

---

---

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

---

## FACULTAD DE AGRONOMIA



LABORATORIO  
MUSQUE LA PRIMAVERA  
CENTRO DE DOCUMENTACION  
E INFORMACION



### IMPORTANCIA DE LA FISIOGRAFIA EN LA ECOLOGIA DE LOS CULTIVOS AGRICOLAS

---

---

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO  
**P R E S E N T A N**  
ODILON ZARATE GOMEZ  
RUBEN ROSAS ZEPEDA  
ARTURO DIAZ ALVAREZ  
ANTONIO BEAS ZARATE  
GUADALAJARA JALISCO, MAYO 1993

---

---



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION ESCOLARIDAD  
EXHIBENTE  
NUMERO 0426/93

25 de marzo de 1993

C. PROFESORES:

M.C. MANUEL GALINDO TORRES, DIRECTOR  
ING. CARLOS ROBERTO GONZALEZ FLORES, ASESOR  
ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

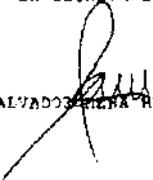
IMPORTANCIA DE LA FISIOGRAFIA EN LA ECOLOGIA DE LOS CULTIVOS AGRICOLAS

presentado por el (los) PASANTE (ES) ODILON ZARATE GOMEZ, RUBEN ROSAS  
ZEPEDA, ARTURO DIAZ ALVAREZ Y ANTONIO BEAS ZARATE

han sido ustedes designados Director y Asesores, respectivamente, para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su --- Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto, me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

A P E R T O R N E N T E  
" PIENSA Y TRABAJA "  
EL SECRETARIO

M.C. SALVADOR  HUNGUIA.

eyx\*

mam



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA

Expediente ESCOLARIDAD

Número 0426/93

25 de marzo de 1993

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
PRESENTE

Habiendo sido revisada la tesis del (los) Pasante (es)

ODILON ZARATE GOMEZ, RUBEN ROSAS ZEPEDA,

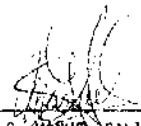
AREIBRO DIAZ ALVAREZ Y ANTONIO BEAS ZABATE

titulada:

IMPORTANCIA DE LA FISIOGRAFIA EN LA ECOLOGIA DE LOS  
CULTIVOS AGRICOLAS

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

  
M.C. MANUEL GALINDO TORRES

ASESOR

ASESOR

  
ING. CARLOS ROBERTO GONZALEZ FLORES

  
ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ

srq'

mam

Al conferenciar este visto se citó a V. y a J. y a J.

## CONTENIDO

Capitulo		Pag
I	OBJETIVOS Y ANTECEDENTES	1
	1.1 Objetivos	1
	1.2 Desarrollo histórico de los Levantamientos Fisiográficos	1
	1.3 Levantamientos Fisiográficos en la Republica Mexicana	5
II	PRINCIPIOS ELEMENTALES DE FOTOINTERPRETACION	8
	2.1 Tipos de fotografías aéreas	8
	2.2 Línea de vuelo y traslape	9
	2.3 Distorsiones de las fotografías verticales	12
	2.4 Escalas	13
	2.5 Pares fotográficos y estereoscópicos	14
	2.6 Apreciación de los detalles fotográficos	14
	2.7 Mosaicos	22
	2.8 Imágenes de Satélite	23
III	PRINCIPIOS DE GEOLOGIA	26
	3.1 La Corteza Terrestre	26
	3.2 Rocas	29
	3.3 Estructura de las Rocas	36
	3.4 Geoformas ígneas	41
	3.5 Paisajes modelados por corrientes de agua	42
IV	CONCEPTOS DEL LEVANTAMIENTO FISIOGRAFICO	49
	4.1 Requisitos de un Sistema de Clasificación	49
	4.2 El Sistema de Clasificación Fisiográfico	50
V	METODOLOGIA DEL LEVANTAMIENTO FISIOGRAFICO	53

	5.1 Número de sitios de muestreo por Facetas	59
	5.2 Descripción de Sitios	59
VI	PRESENTACION DE LOS RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO FISIOGRAFICO	65
	6.1 Contenido de la Memoria	65
	6.2 Descripción de las Unidades Fisiográficas	67
	6.3 Elaboración de Diagramas	73
	6.4 Elaboración de pares estereoscópicos	84
	6.5 Mapas	88
VII	USOS DEL LEVANTAMIENTO FISIOGRAFICO	89
VIII	BIBLIOGRAFIA	92
APENDICE		
	1. CLAVES PARA LA IDENTIFICACION DE ROCAS	95

## **I. OBJETIVOS Y ANTECEDENTES**

### **1.1. OBJETIVO**

En las dos últimas décadas se ha venido mencionando insistentemente que el conocimiento de los recursos naturales de un país es indispensable para la planeación de su desarrollo, sobre todo para naciones que como la nuestra se caracterizan por su rápido crecimiento demográfico y una población sub-alimentada.

