estos se pueden realizar con el apoyo de un mapa de escala pequeña, si se trata de una ciudad o de una región.

En geografía urbana el sitio lo constituye el emplazamiento o soporte físico donde se ha construido una ciudad el cual condiciona el paisaje urbano y su desarrollo espacial. La situación la constituye el entorno más lejano en el cual se organiza por medio de intercambio de bienes y servicios y vías o sistemas de comunicación.

En geografía rural la situación de un lugar puede indicar el tipo de clima, vegetación, suelos e incluso la actividad económica en ésta. Por ejemplo, en un área de la costa caribe, se puede hallar un clima seco a semi-húmedo, manglares e industria pesquera.

En zonas montañosas se pueden identificar cultivos de papa, café y demás productos de la región.

4.3.2 Forma y Tamaño

La forma y el tamaño de los objetos son propiedades que permiten deducir el uso que se les da y las relaciones entre ellos. Por ejemplo, la presencia de galpones, chimeneas, etc. hace presumir que se trata de una fábrica. El tamaño y la forma de una construcción indica si ésta corresponde a un estadio, un hospital, un edificio de apartamentos, un club, etc.

De otro lado el tamaño de los objetos ayuda a establecer la diferencia entre las principales vías de comunicación de las secundarias; los ríos navegables de los que no lo son; los árboles de los arbustos; zonas de latifundio de las pequeñas propiedades.

Las formas del relieve permiten ubicar las áreas de los mejores suelos tales como terrazas aluviales, abanicos aluviales, altiplanos.

En la identificación de funciones es preciso tener presente que la acción del hombre en un espacio se manifiesta a través de formas geométricas con límites muy bien definidos: poblados, carreteras, parcelas, tala de bosques, etc. mientras que las formas de los fenómenos naturales, sin intervención humana, tiene límites indefinidos: un tipo de bosque, ríos, lagos, bahías, formas de relieve. (Fig. 4-1)

Fig 4.1



4.3.3 Patrón de distribución

Este elemento de reconocimiento se refiere al reparto espacial de un objeto o conjunto de objetos. La disposición de los fenómenos naturales es diferente a la que presentan aquellos en cuya distribución ha intervenido la acción humana. En efecto, la ordenación de un bosque natural es bien distinto a la que se observa en un cultivo. En el primer caso, la organización de los árboles no se da de manera uniforme; mientras que en el segundo, el hombre realiza sus cultivos con cierto orden y límites bien definidos (Fig. 4.2).

En el sector urbano, la disposición de los elementos puede indicar su esencia y propiedades: un barrio de invasión muestra una distribución y rasgos bien diferentes a una urbanización planeada y ejecutada por el Instituto de Crédito Territorial o cualquier otra compañía que construyen las urbanizaciones con idénticas características arquitectónicas y similar disposición de manzanas y espacios libres.



Fig 4.2

4.3.4 Tonos de gris

Las imágenes de los objetos en las fotografías pancromáticas se forman a partir de una variación de la intensidad del color gris como consecuencia de los diferentes grados de luminosidad que recibe la película en el momento de la exposición. Esta alteración de la graduación del color tiene origen en la propiedad que tienen los cuerpos de la superficie terrestre para absorber o reflejar la energía proveniente del sol. Los tonos de gris son de gran ayuda en fotointerpretación porque tienen estrecha relación con las condiciones del drenaje del suelo.

Los minerales tienen la particularidad de reflejar más la luz solar y por esta razón son registrados con mayor intensidad que el agua y la vegetación, los cuales absorben la mayor parte de aquella.



Fig. 4.3

Los terrenos secos tienen una reflexividad muy alta y aparecen en una tonalidad clara, mientras que la humedad en éstos, vuelve el tono gris más oscuro.

El movimiento de las aguas hacen que éstas aparezcan con tonos claros lo que permite identificar los rápidos y cascadas.

El material rocoso desnudo se caracteriza por su alta reflexividad, aunque la roca tenga un color oscuro.

La vegetación se traduce, de manera general, por tonos oscuros que resultan de la absorción de una parte de la energía.

La vegetación y la mayor humedad del terreno contribuyen a oscurecer la tonalidad. De otro lado, una superficie acuática con material en suspensión (minerales) aparece en gris más claro que otra cuyas aguas son claras y su tonalidad se presenta oscura (Fig. 4.3)



Fig. 4.4 - Embalse del Muña

Un campo recién arado se observa de color gris más claro y uniforme que un bosque o un cultivo.

El tono es un elemento de gran ayuda para establecer la variedad de especies de árboles en una zona y en la diferenciación de los cultivos de una parcela. Por ejemplo, un pastizal muestra manchas dentro de su tonalidad, mientras que un cultivo es más uniforme.

Es necesario tener presente que en ocasiones, un río se observa con diferentes tonos de gris en dos fotografías sucesivas como resultado del ángulo de la cámara con relación a la superficie acuática que actúa como un espejo en el momento de la toma de la fotografía.

4.3.5 Textura

En las fotografías aéreas es frecuente hallar zonas con idéntica tonalidad de gris correspondiente a una agrupación de elementos pequeños que forman un agregado de textura gruesa, lisa y áspera. No



Fig. 4.5 Fotografía aérea de la ciudad de Pasto (Nariño)

obstante, que tales zonas tienen la misma intensidad, puede tratarse de fenómenos bien distintos por lo cual deberán ser examinados por su textura o sea por su apariencia o diferenciación interna de sus componentes de cuyo análisis permite deducir si se trata de árboles, cultivos o pastos, porque la estructura interna de un bosque natural es bien diferente a la trama fina que presenta un triguero o un pastizal fig. 4.4.

4.3.6 Resolución

La resolución se refiere al tamaño mínimo de los objetos que se registra en las imágenes fotográficas de lo cual depende la nitidez con que se presentan los detalles de los fenómenos y que incide en el trabajo de fotointerpretación. Fig. 4.5

La resolución depende de factores tales como la calidad de la lente de la cámara, tipo de emulsión, papel empleado y la escala de la fotografía.

4.3.7 Sombras

Las sombras que proyectan los objetos permiten su reconocimiento incluso medir su altura. Las sombras son zonas de menor intensidad luminosa, que en ocasiones dificultan la fotointerpretación.

EVALUACION

1. Defina la diferencia fundamental entre fotolectura y fotointerpretación.
2. Qué requisitos se deben tener para hacer una fotointerpretación en geografía urbana.
3. Defina los elementos de reconocimiento y análisis de sitio y situación y explique como se obtienen?
4. A qué se le denomina patrón de distribución?
5. Qué importancia tienen en el trabajo de fotointerpretación las diferentes tonalidades del color gris que forman las imágenes de los objetos?
6. Cómo inciden la resolución y las sombras de los objetos en la fotointerpretación?



EL PROCESO DE FOTOINTERPRETACION EN GEOGRAFIA

OBJETIVOS

Con el desarrollo de este capítulo se deben alcanzar los siguientes objetivos:

- Conocer el proceso general de fotointerpretación.
- Definir el objeto de estudio según el nivel de investigación.
- Recopilar información de otras fuentes según el objeto y escala de estudio.
- Reconocer los procesos que se hallan presentes en el área de estudio.
- Establecer unidades significativas de acuerdo con sus características comunes.
- Establecer relaciones entre los conjuntos espaciales, bien sean de índole físico o cultural.

5.1 DEFINICION DEL OBJETO DE ESTUDIO

El proceso de fotointerpretación tiene etapas sucesivas y complementarias entre sí las cuales deberán ser desarrolladas de manera sistemática teniendo en cuenta los fundamentos expuestos en el capítulo anterior y con una definición muy clara de los objetivos procediendo de lo particular a lo general.

En primer lugar, es necesario determinar el objeto de estudio, puesto que éste indicará los elementos de análisis y las pautas que se deben seguir en la fotointerpretación. En efecto, se puede pensar en varias ramas de la geografía, algunas de ellas de carácter parcial como geomorfología, hidrología, biogeografía en las que el tema central de investigación lo constituye las geformas, el agua y las plantas respectivamente. Sin embargo, el objeto de estudio también puede referirse al medio ambiente natural y humanizado en cuyo caso es indispensable identificar los elementos naturales que los estructuran y las actividades que los grupos humanos desarrollan en él.

En segundo término, es necesario precisar el nivel de investigación que puede ser a escala regional, municipal o local. En cualquier caso, el área de estudio se localiza dentro de un contexto más amplio con el cual guarda estrecha relación. Por ejemplo, al estudiar un barrio, éste tiene que ser analizado en función de las relaciones que mantiene dentro de la ciudad.

De otra parte, conviene recordar que cada fenómeno tiene una dimensión espacial y, cada actividad desarrollada en él, es una manifestación de la ordenación del mismo en términos de relación y funcionalidad.

5.2 PREPARACION Y RECOPIACION DE MATERIAL

Una vez definidos el sujeto de estudio y los objetivos que se pretenden lograr, se procede a la consecución del material aerofotográfico, mapas y demás información relacionada con el tema y área de investigación. Se construyen los modelos estereoscópicos; se indaga sobre la fecha de la toma de las fotografías, la escala, las propiedades generales de éstas; se localizan en el mapa topográfico con el fin de llevar a cabo el análisis de sitio y situación del fenómeno o área de fotointerpretación.

Quando se trata de un estudio de la asociación del hombre con el medio, se recopila información no solo del medio natural sino también aquella relacionada con los grupos humanos y sus actividades

tales como características demográficas, agricultura, ganadería, deforestación, vivienda, comercio, industria, comunicaciones, etc. la cual es de gran ayuda en el análisis de la interacción de la sociedad con su entorno.

Un buen trabajo de fotointerpretación se complementa con datos de otras fuentes lo que permite comprender las relaciones de causalidad del fenómeno que es objeto de examen.

Por último, con la información reunida y el examen preliminar de las imágenes se establece un marco conceptual de referencia que permita un criterio de evaluación del terreno objeto de estudio. Es decir, se trata de construir una visión global de los elementos y características generales del área que se va a fotointerpretar. Por ejemplo, si el trabajo se refiere a una zona montañosa se debe tener una idea acerca del tipo de fenómenos que serán identificados en las imágenes correspondientes a dicha zona.

5.3 LECTURA DE FOTOGRAFIAS AEREAS

Conocidas las propiedades de las fotografías aéreas de las cuales se dispone para la fotointerpretación y las características generales del área de estudio, se inicia el proceso de reconocimiento de los fenómenos que la conforman. Se acostumbra identificar uno o dos elementos a la vez: vivienda y comercio; relieve e hidrografía; vegetación y cultivos.

En esta etapa, los fundamentos de fotointerpretación tratados en el capítulo cuarto y la experiencia del investigador, son esenciales para el buen resultado final del trabajo.

La identificación de los fenómenos que constituyen el terreno puede hacerse de acuerdo con las siguientes pautas, aunque no necesariamente en su orden:

5.3.1 Reconocimiento de procesos

Los procesos que actúan en un espacio, según su naturaleza, pueden ser físicos, económicos, o sociales. Una parcela con cultivo de papa, es mantenida como tal gracias a la interacción de varios procesos de tipo tecnológico, agrícola y social. Sin embargo, este sistema puede ser alterado por una acción humana o por un fenómeno natural. Es decir, que una modificación en cualquiera de ellos puede cambiar todo el sistema causando un impacto sobre la vida humana y sobre el funcionamiento del espacio.

Con el propósito de mejorar las condiciones de vida de la sociedad es necesario identificar los procesos que actúan en un espacio, evaluar su funcionamiento y ver si se puede ejercer control en algunos de ellos para aumentar su eficiencia o evitar su deterioro.

La apertura de una nueva vía por ejemplo, es un proceso que afecta de manera substancial las actividades y la ocupación de un área.

5.3.2 Identificación de líneas de flujos

El reconocimiento de las conexiones que estructuran un espacio como vías férreas, carreteras, caminos, conductos de agua y otros sistemas de circulación son elementos que aclaran y definen las relaciones espaciales de intercambio de bienes y servicios.

Las líneas de flujos y su área de influencia a través de un mapa de isocronas, ayudan a establecer las necesidades del área en materia de transporte y el acceso de la población a los servicios básicos.

5.3.3 Identificación de accidentes destacados

Se trata de reconocer accidentes tanto naturales como aquellas obras ejecutadas por el hombre que por su tamaño se destacan dentro del conjunto de fenómenos que conforman un espacio tales como grandes zonas boscosas, altas montañas, represas, edificaciones de gran tamaño, las cuales son fáciles de identificar en las fotografías aéreas.

5.3.4 Reconocimiento de indicadores especiales

Se trata de identificar los aspectos específicos del terreno en las fotografías aéreas que puedan servir para comprender y evaluar los procesos que actúan en el ordenamiento espacial.

El tamaño y la distribución de los elementos de una finca ayudan a deducir sus funciones, el grado de tecnificación y su nivel de producción.

En el área urbana la presencia de áreas de recreación, jardines en las casas, el tamaño y calidad de la vivienda permiten inferir las condiciones de vida de la población.

5.3.5 Identificación de áreas homogéneas

Esta etapa consiste en el reconocimiento de áreas con características similares de textura, intensidad en las tonalidades del gris, patrón de distribución, habitat, técnicas de cultivo, geoformas.

La presencia de minifundios se destaca por el tamaño de las parcelas. Esta circunstancia permite deducir el grado de presión demográfica sobre la tierra en oposición a zonas casi vacías con posibilidades de una mejor ocupación.

Los terrenos de fuertes pendientes conforman un conjunto de áreas homogéneas frente a otros de tierras planas con aptitudes para la mecanización.

Otras áreas homogéneas las constituyen las zonas boscosas y las cultivadas, las cuales son fáciles de identificar por su textura, límites, patrón de distribución y tonalidad de gris.

En el sector urbano las áreas homogéneas se delimitan teniendo en cuenta las características de tamaño y calidad de las construcciones, además de otros elementos de juicio que aporta la geografía urbana.

