

	MANUAL DE USO DE FOTOGRAFÍA AÉREA Y CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA		CÓDIGO: PES-ENA- MOT- 02 VERSIÓN: 07 PAGINA: 1 FECHA: 16-09-2013
	PROCESO: PRODUCCIÓN ESTADÍSTICA	SUBPROCESO: ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA	
ELABORÓ: GRUPO DE MARCOS AGROPECUARIOS	REVISÓ: LÍDER MARCOS AGROPECUARIOS	APROBÓ: LÍDER ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS	

CONTENIDO

ÍNDICE DE GRÁFICOS	2
ABREVIATURAS	3
INTRODUCCIÓN	
1. OBJETIVOS	5
1.1. Objetivo general	5
1.2. Objetivos específicos	5
2. AEROFOTOGRAFÍA	6
2.1. La fotografía aérea	6
2.2. Utilización de la fotografía aérea	6
3. CARTOGRAFÍA	14
3.1. Definición	14
3.2. El mapa topográfico	14
3.3. Elementos de los mapas topográficos	15
4. GENERACIÓN DE PRODUCTOS GEOGRÁFICOS PARA EL OPERATIVO DE CAMPO.	22
4.1. Preparación de los productos geográficos	22
4.2. Tipos de productos geográficos	23
5. MEDICIONES	27
5.1. Fotogrametría	27
5.2. Escala	27
5.3. Pendiente	28
5.4. Medición de distancias	33
5.5. Medición de áreas	36
5.6. Fórmulas de fotogrametría	53
5.7. Uso de la tabla de densidades según distancias de siembra	54
6. COMPARACIÓN ENTRE FOTOS AÉREAS Y MAPAS	57
6.1. Manejo de mapas topográficos a escala 1: 25.000	57
7. CONTROL DE CALIDAD DE LA MEDICIÓN DE SUPERFICIES A NIVEL DE SM, PSM, LOTES Y POTREROS	59
7.1. A nivel del segmento de muestreo	59
7.2. A nivel del PSM	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 1. Representación del relieve por curvas de nivel
- Gráfico 2. Clases de curvas de nivel
- Gráfico 3. Curvas de nivel de depresión
- Gráfico 4. Producto geográfico en formato vertical con fotografía ortorrectificada
- Gráfico 5. Producto geográfico en formato vertical con fotografía spot
- Gráfico 6. Producto geográfico en formato horizontal con fotografía spot
- Gráfico 7. Cálculo de pendiente
- Gráfico 8. Figuras geométricas para la demostración de la fórmula de pendiente
- Gráfico 9. Cálculo de la pendiente en terreno
- Gráfico 10. Esquemas generales de trazado y delimitación de SM y PSM
- Gráfico 11. Esquema gráfico de registro del uso de la tierra y cultivos a nivel de PSM
- Gráfico 12. Área del lote y de una planta
- Gráfico 13. Malla de puntos y regleta en centímetros
- Gráfico 14. Cálculo del área del PSM mediante la aerofotografía
- Gráfico 15. Cálculo de áreas a partir de figuras geométricas
- Gráfico 16. Fórmulas para el cálculo de áreas de las figuras geométricas
- Gráfico 17. Tipos de superficie; efectiva y real
- Gráfico 18. Metodología de medición del número de plantas bajo el esquema de fajas



ABREVIATURAS

DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
SENADER	Sistema Estadístico Nacional Agropecuario y de Desarrollo Rural
ENA	Encuesta Nacional Agropecuaria
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
MMA	Marco de Muestreo de Áreas
MML	Marco de muestreo de lista
MS	Módulo de encuesta
PENAGRO	Primera Encuesta Nacional Agropecuaria
PSM	Pedazo de segmento de muestreo
SIG	Sistema de Información Geográfico
SM	Segmento de muestreo
UM	Unidad de muestreo
UMATA	Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria
UPA	Unidad de Producción Agropecuaria
UPM	Unidad Primaria de Muestreo
URPA	Unidad Regional de Planificación Agropecuaria



INTRODUCCIÓN

Con el fin de unificar e impartir los conceptos básicos sobre el uso de la fotografía aérea y la cartografía topográfica al personal que realizará el trabajo de campo para la Encuesta Nacional Agropecuaria 2013 II Semestre, así como al resto del personal que interviene en su ejecución, el DANE ha elaborado el Manual de Uso de la Fotografía Aérea y Cartografía Topográfica, el cual constituye un instrumento de consulta y estudio para dicho personal (encuestadores y supervisores).

El presente manual proporciona los conocimientos técnicos sobre el manejo de cartografía topográfica y la fotografía aérea en el desarrollo del trabajo de campo, así como su utilización en el terreno, identificación y medición del SM, PSM, lotes y potreros y usos agropecuarios y no agropecuarios, para una recolección de la información en forma fidedigna.

El manual consta básicamente de seis capítulos; el segundo capítulo hace referencia a la aerofotografía, el tercero trata sobre cartografía, el cuarto sobre la generación de los productos geográficos, el quinto sobre mediciones, el sexto sobre comparación entre fotos aéreas y mapas, el séptimo sobre control de calidad de la medición de superficies a nivel del SM, PSM, lotes y potreros y un anexo de ejercicios.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Entrenar al personal que participará en la recolección de datos de la Encuesta de Cultivos Transitorios y Permanentes, segundo semestre, que se adelantará en los departamentos objeto de la muestra sobre el manejo de fotografías aéreas y cartografía.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- .Reconocer y utilizar los elementos presentes en los mapas y en las fotografías aéreas ampliadas para su correcta ubicación en el terreno.
- .Aprender a ubicar correctamente el segmento seleccionado, objeto de la encuesta en el terreno.
- .Delimitar y medir las áreas de estudio: los Pedazos de Segmento de Muestreo, lotes, potreros y otros usos de la tierra no agropecuarios.
- .Capacitar el personal que realiza el trabajo en las tareas referentes a la actualización de los materiales cartográficos y aerofotográficos con respecto a lo que encuentra en terreno.

2. AEROFOTOGRAFÍA

2.1. LA FOTOGRAFÍA AÉREA

La fotografía aérea utilizada en el DANE es una imagen del terreno captada desde un avión con cámaras fotográficas especiales, en la cual se registran tanto los elementos que conforman el medio ambiente geográfico como el complejo de acciones que el hombre realiza en ese medio. Esta imagen es una abstracción del terreno, en la que los aspectos naturales (vegetación, cuerpos de agua, suelo, topografía, drenajes) y los aspectos culturales (embalses, vías, puentes, usos de la tierra, construcciones y en general todo elemento que pueda ser iluminado directamente por el sol o por la luz reflejada en las nubes) aparecen en la fotografía aérea, diferenciados de acuerdo con su tamaño, textura, color, tono y patrón.

La energía reflejada por los diferentes elementos geográficos llega a la película de la cámara y, por reacciones foto-químicas, impresiona de manera diferente la emulsión de la película sensible al espectro electromagnético visible (emulsión pancromática) y mediante una combinación de tonos, texturas, formas, tamaños y patrones quedan registrados dichos elementos geográficos en las imágenes fotográficas.

La acción de encontrar y explicar el significado que puedan tener las anteriores características es lo que se denomina fotointerpretación, mientras que la fotoidentificación es la lectura y actualización de una fotografía aérea.

Para el objeto de este trabajo se deberá recurrir a la fotoidentificación, para realizar la localización, delimitación del SM y de los PSM, como también la identificación de lotes y potreros existentes en el momento de la entrevista. Así mismo, para el DANE, es importante el conocimiento del contenido y las características técnicas de las fotografías aéreas, porque ellas no solamente han permitido deducir el uso actual de la tierra para el desarrollo de la estratificación y la elaboración de los mapas de cobertura y uso actual de la tierra, sino que permiten al personal de campo la constatación y el control de la información suministrada por los encuestados sobre las superficies de los diferentes usos de la tierra y cultivos a los cuales están dedicados cada uno de los PSM.

2.2. UTILIZACION DE LA FOTOGRAFÍA AÉREA

2.2.1. Elementos para el análisis de fotografías aéreas

En una fotografía pancromática, como la utilizada en la encuesta, los diferentes tipos de cobertura natural y usos de la tierra aparecen en diferentes tonalidades de gris. Cuanto más luz refleja un objeto, tanto más clara será su fotografía; cuanto menos luz refleje, será más oscura. Por lo tanto, es importante tener en cuenta una serie de



elementos que en forma directa o combinada y analizada en conjunto, ayudan a identificar los objetos de interés; estos elementos son:

2.2.1.1. Tono y color

El tono es la gama de variaciones de gris que hay del blanco al negro en una foto, como resultado de la cantidad relativa de luz reflejada por los objetos. El tono de cualquier superficie u objeto terrestre fotografiado depende de varios factores: del tipo de película, de la hora de toma de la fotografía, del ángulo de incidencia-reflexión, del color de la superficie, del tipo de superficie, de la humedad del terreno, el periodo vegetativo, del estado fisiológico, de la estructura de la vegetación y del proceso fotográfico.

Algunos colores reflejan más luz que otros. Por ejemplo, el color verde absorbe gran cantidad de luz y refleja muy poca; mientras más oscuro es el tono verde, menos cantidad de luz refleja; los colores café al amarillo reflejan bastante más luz que el verde, razón por la cual una zona boscosa se observa en la fotografía más oscura que un terreno de cultivos transitorios, el cual se verá más claro.

En general, la humedad vuelve los tonos grises más oscuros; por ejemplo, un suelo húmedo absorbe gran cantidad de luz y refleja muy poca, mientras un suelo seco absorbe poca y refleja gran cantidad de luz. El anterior fenómeno en forma generalizada se presenta en la zona de los Llanos Orientales del país. En esta región se presenta un prolongado período de lluvias que se extiende de abril a noviembre, seguido de otro período relativamente seco y corto. Estas variaciones en la humedad del suelo se pueden identificar por la diferencia de tonalidades en la foto, que para el primer caso son más oscuras y para el segundo más claras.

El material rocoso, el suelo desnudo y las zonas erosionadas en general se caracterizan siempre por una alta reflectividad aunque la roca tenga un tono oscuro. Este fenómeno se observa en las zonas erosionadas de la Alta Guajira, en el desierto de la Tatacoa en el departamento del Huila y en los alrededores de ciudades como Cúcuta. Se asimilan a esta condición áreas urbanas, carreteras, puentes, etc., superficies con un alto grado de reflectividad de los rayos de luz y que se observan en las fotos de tono blanco a gris claro.

La vegetación se traduce, de manera general, por tonos oscuros; la tonalidad gris varía según las especies, estado de crecimiento y el estado fisiológico. Los cultivos permanentes generalmente dan un tono gris más oscuro que los cultivos transitorios. Los estados fenológicos en los cultivos transitorios son muy evidentes en corto tiempo, y se reflejan en la fotografía aérea por la variación de tonalidades. El gris varía de una tonalidad relativamente clara en el estado joven, a una tonalidad oscura en estado de

madurez y a una tonalidad clara hacia el final del ciclo vegetativo. En general los cuerpos y espejos de agua presentan en la foto una tonalidad gris oscura.

Un río puede aparecer en una parte de la fotografía totalmente negro, mientras que en otra parte de la misma foto puede aparecer de color blanco, como consecuencia del contenido de elementos en suspensión o debido al ángulo de incidencia de los rayos solares (efecto de espejo). En general los ríos torrentosos y poco profundos presentan tonalidades de gris claro y los ríos reposados y profundos presentan tonalidades de gris oscuro a negro.

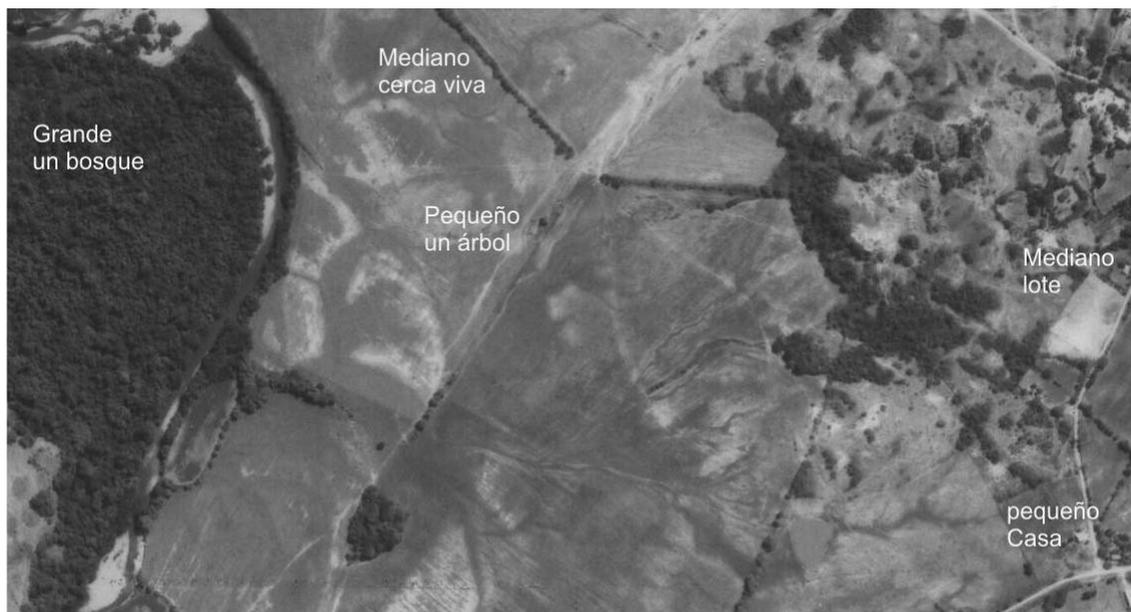
Usualmente la clase de superficie es también responsable de la cantidad de luz reflejada. Por ejemplo, las carreteras normalmente se registran en un tono muy claro, aunque el color real puede ser cercano al negro; esto debido básicamente a la superficie pulida, como áreas urbanas, represas, puentes, pistas aéreas, etc.



2.2.1.2. Tamaño

El tamaño y la localización de un objeto observado en la fotografía pueden ser de gran ayuda para su plena identificación. Dos objetos pueden aparecer en la imagen fotográfica muy parecidos; sin embargo, la diferencia en tamaño puede ser el factor

decisivo para su identificación. En función del tamaño se puede identificar si una vía es principal o secundaria, y diferenciar un canal de una zanja de drenaje; así mismo se puede diferenciar el curso de agua principal de la región y cuáles son los cursos de aguas secundarios y afluentes del primero. Igualmente en la fotografía de un área rural se puede identificar si una región es de minifundio o de latifundio, por el tamaño y distribución de las viviendas, usos de la tierra, los lotes y potreros. Así mismo, por su tamaño y localización, se puede diferenciar una casa de un caserío, un caserío de un pueblo, una ciudad intermedia de una capital de distrito, etc.



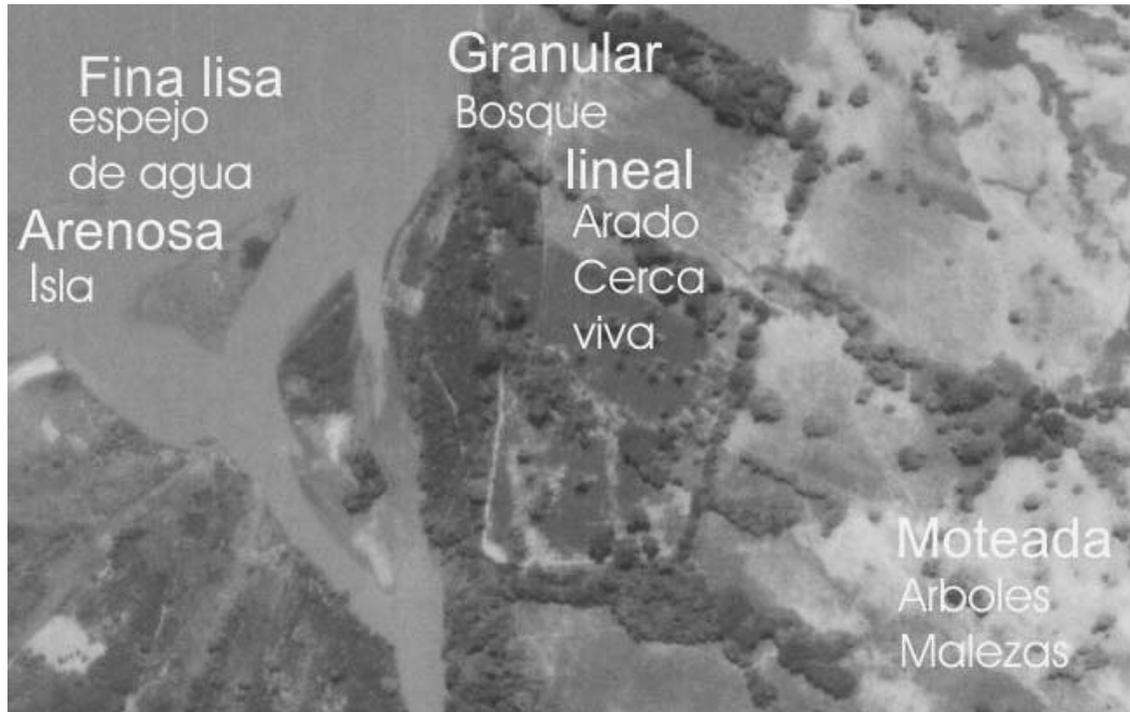
2.2.1.3. Forma

Cada accidente geográfico natural y cada rasgo cultural tiene su propia forma; por ejemplo, las márgenes de un cuerpo de agua (río, quebrada, laguna, pantano, ciénaga, estero) son muy irregulares, a diferencia de las márgenes de una vía, que presentan bastante regularidad, con rectas y curvas de trazado geométrico. De igual manera, los perímetros de los lotes de cultivos son muy regulares, a diferencia de los perímetros de los bosques naturales que son irregulares. También la forma del relieve (plano, ondulado, quebrado, escarpado) permite ubicar las áreas de los mejores suelos tales como terrazas aluviales, abanicos aluviales y altiplano. Las zonas urbanas presentan unas formas rectas y geométricas, que fácilmente se pueden identificar en las fotos; igualmente las casas en el área rural presentan formas regulares y geométricas. Formas muy particulares en el área rural como una pista aérea, de forma alargada, geométrica y rectilínea, fácilmente se diferencian en una foto; así mismo, otro tipo de infraestructura como una represa, casas de recreo, infraestructura de riego, formas de plantación y siembra de cultivos se pueden diferenciar en las fotos.