Para el conocimiento de los recursos naturales existen diferentes enfoques que van desde la investigación de los recursos en forma individual hasta los estudios integrales que los analiza en conjunto y las técnicas que se emplean para su realización varían desde la observación muy general hasta mediciones muy precisas. Estas variaciones provocan a su vez diferencias en tiempo y costo. Una técnica que es rápida, de bajo costo y útil en la zonificación agrícola es el levantamiento fisiográfico, mismo que ha sido aceptado para obtener información básica en los Distritos y Unidades de Temporal.

En el presente trabajo se pretende lograr los siguientes objetivos:

- 1). Preparar a personal de la Dirección General de Distritos y Unidades de Temporal, sobre la Metodología del Levantamiento Fisiográfico.
- 2). Dar a conocer principios, ventajas y limitaciones de este método en forma teórica y práctica.

### **1.2. DESARROLLO HISTORICO DE LOS LEVANTAMIENTOS FISIOGRAFICOS**

La regionalización fisiográfica ha sido un tema de estudio por muchos investigadores desde fines del

siglo pasado.

En los Estados Unidos, ante el desafío de su rápida expansión y las nuevas formas de explotación de la tierra se creó un gran interés y se estimularon las actividades relacionadas con los métodos y estudios en geografía a fines del siglo XIX y principios del XX. Así por ejemplo: Bowman (1914) subdividió a los E.U.A. en TIPOS FISIOGRAFICOS a los cuales los relacionó con el uso de la tierra, reconociendo que las relaciones existentes entre elementos físicos, la actividad humana y los valores económicos con los usos de la tierra en cada localidad estaban controlados por la forma de recurrencia dominante de los elementos físicos, principalmente la configuración topográfica, la disponibilidad del agua y el clima. En 1916 la Asociación de Geógrafos Americanos estableció un Comité bajo el mando de Fenneman para definir las Regiones Fisiográficas del país. Ellos usaron a la SECCION, al ORDEN y a la DIVISION como unidades mayores. En 1933, Veatch dió una forma práctica a estas ideas cuando realizó la clasificación de los terrenos agrícolas de Michigan como TIPOS DE TIERRAS NATURALES basándose en la topografía del suelo, en el drenaje natural y en la vegetación nativa.

En Inglaterra el pionero en estos estudios fué Bourne (1931) quien establece el concepto de SITIO definiéndolo como "una unidad que para todos los propósitos prácticos presenta en toda su extensión condiciones similares de clima, relieve, geología, suelos y factores edáficos" y a los sitios los agrupaba en asociaciones a las cuales denominó REGIONES. Además puntualizó la gran ayuda que para

este fin proporcionaban las fotografías aéreas.

Brinck et al (1965) coordinó todos los conceptos existentes dentro de una Jerarquía de unidades de tamaño ascendente proponiendo: ELEMENTO, SUB-FACETA, FACETA, PATRON TERRESTRE RECURRENTE (subsecuentemente abandonado en favor del término australiano SISTEMA TERRESTRE), REGION TERRESTRE, PROVINCIA TERRESTRE Y DIVISION TERRESTRE, cuyas interrelaciones y definiciones resumidas se presentan en la Fig. 1.

Webster y Beckett (1970) haciendo una revisión de los estudios fisiográficos establecieron una clasificación cuya unidad mayor es el SISTEMA TERRESTRE dentro del cual están las FACETAS y estas pueden subdividirse en ELEMENTOS Y VARIANTES. Este sistema es el que predomina hasta nuestros días y es el que se contempla en estos apuntes.