5.4 ESTABLECIMIENTOS DE UNIDADES SIGNIFICATIVAS

La noción de unidad implica la agrupación de fenómenos con características comunes en conjuntos constituidos por una combinación de factores físicos y culturales.

Las primeras grandes unidades que se pueden determinar corresponden al sector urbano y rural. Los límites que las separan son fáciles de trazar mediante el reconocimiento de las áreas donde determina el espacio cultivado frente al urbanizado.

Dentro de estas agrupaciones se puede a su vez hacer otras diferenciaciones internas de los elementos que las conforman. En el sector rural, es posible delimitar el área cultivada y el medio no

transformado por el hombre; entre el tamaño de las explotaciones y los sistemas de cultivo; entre las zonas de altas densidades de población y aquellas débilmente habitadas.

En cualquier caso, se debe buscar una explicación para tales diferenciaciones considerando al medio natural como algo relativo que ofrece posibilidades según el grado de tecnología y los recursos de sus habitantes, puesto que ese medio, es una unidad relativa compuesta de factores más o menos dependientes que se oponen a otras unidades vecinas.

En el sector urbano, se trazan líneas separando las zonas de vivienda de las áreas de uso comercial; vivienda de clase alta y media observando el tamaño, la calidad, servicios públicos y otros indicadores socioeconómicos, según el objeto de estudio.

En la figura (5.1) se observa el área cultivada y el medio no intervenido por el hombre según las pautas señaladas en el capítulo 4.

5.5 ANALISIS Y CLASIFICACION DE UNIDADES

Esta fase de la fotointerpretación comprende un estudio más detallado de los elementos que conforman cada unidad, su naturaleza y la función que cumple dentro de ésta.

Una vez realizado el análisis de los componentes de cada conjunto, éstos se comparan entre sí, se examinan sus similitudes y diferencias. Con la información obtenida de las imágenes de otras fuentes se hace una clasificación de las diferentes unidades según sus características físicas o culturales de manera que conduzcan a conclusiones válidas sobre la organización espacial.

5.6 BUSQUEDA DE RELACIONES

La búsqueda de relaciones consiste en deducir información relacionada con la interacción de los diversos fenómenos físicos, económicos y sociales que estructuran un espacio. Esta tarea se lleva a cabo con base en los conocimientos apriori del tema de investigación. Se identifican los problemas geográficos que aquejan al área de estudio y se sacan conclusiones sobre los vínculos y funciones de cada conjunto.

Es evidente que para una definición completa de los problemas es necesario en variadas ocasiones, consultar otros documentos y estadísticas. Sin embargo, si la fotografía es bien interpretada, debe permitir, definir los problemas generales del área tales como: carencia de agua y obras de infraestructura, pendientes muy fuertes, etc.

5.6.1 Relaciones entre elementos naturales

La definición de conjuntos espaciales parten del conocimiento de las relaciones entre sus componentes. De un fenómeno físico se puede deducir otro.

El relieve por ejemplo, puede influir sobre el drenaje, sobre el suelo, sobre la vegetación, sobre el clima, sobre el uso del suelo, etc. Las variaciones de altitud influyen sobre la temperatura media, según gradientes que pueden cambiar de un lugar a otro de la tierra, pero que en Colombia es del orden de 1°C por cada 180 m. Esta variación de temperatura que caracteriza a la región andina, debe tenerse en cuenta en la interpretación de un área por los diversos pisos térmicos que origina. Es necesario entonces, tener presente el piso térmico al que corresponde la foto.

Una pendiente muy fuerte del terreno coincide generalmente con suelos pobres y propensos a la erosión; en terrenos de pendiente moderada, pueden encontrarse suelos con buen drenaje, profundos y aptos para la agricultura; en terrenos planos, pueden presentar problemas de drenaje. Las formas del relieve también permiten ubicar los mejores suelos: terrazas aluviales, valles de los ríos, abanicos aluviales, altiplanos, etc.

5.6.2 Relaciones entre elementos culturales y naturales

Las actividades humanas, identificadas en los mapas y en las fotografías aéreas, permiten establecer relaciones que no aparecen de manera explícita en éstos, sin embargo, obedecen a una lógica geográfica, por ejemplo, la distribución de la población rural, sigue frecuentemente accidentes físicos tales como valles, terrazas, etc., donde se encuentran los mejores suelos. A su vez, la vegetación permite deducir el tipo de suelo.

Evidentemente, hay un sinnúmero de posibles relaciones que pueden ser analizadas. Sin embargo, es conveniente tener a mano una lista de fenómenos para no olvidar, haya o no relaciones importantes que anotar. Una lista de tales elementos pueden ser:

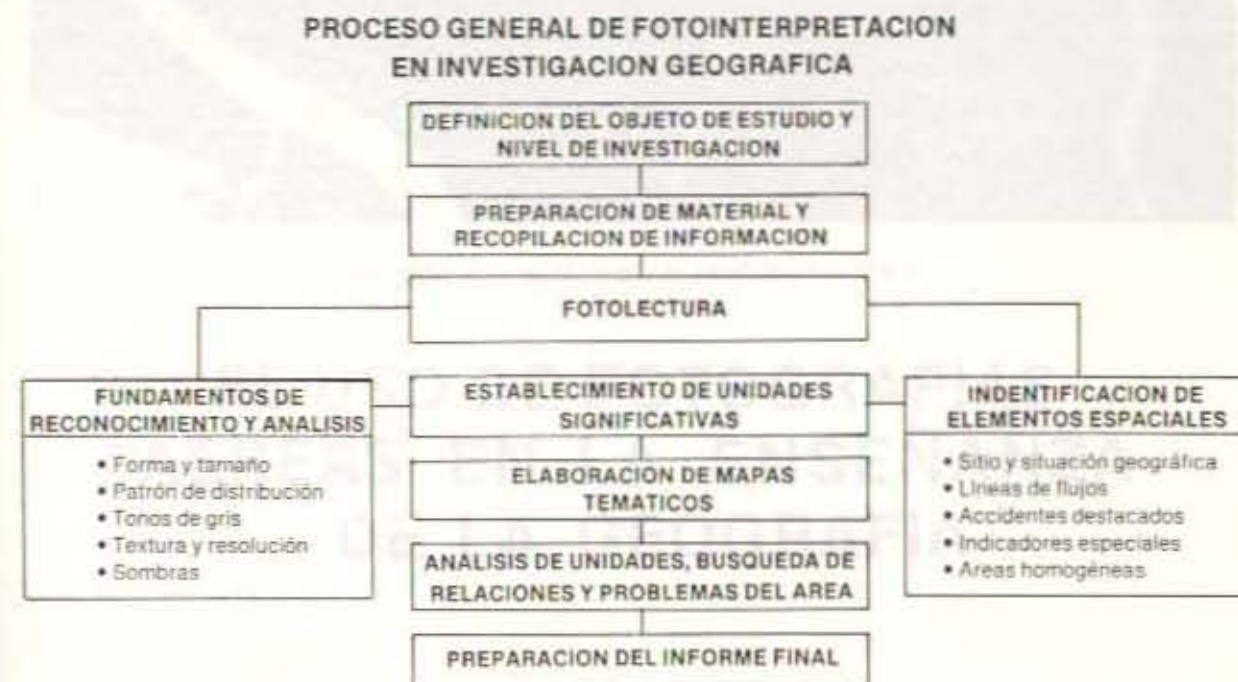
Elementos físicos	Elementos humanos
Relieve y pendientes	Pueblos y ciudades
Patrón de drenaje	Áreas agrícolas
Zonas pantanosas	Caminos, carreteras
Forma del valle aluvial	Aeropuertos
Áreas sin vegetación	Fábricas
Montañas	Otros
Geografía física	Geografía humana
Geomorfología	Uso del suelo
Suelos	Áreas pobladas, de cultivos
Clima	Tenencia de la tierra
Vegetación	Densidad de población
Áreas inundables	Limitantes en la producción y en la ocupación del espacio
Áreas con mal y buen drenaje	Áreas urbanizadas
Áreas con mayor y menor pendiente	Áreas con mayor concentración de población

Después que el trabajo de gabinete ha concluido se prepara la visita al terreno para aclarar los puntos de dudosa interpretación. Esto puede hacerse por muestreo.

El paso siguiente consiste en pasar los rasgos fundamentales de los fenómenos interpretados al mapa base según las normas de la cartografía temática, se puede a partir del mapa temático y los apuntes que se han tomado durante el proceso de fotointerpretación, redactar el informe final con las conclusiones que sirvan para facilitar la planificación y toma de decisiones.



Fig. 5.1



Responda las siguientes preguntas:

1. Cuál es, en términos generales, el proceso general de fotointerpretación.
2. Cuáles son los primeros pasos que se deben seguir al iniciar una investigación utilizando fotografías aéreas.
3. Si usted va a realizar un estudio sobre la asociación del hombre con el medio que habita, además, del material cartográfico y aerofotogramétrico que otra información debe recopilar?
4. En qué consiste el trabajo de fotolectura. Describalo brevemente.
5. Qué se denomina unidad significativa?
6. En qué consiste la búsqueda de relaciones en un trabajo de fotointerpretación?
7. Finalizado el trabajo de fotointerpretación cuál es la siguiente tarea por realizar?



Desembocadura del río Atrato en el Golfo de Urabá

EL USO DE FOTOGRAFÍAS AERIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFÍA

OBJETIVOS

Al finalizar este capítulo el alumno estará en capacidad de:

- Utilizar las fotografías aéreas en las diferentes etapas del proceso enseñanza-aprendizaje (motivación, desarrollo y evaluación).
- Analizar los temas de los capítulos anteriores y aplicarlos en la orientación y enseñanza de la geografía.
- Inferir, con base en los ejemplos dados otras aplicaciones de las fotografías aéreas.
- Emplear los recursos adecuados en la enseñanza de la geografía tales como mapas topográficos y salidas de campo que complementen la información obtenida por medio de fotografías aéreas.
- Establecer comparación y relaciones de distinta índole entre los elementos identificados de un área, por medio de las fotografías aéreas, los mapas y las salidas a campo.
- Efectuar mediciones de áreas y distancias conociendo el concepto de escala.

6.1 LA FOTOGRAFIA AEREA COMO RECURSO DIDACTICO

La fotografía aérea es un recurso didáctico muy útil que la tecnología moderna ofrece a los profesores de geografía para la exposición de hechos físicos y culturales distantes, con los cuales el educando no está familiarizado, fig. 6.1

El uso de aerofotografías en la enseñanza de la geografía convierte el aprendizaje de esta disciplina en una actividad dinámica e interesante para el alumno, como el mismo ambiente geográfico que lo rodea. Además, despierta en él, interés por la investigación, desarrolla la capacidad crítica y analítica, le ofrece la oportunidad de conocer la naturaleza y de reflexionar sobre las consecuencias de algunas acciones irracionales que el hombre realiza en ella.

Por medio de la fotolectura es fácil que el estudiante de nivel medio, con la orientación del profesor, pueda identificar las formas de relieve, la hidrografía y la vegetación, fig. 6.2; la quema y tala de bosques, los cultivos, las vías de comunicación y otras actividades que la población realiza en el paisaje geográfico. Sin embargo, para una observación más detallada de los fenómenos que lo conforman se debe utilizar el proceso de fotointerpretación estereoscópica con dos fotografías sucesivas.

6.2 LA FOTOGRAFIA AEREA Y EL MAPA EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFIA

La ventaja de la fotografía con respecto al mapa es que en ella se puede encontrar la totalidad de los elementos visibles del terreno. Los mapas si bien es cierto, contienen algunos elementos que son fácilmente identificados por cualquier persona tales como el relieve, los ríos, las carreteras, los poblados, etc., su representación se hace por agrupación temática debido a que es necesario hacer



Fig. 6.1

Sierra Nevada de Santa Marta

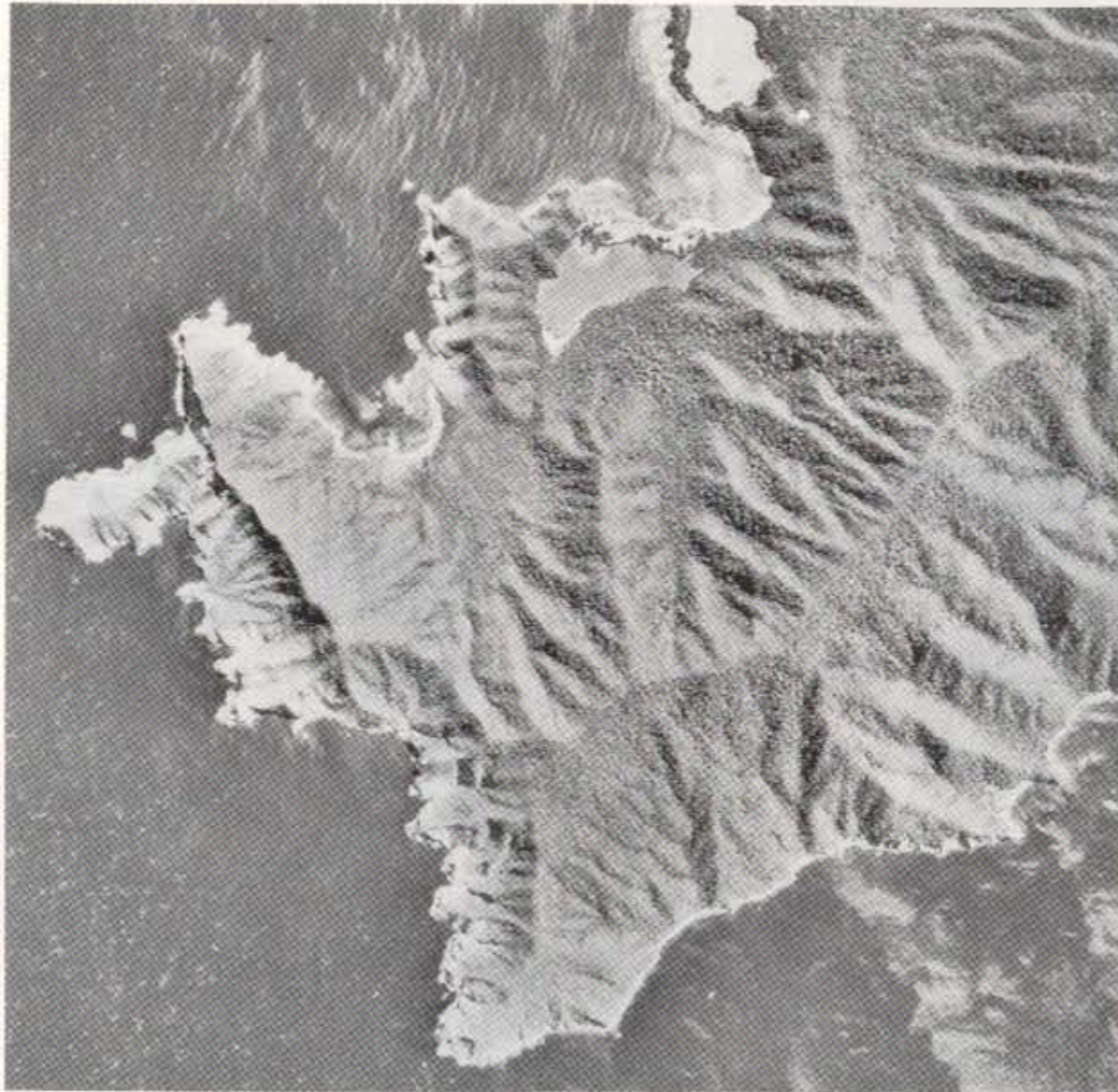


Fig. 6.2 Sector de la costa cerca a Santa Marta.

filtración cartográfica de información puesto que ésta no puede aparecer en su totalidad en un mismo mapa.