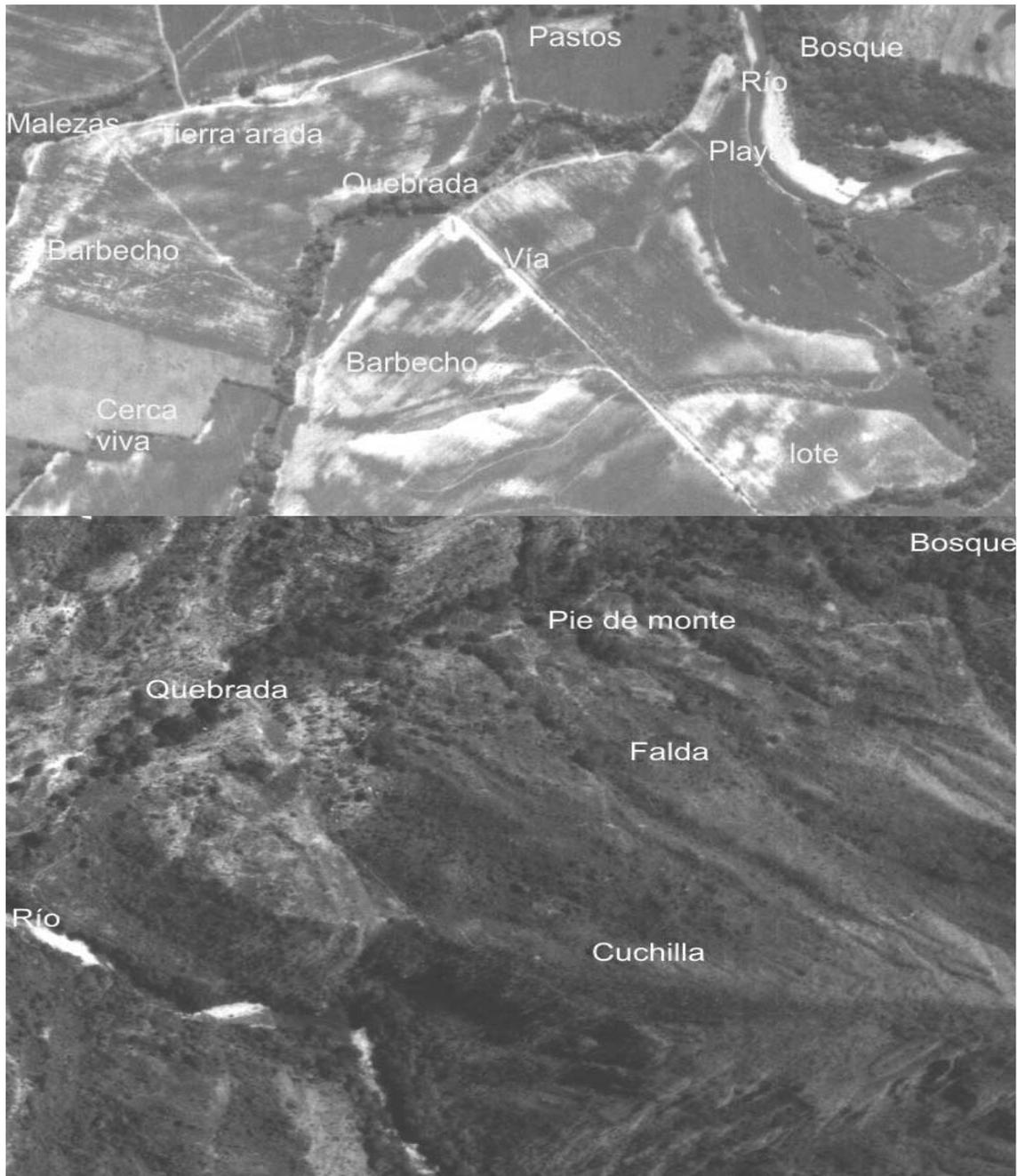
2.2.1.4. Textura

Puede definirse como la distribución de tonos que presenta un conjunto de unidades que son demasiado pequeñas para ser identificadas individualmente en una fotografía. En general, la textura es el grado de tersura o desigualdad de una superficie; por lo tanto, una superficie uniforme refleja más luz que una superficie áspera; la superficie uniforme o pulida refleja más directamente la luz y la distribuye de manera más uniforme que una superficie áspera: por ejemplo, la arena muestra una textura lisa y uniforme que refleja más luz, los pastos muestran una textura entre uniforme y ligeramente moteada, la palma africana muestra una textura uniforme pero áspera, los bosques naturales pueden dar texturas granular y áspera, cultivos como el trigo pueden dar una textura fina a lanosa.



2.2.1.5. Patrón

El patrón se refiere a una disposición u ordenamiento espacial de elementos particulares que muestra una foto, y comprende la repetición característica de ciertas formas. Se aplica a la disposición de diversos elementos tales como cursos de agua, cultivos, plantaciones forestales, bosque natural, vegetación de páramo, afloramiento rocoso, etc., cuyo tono, textura, forma y tamaño son característicos y bien diferenciables. En los SM, con la utilización de fotografías ampliadas, se deberá fotoidentificar una serie de patrones culturales que describiremos a continuación:



Con base en estas fotocaracterísticas, se inicia el proceso de fotoidentificación.

Forma primaria	Tamaño relativo	Regularidad	Fotocaracterísticas (tono, textura, patrón)	Categoría de interpretación
Líneas	Estrechas	Regular	Tono gris oscuro	Zanja
		Irregular	Tono gris claro	Sendero, vía
	Anchas	Regular	Tono gris oscuro	Canal
		Irregular	Tono gris claro	Carretera
Áreas	Pequeñas	Regular	Patrones campos pequeños, varios tonos de gris	Horticultura
		Irregular	Efecto estéreo, pequeños bloques como elementos	Asentamientos
	Grandes	Irregular	Tono gris claro, textura gruesa	Rocas
		Regular	Patrón de puntos oscuros sobre un fondo más claro	Bosque
		Regular	Patrón de parcelas, tonos grises, textura lisa	Terreno arado
		Irregular	Ausencia de parcelas patrón, varios tonos de gris	Pastizales
	Irregular	Textura moteada o gruesa	Árboles dispersos	

2.2.2. Lectura de la fotografía aérea

Para utilizar una foto ampliada, es conveniente conocer primero sus características básicas indicadas en el numeral anterior. Cuando se observa una fotografía aérea, la visión es atraída por las diferencias de tonos, patrones y formas geométricas, las cuales conforman los contrastes de la fotografía. El observador relaciona involuntariamente lo percibido en la fotografía con los objetos que le son conocidos (nivel de referencia o de información).

3. CARTOGRAFÍA

3.1. DEFINICIÓN

Técnica de representar en forma convencional parte o toda la superficie terrestre sobre un mapa, utilizando un sistema de proyección y una relación de proporcionalidad entre el mapa y el terreno. Es también el conjunto de procedimientos que permite reunir, analizar, organizar y generalizar información del medio geográfico, para representarlos de manera gráfica a una escala conveniente. Por lo tanto, la cartografía trata de la representación de la superficie de la tierra sobre un plano o mapa, utilizando para ello métodos matemáticos que permiten la localización de cada punto de la tierra en el plano. La precisión y el contenido gráfico dependerán de la cantidad de elementos utilizados para su elaboración y del uso al cual está destinada.

Los mapas contienen valiosa información geográfica, cuyo aprovechamiento depende de la habilidad que se tenga para leerlos, por eso es necesario que el personal de campo del DANE posea los conocimientos sobre la forma como se representa el terreno, el significado de sus símbolos, la escala y la forma de medir distancias y de calcular áreas.

3.2. EL MAPA TOPOGRÁFICO

El personal de campo del DANE emplea un tipo de mapa: el TOPOGRÁFICO. Normalmente es elaborado en escalas estándar: 1: 10.000, 1: 25.000, 1: 100.000 con las características naturales y artificiales representadas por medio de símbolos, líneas, tramas y colores. El mapa topográfico a escala 1: 25.000 es el más utilizado en el campo por el encuestador y el supervisor, ya que en él se encuentra delimitado el SM. Por esta razón centraremos nuestra atención en su conocimiento, manejo y utilidad.

El mapa topográfico a escala 1: 25.000 representa un área relativamente pequeña (15.000 ha), en forma detallada; en él se representan los rasgos del terreno por medio de símbolos que muestran los elementos naturales y su ubicación dentro de un espacio geográfico, como ríos, lagunas, embalses, relieve, drenajes, superficies acuáticas, bosques y los elementos culturales como casas, escuelas, poblados, puentes, carreteras, caminos, vías férreas y nombres de sitios y lugares.

3.3. ELEMENTOS DE LOS MAPAS TOPOGRÁFICOS

Los mapas tienen una serie de características y elementos que es necesario conocer para poder usarlos eficientemente; estos elementos son:

- | | |
|------------------------------------|-----------------------|
| 1. Coordenadas planas y cuadrícula | 5. Leyenda |
| 2. Escala | 6. Número |
| 3. Convenciones | 7. Nombre |
| 4. Curvas de nivel | 8. Año de elaboración |

Estos elementos se estudiarán y analizarán con el fin de aprender a leer correctamente el mapa, orientarse y poder correlacionarlo fácilmente con la aerofotografía y con el terreno, interpretar y analizar las formas del terreno, adelantar eficientemente el recorrido de los SAS y levantar los datos fidedignos sobre el sector agropecuario en los PSM que se hallen o encuentren dentro de aquellos.

3.3.1. Coordenadas planas y cuadrícula

Las coordenadas planas son un sistema de líneas horizontales y verticales, trazadas sobre los mapas, que parten de un punto de referencia establecido y están separadas unas de otras a una distancia constante formando una cuadrícula.

En el mapa topográfico de escala 1: 25.000 las coordenadas planas están conformadas por una serie de líneas horizontales (X) y verticales (Y), separadas unas de otras a 4 centímetros y que al interceptarse forman una cuadrícula. La unidad de medida para estas coordenadas es siempre el metro lineal.

Las utilidades principales de las coordenadas planas trazadas en un mapa topográfico de escala 1: 25.000 son:

- . Facilitar la orientación en el terreno, pues la coordenada (Y) indica siempre la dirección Norte-Sur, y la coordenada (X) indica la dirección Este-Oeste (hacia el norte aumentan los valores de [Y] sobre esta coordenada y hacia el sur disminuyen).
- . Determinar la dirección, distancia y posición de cualquier punto representado en el mapa.
- . Controlar el cubrimiento de cada uno de los mapas que conforman la cartografía del país. La cuadrícula formada por las coordenadas puede ser utilizada como referencia para calcular áreas.

3.3.2. Escala de un mapa

Un plano o mapa es la representación reducida de un terreno y por esta razón las distancias, objetos y accidentes geográficos aparecen reducidos en una proporción dada; es decir, a escala. Entonces la escala se define como la relación o proporción que se establece entre una medida o distancia real en el terreno y esa misma medida o distancia representada en el mapa.

La escala es independiente de la unidad de medida. Así, la escala 1: 25.000 significa que una unidad de medida sobre el mapa representa 25.000 de las mismas unidades en el terreno. Por ejemplo, si en el mapa se mide una distancia de 1 centímetro, esta distancia representa 25.000 centímetros en el terreno; es decir, 250 metros. Si en este mismo mapa se mide una distancia de 1 metro, estará representando en el terreno 25.000 metros, o sea 25 kilómetros. Las unidades de medición más usualmente utilizadas son centímetros, metros y kilómetros. Existen dos formas de expresar la escala de un mapa: gráfica y alfanumérica.

La escala de un mapa topográfico es constante y constituye la representación real del terreno, a diferencia de la foto aérea que varía de acuerdo con la altura del terreno. En el cálculo de escalas, la distancia tanto del terreno (Dt) como la del mapa (dm) deben expresarse en la misma unidad de medida o en su defecto aplicar el factor de conversión a la unidad respectiva. La escala constituye uno de los elementos fundamentales de un mapa y está relacionada con su contenido, propósito, uso, dimensiones y precisión del mismo. La escala de un mapa tiene como expresión matemática la siguiente fórmula:

1 = representa la unidad.

$1/Em = dm/Dt$ Em = módulo escalar del mapa (denominador de la escala).

dm = distancia medida sobre el mapa.

Dt = distancia equivalente en el terreno.

$$\frac{1}{Em} = \frac{dm}{Dt} \Rightarrow Em \times dm = 1 \times Dt$$

$$\Rightarrow Em = \frac{Dt}{dm}$$

$$\Rightarrow Dt = dm \times Em$$

3.3.2.1. Ejemplo de aplicación práctica

Calcular la escala de un mapa en el cual dos puntos están a una distancia de 4 centímetros y esos mismos puntos en el terreno están a 1.000 metros de distancia.

$$1/Em = dm/Dt \quad \text{donde} \quad Em = \frac{Dt}{dm} \Rightarrow Em = \frac{1.000 \text{ m.}}{0,04 \text{ m.}} = 25.000$$

Lo que indica que el mapa tiene una escala 1: 25.000, o sea que un centímetro medido en el mapa equivale a 25.000 centímetros o 250 metros en el terreno.

3.3.2.2. Reconocimiento de escalas

La escala 1: 50.000 es menor que la escala 1: 25.000 y, viceversa, 1: 25.000 es una escala mayor que 1: 50.000; es decir, que entre menor sea el número que representa la escala, más grandes están representados los objetos en el mapa y más rico es en información, y viceversa. Para reconocer escalas en los mapas, simplemente hay que buscar dónde viene representada y leer el valor correspondiente.

3.3.3. Símbolos y convenciones

Los símbolos constituyen el lenguaje visual abreviado de los mapas; varían de un mapa a otro, según la escala asignada y el tema que contiene. Su percepción es indispensable para lograr la adecuada interpretación del mapa. Las convenciones son una serie de símbolos establecidos para representar sobre un mapa los elementos que se encuentran sobre la superficie terrestre y así facilitar su lectura. Los símbolos empleados en cartografía han sido desarrollados a lo largo de los siglos, de manera que por tradición hay actualmente cantidad de convenciones que son empleadas casi universalmente; sin embargo, no existe una convención de símbolos que haya sido aceptada y aprobada por todos los países.

El DANE emplea la simbología utilizada por el IGAC; además, para efectos de construcción del M.M.A. de los departamentos, emplea una simbología basada en colores (estrato 10 color naranja, 20 color morado, 30 color rojo, 40 color amarillo, 50 color verde, cuerpos de agua color negro y estratos especiales como el 100 color café). Así mismo, para la delimitación del SM sobre la foto y sobre el mapa se emplea el color rojo.

3.3.4. Curvas de nivel

Las formas de la superficie terrestre (colinas, montañas, valles) se representan mediante «curvas de nivel». Una curva de nivel es una línea trazada en el mapa que representa la línea imaginaria del terreno, que une puntos que están a la misma altura con respecto al nivel del mar (gráfico 1).

Existe en los mapas topográficos una curva de nivel índice que permite leer rápidamente la altura, porque va resaltada con mayor espesor y lleva la respectiva

altitud en metros. Esta se llama curva de nivel acotada y sirve de referencia para hacer una lectura rápida.

El conjunto de curvas de nivel da una idea clara de la forma del relieve, permitiendo en forma rápida diferenciar zonas montañosas pendientes de zonas planas o con pendientes muy pequeñas. Entre más cercanas estén dibujadas las curvas de nivel, más pendiente será el terreno; y entre más separadas, será más plano. Las curvas de nivel son muy importantes para el personal de campo porque les permite apreciar correctamente la altura y la forma del terreno dentro y fuera del SM.

3.3.4.1. Características de las curvas de nivel

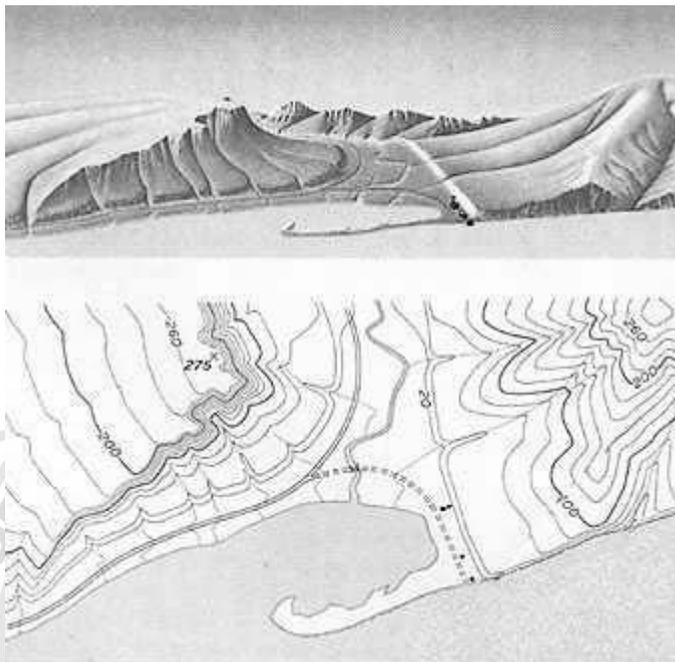
Las características básicas de las curvas de nivel son:

- a) Todos los puntos de una curva de nivel tienen la misma elevación.
- b) Cada curva de nivel cierra en sí misma.
- c) Las curvas de nivel nunca se tocan, bifurcan, ramifican o se cruzan entre sí.

Las formas en Δ y en \cup (gráfico 2) de las curvas de nivel muestran un modelo típico. Nótese que las curvas de nivel que cruzan las corrientes de agua presentan esta forma Δ con el vértice en dirección hacia las partes más altas de las montañas o colinas o de donde provienen las aguas de los ríos y drenajes en general. Cuando las curvas de nivel cruzan o doblan en una cresta, filo o divisoria de aguas de la montaña presentan esta forma \cup con la parte cóncava en dirección hacia la base o pie de la colina; es decir, en el sentido en que disminuye la pendiente.

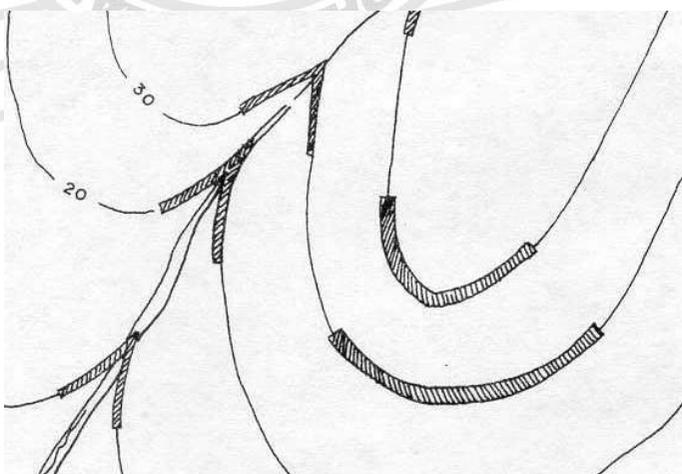
Las curvas de nivel de depresión (gráfico 3) son aquellas que llevan trazos de señalización hacia adentro y, por lo tanto, son un indicativo de que existe en la zona una depresión, o sea, un lugar enteramente circundado por terreno más alto. Todas estas características es necesario conocerlas y tenerlas en cuenta para facilitar la comprensión de las formas de la tierra y poder realizar el recorrido del segmento en forma expedita y facilitar la delimitación de los PSM en la aerofotografía ampliada.

Gráfico 1. Representación del relieve por medio de curvas de nivel



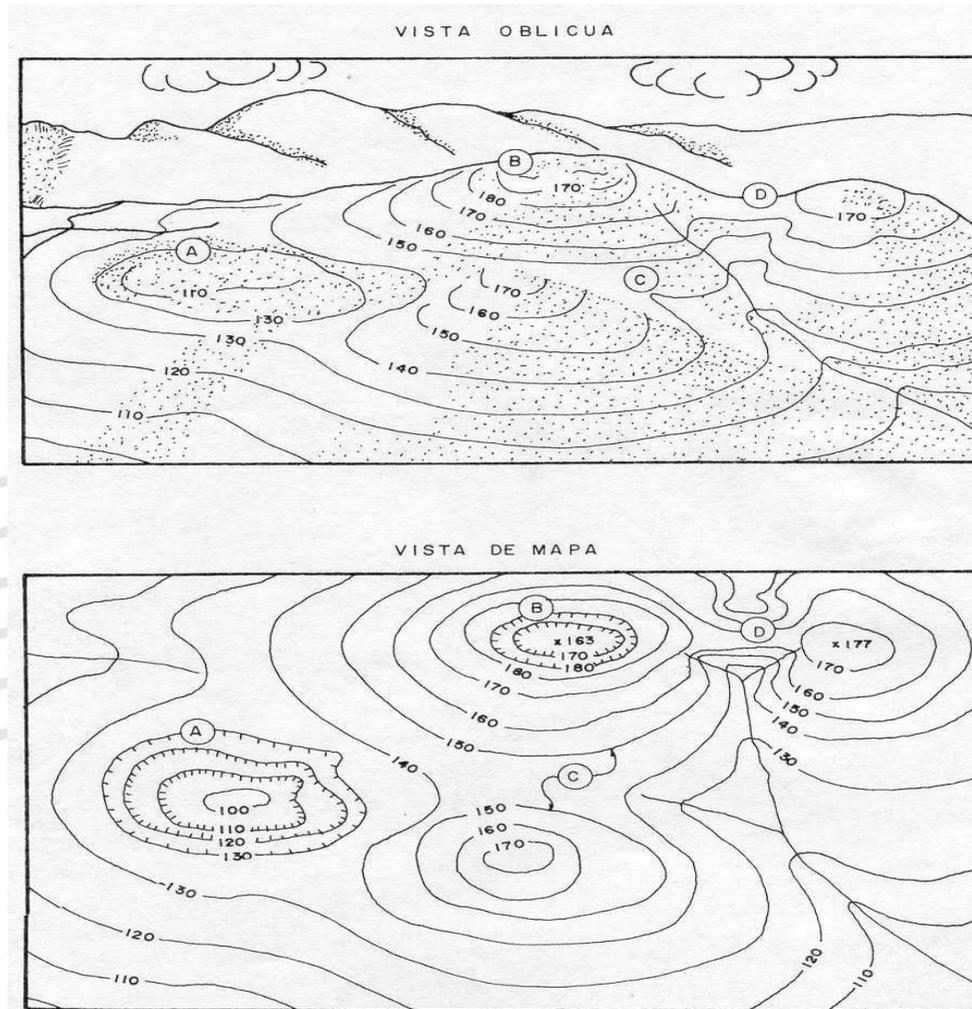
Fuente: DANE.