UNIDADES TERRESTRES  
(Según Brück, 1965)

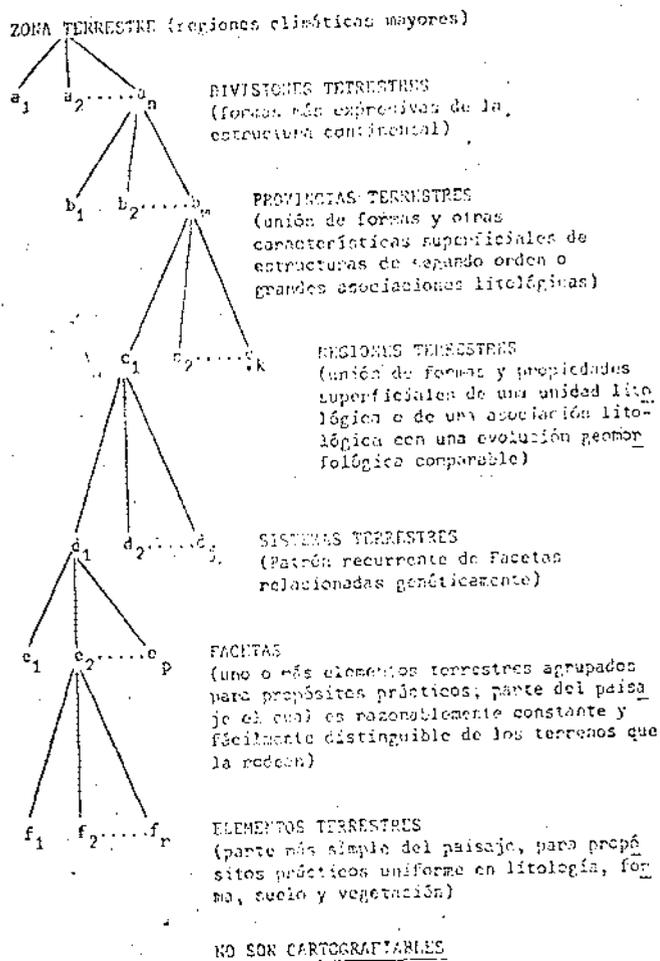


Fig. 1. Jerarquía de las Unidades Terrestres y sus Definiciones Resumidas.

### 1.3 LEVANTAMIENTOS FISIOGRAFICOS EN LA REPUBLICA MEXICANA

En México, el Colegio de Postgraduados de Chapingo ha sido la institución que ha introducido al Levantamiento Fisiográfico como la técnica mas útil para el reconocimiento de las áreas donde se practica agricultura de temporal. Esta aseveración es el producto de 7 años de trabajo en la Sección de Pedología de la Rama de Suelos bajo la dirección del Dr. H. E. Cuanalo, los cuales son resumidos en los siguientes párrafos:

En 1970, a la llegada del Dr. Cuanalo a la Rama de Suelos, hay un cambio en la Sección de Pedología sobre la filosofía de la investigación y se busca la manera de aplicar la cartografía de suelos a las áreas de agricultura de temporal. Para ello junto con E. Cachón y H. Nery en 1971, se realiza el levantamiento de suelos del área de influencia de Chapingo, con el cual se aprenden las técnicas de reconocimiento de suelos en el campo y en el laboratorio, de acuerdo a los métodos tradicionales. Este procedimiento al ser evaluado en términos de tiempo y costo se pudo apreciar que era caro y tardado para aplicarlo a las áreas temporaleras.

En 1972, ingresan C. A. Ortiz y J. Estrada a la Sección de Pedología, a quienes se les encarga buscar una metodología que redujera el tiempo y costo en los levantamientos de suelos. Para ello realizan levantamientos de suelos de la Cuenca de Chalco y de los Valles de Otumba y Teotihuacán respectivamente, con cambios metodológicos significativos que reducen el tiempo a un 1/3 y el costo

en un 40% del empleado en Chapingo con la misma precisión en la información obtenida. Sin embargo, el costo resultó aún gravoso para aplicarlo a las zonas temporaleras.

Al mismo tiempo, Ortiz y Cuanalo terminaban un trabajo de Ordenación de Suelos por métodos numéricos, en el cuál trataban de relacionar al suelo con la producción de maíz bajo condiciones de temporal, en el área del Plan Puebla, cada suelo fué caracterizado con 50 propiedades y no se encontró relación alguna. Es posiblemente el resultado de este trabajo lo que influye fuertemente en abandonar las investigaciones sobre los levantamientos de suelos y comenzar a estudiar al Levantamiento Fisiográfico.

R. León Arteta (1972) realiza el primer levantamiento fisiográfico en nuestro país, en el área de influencia de Chapingo. Con ello se inicia su investigación y se propone como una alternativa para la planeación del uso de la tierra a nivel regional.