Dado que la fotografía aérea es el registro de todo lo que es visible en el momento de la toma, es otra ventaja que desde el punto de vista pedagógico, resulta muy adecuado para definir, precisar y clasificar la información de manera que se pueda sacar mejor provecho de ella.

En la enseñanza a nivel medio el profesor no solo debe indicar a sus alumnos como leer una fotografía aislada sino establecer relaciones entre los diversos aspectos observados tridimensionalmente.

Además de las actividades señaladas se deben hacer ejercicios de medición de distancias, áreas y localización de fotografías en el mapa topográfico correspondiente a la misma zona.

Para demostrar la dinámica de la geografía en el sector urbano o rural se deben consultar fotografías tomadas en diferente época. Del estudio comparativo de estos documentos, surgirán interrogantes acerca de los cambios observados y en torno a posibles cambios futuros según la tendencia que presenta el fenómeno.

En el estudio del mapa topográfico las fotografías son un valioso complemento que permite comparar los fenómenos observados desde el aire con su representación que es el mapa. Sin embargo, es necesario tener presente que las fotografías aéreas verticales y el mapa presentan dificultad para ser comprendidas por los niños si éstas no corresponden a lugares que le sean familiares, por esta razón se recomienda el uso de fotografías tanto verticales como oblicuas junto con el plano de la ciudad. Fig. 6.3. De esta manera, se les indica a los alumnos el lugar donde se producen los hechos espaciales y, se explican las relaciones del sitio donde habitan con respecto a la ciudad.

6.3 ACTIVIDADES PRACTICAS

En educación media el educando puede leer las fotografías aéreas y obtener relaciones entre elementos geográficos. Con la práctica, encontrará que las fotografías aéreas pueden proporcionarle muchos datos que le ayuden a comprender la interacción del hombre con los factores del medio.

Para entusiasmar al alumno en el uso de este material se sugiere a los profesores iniciar su conocimiento con fotografías de vuelo bajo donde exista gran variedad de contrastes de elementos bien conocidos como pueden ser una zona con edificios, carreteras, calles, zonas residenciales, campos deportivos; una zona rural con casas aisladas terrenos de cultivos, áreas de bosque. Posteriormente, el profesor debe realizar ejercicios con escalas cada vez menores hasta llegar a las imágenes de satélites con el propósito de que aprecien como se van perdiendo los rasgos pequeños y, apareciendo los más grandes tales como montañas, grandes ríos, planicies, ciudades, etc.

El uso de las fotografías con fines didácticos se comienza con la explicación sobre la naturaleza de las fotografías aéreas, la toma de las mismas y, su importancia para examinar los fenómenos que conforman la superficie terrestre especialmente en elaboración de mapas.

Es necesario que el estudiante comprenda las diferencias que existen entre una fotografía aérea y un mapa topográfico, por lo que debe buscar en el mapa o en el plano de la ciudad el área cubierta por una fotografía.

El segundo paso consiste en reconocer los elementos cuyas imágenes en las fotografías aéreas son claramente visibles. El estudiante puede dibujar en un papel transparente sobrepuesto a la fotografía los rasgos más sobresalientes del terreno, puede comenzar por delimitar el sector urbano y el rural, enseguida proceder a definir los hechos que denotan la actividad humana cuyos límites se presentan con formas bien definidas Fig. 6.4 como se señala en la sección de reconocimiento y análisis.

El tercer paso consiste en indicarle la relación que existe entre la altura del vuelo, la escala y el área de terreno que se cubre con el aumento o disminución de la altura del avión.

El paso siguiente consiste en medir objetos del terreno en las fotografías aéreas. O sea, que una vez determinada la escala de la fotografía, utilizando un mapa con el detalle que le permita identificar puntos semejantes. También puede usarse la escala media señalada en una esquina o en el reverso de la fotografía o en el sobre que las contiene.

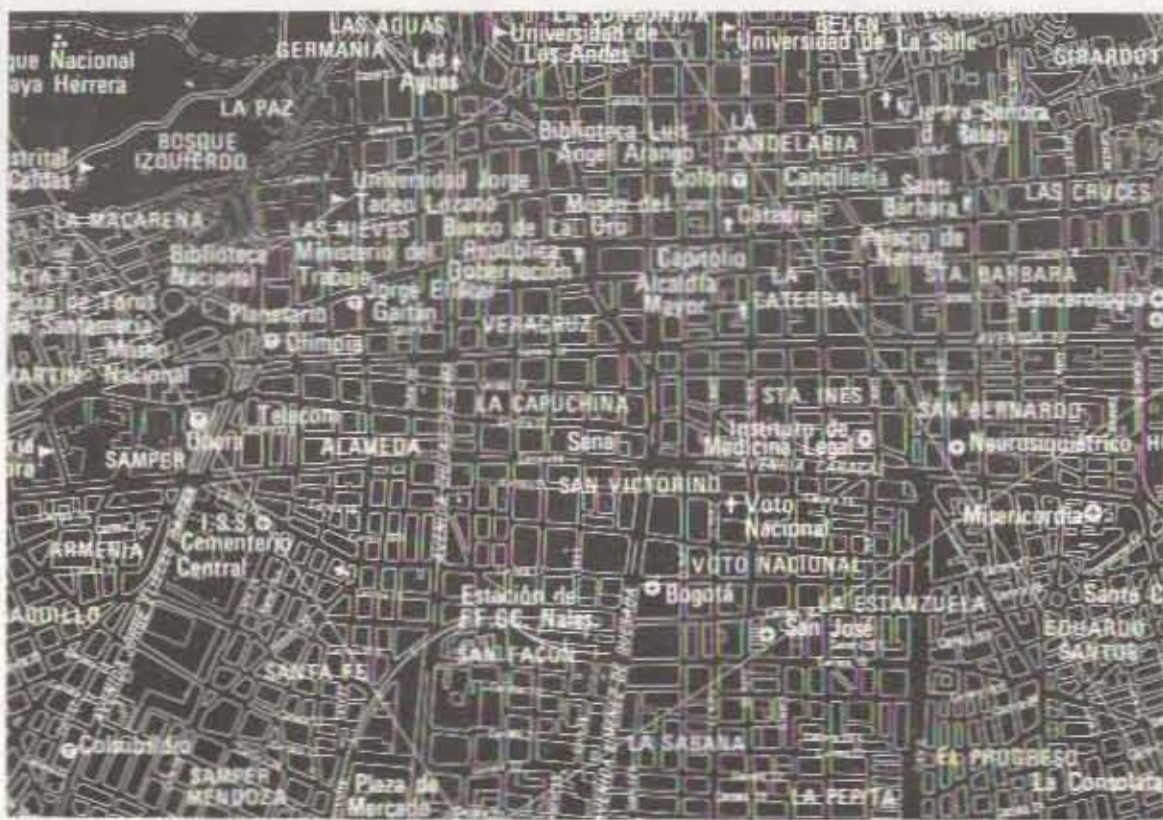


Fig 6.3 Segmento de plano urbano de Bogotá correspondiente al área cubierta por la fotografía aérea.



Fig 6.4

El profesor, con una regla común, enseñará al alumno a medir en la fotografía: un puente, la longitud de una calle, la longitud de una carretera, o cualquier otro elemento representado en los mapas. Por ejemplo, midiendo las dimensiones de un terreno no edificado en un área urbana se puede determinar si es suficientemente grande para un campo de fútbol. También es importante enseñar al estudiante el cálculo de áreas sobre fotografías aéreas, a través de los sencillos métodos descritos en el capítulo dos.

No se debe pensar que la fotogrametría propiamente dicha, consiste en estas simples mediciones. Es una ciencia de alta precisión que necesita una larga preparación técnica e instrumentos muy complejos para su ejecución. La fotogrametría tiene como finalidad medir distancias, tanto verticales

como horizontales y eliminar las distorsiones que se encuentran en todas las fotografías aéreas para producir mapas, este tipo de actividades no es adecuado para la enseñanza a nivel primario o medio.

Otra actividad escolar consiste en la elaboración de un modelo estereoscópico según las pautas señaladas en el capítulo tres.

La actividad que debe seguir consiste en hacer la fotointerpretación. Es decir, establecer en la fotografía aérea las relaciones que permiten inferir la presencia de un fenómeno que no se puede ver directamente en la fotografía aérea. Desde luego, que este proceso requiere de un conocimiento previo del fenómeno que va a ser interpretado y, del empleo de un estereoscopio.

Es evidente que el alumno tiene limitaciones para analizar a profundidad un tema geográfico. Sin embargo, hay aspectos de la geografía que los estudiantes deben conocer y saber interpretar. Tales aspectos los definen los programas de la asignatura para el grado correspondiente, para ello, el profesor debe indicarles los fenómenos que considere que están en capacidad de interpretar.

Otra actividad importante que se debe realizar en el curso de geografía es la salida al terreno con el fin de comprobar y complementar el trabajo hecho en el aula, y comparar los accidentes del terreno con su imagen o su representación en las fotografías aéreas y mapas, respectivamente.

Los siguientes ejemplos corresponden a una zona urbana y otra rural pueden tomarse como modelos para desarrollar en clase ejercicios de áreas que puedan ser visitadas por los grupos de trabajo.

Crecimiento de la ciudad de Villavicencio (Área Norte)

■ Materiales didácticos

El ejercicio realizado con la fotografía aérea C-1427, No. 002, escala 1:9.300. Fecha 9-IX-1972.

— Extracto del plano urbano de Villavicencio, a escala 1:15.000

Orientación

- Tomando como guías dos puntos identificables en el plano urbano y en las fotografías, determinar la dirección "Norte" e indicarla con una flecha en cada fotografía.
- Verificar la escala de las fotografías y ubicar en el plano el área cubierta por la fotografía.

Lectura

En un papel transparente sobrepuesto a la fotografía, hacer un plano del área incluyendo los siguientes elementos:

- a) Las principales carreteras y caminos
- b) Áreas de bosque
- c) Áreas con vegetación baja por fuera de la ciudad
- d) Algunas áreas ocupadas por construcciones pequeñas

- e) Algunas áreas ocupadas por edificios grandes
- f) Los ríos que atraviesan la ciudad y las áreas sin vegetación
- g) Áreas no construidas con árboles (dentro de la ciudad)
- h) Áreas no construidas sin árboles (dentro de la ciudad)
- i) Puentes sobre los ríos