Gráfico 2. Clases de curvas de nivel



Fuente: DANE.

Gráfico 3. Curvas de nivel de depresión



Fuente: DANE.

3.3.5. Leyenda

Es en esencia la explicación básica que poseen algunos mapas con el fin de hacer más entendible su representación. Esta se encuentra principalmente en mapas que muestran un determinado tema, por ejemplo: mapas de cobertura y uso actual de la tierra, mapas geológicos, de suelos, fisiográficos y en el caso del DANE el mapa topográfico.



3.3.6. Número

Cada mapa lleva un nombre o número que varía de acuerdo con la escala de la plancha. Así, un mapa topográfico a escala 1: 25.000 se identifica con uno a tres dígitos seguidos de un número romano y una letra; por ejemplo: planchas 2-I-A, 25-II-A, o 225-I-A. Un mapa de escala 1: 50.000 se identifica solamente con números dígitos y un número romano, así: planchas 5-I, 25-I, 225-I. Por último, uno de escala 1: 100.000 se identifica con solo números dígitos, así: 5, 25, 225.

Por lo general, a los mapas topográficos de escala 1: 25.000 se les llama Carta General o Carta Básica, con la indicación del departamento al que pertenecen. El año de elaboración viene indicado cerca de donde está la escala gráfica y hace referencia a la fecha de edición o publicación, teniendo en cuenta que pudo ser obtenido en años anteriores a su publicación.



4. GENERACIÓN DE PRODUCTOS GEOGRÁFICOS PARA EL OPERATIVO DE CAMPO

Los productos generados están compuestos principalmente por una imagen (fotografía aérea ortorrectifica, imagen spot, imagen rapideye) y cartografía topográfica en escala 1: 25.000 a 1:40000.

4.1. PREPARACIÓN DE LOS PRODUCTOS GEOGRÁFICOS

Una vez recibida la muestra con las UPM y los SM seleccionados, se adelanta una serie de actividades, tendientes a facilitar un buen trabajo de campo por parte de los encuestadores.

A diferencia de los años anteriores, en esta ocasión los productos geográficos son en su mayoría productos digitales.

Las actividades a seguir para la digitalización de los segmentos son las siguientes:

1. En el *software* definido se carga el Marco de Muestreo de Áreas (MMA) digital y se selecciona la UPM seleccionada, y se procede a identificar la imagen de satélite, fotografía aérea o mapa que la cubre, teniendo en cuenta los siguientes datos: número de vuelo, número de la foto, número de la cartografía y departamento al cual pertenece (la más reciente).
2. Se realiza la partición de la UPM en segmentos SM, desde 25 ha hasta 1000 ha según estrato y zona, delimitando por accidentes físicos, naturales, o culturales, sin sobreposición ni omisión, delimitando sobre una imagen de satélite, fotografía aérea o mapa.
3. Se enumeran los SM en dirección norte-sur, comenzando por la esquina nororiental en forma de serpentina, teniendo en cuenta que el primer SM estará en la parte más norte y el último en la parte sur.
4. Se selecciona el SM que va a campo y se procede a generar el producto geográfico.
5. Se asignan los atributos a los límites del segmento según los elementos naturales y culturales, utilizando colores: *azul* para corrientes de aguas, *amarillo* para vías, *verde* para cercas vivas y divisorias de aguas.



6. Se anota la toponimia; es decir, los nombres de centros poblados cercanos al SM, caseríos, inspección de policía, etc., nombres de ríos, quebradas y puntos de interés, entre otros.
7. Se anotan los datos del segmento de muestreo que incluye los siguientes:

Departamento.

Municipio.

Núm. UPM.

Núm. SM.

Núm. foto (núm. vuelo, núm. sobre, año).

Área del SM en hectáreas:

- En la plancha.
- En la imagen digital.

Número de plancha que contiene el SM.

Toponimia: nombres de sitios, accidentes naturales y culturales.

Fecha de preparación.

Nombre del preparador.

Puntos de control.

Convenciones.

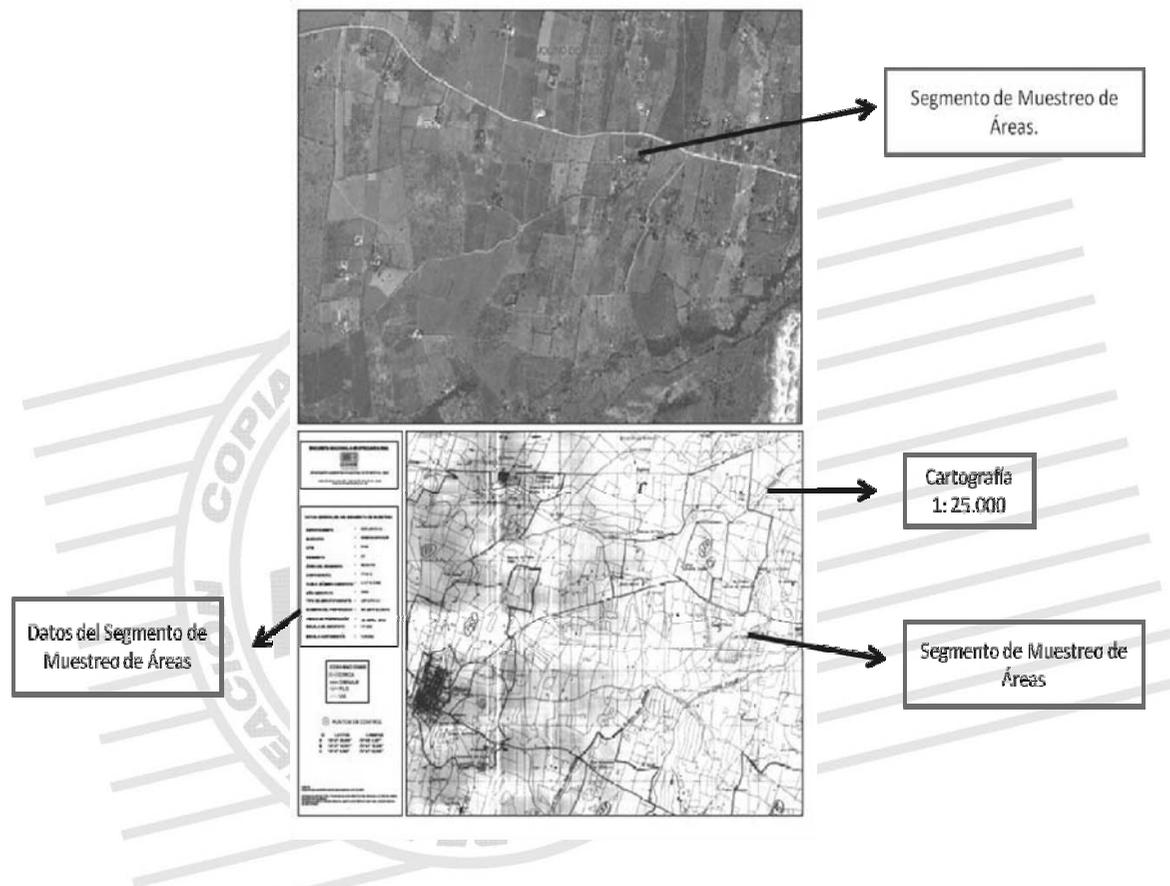
8. Se coloca un acetato sobre el producto geográfico, para que el encuestador delimite los pedazos de segmento de muestreo (PSM) utilizando un marcador permanente y para preservar el producto para posteriores encuestas.

4.2. TIPOS DE PRODUCTOS GEOGRÁFICOS

En la preparación de los productos geográficos se utilizan dos tipos de formatos: formato vertical, que cubre menos área en cartografía como en fotografía, y formato horizontal que cubre mayor área y muestra más elementos que ayudan al encuestador para una mejor ubicación en campo.

4.2.1. Producto geográfico en formato vertical con fotografía ortorrectificada

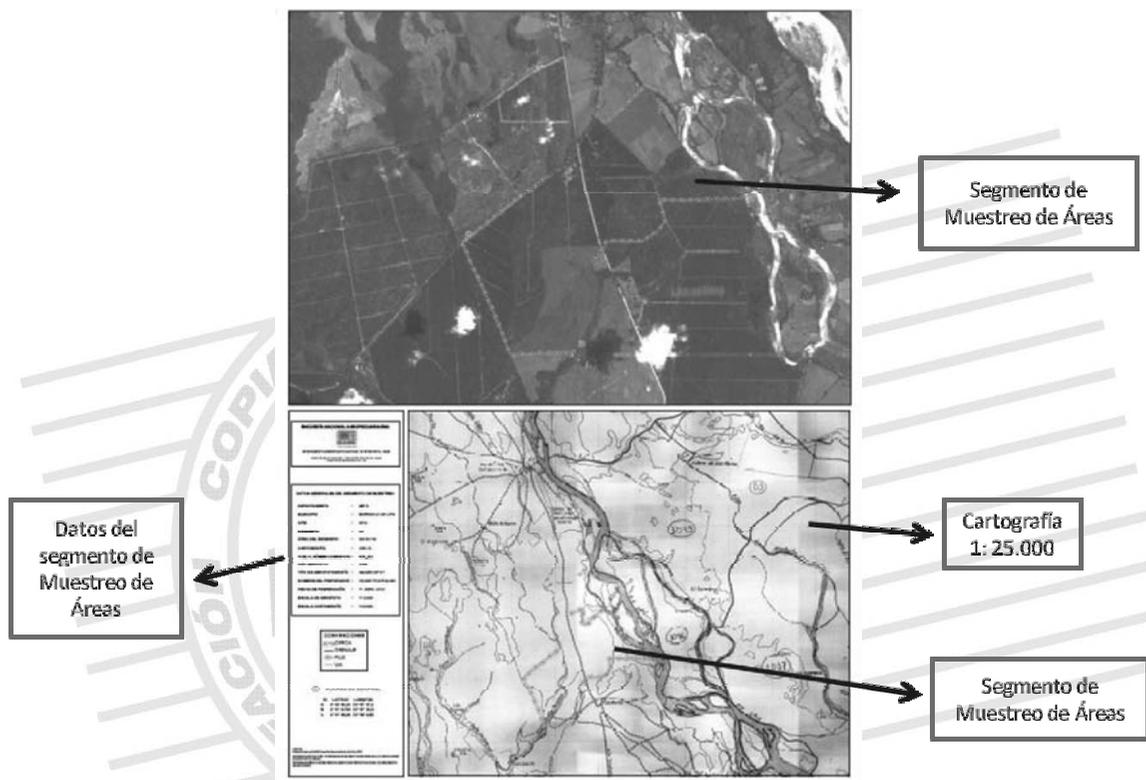
Gráfico 4. Producto geográfico en formato vertical con fotografía ortorrectificada



Las fotografías ortorrectificadas son fotos en las cuales se corrigieron los errores que se obtienen por la superficie del terreno, cabeceo del avión, ángulo de toma de la cámara, etc.

4.2.2. Producto geográfico en formato vertical con fotografía SPOT

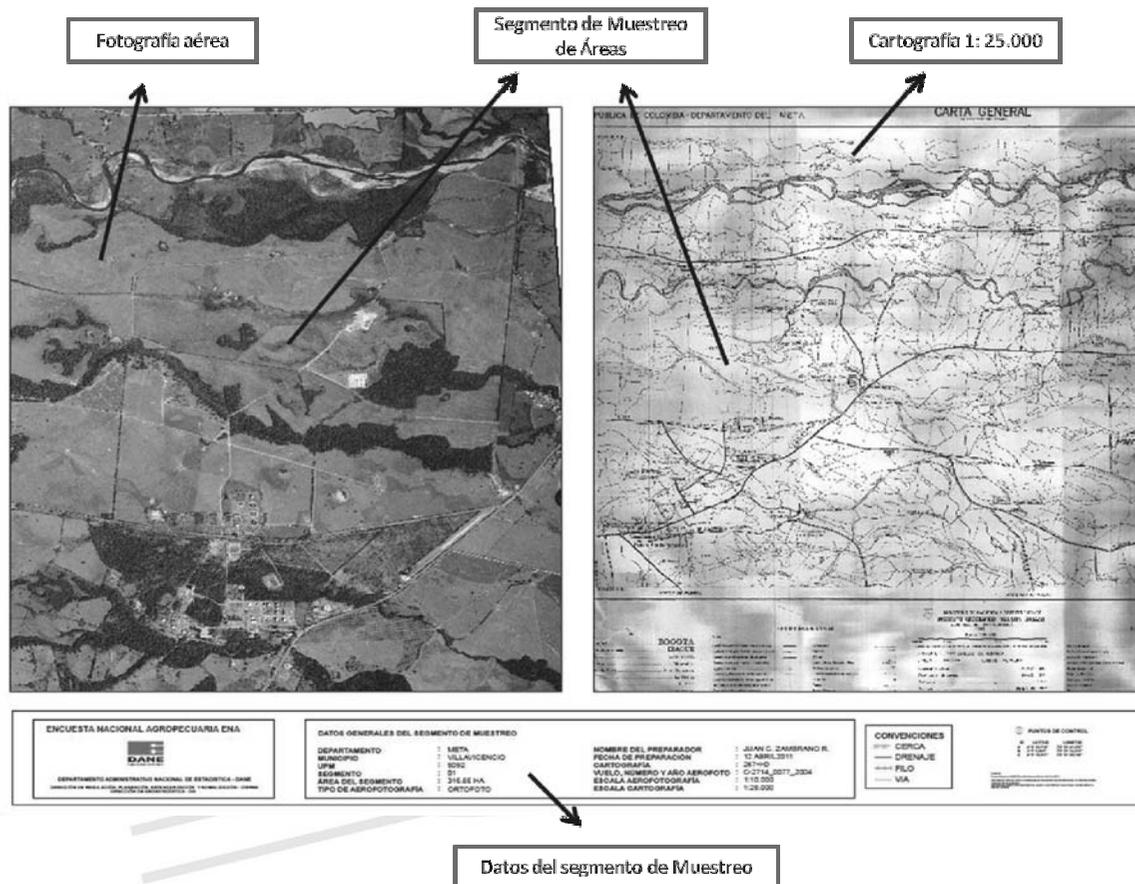
Gráfico 5. Producto geográfico en formato vertical con fotografía spot



Las fotografías spot tienen menor resolución que las fotografías ortorrectificadas, pero son un insumo para las zonas en las cuales no hay cubrimiento aerofotográfico.

4.2.3. Producto geográfico en formato horizontal con fotografía ortorrectificada

Gráfico 6. Producto geográfico en formato horizontal con fotografía spot



Cada producto geográfico está recubierto por un acetato, sobre el cual se debe realizar la delimitación de cada uno de los pedazos de segmento de muestreo (PSM).

5. MEDICIONES

5.1. FOTOGRAMETRÍA

La ciencia o arte de realizar mediciones con base en fotografías aéreas se denomina fotogrametría. Estas mediciones permiten determinar características métricas y geométricas de los objetos fotografiados, como por ejemplo su tamaño, forma y posición. Esta ciencia utiliza las fotografías aéreas con fines cuantitativos; es decir, permite obtener información acerca de la medición de distancias y áreas sobre el terreno.

En este capítulo se presentan los métodos más utilizados para calcular la escala de las fotos y adelantar diferentes mediciones de longitudes y áreas de los PSM (fincas), lotes y potreros sobre la foto aérea ampliada (o de contacto).

5.2. ESCALA

La fotografía aérea es la imagen reducida de un terreno, por haber sido tomada a cierta distancia (altura de vuelo), por lo cual la imagen de los objetos fotografiados aparece disminuida en proporción a la altura de vuelo; por lo tanto, esta proporción afecta lo que se denomina la *escala* de la foto. La *escala* de una fotografía se define como la relación que existe entre una distancia medida en la fotografía (df) y su equivalente longitud medida en el terreno (Dt), o entre la distancia focal de la cámara y su altura de vuelo sobre el nivel medio del terreno. Se representa mediante la siguiente expresión:

Primer método

1 = representa la unidad

$1/Ef = df/Dt$ Ef = módulo escalar de la foto (denominador de la escala)

df = distancia medida sobre la foto entre dos puntos (a y b).

Dt = distancia equivalente en el terreno entre los mismos dos puntos (A y B).

$$\frac{1}{Ef} = \frac{df}{Dt} \rightarrow Ef \times df = 1 \times Dt \Rightarrow Ef = \frac{Dt}{df}$$

$$Ef = \frac{Dt}{df} = \frac{\text{(distancia en el terreno entre los puntos A y B)}}{\text{(distancia medida en la foto entre los puntos a y b)}}$$

La escala de una fotografía vertical no es uniforme en toda la foto sino que cambia de un punto a otro, ya que depende de la altura relativa que sobre la parte más baja fotografiada tengan estos puntos. Cuanto mayor sea la altura de un punto, tanto mayor será la escala de la foto en ese punto; y viceversa, a menor altura de los puntos en el terreno, tanto menor será la escala de la foto en ese punto, ya que la distancia a la que fue tomada la foto es mayor.