En 1973, B. Peña, establece la primera aplicación cuando evalúa al Levantamiento Fisiográfico de la región Sur-Oriental del Valle de México como base para desarrollar recomendaciones de productividad. En este trabajo los resultados estadísticos resultaron muy satisfactorios, pero tuvo el inconveniente que los datos de producción de maíz eran de un solo año, que en términos de cantidad y distribución de la lluvia resultó ser "bueno". Por lo que en 1975, L. Zuleta, efectúa una evaluación similar pero cuenta con datos de producción de maíz de tres años y además conjunta

los levantamientos de Peña y León para cubrir una área más extensa, sus resultados fueron estadísticamente adecuados y es prácticamente el trabajo que tiene mayor impacto en nuestro medio.

Ortiz y Estrada (1975) realizaron intentos para aplicar la información proveniente de la interpretación de las imágenes de satélite en la delimitación de Sistemas Terrestres, concluyendo que la técnica del falso color es útil en la delimitación provisional de los Sistemas. Cerda (1976) compara diferentes metodologías para la delimitación de Sistemas Terrestres en su Levantamiento Fisiográfico del Plan Zacapoaxtla, al norte del Estado de Puebla, concluyendo que la técnica del falso color es la que proporciona los mejores resultados. Es conveniente indicar que en esta área no se dispuso de datos previos al levantamiento, además se comienza a utilizar a la Faceta como archivo de información.

León (1975) y Ortíz (1976) buscan relacionar al Levantamiento Fisiográfico con un programa de Conservación de Suelos al efectuar el Levantamiento del Area del Plan Lago de Texcoco, el primero considera como un criterio de delimitación a la Cuenca y el segundo sigue la metodología sin cambios, en ambos trabajos los resultados son adecuados y dan idea de la expansión de esta técnica en otros problemas agrícolas.

Aguirre (1977) elaboró el Levantamiento Fisiográfico de los Valles Centrales de Oaxaca y propone una metodología para fusionar facetas en la generación de Agrohabitats, áreas en donde el comportamiento de cultivos a las prácticas de fertilización, es

homogéneo. Ponce, actualmente busca la relación entre el Levantamiento Fisiográfico y la tecnología tradicional en el área del Plan Zacapoaxtla.

Todos estos resultados nos alientan a seguir investigando las aplicaciones del Levantamiento Fisiográfico y a su vez nos permite decir con un alto grado de confiabilidad que es la técnica más adecuada para el reconocimiento de los Distritos Temporaleros de nuestro país.

## **II. PRINCIPIOS ELEMENTALES DE FOTOINTERPRETACION**

Una fotografía área representa un registro instantáneo de los detalles de un terreno. Es una vista en perspectiva de un área y como todas las perspectivas no exhibe una escala verdadera, o sea, no se pueden medir distancias en forma precisa en una dirección. Esto se debe a que los efectos de distorsión de la perspectiva se suman los debidos a los accidentes de la forma del terreno y los errores inherentes a la propia fotografía.

### **2.1. TIPOS DE FOTOGRAFIAS AREAS**

Aunque existen muchos tipos de clasificaciones sobre las fotografías en este Capítulo consideraremos únicamente a la clasificación de acuerdo a la posición del eje óptico de la cámara.

Independientemente del uso a que sean destinadas las fotografías, éstas pueden agruparse en fotografías terrestres u horizontales y fotografías áreas. Las fotografías terrestres son tomadas de una estación situada sobre el terreno y las aéreas

desde un vehículo aéreo.

Las fotografías aéreas a su vez, pueden subdividirse en Verticales y Oblicuas.

Se considera un fotografía como VERTICAL, cuando el eje óptico de la cámara en el momento de la exposición, es sensiblemente vertical, ésto es, cuando el eje óptico no se aparta de la vertical en un ángulo mayor de  $5^{\circ}$ .

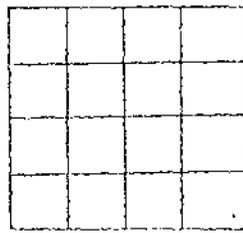
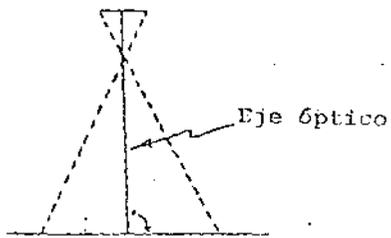
En las fotografías OBLICUAS el eje óptico de la cámara forma un ángulo menor de  $90^{\circ}$  con el plano del terreno. A su vez se dividen en BAJA OBLICUA cuando no es visible la línea del horizonte y ALTA OBLICUA cuando el horizonte está contenido en el campo de la fotografía.