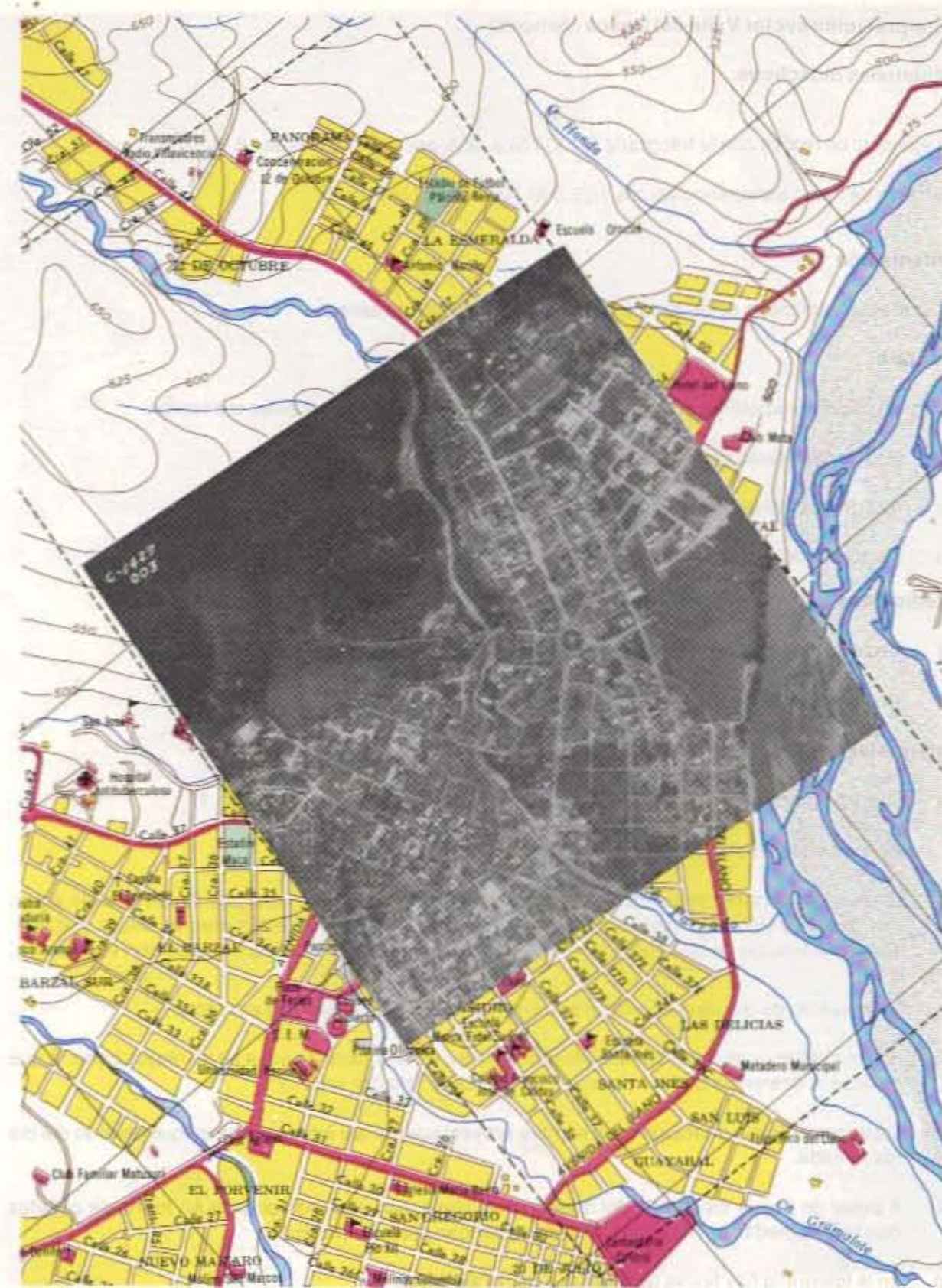
Mediciones

- a) Medir las dimensiones de cada manzana.
- b) Calcular la anchura del Caño Parrado y del lecho del río Guatiquia. En el caso del caño hacer tres mediciones: una en un tramo relativamente angosto, otra en un tramo ancho y una tercera en un tramo "regular" y luego calcular el promedio.

Interpretación

El profesor guía la interpretación mediante preguntas como las siguientes:

- a) ¿Dónde está el centro original de la ciudad? ¿Cómo se puede identificar el centro? ¿Ventajas y desventajas de esta ubicación?
- b) Cerca al centro o regional urbano, hay áreas no construidas? ¿Por qué no han sido urbanizadas?
- c) La calle 44 es el comienzo de la carretera que conduce a Bogotá. Sin embargo la ciudad se extiende menos, en esta dirección que en la dirección opuesta por qué?
- d) ¿Cómo se puede determinar que el río Guatiquia es muy "torrencioso"? Hay zonas al lado del río que corren riesgos de inundaciones? (ver curvas de nivel)
- e) ¿Cuáles podrían ser los usos del suelo (ej: comerciales, industriales, etc) en las manzanas designadas como de edificios grandes.
- f) En la fotografía, el área cercana al parque de Bolívar tiene una apariencia distinta a la de las áreas localizadas más al sur, cerca de la carrera 29 por qué razón se presenta esta diferencia?
- g) ¿Qué cambios se han operado en la ciudad en el período transcurrido entre la toma de las fotografías y la elaboración del plano? ¿por qué estos cambios?



Plano de Villavicencio

Interpretación sector Valle del Cauca (Jamundi)

Materiales didácticos

El ejercicio se realiza con la fotografía C-1304 Nos. 355, escala 1:10.000 de 18-VI-970.

Extracto de mapa topográfico escala 1:25.000, No. 300-III (Jamundi).

Orientación

Con ayuda del mapa establezca e indique el norte de la foto aérea.

Lectura

En un papel transparente sobrepuesto a la foto central trace los siguientes elementos:

- a) Red de carreteras y caminos
- b) Red de ríos y superficies acuáticas
- c) Sectores con árboles y/o palmas.

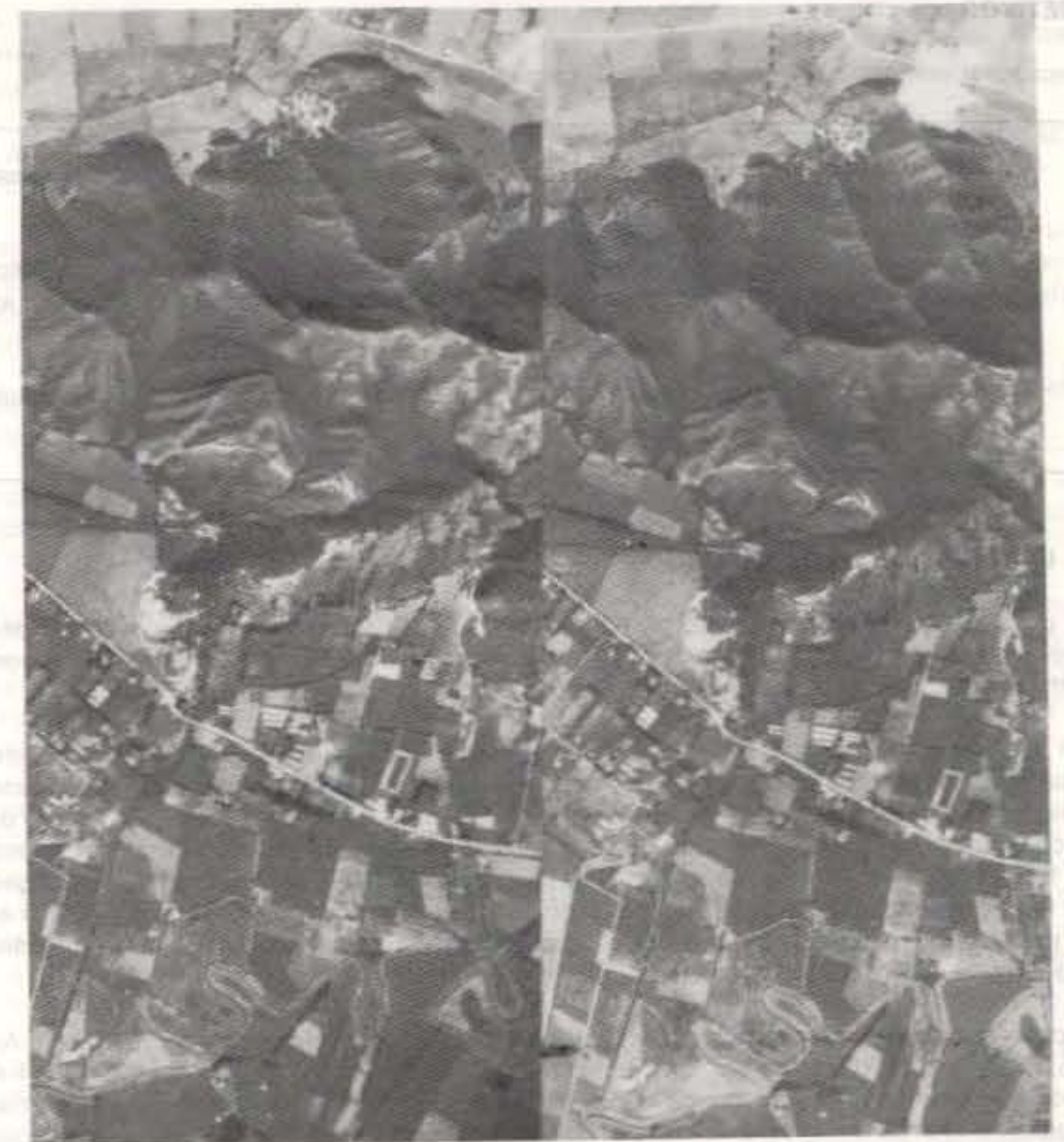
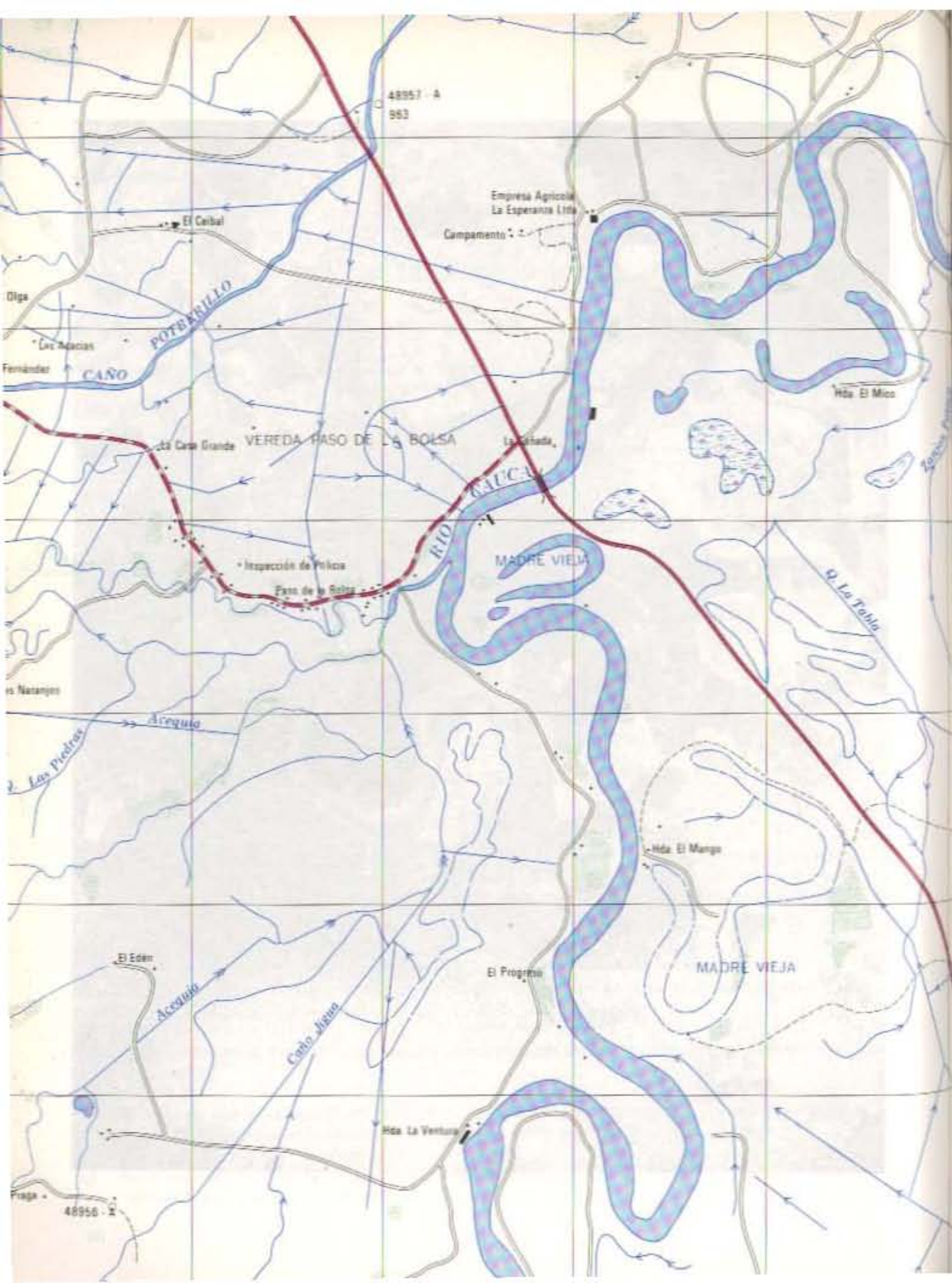
Mediciones

- a) Medir la anchura promedio del río Cauca en el sector de la foto.
- b) Medir la longitud total del puente sobre el río Cauca.

Interpretación

- a) ¿Cuál es el patrón de distribución de las casas en el área cubierta por la foto ?
A qué obedece dicho patrón ?
- b) En algunos sectores se pueden observar ciertas figuras curvas, ciénagas, llenas o no de agua: son "madres viejas" o tramos de ríos abandonados. Identifique estas madres viejas y clasifíquelas en función de su estado actual (llenos de agua, humedad del suelo alta, con vegetación, etc.)
- c) Un meandro es una curva cerrada de un río. Identifique los meandros en la foto.
- d) En A se observa un meandro abandonado (madre vieja) y lleno de agua en su mayor parte. A qué se debe la diferencia de tono del agua del río y de la "madre vieja" ?
- e) De acuerdo con la dirección de la sombra proyectada por los árboles, diga en qué período del día fue tomada.
- f) A pesar de que la topografía del área es muy plana, hay algunos sectores en forma de cubetas donde la humedad es más alta. ¿Cómo se identifican estos sectores ?
- g) En la fotografía hay fincas ganaderas y fincas agrícolas. ¿Cómo las podría distinguir y delimitar ?





Par estereoscópico correspondiente a los alrededores de Cota, formado con las fotografías 036 y 037 del vuelo C-1544

EL USO DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS EN INVESTIGACIONES GEOGRAFICAS

OBJETIVOS

Al desarrollar este capítulo se espera lograr los siguientes objetivos:

- Valorar la importancia de las fotografías aéreas en la investigación del medio natural, y en la interacción del hombre con ese medio.
- Utilizar las fotografías en las diferentes etapas del proceso de investigación científica aplicando los fundamentos y bases teóricas de fotointerpretación expuestos en los capítulos anteriores.
- Aplicar los parámetros adecuados en el levantamiento del uso del suelo urbano y rural con el apoyo de las fotografías aéreas.

7.1 LA TAREA DEL GEOGRAFO

La geografía moderna no es como generalmente se piensa, un simple inventario o descripción de elementos geográficos, sino se trata de una ciencia espacial y humana que se interesa en el complejo sistema de relaciones entre el hombre y el medio que habita.