Segundo método

La escala de una fotografía ($1 / E_f$) también puede ser calculada comparando una distancia (df) medida en la foto entre dos puntos a y b y la distancia (D_m) entre esos mismos dos puntos A y B sobre un mapa de escala conocida ($1 / E_m$). Se representa mediante la siguiente expresión:

$$1 / E_f = (1/E_m) \times (df/D_m)$$

1 = representa la unidad

E_f = módulo escalar de la foto (denominador de la escala de la foto)

E_m = módulo escalar del mapa (denominador de la escala del mapa)

df = distancia medida en la foto entre los puntos a y b

D_m = distancia medida en el mapa entre los mismos puntos A y B

$$\frac{1}{E_f} = \frac{df}{D_m \times E_m} \rightarrow E_f \cdot df = D_m \cdot E_m$$

⇒

$$E_f = \frac{D_m \cdot E_m}{df}$$

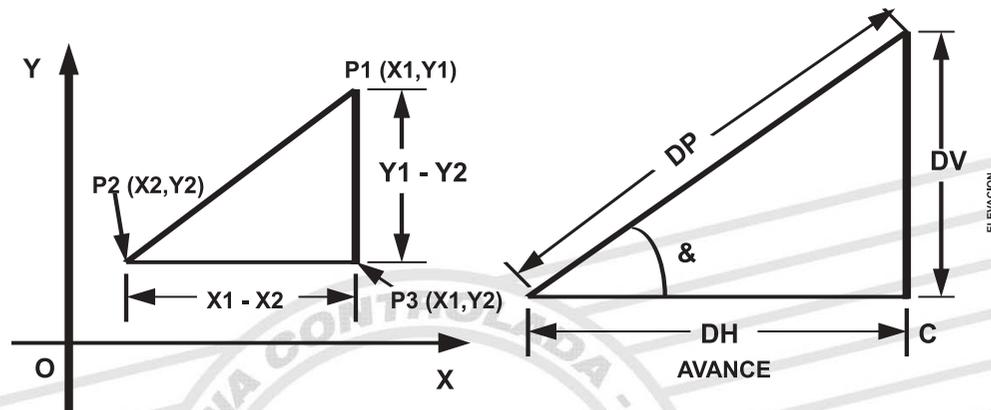
De acuerdo con las expresiones anteriores, resulta que a cada plano de referencia corresponderá una escala diferente; por eso, al referirse a la escala de una foto es conveniente hablar de escala media. Además, debe tenerse en cuenta que la medición de distancias realizadas sobre las fotos está afectada por el desplazamiento debido al relieve (si los puntos cuya distancia se mide no están sobre un mismo plano de referencia; es decir, a la misma altura en el terreno), luego lo correcto es definir puntos que estén a igual altura del terreno para establecer las escalas (o relaciones de distancias foto-terreno o foto-mapa).

5.3. PENDIENTE

La pendiente de un terreno es la inclinación de la superficie del suelo con respecto a la horizontal. También se puede definir la pendiente de una recta o segmento como la razón elevación/avance, tal como se muestra en el gráfico 9. Se usa la letra m para designar la pendiente.

A medida que aumenta la pendiente m de un lote, el área (horizontal) en el terreno disminuye.

Gráfico 7. Cálculo de pendiente



$$m = \frac{Y1 - Y2}{X1 - X2} \times 100 = \% \text{ si } X1 - X2 \text{ es diferente de } 0$$

Es importante insistir que el DANE no mide distancias y áreas sobre la pendiente sino sobre un plano horizontal, que es lo que se mide sobre los mapas. Luego hay que tener en cuenta la pendiente del terreno para transformarla a una superficie o distancia horizontal.

De acuerdo con la pendiente los terrenos se clasifican así:

- . Plano o casi plano (pendiente de 0-3 %)
- . Ligeramente inclinado o ligeramente ondulado (pendiente de 3-7 %)
- . Moderadamente inclinado o moderadamente ondulado (pendiente del 7-12 %)
- . Fuertemente inclinado o fuertemente ondulado o moderadamente quebrado (12-25%)
- . Quebrado o moderadamente empinado (25-50 %)
- . Empinado o escarpado (50-80 %)
- . Muy empinado o muy escarpado (> 80 %)

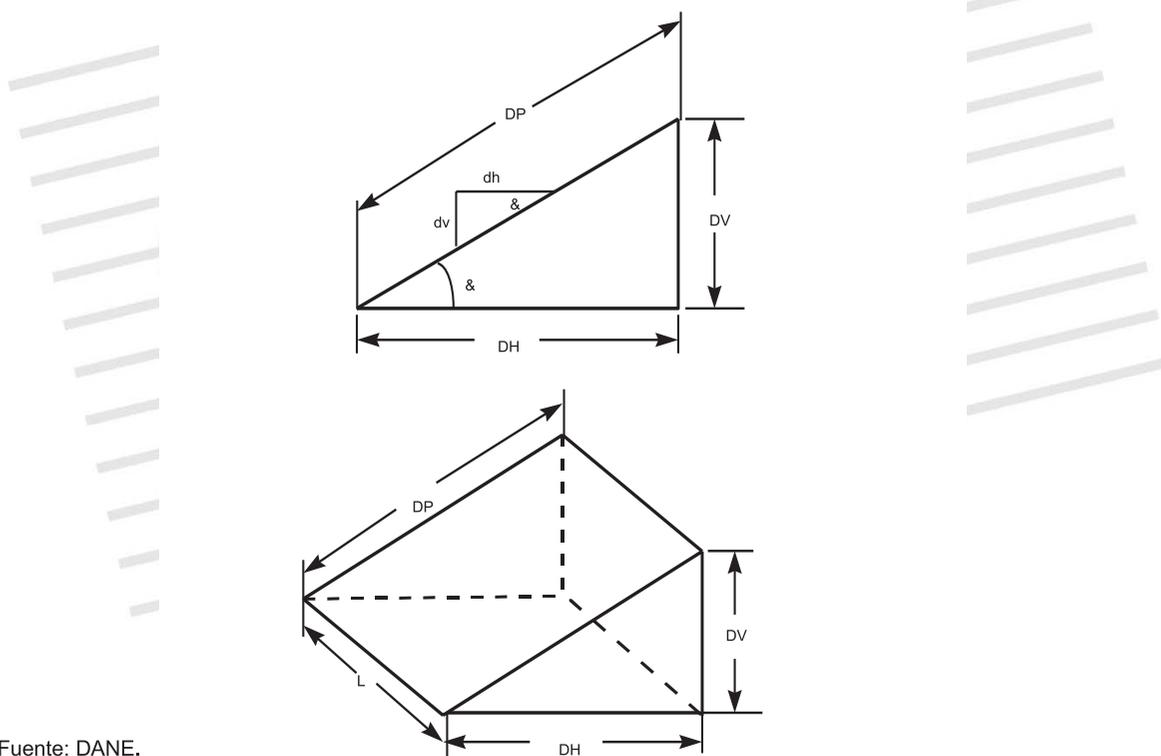
Pendiente escarpada: Es característica de terrenos muy quebrados, en los mapas se puede identificar cuando las curvas de nivel aparecen muy próximas unas de otras.

Pendiente suave: Cuando las curvas de nivel aparecen bastante separadas unas de otras significa que el terreno que representan es de pendiente suave.

Pendiente uniforme: Se puede interpretar que el terreno representado en el mapa es de pendiente uniforme cuando las curvas de nivel presentan separaciones iguales entre sí.

Cálculo de áreas con pendientes mayores al 15 %

Gráfico 8. Figuras geométricas para la demostración de la fórmula de pendiente



Fuente: DANE.

Donde:

DH: Distancia entre plantas

DV: Distancia vertical

DP: Distancia sobre la pendiente

L: Largo

Sea:

AR área real y AP área sobre la pendiente calculada en terreno

$$AR = L * DH \quad \text{ecuación (1)}$$

$$AP = L * DP \quad \text{ecuación (2)}$$

Del gráfico 8 se obtiene:

$$m = dv/dh = \text{Tag} \ \& \ = DV/DH \text{ definida como la pendiente} \quad \text{ecuación (3)}$$

$$\text{de la ecuación 3} \quad DV = m * DH \quad \text{ecuación (4)}$$

$$\text{También del gráfico 8} \quad DH = (DP^2 - DV^2)^{1/2} \quad \text{ecuación (5)}$$

Reemplazando la ecuación 4 en 5 y haciendo unas operaciones se obtiene:

$$DH = (DP^2 / [1 + m^2])^{1/2} \quad \text{ecuación (6)}$$

Reemplazando la ecuación 6 en 1 se obtiene:

$$AR = L * (DP^2 / [1 + m^2])^{1/2} \text{ transformando esta ecuación se obtiene:}$$

$$AR = (L * DP) / (1 + m^2)^{1/2} \text{ donde } L * DP \text{ es igual a la ecuación 2, entonces}$$

$$AR = AP / (1 + m^2)^{1/2} \quad \text{ecuación (7)}$$

Sea $1 / (1 + m^2)^{1/2} = FC$, factor de corrección en función de la pendiente; entonces

$$\mathbf{AR = AP * FC}$$

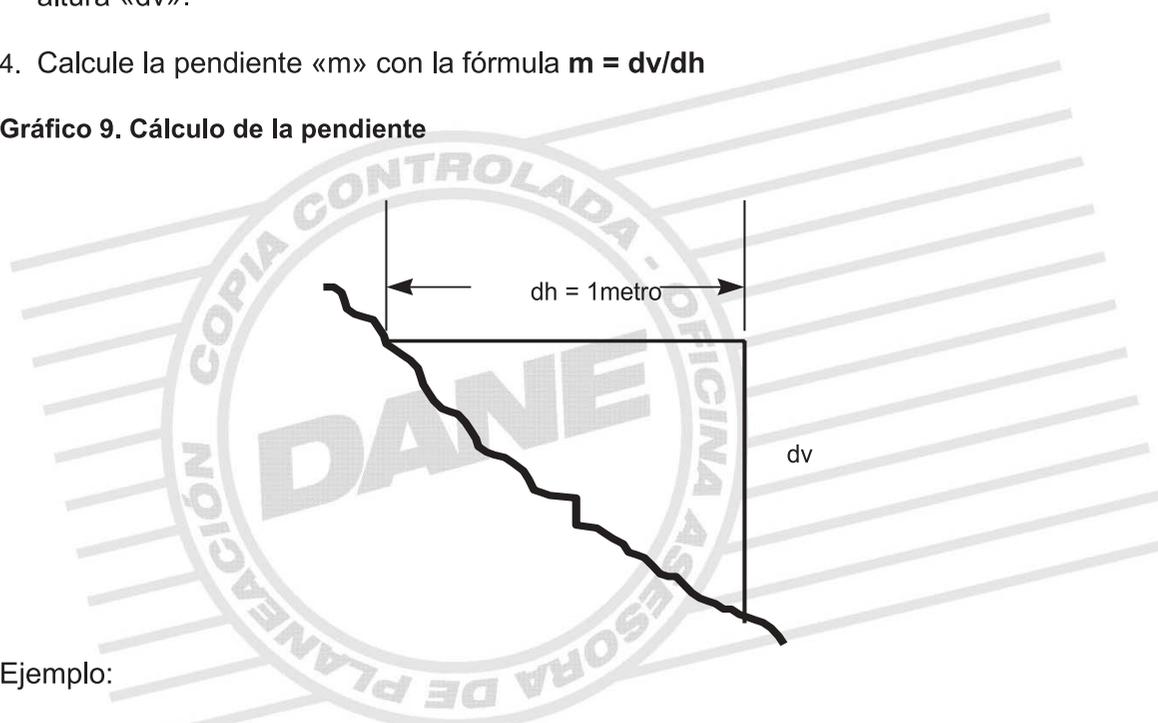
Tabla 1. Factores de corrección por pendiente

M	FC	m	FC	m	FC
0,15	1,00	0,58	0,87	1,01	0,70
0,16	0,99	0,59	0,86	1,02	0,70
0,17	0,99	0,6	0,86	1,03	0,70
0,18	0,98	0,61	0,85	1,04	0,69
0,19	0,98	0,62	0,85	1,05	0,69
0,2	0,98	0,63	0,85	1,06	0,69
0,21	0,98	0,64	0,84	1,07	0,68
0,22	0,98	0,65	0,84	1,08	0,68
0,23	0,97	0,66	0,83	1,09	0,68
0,24	0,97	0,67	0,83	1,1	0,67
0,25	0,97	0,68	0,83	1,11	0,67
0,26	0,97	0,69	0,82	1,12	0,67
0,27	0,97	0,7	0,82	1,13	0,66
0,28	0,96	0,71	0,82	1,14	0,66
0,29	0,96	0,72	0,81	1,15	0,66
0,3	0,96	0,73	0,81	1,16	0,65
0,31	0,96	0,74	0,80	1,17	0,65
0,32	0,95	0,75	0,80	1,18	0,65
0,33	0,95	0,76	0,80	1,19	0,64
0,34	0,95	0,77	0,79	1,2	0,64
0,35	0,94	0,78	0,79	1,21	0,64
0,36	0,94	0,79	0,78	1,22	0,63
0,37	0,94	0,8	0,78	1,23	0,63
0,38	0,93	0,81	0,78	1,24	0,63
0,39	0,93	0,82	0,77	1,25	0,62
0,4	0,93	0,83	0,77	1,26	0,62
0,41	0,93	0,84	0,77	1,27	0,62
0,42	0,92	0,85	0,76	1,28	0,62
0,43	0,92	0,86	0,76	1,29	0,61
0,44	0,92	0,87	0,75	1,3	0,61
0,45	0,91	0,88	0,75	1,31	0,61
0,46	0,91	0,89	0,75	1,32	0,60
0,47	0,91	0,9	0,74	1,33	0,60
0,48	0,90	0,91	0,74	1,34	0,60
0,49	0,90	0,92	0,74	1,35	0,60
0,5	0,89	0,93	0,73	1,36	0,59
0,51	0,89	0,94	0,73	1,37	0,59
0,52	0,89	0,95	0,72	1,38	0,59
0,53	0,88	0,96	0,72	1,39	0,58
0,54	0,88	0,97	0,72	1,4	0,58
0,55	0,88	0,98	0,71	1,41	0,58
0,56	0,87	0,99	0,71	1,42	0,58
0,57	0,87	1	0,71	1,43	0,57

Cálculo de la pendiente «m» en terreno

1. En el terreno seleccione la pendiente representativa.
2. En el sentido de la pendiente, mida una distancia horizontal «dh» (nivelada) de un metro (1), manteniendo tensa la cinta (véase gráfico 9).
3. Manteniendo la cinta horizontal, proyecte su extremo sobre el terreno y mida su altura «dv».
4. Calcule la pendiente «m» con la fórmula $m = dv/dh$

Gráfico 9. Cálculo de la pendiente



Ejemplo:

Se midió $dv = 41$ cm. Si el área en el terreno (AP) midió 1.33 ha

Tenemos que $m = dv/dh = 41/100 = 0,41$, entonces área real $AR = AP * FC$, de la tabla 1 obtenemos con $m = 0,41$ un $FC = 0,93$; por lo tanto $AR = 1,33 * 0,93 = 1,24$ ha.

5.4. MEDICIÓN DE DISTANCIAS

5.4.1. Sobre fotografía aérea

Sobre la fotografía aérea se pueden hacer cálculos de distancias en línea recta o curva, correspondientes a rasgos culturales, como vías, oleoductos, canales, cercas, cercas vivas; o naturales como: corrientes de agua, divisorias de aguas, etc. Para el efecto existen varios métodos.

Mediante el uso de la foto ampliada

Primero: Utilizando la regla graduada al milímetro, que viene impresa en acetato en uno de los lados de la malla de puntos (gráfico 8). Se coloca el cero de la regla sobre el punto inicial de la línea curva o recta que se va a medir sobre la foto y se avanza sobre esta línea siguiendo su contorno y marcando sobre la regla segmentos de recta hasta cubrir la distancia a medir. Sobre la regla se lee la distancia total medida. Finalmente se multiplica este valor por el módulo escalar de la foto; efectuando la correspondiente conversión a metros se obtendrá finalmente la distancia en el terreno.

Ejemplo: Determinar la distancia en el terreno entre dos puntos A y B, si en la foto aérea de escala 1: 12.000 se midió por este método una distancia de 5 centímetros entre estos mismos puntos (a y b).

$$\begin{aligned}Dt &= Ef \times df & Dt &= \text{distancia en el terreno entre los puntos A y B} \\df &= \text{distancia en la foto entre los puntos a y b} & df &= 5 \text{ cm} \\Ef &= \text{módulo escalar de la foto} & Ef &= 12.000 \\Dt &= 12.000 \times 5 \text{ cm} & &= 60.000 \text{ cm} = 600 \text{ metros}\end{aligned}$$

Segundo: Sobre un pedazo de papel transparente (o acetato) se dibuja una línea recta de tamaño apropiado, en la cual se marca un punto inicial y un punto final. Se coloca esta hoja haciendo coincidir de manera parcial la línea recta con segmentos a lo largo del rasgo cultural o natural curvado o recto, y cuando se ha cubierto el recorrido entero se mide la longitud avanzada sobre la línea recta en el papel transparente. Finalmente se multiplica este valor por el módulo escalar.

5.4.2. Mediciones en terreno

Primero: Mediante el método de talonamiento. Es normal que durante el desarrollo del trabajo de campo sea necesario estimar la distancia entre dos puntos, especialmente para distancias cortas. Esto es adecuado hacerlo mediante el método de talonamiento, que consiste en la calibración de los pasos y en la obtención del paso promedio de una persona. Para ello se procede de la siguiente manera: se dan 20 pasos continuos en línea recta, se mide la distancia recorrida y se divide por 20, obteniendo así la distancia media recorrida por paso. Esta operación se realiza tres veces, se suman los resultados y se divide por 3, obteniendo así un promedio más real de la distancia promedio recorrida por paso.

Se aconseja realizar de nuevo la calibración del paso, cuando cambie la pendiente o el tipo de terreno, o se fatigue el encuestador, pues de lo contrario se pierde la confiabilidad del paso normal o promedio. Este procedimiento es confiable para medir distancias cortas y en condiciones topográficas homogéneas de terreno.

Ejemplo: Un encuestador realizó tres desplazamientos y en cada uno dio siempre 20 pasos: en el primero recorrió 17 metros, en el segundo 16,80 metros y en el tercero 17,20 metros; su paso normal o promedio será:

Desplazamientos:

Primero = $17,00 \text{ m}/20 = 0,85$ metros

Segundo = $16,80 \text{ m}/20 = 0,85$ metros

Tercero = $17,20 \text{ m}/20 = 0,86$ metros

Suma = 2,56 metros

$$\text{Paso calibrado} = \frac{2.56}{3} = 0,85 \text{ m}$$

Un segundo método para calibrar el paso es midiendo una distancia conocida (se aconseja de 20 metros o más); luego se realizan tres recorridos sobre esta y se cuenta el número de pasos en cada recorrido, se suma el número de pasos de los tres recorridos y luego se dividen entre 3, obteniendo así el promedio de los pasos. Finalmente se divide la distancia conocida (20 metros) entre el promedio de los pasos.

Ejemplo: Un encuestador realiza tres desplazamientos en una distancia de 20 m: en el primer recorrido contó 29 pasos, en el segundo 30 pasos y en el tercero 31; su paso normal o promedio será:

Desplazamientos:

Primero = 29 pasos

Segundo = 30 pasos

Tercero = 31 pasos

$$\text{Paso calibrado} = 20 \text{ m}/30 \text{ pasos} = 0,67 \text{ metros.}$$

Promedio = $90/3 = 30$ pasos

Segundo: Cinta métrica metálica, o de plástico, que es un instrumento sencillo y económico para medir distancias. Estas cintas están arrolladas sobre un carrete especial y graduadas en metros, decímetros y centímetros, o bien en yardas, pies y pulgadas. Se fabrican de diferentes longitudes: 20, 30 y 50 metros. Para medir con ellas una distancia (menor a 2 metros) se estira horizontalmente con las manos uniendo los dos puntos en cada extremo; seguidamente se adelanta la lectura respectiva.

Para distancias mayores hacen falta dos hombres, uno que sostiene un extremo de la cinta métrica en un punto A, y el otro que la extiende horizontalmente sobre el suelo a la altura de la cintura, en la dirección a medir, y marca un punto intermedio que corresponde al final de la cinta; después, el primer hombre se desplaza hasta el punto demarcado y la operación se repite las veces que sean necesarias. La distancia total

es el número de cintas completas (si el encuestador está solo, puede utilizar la cinta directamente sobre el suelo; y si el terreno no es plano, corregir las medidas por la pendiente.

Tercero: Mediante el uso de la cuerda patrón. Al igual que la cinta métrica, la cuerda patrón (25 metros) es un procedimiento muy sencillo para medir distancias y se utiliza igual que la cinta métrica. Cuando las distancias son muy grandes se presenta el riesgo de que no se cuente exactamente el número de cuerdas y no se tome la distancia entre los vértices en línea recta.