Suponiendo que el terreno está cuadrículado, los diferentes tipos de fotografías se ilustran en la Fig. 2.

Para el Levantamiento Fisiográfico se utilizan las fotografías aéreas verticales.

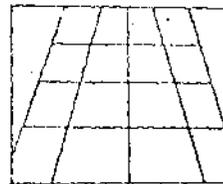
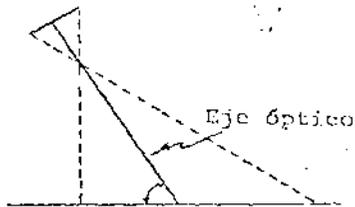
## 2.2. LINEA DE VUELO Y TRASLAPE

Para la toma de fotografías aéreas un avión se desplaza sobre un terreno en líneas paralelas en una dirección (NS) en los dos sentidos. Esas LINEAS de vuelo permiten la toma de fotos sucesivas que deben, generalmente, presentar un traslape LONGITUDINAL de un 60% (es decir, dos fotos sucesivas tienen un 60% de su área las mismas características) y un traslape LATERAL de un 30% entre líneas de vuelo (Figs. 3 y 4).



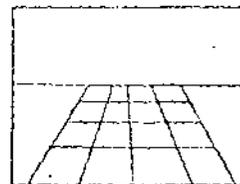
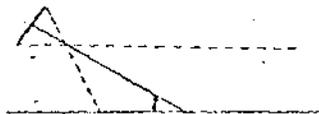
Imagen

VERTICAL



Imagen

BAJA OBLICUA



Imagen

ALTA OBLICUA

Fig. 2. Tipos de Fotografías aéreas.

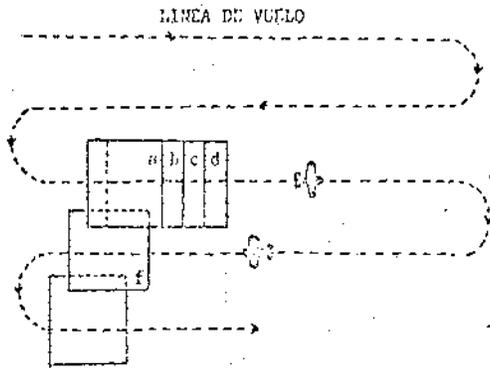


Fig. 3. Líneas de vuelo en dirección NS mostrando un traslape longitudinal del 60% en fotos sucesivas: a, b, c, d y un traslape lateral entre las fotos: a y f, de líneas consecutivas.

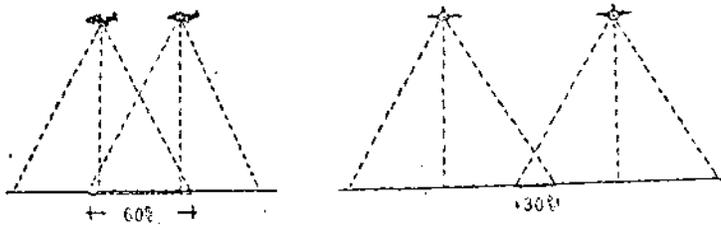


Fig. 4. Traslape longitudinal del 60% y lateral del 30%.

### 2.3 DISTORSIONES DE LAS FOTOGRAFÍAS VERTICALES

Las distorsiones representan desplazamientos de las imágenes de un objeto debidos a la inclinación del avión o a los accidentes del terreno. En la Fig. 5, se presenta una distorsión de una imagen de una fotografía vertical, debida a la inclinación del avión

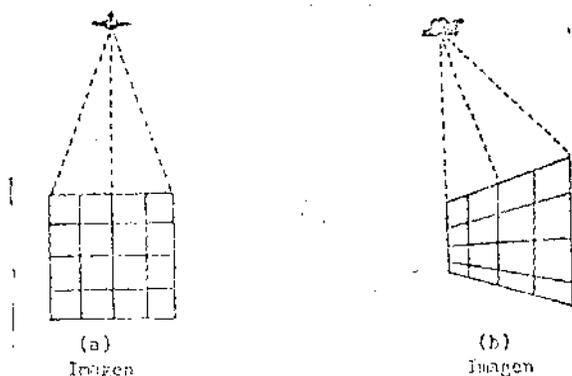


Fig. 5. Distorsión de una imagen debida a la inclinación del avión (a) imagen sin distorsión, (b) imagen del mismo objeto con distorsión.