De acuerdo con esta concepción el geógrafo busca explicar la forma como se distribuyen e interrelacionan los fenómenos físico-bióticos en el espacio, en el cual el hombre realiza actividades que transforman el paisaje natural en cultural. Para ello, se basa en que los elementos tienen una expresión espacial y que cada actividad humana es en sí misma una expresión espacial, puesto que cada fenómeno se sitúa en el espacio formando parte de un sistema de relación. Además, el geógrafo debe tener presente que una acción sobre un proceso puede afectar todo el sistema, esto lo estudia bajo el punto de vista del método de la geografía que no es más que la descripción, análisis de causalidad, situación y asociación con el hombre.

El papel que debe cumplir el geógrafo en la época actual es claramente definido por Capel y Arteaga (1985: P63). "Los problemas del control de la natalidad, el desarrollo de los recursos, de la transformación de las estructuras agrarias, de la explotación de los recursos marinos, de la contaminación y degradación de la biósfera, de la concentración en grandes aglomeraciones, el impacto espacial de la nueva tecnología, las consecuencias espaciales de los medios de transmisión de la información, y tantos otros, se plantea hoy con particular gravedad, y no pueden dejar indiferente al geógrafo".

La preocupación del profesional de la geografía debe orientarse hacia la ordenación del espacio y la búsqueda del medio más adecuado para lograr el uso racional de los recursos mediante el empleo de las herramientas que la técnica moderna pone a su disposición y la aplicación rigurosa del método científico para enfrentar los problemas que plantea el desarrollo económico y social del país.

Para el análisis de las relaciones del hombre con el medio, el geógrafo debe estar en capacidad de enlazar información que corresponde al campo de las ciencias naturales y sociales. Es decir, reunir y llevar a cabo análisis no solo de fenómenos físico-bióticos sino de aspectos humanos-culturales.

En el primer caso, el análisis cae en el área de la geografía física que estudia el clima, la orografía, los suelos y la vegetación.

En el segundo, el análisis está dirigido hacia la geografía humana que estudia la población en sí

misma, la distribución espacial y, la conducta que ésta asume frente al espacio que ocupa. Además, debe examinar las actividades que los grupos desarrollan en el medio, tales como: vida urbana, transporte, comercio, comunicaciones, agricultura, ganadería, etc.

7.2 LA FOTOGRAFIA AEREA COMO HERRAMIENTA PARA ESTUDIOS DE ORGANIZACION ESPACIAL

En el ámbito de la investigación geográfica, las fotografías aéreas se han afianzado como una herramienta auxiliar muy útil de trabajo del geógrafo. Sin embargo, en nuestro medio este recurso es poco utilizado debido principalmente a la carencia de profesionales con una sólida formación en esta disciplina.

En las fotografías se hallan los datos físico-bióticos y la información relacionada con las actividades que el hombre desarrolla en él.

Al comenzar un trabajo de fotointerpretación utilizando fotografías aéreas el primer paso es definir el problema de investigación para después continuar con las normas de fotointerpretación señaladas en los capítulos 4º y 5º.

El tema de este capítulo no se refiere al estudio de un problema en particular, sino que trata de señalar las principales pautas que se deben seguir en la fotointerpretación de algunos de los elementos del medio físico y de las actividades que en él realiza la población tendiente a llevar a cabo el levantamiento del uso del suelo, utilizando para este fin la observación tridimensional del área fotografiada.

7.3 FOTOINTERPRETACION DEL SECTOR RURAL

Una vez definidos el problema de estudio y los objetivos que se pretenden lograr, se procede a reunir el material aerofotográfico de acuerdo con el nivel de estudio establecido. Si se trata de una investigación detallada, las fotografías aéreas sobre las cuales se hace la fotointerpretación, deben corresponder a vuelos de baja altura, o sea, de escala grande de manera que permitan efectuar un minucioso examen de los fenómenos considerados.

En un levantamiento del uso del suelo a nivel general, se utilizan fotografías aéreas a escala pequeña, menores de 1:30.000.

Los siguientes son los parámetros que intervienen en el levantamiento del uso del suelo del área rural a nivel global:

Medio físico	Acción Humana
Relieve	Parcelas (tamaño)
El drenaje de los suelos	Bosques artificiales
Vegetación natural	Cultivos y pastos
Áreas sin vegetación	Vías de comunicación
Zonas pantanosas	Tipo y distribución de las viviendas.
	Degradación del medio (talas, quema, contaminación, etc.).

El uso del **suelo** es un **aspecto** que reviste gran importancia por cuanto es el reflejo de las relaciones del hombre con el medio **que** habita y que, además de los **parámetros** enunciados, depende de las condiciones socio-económicas de la población, de las políticas del Estado para con la región de estudio y, del clima de la **misma**.

7.3.1 Fotorinterpretación del medio físico

Al comenzar un trabajo de fotorinterpretación es indispensable considerar los elementos y factores del clima de la zona, puesto que éstos tienen marcada influencia sobre la formación del suelo y la vegetación, los cuales a su vez, determinan en gran parte la utilización del suelo y las actividades de la población.

El relieve

Las formas de relieve son un factor que unido al concepto de situación tienen ingerencia directa sobre el clima, la agricultura, la vegetación y, sobre las actividades humanas: un altiplano, como el cundiboyacense, favorece el poblamiento y las comunicaciones, además que ofrece un rico potencial para el desarrollo de la ganadería y la agricultura; una cadena montañosa, constituye una barrera que dificulta las comunicaciones e intercambio de bienes entre dos regiones, como en el caso de los Llanos Orientales y Bogotá; una ciudad o una zona costera determinan, en ocasiones, las funciones de la ciudad y las actividades de la población; una fuerte inclinación de una vertiente afecta el espesor y fertilidad de los suelos así como el uso y manejo de los mismos.

El relieve es elemento que ofrece facilidad para la observación estereoscópica y en su fotoanálisis se debe tener en cuenta la altitud y el grado de pendiente.

La clasificación de las geoformas se establece agrupando aquellas con características similares teniendo en cuenta su aspecto exterior, el proceso de su modelado y la estructura de las rocas que lo sustentan.

Con base en las formas que presenta el relieve puede deducirse el tipo de rocas que las sustentan, aunque éstas se hallen cubiertas por la vegetación y el suelo.

El relieve es modelado por un proceso de erosión de las rocas que dura varios años en el que actúan agentes como el agua, el viento y los seres vivos dando origen a las formas actuales (Fig. 7.1).

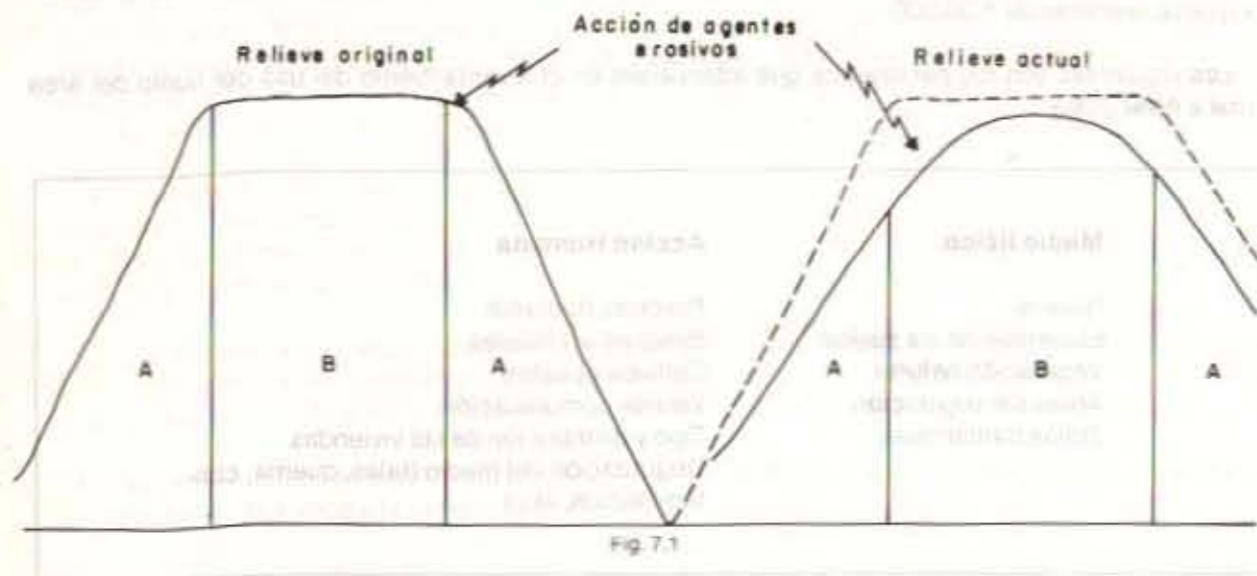


Fig. 7.1

La forma y orientación de una colina tiene un modelado diferente de acuerdo con la roca madre que la sostiene, según se trate de arcillas o areniscas.

Quando un relieve está conformado por arcillas (rocas blandas) las vertientes presentan una pendiente suave y el área en general ofrece un alto grado de desarrollo, correspondiente al tipo dendrítico (Fig. 7.2). El paisaje ofrece formas redondeadas y los cauces de los ríos tienen forma de "V" bien pronunciada.



Fig. 7.2

El relieve constituido por areniscas (rocas duras) las vertientes presentan pendientes abruptas en su parte superior y **suaves** en la parte inferior, debido a la acumulación de material proveniente de la parte alta. El paisaje es más degradado en este caso que en el anterior (Fig. 7.3).



Fig. 7.3

Es evidente que el uso del suelo en estas dos formas de relieve es diferente, aspecto que debe tenerse bien presente para no destruir el equilibrio y propender por un uso racional de estos medios de acuerdo con las características anotadas.

La fotointerpretación del relieve se complementa con el análisis simultáneo de las fotografías aéreas y el mapa topográfico, puesto que este último ayuda a comprender el grado de pendiente de las geoformas y, el examen del concepto de situación.

En el mapa se facilita el estudio del grado de dureza de las rocas mediante el análisis de las curvas de nivel (Fig. 7.4).

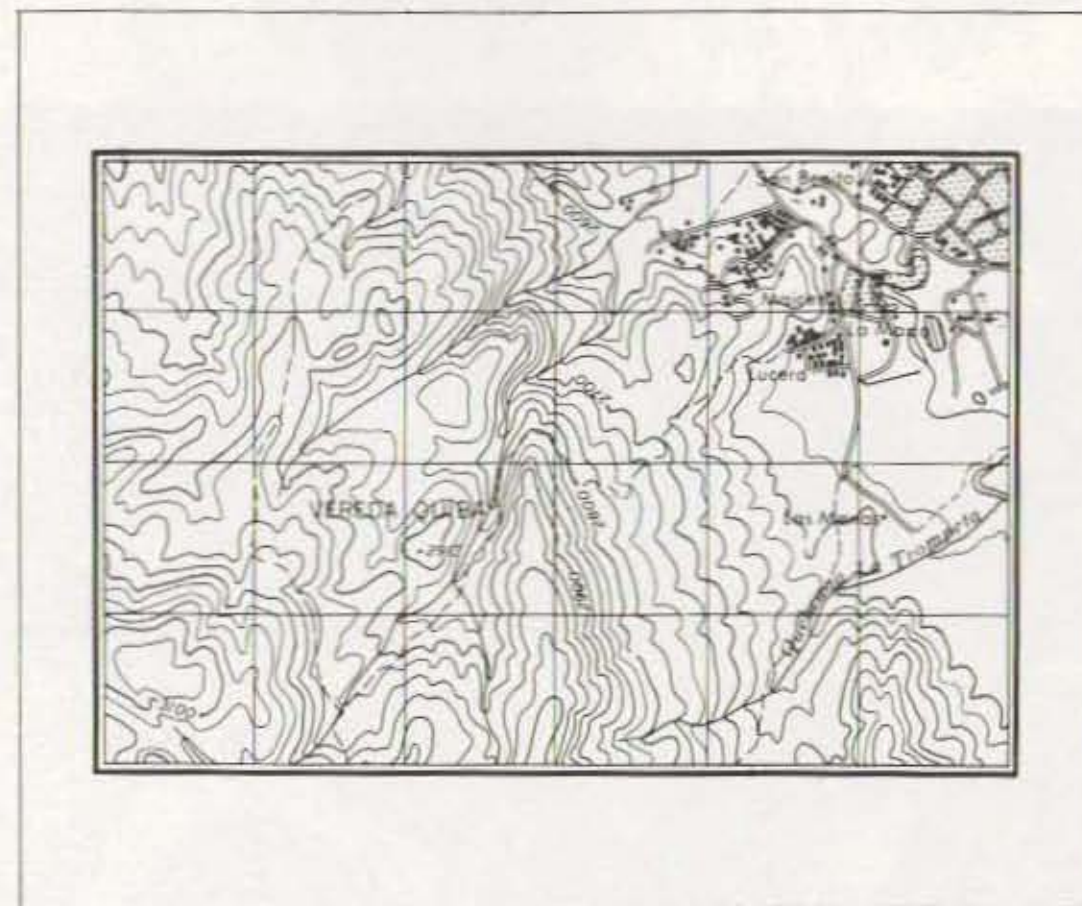


Fig. 7.4

En términos generales, si en el mapa topográfico las curvas de nivel aparecen separadas unas de otras, significa que el terreno que representa está conformado por rocas blandas y posee una pendiente suave.

En cambio, cuando aparecen muy próximas unas de otras representan un terreno muy quebrado (pendiente fuerte) y, rocas duras.

Los ríos erosionan el suelo en su parte alta, arrastran este material y lo depositan en las zonas bajas, dando origen a modelados que se conocen con el nombre de terrazas, abanicos aluviales y deltas, compuestos por suelos finos y muy fértiles (Fig. 7.5)

Cuando se trata de la fotointerpretación de una zona plana, el análisis de las formas del relieve y de los modelados se hace por medio de las tonalidades del gris (Fig. 7.6).