5.5. MEDICIÓN DE ÁREAS

En oficina las superficies de los SM se miden utilizando instrumentos de variada precisión y complejidad, como malla de puntos, figuras geométricas, planímetros manuales y digitales y mesas digitalizadoras. En el terreno se utilizan instrumentos sencillos y de menor precisión. Por ejemplo, para la estimación del área de un PSM, lote y potrero se puede hacer uso de los siguientes métodos e instrumentos.

5.5.1. Conceptos importantes en la medición de superficies

Medición de superficies: Es un proceso mediante el cual se estima o calcula una extensión de terreno en dos dimensiones. Al medir el área de un terreno, debe elegirse una unidad de medida. Las unidades de medida más comunes son los centímetros cuadrados, metros cuadrados, kilómetros cuadrados y hectáreas.

Unidad cuadrada: Es un terreno o región cuadrada en la cual cada uno de los lados mide una unidad de longitud.

Superficie medida en el DANE: La superficie que mide el DANE a nivel del marco de áreas (municipio, departamento, región, nacional, estrato, dominio de estudio y uso de la tierra), en cartografía y foto ampliada y en terreno (SM, PSM, lote, potrero y otros usos de la tierra) corresponde a la proyección de un terreno sobre un plano horizontal; esto se debe a que las plantas crecen vertical y no perpendicularmente a la pendiente; lo que requiere una planta para su crecimiento es algún cilindro vertical de suelo. Este concepto coincide con el de la cartografía donde se mide la superficie del marco, el cual es una proyección ortogonal del terreno.

Superficie bruta: Es aquella área que incluye además del uso específico de un terreno otras categorías de uso o cobertura como las vías de aprovechamiento, caminos, senderos, áreas degradadas, zanjas, cercas vivas, afloramientos rocosos, cuerpos de agua, etc. Este concepto para el DANE se refiere a las clases de categorías del uso de



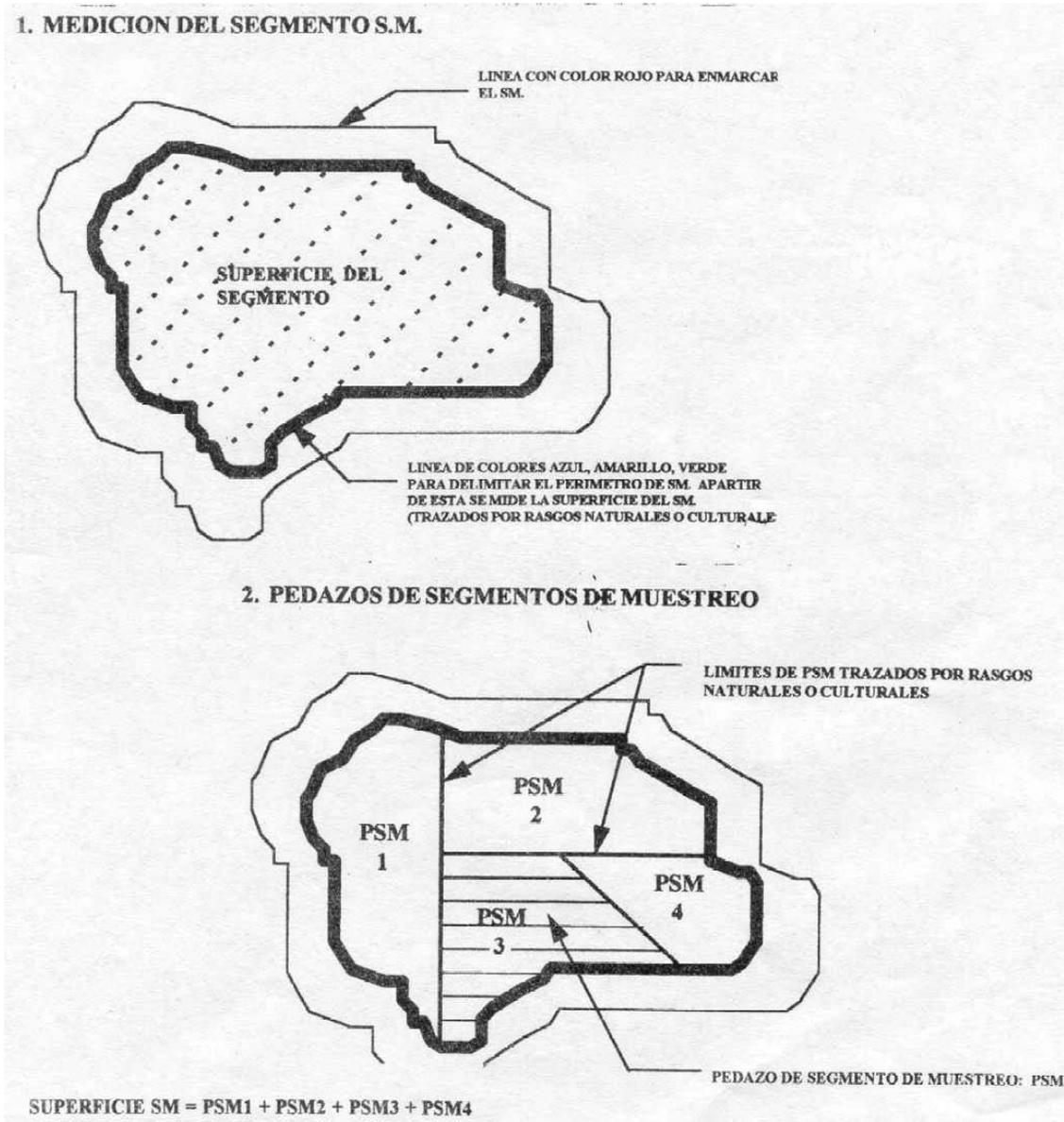
la tierra que se registra en el capítulo III del cuestionario de las encuestas agropecuarias.

Superficie neta: Se refiere a las superficies efectivamente dedicadas a un uso de la tierra específico, donde se excluyen las áreas no utilizadas o de otros usos. Para el caso del DANE se aplica este concepto a los lotes de cultivos y potreros, que son la mínima unidad de observación en campo y a partir de la cual se construyen los indicadores de rendimiento y producción de cultivos y capacidad de carga de los pastos a nivel de potreros.

Superficie total del SM: Es la suma de la superficie de todos los PSM que componen el SM. Este incluye tanto los PSM donde se desarrollan actividades agropecuarias como los PSM no agropecuarios, donde se desarrollan actividades acuícolas, granjas de investigación, fincas de recreo, tierras erosionadas y explotaciones mineras.

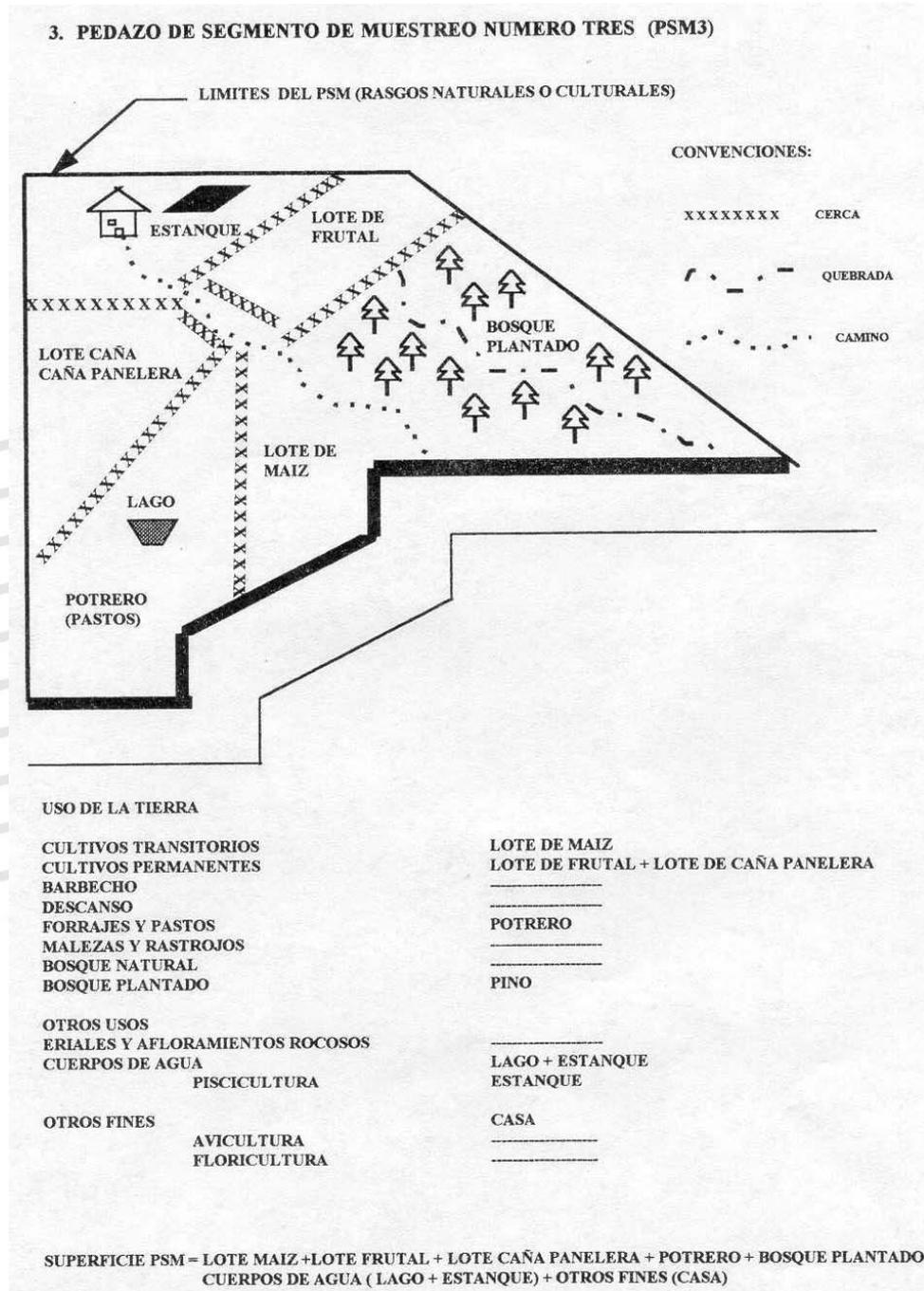
Superficie total del PSM: Es la suma de la superficie de todos los lotes (cultivos, barbecho y descanso), potreros, tierras en bosques, cuerpos de agua, vías en general, áreas erosionadas, superficies bajo infraestructura y vivienda del productor ubicado dentro del PSM. La tierra de propiedad del productor pero arrendada a otros no se incluye en la superficie total del PSM, ya que para este caso constituye otro PSM. La superficie total del PSM debe ser igual al total de las superficies dedicadas a las formas de aprovechamiento de la tierra del PSM.

Gráfico 10. Esquemas generales de trazado y delimitación de SM y PSM



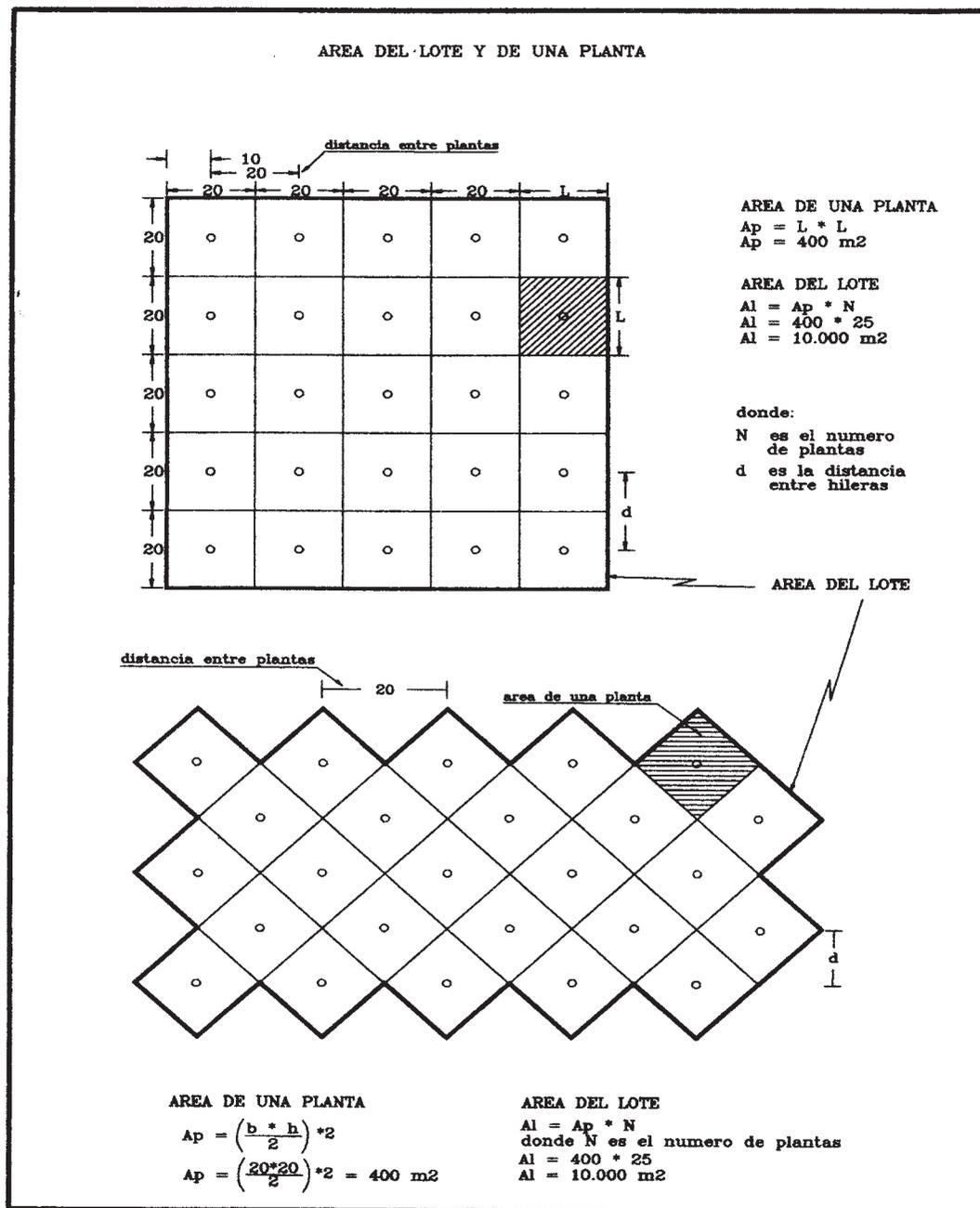
Fuente: DANE.

Gráfico 11. Esquema gráfico de registro del uso de la tierra y cultivos a nivel de PSM



Fuente: DANE.

Gráfico 12. Área del lote y de una planta



Fuente: DANE.

5.5.2. Medición mediante el uso de la fotografía aérea

Primero. Utilizando la malla de puntos: La malla de puntos es un acetato transparente, en el cual está impresa una serie de cuadrados de 1 centímetro de lado dispuestos en forma de cuadrícula y una malla de puntos también dispuestos a 0,5 centímetros de distancia entre ellos.

Este acetato permite la observación simultánea del área que se va a medir (PSM, potrero o lote) y los puntos y la cuadrícula de la malla. En la práctica, con esta malla se emplean las siguientes fórmulas:

$$AT = Np \times Ap$$

AT = área en el terreno
Np = número de puntos encontrados dentro del área a medir
Ap = área que representa un punto en el terreno
d = distancia entre puntos en la malla (0,5 cm) o longitud de un lado del cuadrado (1 cm)
Ef = módulo escalar de la foto ampliada (escala de la foto)

$$Ap = d^2 \times Ef^2$$

Es de anotar que el área calculada mediante esta fórmula resultará dada en centímetros cuadrados, lo que implica hacer las respectivas conversiones a metros cuadrados y después a hectáreas.

Despejando y llevando a hectáreas, se obtiene una fórmula que permite calcular el área directamente en hectáreas, siempre y cuando la distancia entre puntos sea de 0,5 centímetros:

$$AT = \left[\frac{Ef}{20.000} \right]^2 \times Np$$

AT = área en el terreno directamente en hectáreas
Ef = módulo escalar de la foto (denominador de la escala de la foto)
Np = número total de puntos encontrados en el área a medir (PSM, lote o potrero)
20.000 = constante de conversión a hectáreas

Nota: Cuando se cuentan cuadrados de 1 centímetro de lado en vez de puntos, se utiliza 10.000 como constante, obteniéndose el área directamente en hectáreas; y cuando se utilizan los cuadros de un milímetro de lado (recuadro superior izquierdo de la malla de puntos, gráfico 11) se utiliza como constante 100.000 para obtener el área directamente en hectáreas. Igual ejercicio se puede adelantar cuando se trabaja en unidades de superficie diferentes a hectáreas, por ejemplo fanegadas.

$$AT = \left[\frac{Ef}{16.000} \right]^2 \times Np$$

AT = área en el terreno directamente en fanegadas
Ef = módulo escalar de la foto (escala de la foto)

N_p = número total de puntos encontrados en el área a medir (PSM, lote o potrero)

16.000 = constante de conversión para fanegadas

$$AT = \left[\frac{Ef}{200} \right]^2 \times N_p$$

AT = área en el terreno directamente en metros²

Ef = módulo escalar de la foto (escala de la foto)

N_p = número total de puntos encontrados en el área a medir (PSM, lote o potrero)

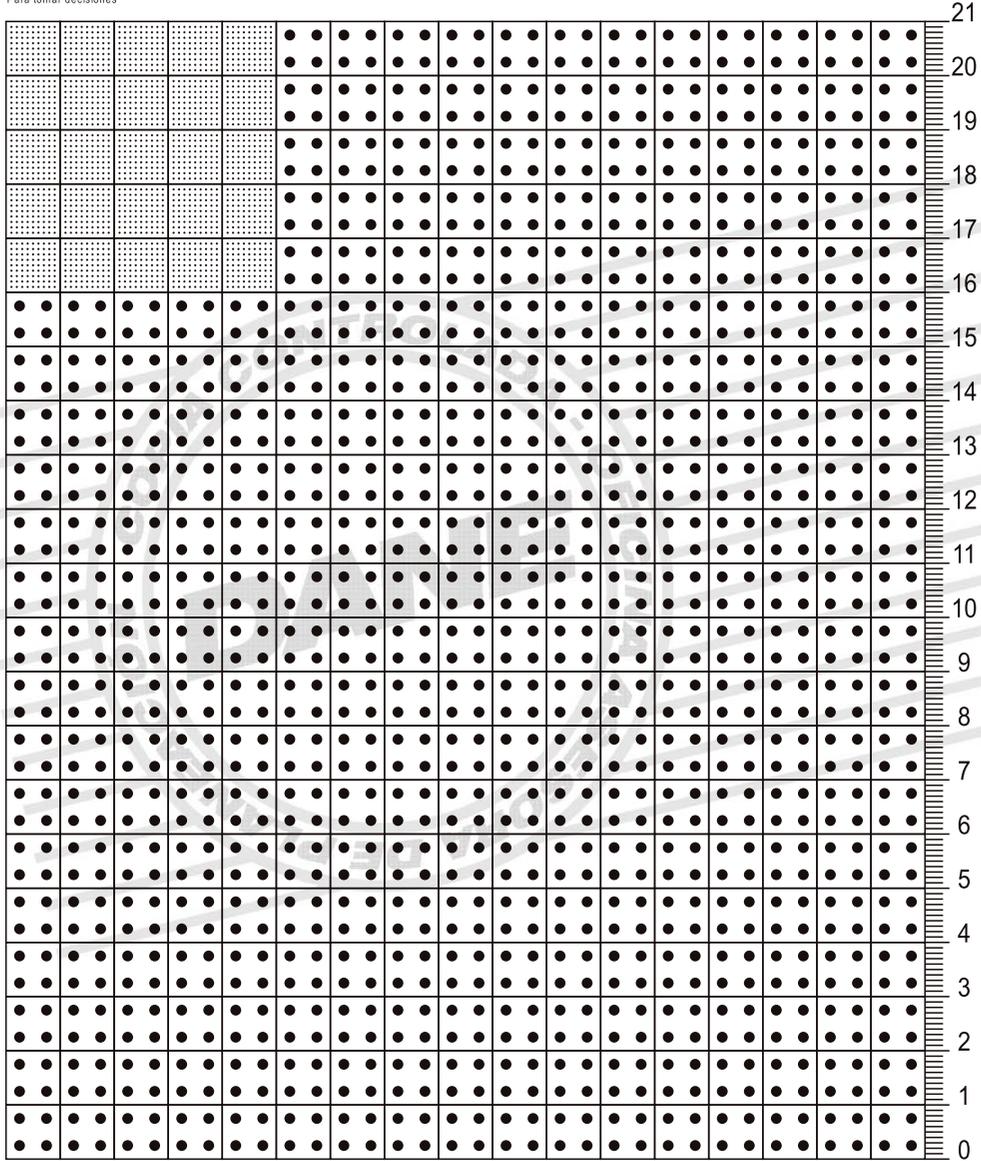
200 = constante de conversión para metros cuadrados

Pasos a seguir en la medición de áreas con malla de puntos y cuadrados.