En la Fig. 6 se presenta el caso de una distorsión debida a los accidentes del terreno. Un punto A situado encima del plano medio del terreno ocupa en el negativo la posición a' que corresponde a la posición de A' movida en el terreno en dirección opuesta al punto principal Pp. En un mapa planimétrico el punto A estaría en la posición a. Un punto B situado abajo del nivel del terreno ocupa en el negativo la posición b' que corresponde a la posición B' desplazada en el terreno en dirección del punto principal Pp. En un mapa

planimétrico el punto B estaría en la posición b. Nótese que la posición P de eje óptico de la cámara, no ha sido movido.

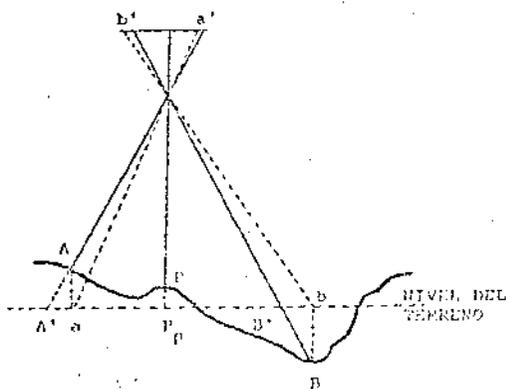


Fig. 6. Distorsiones debidas a los accidentes del terreno.

#### 2.4 ESCALAS

La altura del vuelo determina la escala deseada para la fotografía, ésto es, a grandes alturas una sola fotografía será menor.

A pesar que se ha estado mencionando que la escala en una fotografía aérea es variable, comúnmente se emplean designaciones como 1:10,000, 1:40,000, etc. para caracterizar a la escala media de las fotografías. Por esta razón es conveniente revisar este concepto. La escala no es más que una proporción en la que el primer valor corresponde a una dimensión (longitud) sobre el mapa o fotografía (?) y el segundo a la dimensión correspondiente sobre el terreno. Por ejemplo:

$$1:50,000$$

1 cm. de la foto = 50,000 cm. del terreno  
Un vuelo alto podría tener una escala de 1:1000000  
y uno de poca altura 1:8,000, en el primero los  
objetos se verían muy pequeños y en los segundos  
muy grandes. De acuerdo a como se vean los rasgos  
sobre la fotografía se denominan de escala grande  
o escala pequeña, de otra manera, a medida que el  
segundo valor de la proporción es más grande la  
escala será mas pequeña y viceversa.

## 2.5 PARES FOTOGRAFICOS Y ESTEREOSCOPICOS.

Dos fotos consecutivas de una línea de vuelo se denominan PAR FOTOGRAFICO. El área de traslape de esas fotos da dos imágenes de los objetos del terreno obtenidas en dos posiciones diferentes, lo que permite una visión en tercera dimensión, con el auxilio de un estereoscopio ya sea el llamado de ESPEJOS o de BOLSILLO (Fig. 7).

## 2.6 APRECIACION DE LOS DETALLES FOTOGRAFICOS

La apreciación se hace a través del exámen de varios componentes de la imagen fotográfica. Las técnicas y los métodos considerados son los siguientes:

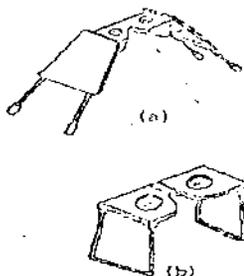


Fig. 7. Estereoscopios:  
(a) Estereoscopio de espejos, que se basa en el principio de reflexión.  
(b) Estereoscopio de bolsillo, basado en el principio de refracción.

## 1) METODOS DE APRECIACION

a). FOTOIDENTIFICACION. Consiste en reconocer sobre las fotografías todo lo que pueda ser identificado, pero examinado en una visión plana, bidimensional. Así pueden reconocerse entre otras cosas a: :

Cursos de agua - son marcas lineales continuas, de curso divagante (ondulado), generalmente identificados con la presencia de árboles. Los atributarios frecuentemente se unen al curso principal formando un ángulo cuyo vértice apunta hacia el sentido de la corriente.

Espejos de Agua - los grandes ríos, lagos y represas, que representan masas líquidas pueden aparecer de color claro u oscuro, de acuerdo al ángulo de reflexión de los rayos solares en el momento de la toma de foto.

Pantanos y terrenos húmedos - áreas con predominancia de contornos curvilíneos, más oscuros que las partes secas.