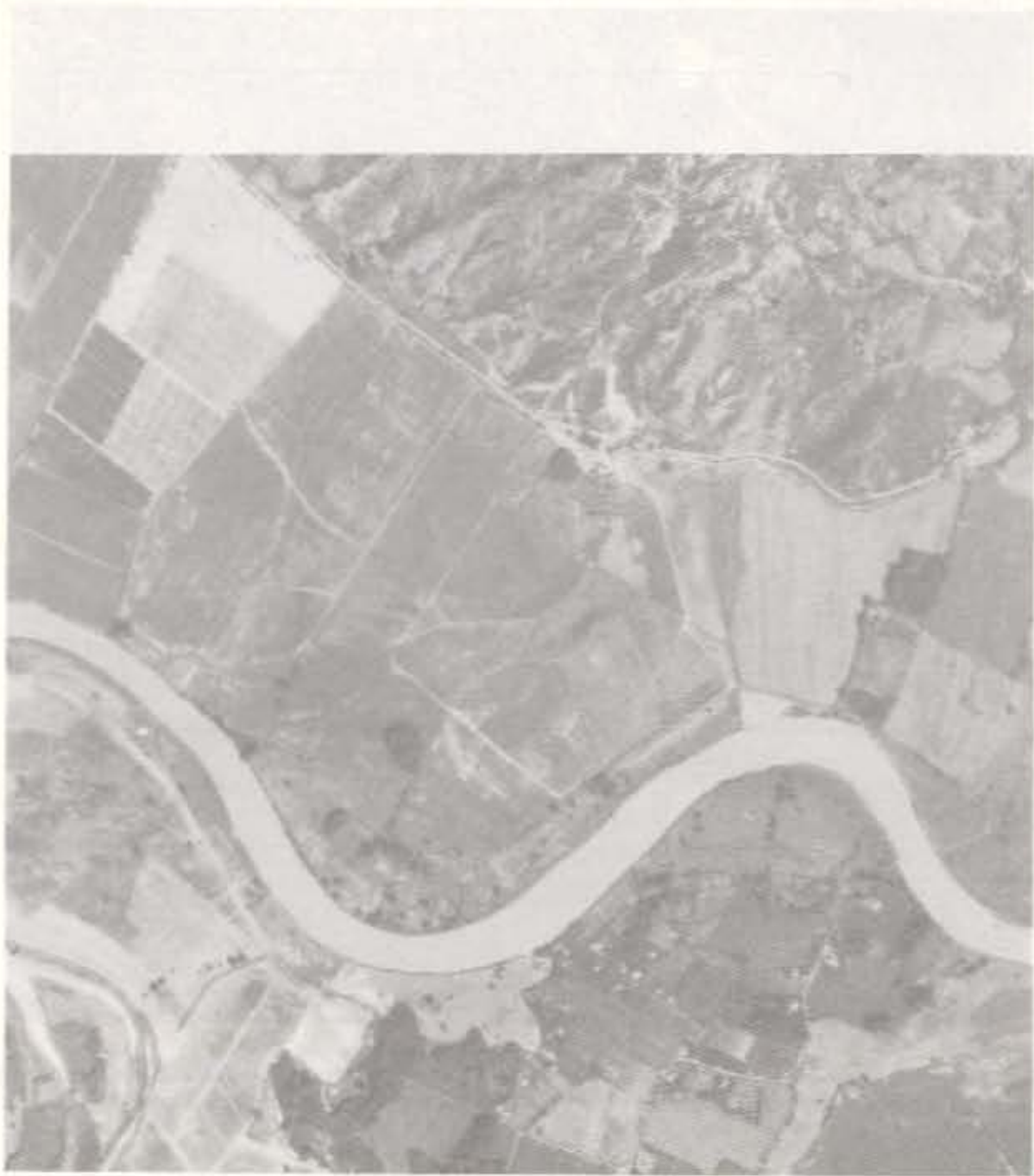


Fig. 7.5



Fig. 7.6

En la fotointerpretación del relieve se establecen dos grandes unidades o dominios con características bien diferentes. Dominio montañoso cuyas características principales están constituidas por vertientes inclinadas y divisoria de aguas; dominio plano caracterizado por zonas planas o ligeramente inclinadas.

Dominio plano

Altiplanos
Mesetas y terrazas
Abanicos aluviales
Delta

Dominio montañoso

Montañas altas
Serranías
Colinas bajas

En una fotointerpretación a nivel detallado, cada una de estas subdivisiones conformarían la unidad mayor, dentro de la cual se establecerían otras subdivisiones más pequeñas, todo depende del objeto de estudio y del nivel de investigación.

Condiciones y formas del drenaje de los suelos

El conocimiento de la calidad del suelo, sus condiciones de drenaje, y los recursos de agua, son aspectos de gran importancia para la vida humana, puesto que inciden directamente sobre la agricultura y el desarrollo de otras actividades de la población tanto del área rural como urbana.

Las condiciones de drenaje de los suelos se refiere al estado de humedad que presentan, lo cual depende de la cantidad de agua aportada por las lluvias, nivel freático, formas del relieve, etc.

El mayor o menor grado de humedad de los suelos influye en su utilización y permite deducir información relacionada con las características del área donde ésta se presenta y con la aptitud de uso y manejo de los mismos.

El drenaje se identifica de otros elementos visibles en las fotografías aéreas tales como el relieve, cambios en la vegetación, uso del suelo, diferencias en la tonalidad de gris y la pendiente del terreno.

Para la fotointerpretación de este fenómeno se agrupan los suelos según las condiciones de drenaje en (Fig. 7.7) en:

- Suelos con mal drenaje o encharcados
- Suelos con drenaje moderado
- Suelos con buen drenaje
- Suelos excesivamente drenados

Las formas de drenaje son la evacuación del agua de escorrentía que se organiza en flujos para desembocar en un río o en el mar.

Cada sistema de flujos posee características especiales de forma, densidad, profundidad y dirección las cuales están condicionadas por el clima, la topografía y las propiedades litológicas de las rocas que sustentan el suelo por donde ocurre el avenamiento.

Las características del drenaje pueden variar si cambian las propiedades del terreno que recorre.

Las aguas de escorrentía, en su recorrido hacia las partes más bajas, dejan surcos en el terreno por donde circulan conformando un sistema de drenaje de variadas formas: dendrítico, radial, paralelo, etc.



Fig. 7.7

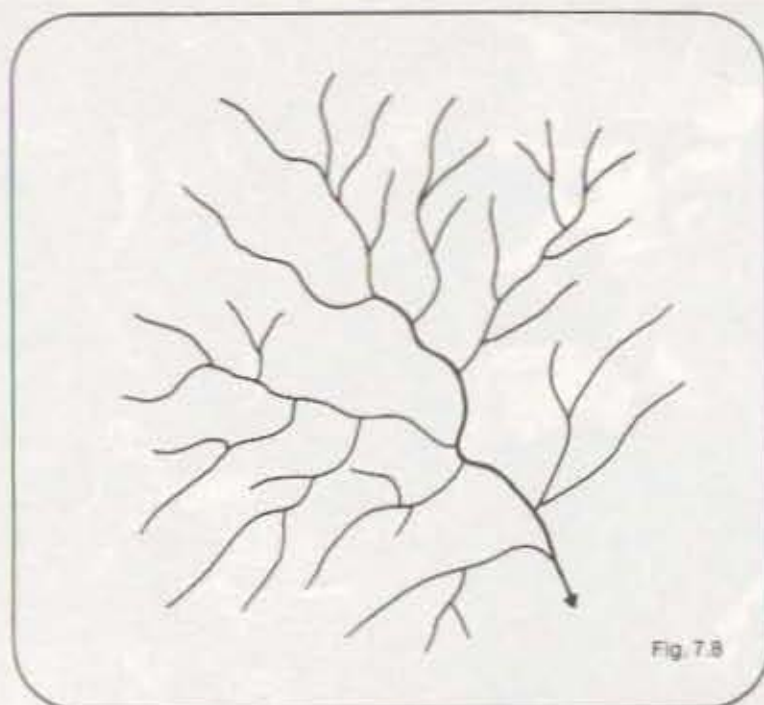


Fig. 7.8

- **Drenaje dendrítico.** El drenaje dendrítico se presenta en una cuenca hidrográfica de rocas con igual grado de dureza. Este sistema de avenamiento tiene una forma arborescente compuesto por los afluentes que tributan sus aguas a un río principal (Fig. 7.8).

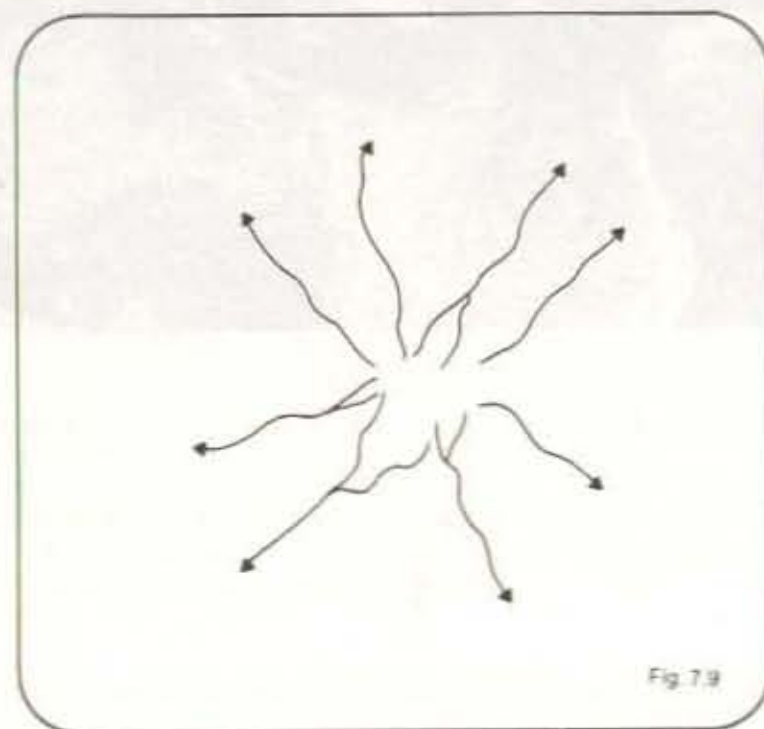


Fig. 7.9

- **Drenaje radial.** Este sistema de avenamiento ocurre en áreas conformadas por conos volcánicos. Los afluentes corren en varias direcciones desde la cima a buscar el río principal (Fig. 7.9)

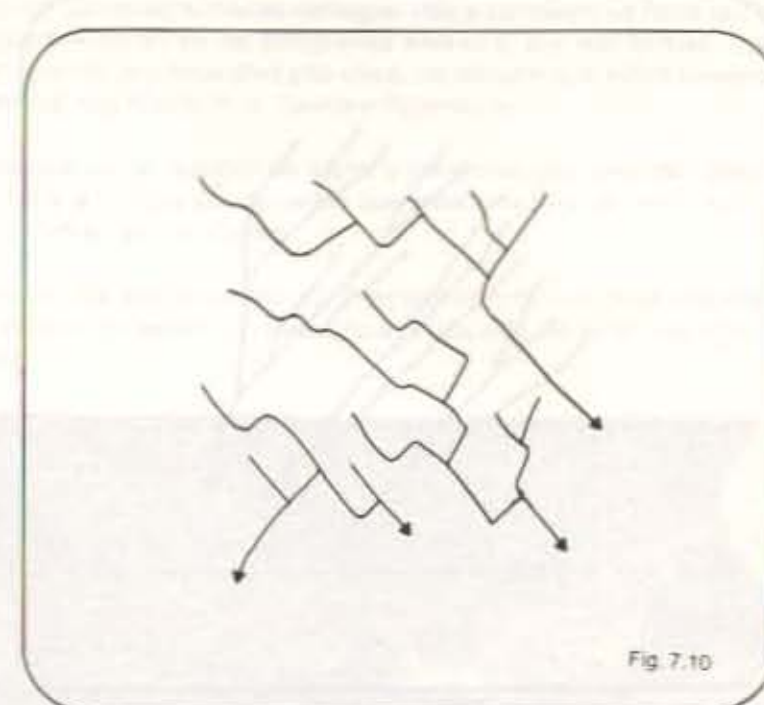


Fig. 7.10

- **Drenaje rectangular.** El drenaje rectangular es característico del relieve con presencia de plegamientos o fallas. Las confluencias tienen más o menos igual longitud, formando ángulos rectos (Fig. 7.10).

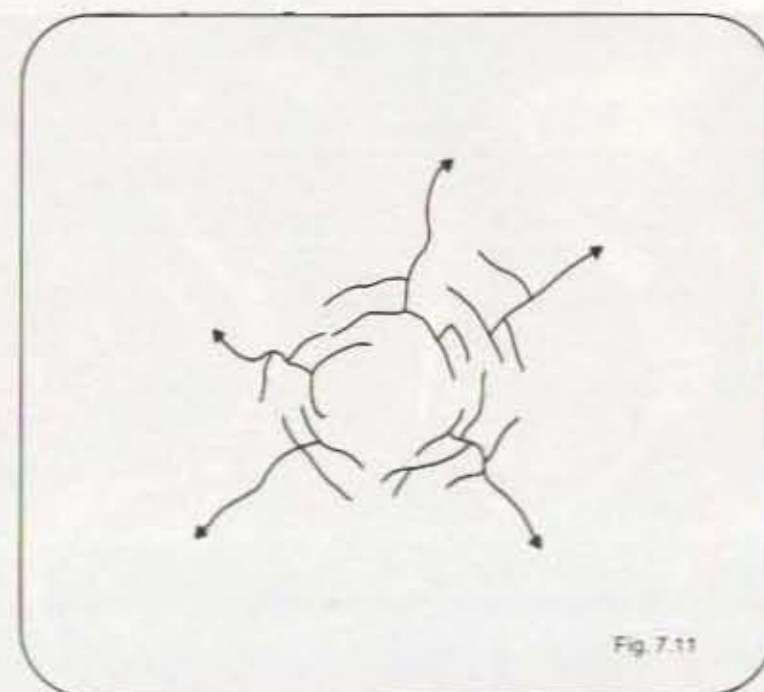


Fig. 7.11

- **Drenaje anular.** El drenaje anular es un sistema que se presenta cuando un domo es atacado por una severa erosión. El resultado es un avenamiento conformado por trayectos en forma de arco (Fig. 7.11).