- . En la fotografía aérea ampliada se ubica el PSM, lote o potrero a medir.
- . Se coloca al azar la malla de puntos sobre la foto y se cuentan los puntos que quedaron dentro del área a medir.
- . Se cuentan también los puntos que cayeron sobre el perímetro del área a medir y *este valor se divide por 2*.
- . Se suman los puntos que cayeron dentro del área con los que cayeron sobre el perímetro y este número es el que se reemplaza en la fórmula (N_p).
- . Se recomienda hacer este procedimiento (3) *tres veces* y obtener un promedio de puntos.
- . Se reemplazan estos valores en la fórmula y se obtiene el área en hectáreas.
- . Cuando se utilizan cuadrados de 1 centímetro de lado en vez de puntos, se cuentan los cuadrados completos que están dentro del perímetro del área a medir y a estos se les suma la mitad de los cuadrados incompletos que toquen o corten el perímetro del área que se esté midiendo. La malla de puntos trae además un recuadro al milímetro, el cual está diseñado para calcular la superficie de PSM, lotes o potreros pequeños; en este caso el procedimiento es el mismo que para los cuadrados de centímetro, pero la constante de conversión a utilizar es 100.000 para obtener directamente hectáreas.



MALLA DE PUNTOS (MEDICIÓN DE ÁREAS)



ÁREA EN EL TERRENO (AT)
(En hectáreas)

$$AT = \left(\frac{Ef}{20.000} \right)^2 \times No. \bullet$$

(En hectáreas)

$$AT = \left(\frac{Ef}{10.000} \right)^2 \times No. \square$$

(En fanegadas)

$$AT = \left(\frac{Ef}{16.000} \right)^2 \times No. \bullet$$

(En hectáreas)

$$AT = \left(\frac{Ef}{100.000} \right)^2 \times No.$$

(En metros²)

$$AT = \left(\frac{Ef}{200} \right)^2 \times No. \bullet$$



Ejemplo para calcular el área del PSM con malla de puntos.

Número de puntos promedio internos = 317
Número de puntos promedio sobre el límite: $48/2 = 24$
Número total de puntos (N_p) = 341
Escala media del PSM en la foto = 1: 8.800
Área en el terreno = $(8.800/20.000)^2 \times 341 = 66,02$ ha

La anterior información se transcribe al formulario DANE 01 de la Encuesta Nacional Agropecuaria, capítulo III, Superficie Total y Aprovechamiento de la Tierra en el PSM ; lo encontrado el día de la entrevista, en las secciones que se muestran en el gráfico 14.

Gráfico 14. Cálculo del área del PSM mediante la aerofotografía

UNIDAD DE MEDIDA UTILIZADA POR EL ENCUESTADO		
Hectárea	1	= 10.000 m ²
Fanegada, cuadra, plaza	2	= 6.400 m ²
Metro cuadrado	3	= 1 m ²
Otra	4	¿Cuál?

Equivalencia en m² _____ Dimensiones _____m X _____m

CÁLCULO DEL ÁREA DEL PSM (Mediante la aerofotografía)							
Escala utilizada	1: _____						
Área malla	_____						
Promedio	<table border="1"><tr><td>Internos</td><td>_____</td></tr><tr><td>Límites</td><td>_____</td></tr><tr><td>Total</td><td>_____</td></tr></table>	Internos	_____	Límites	_____	Total	_____
Internos	_____						
Límites	_____						
Total	_____						
Unidad de medida:	<table border="1"><tr><td>Hectárea</td><td>1</td></tr><tr><td>Fanegada</td><td>2</td></tr><tr><td>Metro²</td><td>3</td></tr></table>	Hectárea	1	Fanegada	2	Metro ²	3
Hectárea	1						
Fanegada	2						
Metro ²	3						
Obtenida por:	<table border="1"><tr><td>Cuadros</td><td>1</td></tr><tr><td>Puntos</td><td>2</td></tr><tr><td>P. Milimétrica</td><td>3</td></tr></table>	Cuadros	1	Puntos	2	P. Milimétrica	3
Cuadros	1						
Puntos	2						
P. Milimétrica	3						

NOTA IMPORTANTE : Si el PSM es pequeño, entre 5.000 y 15.000 metros cuadrados, debe utilizar la cuadrícula de milímetros de la malla de puntos. El proceso de cálculo es idéntico. Si el PSM es menor de 5.000 metros cuadrados, la malla de puntos no es buena herramienta; en estos casos, para medir la superficie, se utilizan los otros métodos de medición en campo: talonamiento, cinta métrica, área por planta y cuerda patrón. Para estas áreas inferiores a 5000 metros cuadrados solo se registrará en el área en el espacio área malla, los espacios de escala utilizada; puntos promedio se dejan en blanco.

Segundo. Cálculo del área por medio de figuras geométricas:

- . Delimite en la foto aérea ampliada el PSM, lote o potrero a medir.
- . Observe cuidadosamente su perímetro y trace dentro de él figuras geométricas sencillas: cuadrados, rectángulos, triángulos, paralelogramos y trapecios;

procurando dividir el área a medir en el mínimo posible de figuras simples, hasta cubrir completamente el área encerrada dentro del perímetro, buscando además que se compensen en la mejor forma posible las áreas suprimidas con las agregadas.

. Haga las mediciones necesarias y calcule el área para cada una de estas figuras geométricas, luego súmelas y obtenga el área en la foto (Af) en centímetros cuadrados para el PSM, lote o potrero.

. Aplique la siguiente fórmula:

$$AT = Af (Ef)^2$$

AT = área en el terreno

Af = área en la foto en centímetros cuadrados

Ef = módulo escalar de la foto

. Haga las conversiones necesarias de centímetros cuadrados a metros cuadrados y a hectáreas.

Como ejemplo de aplicación obsérvese el gráfico 15.

Mediciones y cálculos:

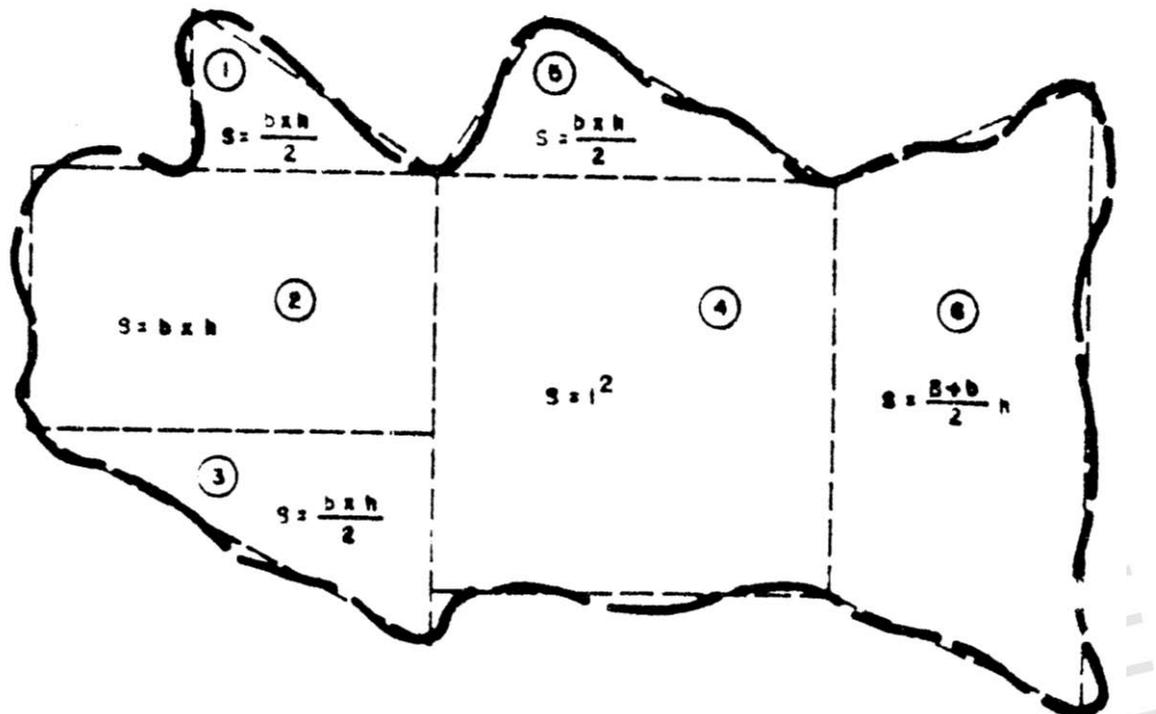
Triángulo	1. área = (b x h) / 2	= (2,5 cm) x (1,5 cm) / 2	=	1,88 cm ²
Rectángulo	2. área = (b x h)	= (4,0 cm) x (2,5 cm)	=	10,00 cm ²
Triángulo	3. área = (b x h) / 2	= (4,0 cm) x (2,0 cm) / 2	=	4,00 cm ²
Cuadrado	4. área = (l x l)	= (4,0 cm) x (4,0 cm)	=	16,00 cm ²
Triángulo	5. área = (b x h) / 2	= (4,0 cm) x (1,5 cm) / 2	=	3,00 cm ²
Trapezio	6. área = [(B + b) / 2] x h	= [(6,0 cm + 4,0 cm) / 2] x (2,5 cm)	=	12,50 cm ²

Luego el área total de las figuras geométricas obtenida en la foto es igual a 47,38 cm²
La escala media (Ef) de la foto es 1: 10.000.

Aplicando la fórmula: $AT = 47,38 \text{ cm.}^2 \times (10.000)^2 = 4.738.000.000 \text{ cm}^2 = 473800 \text{ m}^2$
que convertidos a hectáreas son iguales a 47,38 ha que es el área en el terreno representada por las figuras geométricas.

NOTA: 1 METRO CUADRADO = 10.000 CENTÍMETROS CUADRADOS; 1 HECTAREA = 10.000 METROS CUADRADOS

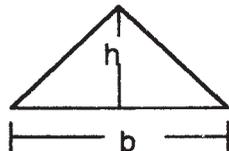
Gráfico 15. Cálculo de áreas a partir de figuras geométricas



En el gráfico 16 se presentan las fórmulas para el cálculo de áreas de las figuras geométricas más usuales.

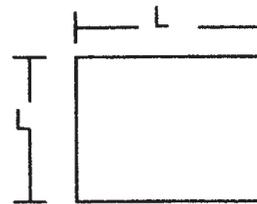
Gráfico 16. Fórmulas para el cálculo de áreas de las figuras geométricas más usuales

1. Superficie del triángulo:



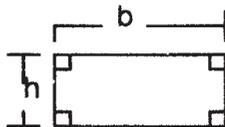
$$A = \frac{b \times h}{2}$$

3. Superficie de un cuadrado:



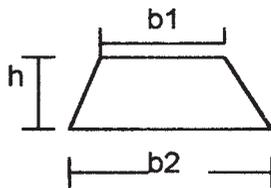
$$A = L \times L$$

2. Superficie de un rectángulo:



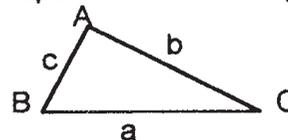
$$A = b \times h$$

4. Superficie de un trapecio:



$$A = 1/2 h (b1 + b2)$$

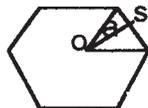
5. Superficie de un triángulo:



$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$s = 1/2 (a + b + c)$$

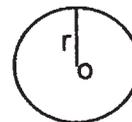
6. Superficie de un polígono:



$$A = 1/2 a \times p$$

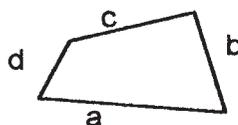
$$p = \text{No. de lados} \times s$$

7. Superficie de un círculo:



$$A = \pi \times r^2$$

8. Superficie de un cuadrilátero con lados desiguales:



$$A = \frac{(a + c)(b + d)}{4}$$

5.5.3. Medición en terreno

Estimación de superficies a partir del *número total de plantas* (de algunos cultivos transitorios y permanentes en general) plantado o sembrado en un lote. Lo más corriente es que el informante idóneo (productor, familiar del productor, mayordomo, administrador o el trabajador con experiencia) sabe cuántas plantas existen en el lote, pero desconoce el área. Para estos casos se deberá utilizar la siguiente fórmula:

$$AT = \frac{(da \times ds) \times NP}{Ha \text{ o } Fn}$$

NP = Número total de plantas
ha o Fn = Unidades de superficie (hectárea o fanegada)
da = distancia de siembra entre árboles o plantas
ds = distancia de siembra entre surcos

Ejemplo: Se desea estimar la superficie de un lote cafetero, del cual se sabe que tiene 7.500 cafetos plantados a una distancia de 1,20 m entre plantas y 1,50 m entre surcos.

- . Primero: Se verifica la distancia de siembra entre plantas (da) y la distancia entre surcos (ds) en el lote mediante talonamiento o el uso de una cuerda.
- . Segundo: Se calcula el área ocupada por una planta multiplicando la distancia de siembra por la distancia entre surcos. En el ejemplo: 1,20 m x 1,50 m = 1,80 m² por planta.
- . Tercero: Se multiplica el anterior resultado por el número total de plantas en el lote: 7500 plantas x 1,80 m² = 13.500 m² que se convierten luego a hectáreas, dividiendo por 10.000 = 1,35 hectáreas que es el área aproximada del lote.

Si el encuestado no conoce el número de plantas en el lote:

- . Cuente el número de plantas a lo largo de un surco.
- . Cuente el número de surcos en el lote.
- . Calcule el número de plantas en el lote multiplicando el número de surcos por el número de plantas por surco.
- . Mida la distancia de siembra entre plantas y la distancia entre surcos.
- . Calcule el área ocupada por una planta multiplicando la distancia de siembra por la distancia entre surcos.
- . Multiplique el área ocupada por planta por el número de plantas y obtendrá el área del lote en metros cuadrados (m²).



- . Divida por 10.000 y obtendrá el área del lote en hectáreas.

Si el encuestado conoce el área plantada pero desconoce el número de plantas o de árboles en el lote y la plantación no tiene distancias de siembra bien definidas, o no presenta una distribución regular, se puede calcular el número de árboles o plantas sembradas en el lote utilizando el método de la cuerda (de 20 metros) así:

- . Seleccione un área representativa del lote.
- . Dentro del área escogida tome como punto de partida el punto medio entre dos árboles o plantas consecutivas y seleccionadas al azar. Hacia la derecha mida una distancia de 5 metros, a partir del punto donde está parado (punto medio entre dos plantas), gire sobre este punto a la derecha formando un ángulo de 90 grados y mida 4 metros, gire de nuevo 90 grados sobre este último punto y mida otros 5 metros; desde este punto, visualice el punto inicial (de partida) y cierre el rectángulo formado, cuya área es de 20 m².
- . Proceda luego a contar el número de árboles o plantas que hay dentro del rectángulo demarcado.
- . Haga una segunda medición en otro sitio al azar dentro del lote y anote por separado el número de árboles o plantas que resulte.
- . Sume el número de árboles o plantas encontrados en los dos sitios de información y divida por dos para obtener el promedio.
- . Se calcula el número total de árboles o plantas en el lote aplicando una regla de tres simple directa.
- . Si se observa que la densidad de siembra es muy variable en el lote, *tome cuatro mediciones.*

Ejemplo: Calcular el número de árboles plantados en un área de 12.000 m² (1,2 ha), teniendo en cuenta que en el primer sitio de muestreo de 20 m² se contaron 8 árboles y en el segundo sitio también de 20 m² se encontraron 10 árboles.

Entonces: $8 + 10 = 18$ $2 = 9$ árboles en 20 m²

si en 20 m² ----- hay 9 plantas
en 12.000 m² (área del lote) ----- ¿cuántas plantas habrá?

⇒ 9 árboles x 12.000 m²/20 m² = 5.400 árboles

Cálculo del número de árboles de un lote plantados en fajas.

Cuando se encuentra un lote en el cual los árboles o plantas están sembrados en hileras o surcos formando fajas dobles, triples, quintuples, etc. para calcular el número de árboles o plantas se aplica el siguiente procedimiento:

- . Mida la distancia entre plantas tomada entre la base del tallo o tronco de dos árboles consecutivos.
- . Mida la distancia entre surcos.
- . Cuando el lote presenta fajas, se determinará la distancia media entre surcos a partir de la distancia entre fajas y entre surcos de una misma faja. Existen fajas dobles, triples quintuples, y así sucesivamente. Una faja doble consta de dos surcos, una triple consta de tres surcos, etc.

Cuando hay fajas, para determinar la distancia media entre surcos (DMS), se procede así:

$$DMS = DF + (n - 1) \times DS / n$$

Donde: DMS = distancia media entre surcos.

DF = distancia entre fajas.

DS = distancia entre los surcos de una faja.

n = número de surcos que tiene una faja.

«TENER EN CUENTA PARA TODAS LAS MEDIDAS DE DISTANCIA EN TERRENO»

La medida de distancia entre plantas y entre surcos se debe tomar en forma horizontal a través de la pendiente, como se muestra en el gráfico 17. Así mismo las áreas que registra el DANE no corresponden a las medidas sobre la pendiente sino las proyectadas sobre un plano horizontal.