Construcciones - formas rectangulares unidas por caminos.

Bosques - áreas de contornos irregulares y tonalidades oscuras.

Cultivos - formas rectangulares con fajas de tonalidades variables.

Carreteras - tramos claros (pavimentadas) a oscuros (asfaltadas), cruzamientos variados y presentan radios de curvatura relativamente pequeños.

Vías de ferrocarril - tramos claros u oscuros con cruzamientos tangenciales y curvaturas amplias.

- b) FOTOANALISIS. Consiste en la descomposición de una imagen fotográfica en sus partes componentes.
- c) FOTOINTERPRETACION. Es igual que la fotoidentificación y fotoanálisis, pero con el uso de un estereoscopio y una valorización deductiva e inductiva de los elementos fotográficos.

## 2) ELEMENTOS DE RECONOCIMIENTO

Los elementos fotográficos útiles para el reconocimiento de imágenes son:

- 1). Forma de terreno
- 2). Patrones de drenaje
- 3). Patrones de erosión
- 4). Patrones de tonalidad
- 5). Patrones de vegetación
- 6). Patrones de uso de la tierra
- 7). Límites característicos

### 1). Forma del Terreno

El modelado de un área refleja principalmente el origen y el tipo de la roca bajo la influencia de ciertas condiciones climáticas.

La presencia de conos volcánicos, batólitos, lacolitos, diques, sills, flujo de lava, disturbios orogénicos, etc., sugieren la ocurrencia de rocas ígneas (en el Capítulo III se establecen los principios generales de geología, por lo que es recomendable su lectura antes de realizar fotointerpretaciones). Las tonalidades claras son indicativas de una abundancia de minerales claros como el cuarzo, Feldespatos, Feldespatoides entre otros. Las tonalidades oscuras sugieren la ocurrencia de piroxenos, anfíboles, biótita y otros minerales ferromagnesianos.

Una predominancia de textura fina tiende a ofrecer

formas de relieve menos trabajadas y por lo tanto mas resistentes que las texturas gruesas.

En las rocas sedimentarias, la presencia de capas estratificadas con diferente resistencia a la erosión, presentan patrones como nevaduras: las capas menos resistentes son eliminadas y las más resistentes se mantienen en el relieve.

Los pliegues normalmente exhiben aspectos inconfundibles y su reconocimiento puede hacerse con el auxilio del patrón de drenaje.

Las rocas metamórficas pueden ser consideradas con atributos intermedios entre las ígneas y las sedimentarias, en virtud de la variación del grado de metamorfismo, son de interpretación difícil.

## **2). Patrones de Drenaje**

Los escurrimientos de las aguas superficiales en una región provocan incisiones en la superficie de los terrenos. Cuando el suelo es relativamente impermeable (arcilloso) el flujo erosiona los caminos del agua produciendo un patrón de drenaje denso. Cuando los suelos son relativamente permeables (arenosos) el patron de drenaje es poco denso.

El patrón de drenaje permite más aún reconocer la localización y extensión de materiales significativamente diferentes, el grado de uniformidad de los materiales y el origen de la roca subyacente.

Las características de los patrones de drenaje son las siguientes:

a) Grado de Integración. - Se refiere al desenvolvimiento y unificación del patron de drenaje (Fig. 8 ) es indicador de: uniformidad de materiales, susceptibilidad a la erosión, existencia y localización de factores de alteración y extensión . de la erosion.

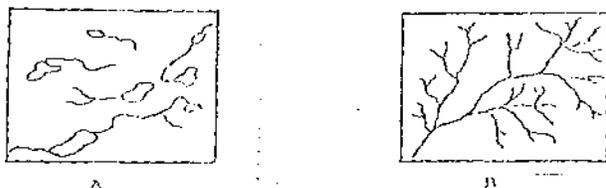


Fig. 8. Grado de Integración de los patrones de drenaje: A. Patrón mal Integrado; B. Patrón bien Integrado.

b) Densidad. - Se refiere al número de canales de drenaje por unidad de área (Fig. 9). Es indicadora de susceptibilidad y grado de erosión, extensión de la erosión y de condiciones climáticas especiales.

c) Grado de Uniformidad. - Con respecto a la relativa homogeneidad del patrón de drenaje. Este atributo indica uniformidad en: erosión y materiales, así como límites entre áreas diferentes.

d) Orientación. - Se refiere a la dirección de los patrones de drenaje. Indica los efectos de los factores geológicos y de la erosión.