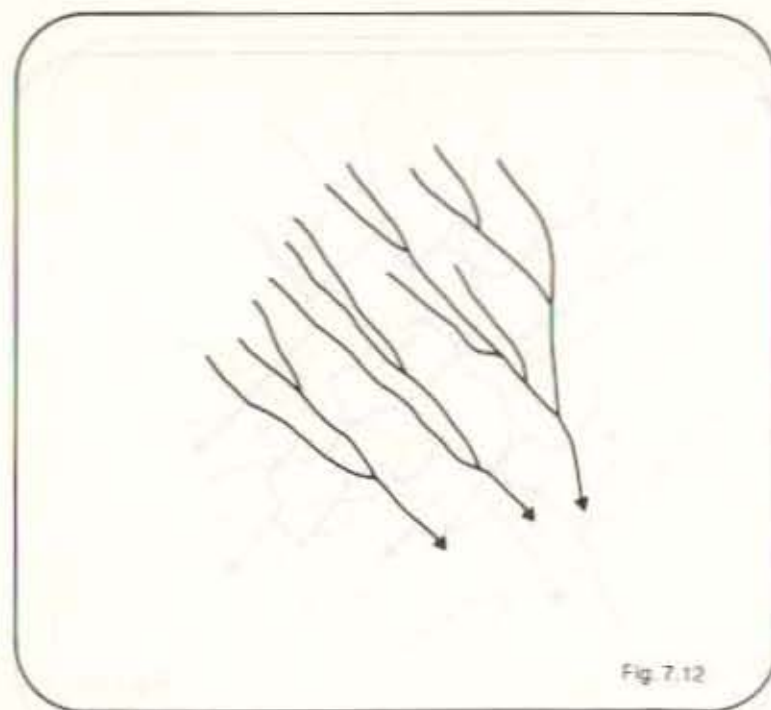


Fig. 7.12

— **Drenaje paralelo.** Este tipo de avenamiento se caracteriza por afluentes que corren paralelos unos con otros buscando el curso del río mayor. (Fig. 7.12).



Fig. 7.13

— **Drenaje meándrico.** El sistema meándrico ocurre en zonas planas en donde el río acumula sedimentos y, al enderezar su cauce cambia de dirección dejando meandros (Fig. 7.13).

La interpretación de las características de lagos, ríos y pantanos se hace por la variación de tonos claros y oscuros que presentan en las fotografías aéreas y, por sus formas irregulares. Si las superficies lacustres presentan una tonalidad gris clara, se deduce que éstas poseen sedimentos (laguna de Fúquene) en Boyacá, ríos Magdalena, Cauca y Putumayo).

Los ríos en ocasiones forman bancos de arena y presentan una tonalidad gris, significa que a poca distancia, aguas arriba atraviesa por terrenos quebrados fáciles de erosionar de donde arranca el material que deposita en las partes planas.

Otros ríos presentan una tonalidad oscura. Esto significa que no lleva material en suspensión que refleje la luz. Este caso se presenta con frecuencia en superficies acuíferas como los meandros abandonados. (Fig. 7.14).



Fig. 7.14

La vegetación natural. La vegetación natural es un elemento del cual depende, en gran parte, la subsistencia de la población. Se desarrolla sin la intervención del hombre según las características locales del clima, suelo y relieve, pero principalmente el agua disponible en la zona.

Como consecuencia de la tala de bosques con fines industriales, agrícolas, urbanización y otras actividades de la población, la vegetación natural es un recurso cada vez más escaso sobre la superficie del planeta.

La vegetación se identifica en las fotografías aéreas por su tonalidad, textura, **altura** y, por los límites difusos o irregulares que presenta. En ocasiones se observan tonalidades claras, que contrastan con la oscura de las áreas boscosas Fig. 7.15, esto puede indicar que dichas áreas no han sido utilizadas debido a que corresponden a zonas pantanosas, lo que constituye una limitante para el uso del suelo, puesto que la vegetación arbórea crece en lugares donde existe suficiente agua. En cambio, la vegetación herbácea crece en suelos de poca humedad.

Fig. 7.15



Otra característica de la vegetación natural, que ayuda a indentificarla es la de sus límites difusos, debido a que los elementos de la naturaleza que no han sido intervenidos por la acción humana, sus contornos no poseen una delimitación bien definida como la que presenta las obras hechas por el hombre.

7.3.2 Fotointerpretación de las actividades humanas

La forma como la población utiliza la tierra es un indicio de las condiciones físicas del área. Ella selecciona para habitar y realizar sus actividades, los sitios que ofrezcan las mejores oportunidades. El emplazamiento para la vivienda es escogido en zonas planas y suelos con buen drenaje, otro tanto ocurre con la construcción de carreteras.

7.16



Las áreas de menor utilización son aquellas de pendientes muy inclinadas, de suelos esqueléticos, poco profundos y susceptibles de erosión.

Los terrenos sin vegetación dedicados a fines agrícolas aparecen en las fotografías aéreas de tonalidad gris debido a que los cultivos absorben menor luz solar que la vegetación arbórea; los campos recién arados reflejan muy bien la luz y, aparecen con tonos grises claros (Fig. 7.16)

Tamaño de las parcelas

El parcelamiento se reconoce fácilmente en las fotografías aéreas por las formas geométricas y contornos bien definidos que presentan (Fig. 7.17). El tamaño es un buen indicativo de la producción y

Fig. 7.17



de las condiciones económicas de los grupos humanos que las habitan. Sin embargo, puede suceder que los límites que se observan en las fotografías aéreas corresponden a divisiones de potreros o incluso entre cultivos dentro de un mismo predio. En este caso es necesario comprobar si cada subdivisión posee la casa de habitación, así se deduce que se trata de predios diferentes.

Identificación de cultivos

La vegetación natural desaparecida por causa de la acción humana, es reemplazada por cultivos, pastos, urbanización, etc.

Los cultivos se identifican en las fotografías aéreas del gris y homogeneidad en el mismo según el tipo de cultivo y el grado de desarrollo en que se halle en la época en la cual se tomó la fotografía aérea.

Fig. 7.18 Laguna de Guatavita

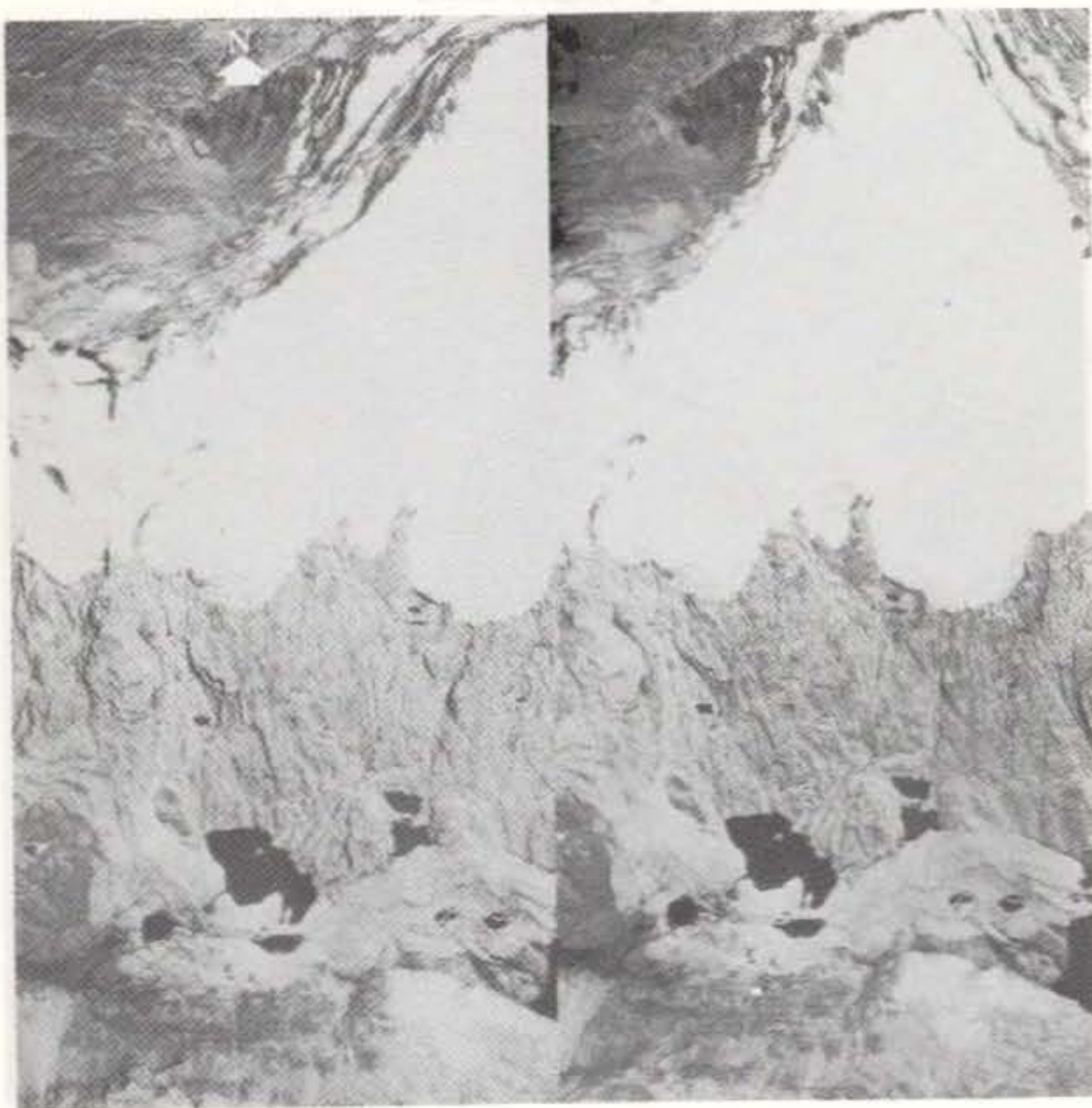


Algunos cultivos aparecen con tonalidad más oscura que otros por la propiedad que tienen de absorber más la luz, por ejemplo, la cebada y el trigo reflejan más luz que los cultivos de papa.

Los pastos se observan con tonalidades heterogéneas que van del blanco al gris, a diferencia de los cultivos los cuales presentan una tonalidad homogénea variando en intensidad según el desarrollo (Fig. 7.18). Las áreas de pastos tienen a menudo mayor tamaño y textura fina.

Las hortalizas y las frutas son de tamaño más pequeño relativamente y al igual que la palma africana se observa su alineamiento en surcos. Los bosques artificiales también presentan formas cuadradas, rectangulares y límites bien definidos.

Fig. 7.19 Modelo estereoscópico formado por las fotografías Nos. 2677 y 2678 del Vuelo R584 correspondiente a los alrededores de la Laguna Grande de los Verdes en el municipio de Guicán (Boyacá).



Tierras sin uso

Las tierras sin uso pueden estar erosionadas y se observan con tonalidades muy claras por la ausencia de vegetación tal como los páramos, nieves perpetuas, zonas pantanosas y zonas desérticas, Fig. 7.19

7.4 FOTOINTERPRETACION DEL AREA URBANA

La geografía como ciencia social se interesa por el funcionamiento interno, la distribución e interacción de los elementos que conforman el paisaje urbano.

El primer elemento que estudia la geografía urbana es la población la cual desarrolla diversas actividades que le procuran un modo de vida. Analiza el lugar de habitación y grado de accesibilidad de los habitantes del complejo urbano a los servicios básicos.

La ciudad es el centro de cultura y el lugar donde se concentran los mayores recursos económicos. Sin embargo, es también el centro de grandes frustraciones y tensiones humanas como consecuencia del desempleo y deterioro del paisaje urbano.

Aplicaciones de la fotografía aérea en estudios urbanos

Los problemas que plantea la ciudad actual es una realidad que es necesario conocer, proyectar y planificar con el apoyo de las herramientas que la tecnología moderna ofrece a geógrafos, urbanistas, sociólogos y otros profesionales de las ciencias sociales.

Si bien es cierto que las fotografías aéreas por sí solas no pueden resolver ninguno de los problemas de la ciudad, éstas desempeñan un papel muy importante para llevar a cabo estudios que sirvan como base de la planeación que permita tomar decisiones adecuadas en la solución de los problemas que aquejan a la sociedad urbana.

Se afirma que la planeación urbana comienza por una fotografía aérea, dado que ésta es el registro permanente de las condiciones del área donde se va a efectuar la planeación.

Los planos de ciudades, por muy detallados que sean, no proporcionan la misma información que las fotografías. Los detalles que en ellas se pueden examinar por ejemplo de lotes al interior de cada manzana ahorra la visita al terreno para ser observados en forma individual.

Otra ventaja consiste en que las aerofotografías tomadas en diferente época permiten analizar los cambios de las actividades y las tendencias de los elementos del paisaje urbano, lo cual es difícil de obtener en los planos.

En los estudios urbanos es particularmente importante destacar los aspectos en los cuales se pueden aplicar las fotografías aéreas. Por ejemplo, éstas permiten, con relativa facilidad, el trazado del perímetro de la estructura urbana con el propósito de definir claramente el límite del espacio donde verdaderamente la población urbana habita y desarrolla sus actividades.

El perímetro urbano se delimita teniendo en cuenta las zonas con trazado de calles y carreras, zonas verdes y centros de recreación rodeados de viviendas (Fig. 7.20).

La comparación de las áreas con vuelos de distinta época, ayuda a analizar y a medir la expansión de la aglomeración espacial y las modificaciones del área suburbana.