Gráfico 17. Tipos de superficies; efectiva y real

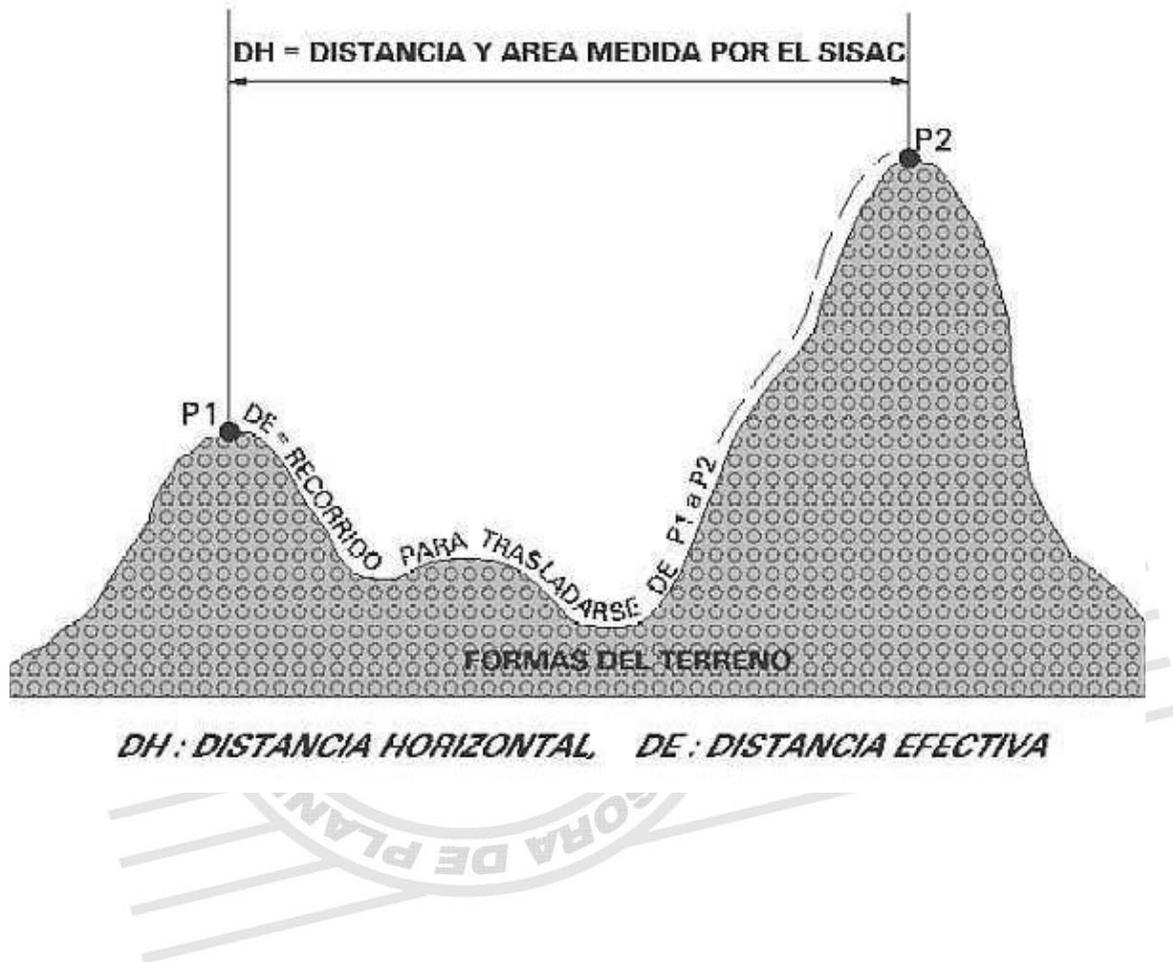
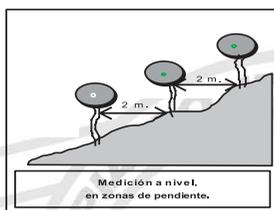
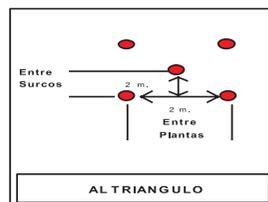
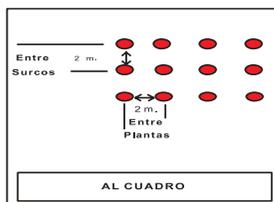


Gráfico 18. Metodología de medición del número de plantas bajo el esquema de fajas

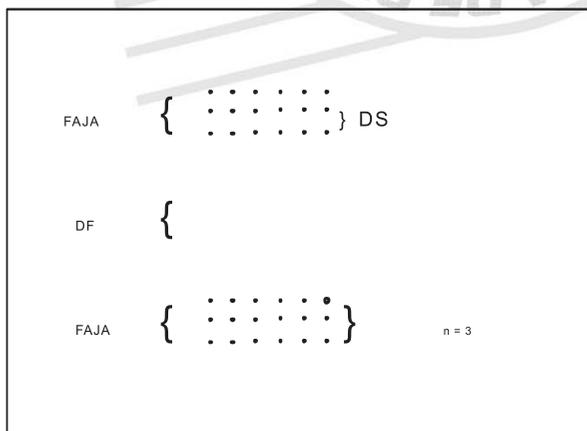


Cuando hay fajas, la distancia media entre surcos se calcula así:

$$DMS = \frac{DF + (n - 1) \times DS}{n}$$

Donde:

DMS = distancia media entre surcos
 DF = distancia entre fajas
 DS = Distancia entre los surcos de una faja
 n = Número de surcos que tiene una faja



Fuente: Federación Nacional de Cafeteros, 1993.

**Número de plantas por hectárea a diferentes
distancias de siembra entre surcos y entre plantas**

Distancia de siembra (cm)		Núm. plantas por ha*
Entre surcos	Entre plantas	
60	20	83333
120	40	20833
120	35	23810
100	40	25000
150	30	22222
150	15	44444

* Sembrando o plantando planta por sitio

5.6. FÓRMULAS DE FOTOGRAMETRÍA

$$\text{Escala de la foto} = \frac{1}{Ef} = \frac{df}{Dt} \Rightarrow Ef = \frac{Dt}{df}$$

$$\text{Escala de la foto} = \frac{1}{Ef} = \frac{df}{Dm \times Em} \Rightarrow Ef = \frac{Dm \times Em}{df}$$

Escala de la foto a partir de las áreas del mapa y la foto ampliada expresada en unidades de superficie de cuadro, puntos, micropuntos, centímetros cuadrados, metros cuadrados o hectáreas.

$$Ef = \sqrt{\frac{Am \text{ (cuadros o puntos)}}{Af \text{ (cuadros o puntos)}}} \times Em$$

Am: Área en el mapa expresada en cuadros de un centímetro cuadrado o puntos cada medio centímetro.

Af: Área en el mapa expresada en cuadros de un centímetro cuadrado o puntos cada medio centímetro.

Distancias en terreno $DT = df \times Ef$ o $DT = dm \times Em$

(con foto)

(con mapa)

Área en terreno $AT = Af \times Ef^2$

o

$AT = Am \times Em^2$

(con foto)

(con mapa)

$AT = Ap \times Np$

donde: $Ap = d^2 \times Ef^2$

(con malla de puntos)

Ef = módulo escalar de la fotografía	Em = módulo escalar del mapa
Df = distancia en la fotografía	Dm = distancia en el mapa
DT = distancia en el terreno	AT = área en el terreno
Af = área en la fotografía	Am = área en el mapa
Ap = área para un punto de la malla	Np = número de puntos
d = distancia entre puntos o longitud de un lado del cuadrado en la malla	

5.7. USO DE LA TABLA DE DENSIDADES SEGÚN DISTANCIAS DE SIEMBRA

El número de plantas por unidad de área (hectárea o fanegada) se puede obtener a partir de una tabla o se puede calcular directamente aplicando relaciones matemáticas sencillas. En la tabla de densidades se trabaja con tres figuras geométricas: cuadro, rectángulo y triángulo.

Hay que tener en cuenta varios aspectos para el cálculo de plantas por hectárea:

1. La figura geométrica que forman las plantas o sistema de plantación o siembra.
2. El área de una planta (distancia entre plantas por distancia entre hileras, para rectángulo y cuadrado o base por altura sobre 2 para el triángulo).
3. Selección de la unidad de área (ha o Fn).
4. Aplicación de la fórmula (o uso de la tabla de densidades).



$$\text{Núm. de plantas x Unidad de área} = \frac{\text{Unidad de área expresada en metros cuadrados}}{\text{Área de una planta expresada en metros cuadrados}}$$

$$\text{Núm. de plantas / ha} = \frac{10.000 \text{ metros cuadrados}}{\text{Distancia entre plantas x distancia entre hileras (m}^2\text{)}}$$

$$\text{Núm. de plantas / Fn} = \frac{6.400 \text{ metros cuadrados}}{\text{Distancia entre plantas x distancia entre hileras (m}^2\text{)}}$$

Las anteriores fórmulas son válidas para las figuras geométricas cuadro, rectángulo y triángulo (la distancia entre hileras está medida sobre el lado del triángulo); así mismo para terrenos planos; si se utilizan en terrenos inclinados hay que realizar las mediciones en terreno (distancias entre plantas o distancias entre hileras) en forma horizontal o aplicar un factor de conversión por pendiente.

La tabla de densidades anexa se puede utilizar simultáneamente para la determinación del número de plantas por hectáreas de tres tipos de figuras geométricas: cuadro y rectángulo de la diagonal principal hacia la derecha y triángulo de la diagonal hacia la izquierda. Es importante indicar que para la figura geométrica triángulo hay una variante y es si la medida de un lado del triángulo es la altura o la longitud del lado; para este caso, la tabla está diseñada con longitud del lado y no la altura del triángulo. Por ejemplo:

- . Distancia entre plantas o base del triángulo = 1,2 metros
- . Longitud de un lado del triángulo (distancia entre hileras medida sobre el lado del triángulo) = 1,2 metros

Primero: Cálculo de la altura del triángulo: $h = 1,039230$ metros

Segundo: Cálculo del área de una planta sembrada en triángulo: $1,247076 \text{ m}^2$

Tercero: Aplicación de la formula general: $8.018,80$ plantas/ha.



MANUAL DE USO DE FOTOGRAFÍA AÉREA
Y CARTOGRAFÍA TOPOGRÁFICA

CÓDIGO: PES-ENA-
MOT- 02
VERSIÓN: 07
PAGINA: 56
FECHA: 16-09-2013

Tabla de densidades según distancias de siembra o plantación (número de plantas por hectárea a diferentes distancias de siembra en rectángulo y triángulo)

Triángulo	Rectángulo	Base										
M	M	1,0	1,2	1,4	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
	1,0	10000	8333,3	7142,9	6666,7	5000	4000	3333,3	2500	2000,0	1666,7	1428,6
1,0		11547										
	1,2		6944,4	5952,4	5555,6	4166,7	3333,3	2777,8	2033,3	1666,7	1388,9	1190,5
1,2		9167	8018,8									
	1,4			5102	4761,9	3571,4	2857,1	2381	1785,7	1428,6	1190,5	1020,4
1,4		7647,2	6588,1	5891,3								
	1,5				4444,4	3333,3	2666,7	2222,2	1666,7	1333,3	1111,1	953,4
1,5		7071,1	6061,6	5384,1	5132,0							
	2,0					2500,0	2000,0	1666,7	1250,0	1000,0	833,3	714,3
2,0		5164,6	4367,9	3812,6	3597,7	2888,8						
	2,5						1600,0	1333,3	1000,0	800,0	666,7	571,4
2,5		4082,5	3433,7	2976,2	2975,4	2182,2	1847,5					
	3,0							1111,1	833,3	666,7	555,5	476,2
3,0		3380,8	2835,1	2448,5	2295,1	1767,8	1466,7	1283,0				
	4,0								625,0	500,0	416,7	357,1
4,0		2519,8	2107,2	1813,7	1698,8	1291,0	1052,7	898,9	721,7			
	5,0									400,0	333,3	285,7
5,0		2010,1	1678,8	1442,8	1348,6	1020,6	826,2	698,9	545,5	461,9		
	6,0										277,8	238,1
6,0		1672,5	1395,9	1198,7	1119,9	845,2	681,6	573,8	441,9	366,7	320,8	
	7,0											204,1
7,0		1432,2	1194,9	1025,5	957,9	721,7	580,8	487,5	372,7	305,9	263,5	235,7

	Tabla de conversión	
Multiplicar	Por	Para obtener
Hectáreas	10.000	Metros cuadrados
Metros cuadrados	0,0001	Hectáreas
Hectáreas	1,5625	Fanegadas
Fanegadas	0,64	Hectáreas
Acres	0,4046856	Hectáreas
Millas cuadradas	258,9988	Hectáreas
Kilómetros cuadrados	100	Hectáreas
Hectáreas	0,01	Kilómetros cuadrados



6. COMPARACIÓN ENTRE FOTOS AÉREAS Y MAPAS

Mapa	Fotografía aérea
Proyección ortogonal	Proyección central
Escala uniforme	La escala varía en función de las diferencias de nivel (alturas)
Representación geométrica correcta	Representación geométrica no correcta por: <ul style="list-style-type: none">. Desplazamiento debido al relieve.. Desplazamiento debido a la inclinación.. Distorsión de la lente.
Selección de objetos. Todos los objetos, incluso los no visibles, son representables.	Todos los objetos son visibles.
Los elementos aparecen desplazados de su posición real y en tamaño diferente del real debido al proceso de generalización, exageración y simbolización.	Los objetos aparecen desplazados y desfigurados por las deformaciones geométricas.
Es una representación abstracta en la que los símbolos son indispensables.	Es una representación real de la corteza terrestre en la que la leyenda no es indispensable.

6.1. MANEJO DE MAPAS TOPOGRÁFICOS A ESCALA 1: 25.000

Este tipo de cartografía constituye la carta básica del país, también producida por el IGAC por medio de sistemas fotogramétricos, con instrumentos de primer orden. La mayoría de estas cartografías son originales sobre material plástico de alta estabilidad dimensional, que permite la obtención de copias heliográficas.

El área que cubre una plancha topográfica a escala 1: 25.000 es de 60 x 40 cm, en la cual *1 cm sobre el mapa representa 250 m en el terreno y 1 cm² representa 6,25 hectáreas*. La cuadrícula de este mapa (4 x 4 cm) representa 100 hectáreas o 1 km² en el terreno. Así, el área total en terreno es de 15.000 hectáreas o 150 km². Dieciséis (16) planchas a escala 1: 25.000 forman una plancha a escala 1: 100.000.

La utilidad de las planchas 1:25.000 para el DANE es que presentan 43 tipos de convenciones a diferencia de las 1:100.000 que solo tienen 16; además, el intervalo entre curvas de nivel es de 25 metros. Esto permite la perfecta delimitación del área de trabajo (SM) y es herramienta básica para que el encuestador se ubique y visualice



junto con la aerofotografía el área de estudio (la forma del relieve, el drenaje y las vías de acceso), analice la distribución de viviendas en los PSM y finalmente programe el recorrido del segmento.





7. CONTROL DE CALIDAD DE LA MEDICIÓN DE SUPERFICIES A NIVEL DE SM, PSM, LOTES Y POTREROS

7.1. A NIVEL DEL SEGMENTO DE MUESTREO

En este nivel, el DANE calcula en oficina la superficie del SM sobre cartografía 1:25.000 y sobre la foto ampliada con planímetro digital. Es importante indicar que el área verdadera del SM es la medida sobre la cartografía y el dato obtenido sobre la foto ampliada debe ser igual o estar muy cerca de ella (menor al 3% en zonas planas y menor al 10% en zonas quebradas). El encuestador deberá tener en cuenta la diferencia de los datos de superficie del SM entre la cartografía y foto ampliada (por efectos de la proyección central, se generan deformaciones y distorsiones de las formas del terreno) para la medición del PSM y ajuste del área del SM al área verdadera de la foto ampliada.

Los datos de área del SM a nivel de la plancha y foto ampliada se le entregarán al personal de campo, a través del formato de envío a las UROS DANE. Es necesario recalcar que el área del SM es una sola, la correspondiente a la medida obtenida sobre la cartografía, y es el valor que a nivel del SM se debe obtener una vez culminada la encuesta dentro de los rangos definidos anteriormente.

7.2. A NIVEL DEL PSM

A nivel del PSM, el DANE adelanta una serie de actividades que procuran obtener un buen dato de superficie. Los procedimientos varían de acuerdo con la topografía del terreno, así:

Regiones planas con pendiente menor al 15% y en regiones con pendientes mayores al 15%.

Para la región 1 en oficina se calcula la escala promedio de la foto a nivel del SM a partir del promedio de tres lecturas equidistantes del SM. Este dato se le entregará al encuestador, con el fin de que no tenga necesidad de calcular escalas de la foto ampliada en terreno y mejorar el dato de escala y, por ende, el de la superficie del PSM y SM.

A nivel de la región 2, o con pendientes mayores al 15%, se identifican en la cartografía y foto ampliada varias zonas que pueden ser: Alta, Media y Baja o zona 1, zona 2 y zona 3. Para cada una de estas zonas se calcula la escala promedio a partir de tres lecturas equidistantes. Los datos de escala de las regiones se registran en la foto ampliada y cartografía, y además en el formato de la muestra que tiene el supervisor



Con esta información se pretende que el encuestador tome el dato de escala promedio del PSM y no lo calcule en terreno; de esta manera se garantiza una mejor medida de superficie del PSM y que el dato promedio se obtenga a partir de los datos de escalas promedio de las zonas y de acuerdo con la ubicación del PSM en el SM.

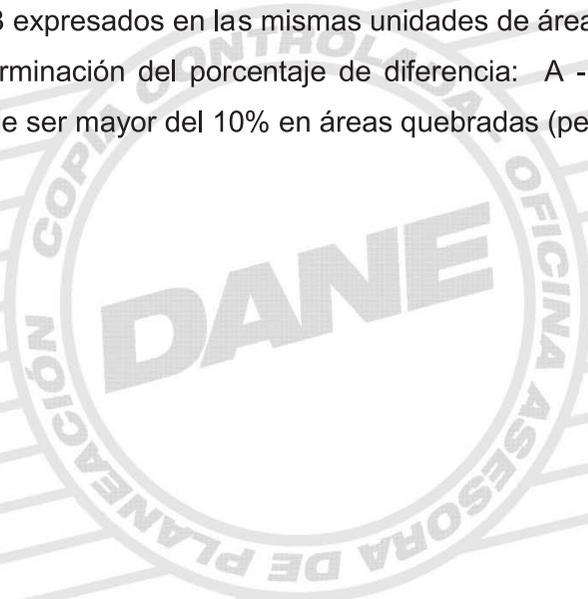
La medida obtenida del PSM depende de varios factores:

1. Una buena delimitación del PSM en la foto ampliada, que los límites del PSM hayan quedado bien identificados y los trazos de la delimitación sean delgados y sobre los rasgos culturales o naturales correctos.
2. Que la escala promedio obtenida refleje la ubicación real del PSM en las regiones identificadas en la foto ampliada y cartografía.
3. De una buena medición de la superficie del PSM de acuerdo con las instrucciones definidas en el uso de la malla de puntos o de figuras geométricas.
4. De la ubicación del SM-PSM en la foto ampliada con relación a centro de la foto de contacto y la diferencia de alturas del terreno a nivel del PSM. Dependiendo de la mayor o menor altura del terreno y mayor o menor distancia con relación al centro de la foto de contacto, la distorsión y deformación en la foto ampliada será mayor o menor. Esta circunstancia de orden técnico incide en la medición de la superficie del SM en grado variable, el cual se debe tener en cuenta para el cierre del área a nivel del SM.

El área del PSM medido sobre la foto ampliada se debe chequear con el dato del productor; si el PSM coincide con la finca, el encuestado conoce el dato de superficie; si los límites de la finca no coinciden con los límites del PSM, el encuestado no conoce la superficie del PSM y este se obtiene a partir de la suma de los lotes y potreros que sí conoce el productor. Las diferencias con relación a la medida para la región 2 *no deben ser mayores al 10%*. No olvidar que el área que se quiere registrar es la proyectada en un plano y no sobre la pendiente. Se debe verificar que el área que informa el encuestado sea la proyectada en un plano horizontal y corresponda a los usos dados en el terreno.

Resumen a nivel del PSM

- A. Dato obtenido a partir de la medición sobre fotografía aérea ampliada: utilizando el método de la malla de puntos y las escalas dadas por el nivel central DANE-DANE.
- B. Dato obtenido a partir de la entrevista al productor, de la medición en terreno y de la fotografía aérea ampliada: utilizando los métodos de talonamiento, cinta métrica, número de plantas, malla de puntos y las escalas dadas por el nivel central, DANE-DANE.
- C. A y B expresados en las mismas unidades de área: hectáreas.
- D. Determinación del porcentaje de diferencia: $A - B/A * 100$; esta diferencia no puede ser mayor del 10% en áreas quebradas (pendiente superior al 15%).





ANEXOS



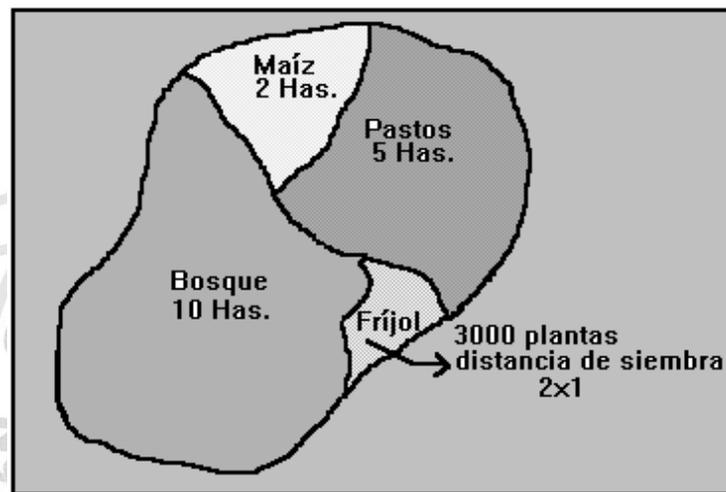
**TABLAS Y
EJERCICIOS**

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE MEDICIONES lotes, potreros, PSM y SM

Ejercicio 1

El señor Luis Forero tiene una finca ubicada en Boyacá en el municipio el Espino, vereda el Volcán. Está distribuida según el siguiente gráfico:

Gráfico PSM 1



- . En el PSM 1, de la UPM 2.137 de la región alta, el encuestador Jairo López tiene una fotografía con una escala promedio de 1:6.000 y planchas topográficas a escala 1:25.000.
- . Con base en el anterior enunciado resuelva las siguientes preguntas:
 - a. ¿Cuál es el área del PSM 1 según la información de Luis Forero?
 - b. ¿Cuál es la escala de la fotografía y cómo se interpreta?
 - c. Si se tiene una $D_t = 100$ m, ¿cuál es la D_f ?
 - d. Si se calcula el área con la malla de puntos, en el numeral (a), ¿cuántos puntos debe contar el encuestador?
 - e. ¿Cuántos cm se deben trazar en la foto para delimitar el PSM 1, sabiendo que una parte del límite va por una cerca que mide 200 m?
 - f. Se tienen trazados 5 cm en la fotografía; ¿A cuántos metros equivalen en el terreno?
 - g. Convierta el área encontrada en el PSM 1 a fanegadas y m^2 .
 - h. El encuestador Jairo López calculó la escala para el PSM 1 y encontró una $D_t = 80$ m y una $D_f = 1,3$ cm. ¿Cuál es la escala para el PSM 1 y qué representa?

Solución:

- a. Como se tiene el número de plantas y la distancia de siembra, se calcula el área de lote de frijol.

Distancia de siembra: 2 m X 1 m = 2 m²/planta

Número de plantas: 3.000

Área (lote frijol): Distancia de siembra x Número de plantas.

Área (lote frijol): 2 m²/planta x 3.000 plantas.

Área (lote frijol): 6.000 m²

Como se tiene el área del PSM 1 en ha se unifica el área de lote de frijol a ha.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ ha} \\ \times \\ \hline \end{array} \begin{array}{r} 10.000 \text{ m}^2 \\ 6.000 \text{ m}^2 \\ \hline \end{array}$$

$$x = \frac{1 \text{ ha} \times 6000 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0,6 \text{ ha}$$

$$\begin{aligned} \text{Área del PSM 1} &= \text{Área del maíz} + \text{Área pasto} + \text{Área bosque} + \text{Área frijol} \\ &= 2,0 \text{ ha} + 5,0 \text{ ha} + 10,0 \text{ ha} + 0,6 \text{ ha} = 17,6 \text{ ha} \end{aligned}$$

Respuesta: El área del PSM 1 es 17,6 ha

- b. La escala de la fotografía es 1: 6.000 y se interpreta que 1 cm en la foto representa 60 m en el terreno.

c. Dt = 100 m
Df = ?

Se aplica la fórmula:

$$\frac{1}{E} = \frac{Df}{Dt} \quad \text{Se despeja Df}$$

$$Df = \frac{Dt}{E}$$

Reemplazando valores:

$$Df = \frac{100\text{ m}}{6000} = 0,0166\text{ m} = 1,66\text{ cm}$$

Respuesta: La distancia en la foto es de 1,66 cm

$$d) \text{ Área del terreno} = \left[\frac{E}{20.000} \right]^2 \times Np$$

Se despeja el número de puntos:

$$Np = \left[\frac{\text{Área Terreno}}{\left[\frac{E}{20.000} \right]^2} \right]$$

Reemplazando los valores:

$$Np = \left[\frac{17,6\text{ ha}}{\left[\frac{6000}{20000} \right]^2} \right] = \left[\frac{17,6\text{ ha}}{(0,3)^2} \right] = 195,5 \text{ puntos}$$

Respuesta: 195,5 puntos debe contar el encuestador.

e) Como la escala es 1:6.000

Procedimiento (1)

$$\frac{1\text{ cm}}{X} = \frac{60\text{ m}}{200\text{ m}}$$

$$X = \frac{1 \text{ cm} \times 200 \text{ m}}{60 \text{ m}}$$

$$X = 0,033 \text{ m}$$

X = 3,3 cm se debe trazar en la foto

Procedimiento (2)

Fórmula

$$\frac{1}{E} = \frac{Df}{Dt}$$

$$Df = \frac{200 \text{ m}}{6000} \quad 0,033 \text{ m} = 3,3 \text{ cm}$$

Respuesta: 3,3 cm se debe trazar en la foto.

f) Se tiene escala 1:6000 y 5 cm foto.

Dt = ? Fórmula

$$\frac{1}{E} = \frac{Df}{Dt}$$

$$\Rightarrow 1 \times Dt = Df \times E.$$

$$Dt = Df \times E, \text{ reemplazando los datos en la fórmula se tiene: } Dt = 5 \text{ cm} \times 6.000$$
$$Dt = 30.000 \text{ cm} \quad Dt = 300 \text{ m en el terreno}$$

Respuesta: 5 cm en la foto representan 300 m en el terreno para una escala 1:6.000.

g) Área del PSM 1 = 17,6 ha

1 Fanegada ----- > 6.400 m² ahora se plantea una regla de tres simple directa:

$$\begin{array}{l} 1,0 \text{ ha} \text{ -----} > 10.000 \text{ m}^2 \\ 17,6 \text{ ha} \quad \quad \quad \quad X \end{array}$$

$$X = \frac{10.000 \text{ m}^2 \times 17,6 \text{ ha}}{1 \text{ ha}}$$

$$X = 176.000 \text{ m}^2$$

Respuesta: 17,6 ha equivalen a 176.000 m²

$$\frac{1 \text{ fanegada}}{X} > \frac{6.400 \text{ m}^2}{176.000 \text{ m}^2}$$

$$X = \frac{176.000 \text{ m}^2 \times 1 \text{ fanegada}}{6.400 \text{ m}^2}$$

$$X = 27,5 \text{ fanegadas}$$

Respuesta: 17,6 ha equivalen a 27,5 fanegadas.

h) $Dt = 80 \text{ m}$
 $Df = 1,3 \text{ cm}$

Aplicamos fórmula:

$$\frac{1}{E} = \frac{Df}{Dt}$$

$$E = \frac{Dt}{Df} = \frac{80\text{m}}{0,013\text{m}} = 6.153$$

Respuesta: La escala en la foto es 1: 6.153. Donde 1 cm en la foto representa 61.53 m en el terreno.



Ejercicio 2

El encuestador desea calcular la distancia de la sede al SM y mide en la plancha topográfica escala 1:25.000 una distancia de 14 cm. Calcular la distancia al SM en el terreno en km?

Solución

a) Aplicamos la fórmula

$$\frac{1}{E_m} = \frac{D_m}{D_t}$$

Escala plancha: 1:25.000
Distancia mapa = 14 cm
Despejando D_t :

$$D_t = D_m \times E_m$$
$$D_t = 14 \text{ cm} \times 25.000$$
$$D_t = 350.000 \text{ cm}$$

Como:

$$1 \text{ m} \text{ ----- } > 100 \text{ cm}$$
$$X \text{ ----- } > 350.000 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 \text{ m} \times 350.000 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} = 3.500 \text{ m}$$

Entonces

$$1 \text{ km} \text{ ----- } > 1.000 \text{ m}$$
$$X \text{ ----- } > 3.500 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 \text{ km} \times 3.500 \text{ m}}{1.000 \text{ m}}$$

$$X = 3,5 \text{ km}$$

Respuesta: 3,5 km de la sede al SM.

Ejercicio 3

Un encuestador desea conocer la escala de una fotografía aérea, para lo cual dispone de los siguientes datos:

Distancia entre dos puntos en el mapa = 3,5 cm.
Distancia entre los mismos puntos en la foto = 7,9 cm.
Escala mapa 1:25.000.

Solución

$$E_f = \frac{E_m \times D_m}{D_f}$$

E_f = Escala en foto
 E_m = Escala en mapa
 D_m = Distancia en mapa
 D_f = Distancia en foto

$$E_f = \frac{25.000 \times 3,5 \text{ cm}}{7,9 \text{ cm}} = 11.076$$

Respuesta: Escala foto = 1 : 11.076

Ejercicio 4

El mismo encuestador llega a un PSM donde encuentra un lote de forma rectangular sembrado de frijol y maíz, del cual la persona que suministra la información desconoce el área. El encuestador mide por un costado 128 pasos y por el otro 75 pasos sabiendo que su paso promedio es de 0,70 m. Calcular el área de dicho lote en m y en ha.

Solución

128 pasos x 0,70 m = 89,60 m.
75 pasos x 0,70 m = 52,50 m.

89,60 m x 52,50 m = 4.704,0 m² y dividiendo por 10.000 el resultado se convierte a hectáreas.
= 0,47 ha

Respuesta: 0,47 ha



Ejercicio 5

Dentro del mismo PSM se encuentra un potrero que, según la información suministrada por el productor, mide 18 ha. Al constatar con la malla de puntos sobre la fotografía, ¿cuántas cuadrículas de 1 cm² debe contener sabiendo que la escala de la fotografía es 1:11.000?

Solución

Área de una cuadrícula: 1 cm = 110 m; 1 cm² = 12.100 m². 1 cm² = 1,21 ha

1,1 x 1,1 = 1,21 ha

$$\frac{18,00 \text{ ha}}{1,21 \text{ ha}} = 14,88 \text{ cuadrículas, aproximando.}$$

Respuesta = 15 cuadrículas.

Ejercicio 6

Dentro del mismo PSM encontró un cultivo de café, cuya área y número total de plantas desconoce el productor, quien le informa que la distancia entre surcos es de 2 m y entre plantas es de 1,50 m. El número de surcos es 50 y el número de plantas en cada surco es 120. Averigüe el número total de plantas y área del lote de cultivo.

Solución

120 x 1,50 m = 180 m. Longitud de un lado del lote (ancho).

50 x 2,0 m = 100 m. Longitud de un lado del lote (largo).

180 m x 100 m = 18.000 m² (Área del lote).
= 1,8 ha.

120 plantas x 50 surcos = 6.000 plantas. Número total de plantas del lote.

Respuesta: 6.000 plantas.



Ejercicio 7

Para desarrollar su trabajo, un encuestador cuenta con el siguiente material cartográfico y fotográfico:

Fotografía aérea donde se incluye la siguiente información:

Departamento del Cauca

Municipio El Tambo

Estrato: 20

UPM = 1311

SM = 7

Foto: C-2309 núm. 045

Año: 1991

Escala media: 1/8.200

Plancha escala 1/25.000, núm. 342- III D

José Manuel Quintero es el encargado de levantar la información del segmento indicado en la aerofotografía. Para el logro de tal fin es desplazado hasta un pequeño caserío conocido como La Fonda, ya que solamente hasta allí hay acceso de vehículos; sin embargo, actualmente se está rectificando topográficamente el trazado de la vía para continuar su construcción por 5 kilómetros más. Esta rectificación prolonga la vía en 2 kilómetros en línea completamente recta por terreno plano, hasta el puente de la quebrada Minatapada, punto en el cual comienza el segmento a muestrear (véase el gráfico).

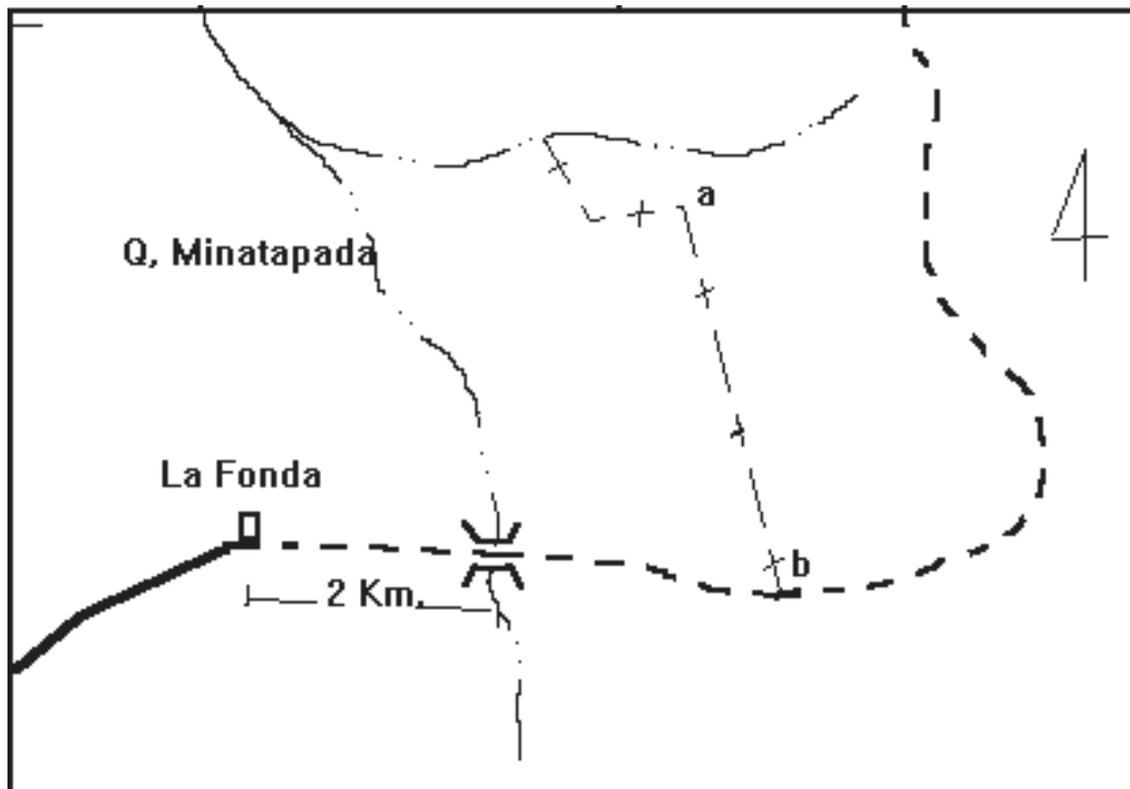
José Manuel ya realizó el reconocimiento general del área de trabajo y procede a verificar la escala de la foto; para ello mide en la aerofotografía la distancia entre La Fonda y el puente sobre la quebrada Minatapada, distancia que le reporta 21,5 cm.

- a) ¿Es correcta la escala indicada en la aerofotografía?
- b) Suponiendo que la escala indicada en la aerofotografía es muy precisa, ¿qué distancia debía medir José Manuel en la fotografía?
- c) Considerando que los puntos a que se hace referencia son fácilmente identificables en la cartografía, ¿a qué distancia se encuentran en la plancha?
- d) Si la plancha indica una distancia entre los puntos a y b igual a 8,5 cm, ¿cuál sería la escala de la aerofotografía, sabiendo que la distancia entre los mismos puntos en la aerofotografía es de 20,5 cm?
- e) Con base en la información obtenida en el punto inmediatamente anterior, ¿cuál sería el área del segmento de muestreo (indicada en km²), si una vez colocada la

mailla de puntos (distancia entre puntos = 5mm) sobre la aerofotografía, se obtiene el siguiente promedio luego de tres mediciones?

Cuadros dentro del perímetro = 72

Cuadros sobre la línea perimetral = 35



x

Solución

$$\frac{1}{E_f} = \frac{df}{Dt} \Rightarrow E_f = \frac{Dt}{df}$$

$$\frac{1}{E_m} = \frac{dm}{Dt} \Rightarrow Dt = E_m \times dm$$

donde E_f = Módulo escalar de la aerofotografía
 d_f = Distancia medida en la aerofotografía
 D_t = Distancia medida en el terreno
 E_m = Módulo escalar del mapa o plancha (25.000)
 d_m = Distancia medida en el mapa o plancha topográfica

a) Sea $D_t = 2,0 \text{ km} = 2000 \text{ m}$.
 $d_f = 21,5 \text{ cm} = 0,215 \text{ m}$.

$$E_f = \frac{D_t}{d_f} = \frac{2000 \text{ m}}{0,125 \text{ m}} = 9.30233$$

Respuesta: La escala indicada en la fotografía es incorrecta, ya que la real es 1/9.302.

b) $d_f = ?$
 $E_f = 9.302$
 $D_t = 2.000 \text{ m}$

$$d_f = \frac{D_t}{E_f} = \frac{2.000 \text{ m}}{9.302} = 0,215 \text{ m} = 21,5 \text{ cm}$$

Respuesta: Debe medir 21,5 cm

c) $d_m = ?$
 $E_m = 25.000$
 $D_t = 2 \text{ km} = 2.000 \text{ m}$

$$d_m = \frac{D_t}{E_m} = \frac{2000 \text{ m}}{25000} = 0,08 \text{ m}$$

$d_m = 0,08 \text{ m}$
 $d_m = 8,0 \text{ cm}$

Respuesta: En la plancha la distancia entre estos dos puntos es 8,0 cm.

d) $E_f = ?$
 $d_m = 8,5 \text{ cm}$
 $d_f = 20,5 \text{ cm}$
 $E_m = 25.000$

$$Dt = Em \times dm \Rightarrow Dt = 25.000 \times 8,5 \text{ cm} \\ = 212.500 \text{ cm}$$

$$Ef = \frac{Dt}{df} = \frac{212500 \text{ cm}}{20,5 \text{ cm}} = 10.365,85$$

$$Ef = 10.365,85 \text{ aproximando} \\ Ef = 10.366$$

Respuesta: La escala de la fotografía es 1/10.366

- e) Cuadros dentro del perímetro = 72
Cuadros sobre la línea perimetral = $35/2 = 17,5$
Sumatoria de cuadros = 89,5

A escala 1:10.366, 1 cm² representa 0,01074 km²

Entonces $89,5 \times 0,0107 \text{ km}^2 = 0,96 \text{ km}^2$

El razonamiento anterior es equivalente a aplicar la fórmula indicada en la malla de puntos, respecto a número de cuadros, así:

$$At = \frac{(E)^2 \times \text{núm} \begin{matrix} \square \\ \square \\ \square \end{matrix}}{10000^2}$$

Resultado en ha

$$AT = \left[\frac{Ef}{10.000} \right]^2 \times Mp$$

(ver malla de puntos)

$$At = \frac{(10366)^2 \times 89,5}{(10000)^2} = 96 \text{ ha}$$

$$96 \text{ Has} = 0,96 \text{ Km}^2$$

Respuesta: El área del SM es 0,96 km².



Impreso en la Dirección de Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística
del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)
Noviembre de 2013