Fig. 7.20

En el levantamiento del uso del suelo, las imágenes permiten precisar las áreas con diferentes funciones, tipo de construcción de las viviendas, actividades económicas, zonas de recreación y aún potencialidades futuras de los distintos sectores del espacio urbano.

La planeación física y económica se hace con base en mapas del uso del suelo levantados por medio de la fotointerpretación y visitas al terreno, lo que asegura una mayor fidelidad en el diagnóstico espacial. Es posible llevar a cabo estudios en sentido más dinámico, puesto que los movimientos de población y vehículos, los cambios que experimenta un sector y el deterioro del ambiente por elementos contaminantes es posible detectarlos en las fotografías aéreas.

Con la fotointerpretación se puede cartografiar áreas industriales, barrios residenciales, áreas de recreación, de uso mixto, etc. que agrupándolos ayudan en el análisis de las diferentes formas y funciones urbanas.

Parámetros en el levantamiento del uso del suelo

En el levantamiento del uso del suelo se determina, en primer lugar, el nivel de organización espacial por medio de sus formas.

— Identificación de redes

Se identifica la concentración de vías. En caso de ausencia de éstas, las casas se hallan en desorden. Esta circunstancia facilita localizar las áreas marginales disponibles para la expansión urbana. Después se identifica las principales por medio de su forma, tamaño y calidad de las mismas, así como otra información relacionada con la infraestructura que permita la planeación de un adecuado sistema de transporte.

otros datos como largo, ancho de calles, congestión de vehículos, terminales de buses, busetas y otras características del transporte público.

Un estudio del uso del suelo y dinamismo del transporte potencial es de gran ayuda en el diseño de óptimos recorridos de buses, y las vías de acceso rápido.

— Ubicación y calidad de las viviendas

La fotointerpretación de este aspecto, se hace por medio del análisis de indicadores físicos que sirvan para diagnosticar problemas ambientales de tipo socioeconómico.

La fotointerpretación es una actividad que incluye la deducción de hechos a partir de fenómenos detectados. Así el tamaño y la forma de las viviendas pueden indicar el nivel socioeconómico de la población; las características de los jardines o piscinas, el uso de entradas de vehículos; áreas verdes, densidad de viviendas, calidad de las calles, la presencia de fábricas son también elementos de un diagnóstico socio-espacial.

En el tipo de viviendas se reconocen cuatro niveles: alto, medio, corriente y bajo. El de clase alta se identifica por el tamaño de las casas, el área verde de que dispone y amplias vías, mientras que el de clase baja tiene casas pequeñas, calles estrechas y sin pavimentar.

En todos estos aspectos la fotografía aérea ofrece ventajas de rapidez, exactitud y bajo costo lo que hace de estos documentos una herramienta muy útil que ayuda a tomar medidas oportunas y eficaces.

Zonas de recreación. Los parques y otras áreas de recreación presentan a menudo grandes prados, pequeños lagos y casetas distribuidas irregularmente; árboles aislados o pequeños grupos de árboles numerosas vías que cruzan el campo en todas direcciones.

Zonas industriales. Se reconocen por su gran tamaño, facilidad en el acceso al transporte y, por la presencia de numerosos galpones y vehículos pesados.

Instituciones. Se identifican por su gran tamaño: colegios, iglesias, hospitales, conventos, universidades, etc.

Zona central. La zona central de una ciudad se determina por la concentración de edificios con amplios patios, estilo arquitectónico especial y calles angostas.

GLOSARIO

Abanico aluvial:	Forma de relieve conformada por las acumulaciones sucesivas de un río al encontrar un cambio de pendiente menos brusco.
Altura de vuelo:	Elevación del avión sobre el terreno o, sobre el nivel medio del mar en el momento de la toma de fotografías aéreas.
Altura media del terreno:	Es el promedio de las diferentes alturas del relieve sobre el nivel medio del mar de una zona determinada.
Area suburbana:	Area peritérica que bordea a una ciudad.
Areniscas:	Depósito de granos de cuarzo y otros minerales consolidados y compactados.
Arcillas:	Depósito de partículas finas, de gran plasticidad cuando se halla húmedo.
Avenamiento:	Evacuación del agua superficial de un terreno a través de corrientes naturales.
Cámara aerofotogramétrica:	Cámara fotográfica cuya orientación interior se conoce y el obturador permite la reconstrucción de una perspectiva central exacta.
Carta básica:	Nombre empleado en el IGAC para designar a los mapas del país en escala 1:25.000.
Carta general:	Designación que se le da a los mapas en escala 1:100.000.
Cartografía:	Técnica de representar parte o toda la superficie terrestre sobre un plano utilizando para este fin un sistema de proyección y una relación de proporcionalidad entre terreno y mapa denominada escala.
Cartografía temática:	Técnica de representar, sobre un mapa base, la distribución y comportamiento de uno o más fenómenos físicos, bióticos, abióticos o culturales por medio de tramas o colores.
Cono aluvial:	Acumulación de sedimentos por un torrente al descender de una montaña a una llanura.
Cono volcánico:	Colina o montaña de forma cónica constituida por lava y cenizas arrojadas por un volcán.
Curva de nivel:	Línea dibujada sobre un mapa para representar puntos del relieve que poseen la misma altura sobre el nivel medio del mar.
Delta:	Depósito compuesto de aluviones acumulados en la desembocadura de los grandes ríos, en lagos o en mares.
Distancia focal:	Distancia medida sobre el eje de la lente desde el punto nodal y el negativo o plano de la cámara.

Distorsión:	Deformación de una onda durante su propagación que en el caso de las imágenes ópticas introduce errores en la formación de las mismas.
Divisoria de aguas:	Puntos más altos de una montaña desde los cuales las aguas corren en direcciones opuestas.
Domo:	Rocas curvadas en forma de cúpula, que presentan buzamientos en todas direcciones a partir del centro.
Eje fiducial:	Línea que une dos marcas fiduciales opuestas en una fotografía aérea. La intersección de los ejes fiduciales define el punto principal de la foto.
Eje óptico:	Línea que pasa por el centro de curvatura de la superficie de la lente.
Emulsión de las películas:	Suspensión de sales de plata que se usa para sensibilizar los papeles utilizados en las fotografías.
Erosión fluvial:	Proceso de remoción y transporte de rocas y del suelo por acción del agua superficial.
Espectro:	Conjunto de los diversos colores en que se descompone un rayo luminoso al atravesar un prisma de cristal.
Exposición:	Actividad que consiste en exponer a la luz materiales sensibilizados durante un periodo de tiempo determinado.
Filtración cartográfica:	Abstracción de información de la superficie terrestre, para representar por medios cartográficos los accidentes más destacados.
Fotogrametría	Técnica de elaborar mapas topográficos con precisión aprovechando las propiedades geométricas de las fotografías aéreas cuyas orientaciones interiores son conocidas.
Geoformas:	Diferentes formas del relieve terrestre.
Habitat:	Término utilizado para designar el medio ambiente de las plantas y los seres vivos.
Hinterland:	Término que se utiliza para señalar el área de influencia de una ciudad.
Indicadores sociales:	Datos estadísticos y otra información que permiten deducir hechos socioeconómicos de una población.
Isocronas:	Línea que une puntos de igual duración en tiempo. Es el tiempo que se tarda una persona para adquirir un servicio, de acuerdo con las condiciones de acceso.
Línea de vuelo:	Línea sobre las fotografías que representan la trayectoria del avión durante la toma de las fotografías aéreas.

Litósfera:	Término usado para designar a la corteza terrestre.
Mapa base:	Mapa topográfico que se utiliza como base para representar información sobre la distribución y comportamiento de un fenómeno.
Mapa topográfico:	Mapa elaborado para representar la topografía de un terreno por medio de curvas de nivel, matices hipsométricos y sombreados.
Marcas fiduciales:	Marcas que aparecen en los bordes de las fotografías aéreas, opuestas de dos en dos las cuales determinan los ejes fiduciales y cuya intersección determinan el punto principal de la foto.
Meandro:	Curva pronunciada de un río, especialmente en terrenos planos, que al tratar de enderezar su cauce finalmente lo abandona.
Nivel freático:	Área cercana a la superficie de la zona de saturación en las rocas permeables. Cuando este nivel es muy cercano a la superficie terrestre da origen a pantanos y lagos.
Orientación interior:	Es la determinación de la posición de la fotografía aérea con relación al centro de proyección de manera que tenga idéntica distancia principal, punto principal y distorsión de la lente.
Orohidrografía:	El relieve terrestre y aguas superficiales
Perímetro urbano:	Polígono que delimita el área urbana de una ciudad con el sector rural que lo bordea.
Piso térmico:	Cinturones en los que se dividen las montañas teniendo en cuenta la altura, la temperatura y la vegetación que los caracteriza.
Poder de resolución:	Se expresa como el número máximo de líneas por milímetro que pueden ser separadas en la imagen para producir la definición de los objetos.
Punto principal:	Es el eje de la perpendicular trazada desde el centro de la proyección hasta el plano de la imagen. Se define por la intersección de las líneas fiduciales.
Plano urbano:	Mapa de una ciudad en escalas mayores de 1:25.000.
Plegamiento:	Dislocación de la superficie terrestre por acción de las fuerzas orogénicas que provocan un hundimiento y elevaciones de los estratos como consecuencia de la compresión.
Proyección central:	Perspectiva en cualquier punto de la imagen de un objeto y el centro de proyección, quedan situados sobre una misma línea recta.
Proyección ortogonal:	Es la perspectiva que resulta de trazar todas las líneas proyectantes de un objeto perpendicular al plano.
Rápidos:	Partes de un río donde el movimiento de las aguas se aceleran como consecuencia del cambio brusco del declive.

BIBLIOGRAFIA

- Bailey, Patrick (1981) **Didáctica de la geografía**, Madrid, Ed. Cincel.
- Benavides, Sergio T. (1976). "Introducción a la fotointerpretación en Estudios del Terreno y Aplicaciones en Investigaciones Hidrológicas" en: Revista CIAF, Vol. 3.
- Bezara, Felipe (1974). **Fotointerpretación en geografía física**, Mérida, Venezuela.
- Bodini, Hugo (1974). **Principios de fotointerpretación**, Santiago, Univ. Católica de Chile.
- Capel, Horacio; Arteaga, Luis (1985). **Las nuevas geografías**, Barcelona, Ed. Salvat, S.A.
- Carre, Jean (1975). **Explotación de las fotografías aéreas**, Madrid, Ed. Paraninfo.
- Cervo, Juan (1979). **Análisis cartográfico aplicados a la geografía**, San José, Costa Rica. Univ. Estatal a Distancia.
- Claval, Paul, (1979). **La nueva geografía**, Barcelona, Ed. Oikos-Tau.
- Deagostini Daniel, (1970). **Introducción a la fotogrametría curso especial**, Bogotá, Ed. Cultural Ltda.
- Deagostini, Daniel (1984). **Introducción a la fotogrametría**, Bogotá, Ed. Presencia Ltda.
- Díaz, Alfredo (1966). **Planeación de vuelos para aerofotografías verticales**, Bogotá, Ed. IGAC.
- Dolfus, Olivier (1978). **El análisis geográfico**, Barcelona, Ed. Oikos-Tau.
- Estébanez, José (1984). **Tendencias y problemática actual de la geografía**, Madrid, Ed. Cincel.
- Garnier, J. Beaujeu; Chabot, G. (1970). **Tratado de geografía urbana**, Barcelona, Ed. Vicens-Vives.
- George, Pierre (1976). **Geografía activa**, Barcelona, Ed. Ariel. George, Pierre (1973). **Los métodos de la geografía**, Barcelona, Ed. Oikos-Tau.
- IGAC (1981). **Iniciación al uso de mapas y fotografías aéreas**. Bogotá, Ed. IGAC.
- IPGH, (1979). **Manual de materiales didácticos para la enseñanza de la geografía a nivel medio**, Bogotá, Ed. Andes.
- Joly, Fernand (1979). **La cartografía**, Barcelona, Ed. Ariel, Colección El Cano, la geografía y sus problemas.
- Lugo, Anibal L. (1975). **Elementos de fotogrametría y fotointerpretación forestal**, Mérida-Venezuela, Universidad de los Andes, Ed. Facultad de Ciencias Forestales.
- Marrero, Levi (1965). **La tierra y sus recursos**, Madrid, Ed. Mediterráneo.
- Murillo, Julio A. (1974). **Ejercicios prácticos de fotogrametría elemental**, Bogotá, Ed. Cultural Ltda.
- Plans, Pedro (1967). **Orientaciones sobre didáctica de la geografía**, Madrid, Ed. Magisterio Español.

Raisz, Erwin (1974). **Cartografía**, Barcelona, Ed. Omega.

Roa, Jaime Ignacio (1976). **Instructivo para prácticas de fotogrametría Elemental en Universidades**, Bogotá, Sociedad Cartográfica de Colombia.

Roa, Jaime (1976). **Principios de fotogrametría**, Bogotá, Ed. Universidad Santo Tomás.

Rozo, Rafael (1952). **Principios fundamentales para la interpretación general de aerofotografías**, Bogotá, Ed. Comando General de las Fuerzas Militares.

Santis A. Hernán (1975). **Algunas notas sobre el uso de las fotografías Aéreas**, Santiago, Ed. Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía.

Santis A. Hernán (1974). "Ejercicios básicos para fotogeografía", en: **Boletín de la Universidad Católica de Chile, No. 83**. Instituto de Geografía.

Santis A. Hernán (1974). **Notas para fotogeografía**, Santiago, Universidad Católica de Chile, Ed. Instituto de Geografía.

Strahler, Artur N. (1982). **Geografía física**, Barcelona, Ed. Omega.

Vengoechea, Francisco (1966). **Manual de foto-interpretación geomorfológica**, Bogotá, Ed. IGAC.

Vergara, López M. L. (1978). **Manual de fotogeología**, Madrid, Ed. JEN.