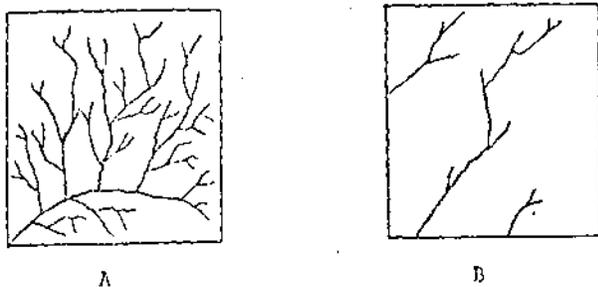


Fig. 9. Densidad de los patrones de drenaje. A - alta, B - baja.

e) Grado de Control.- Es la dominancia relativa de la orientación. Se relaciona con factores geológicos y la profundidad del lecho recoso.

f) Angularidad.- Son las variaciones bruscas en la dirección de los cursos de agua, es indicadora de la existencia y localización de condiciones y materiales rocosos.

g) Angulos de juntura.- Es un aspecto especial de angularidad y la orientación; se refiere a la unión entre el curso de agua y su tributario.

En la interpretación de los patrones de drenaje se hace primero un exámen cuidadoso de éste y llevando un registro de sus características principales, más pronunciadas, repetitivas e indicativas. Los cursos de agua generalmente se delinear sobre papel transparente para separar el drenaje de los otros atributos fotográficos.

Los efectos del clima son aparentes por la intensificación o por la exageración de las características de drenaje; para materiales semejantes los patrones de drenaje de climas áridos son mucho menos acentuados que los de climas tropicales.

### **3) Patrones de Erosión**

Las señales de erosión son incisiones o cortaduras de la superficie de los terrenos que provocan modificaciones del relieve por la remoción selectiva de materiales. Esa remoción puede ser efectuada por el agua, el viento, el hielo o la gravedad, en grados variables de expresión.

Los patrones de erosión permiten reconocer la clase textural, permeabilidad y estratificación de las capas y otros atributos del perfil de suelos y de los materiales rocosos.

#### **4) Patrones de Tonalidad**

Los tonos grises representan combinaciones entre los colores blanco y negro absolutos.

Las tonalidad grises en las fotografías blanco y negro son bastante útiles para complementar las observaciones sobre el relieve, el drenaje y la erosión. Pueden utilizarse para detectar variaciones en los contenidos de humedad, materia orgánica, clase textural y porosidad del suelo y límites entre áreas con alteraciones significativas en sus condiciones.

Es conveniente, sin embargo, hacer notar que los cambios tonales muchas veces son provocados en el proceso de revelado de las fotografías, por lo que, es recomendable que antes de fotointerpretar se revise la línea de vuelo y se observe si las tonalidades son semejantes, para apreciar su utilidad. Ya que frecuentemente se observan objetos claros en una foto y los mismos objetos en otra aparecen oscuros, en estos casos es riesgoso inferir condiciones de la superficie de los terrenos por los tonos.

#### **5) Patrones de vegetación**

Para las regiones templadas los aspectos fotográficos de la vegetación pueden ser apreciados en términos de su volúmen, forma, tamaño y su densidad, a diferencia de las regiones tropicales y ecuatoriales en donde las situaciones son muy diversas, ya que la vegetación está compuesta por un gran número de especies y es muy raro encontrar

especies aisladas.

#### **6) Patrones de Uso de la Tierra**

Como acontece con la vegetación natural, existe un gran número de combinaciones de formas de uso de la tierra.

Las interpretaciones de los patrones del uso de la tierra ofrecen información general y selectiva sobre los terrenos, destacando los reflejos de la tradición y el clima.

Las áreas cultivadas son fácilmente percibidas por los contrastes de tonalidad y los límites. Son áreas rectangulares o en fajas, separadas por caminos o cercas. Los cultivos son identificados por su patrón tonalidad.

#### **7) Límites característicos**

Los límites característicos pueden ser de naturaleza planimétrica-topográfica, de naturaleza tonal o ambas.

Los límites de naturaleza planimétrica-topográfica se restringen casi exclusivamente a las rocas consolidadas, especialmente las rocas ígneas. Los límites de las rocas sedimentarias pueden ser límites tonales, ya que a veces están bien marcados.

ES NECESARIO RECALCAR QUE SOLO PUEDE  
INTERPRETARSE A UN OBJETO CONOCIDO

## 2.7 MOSAICOS

Un mosaico aerofotográfico es la integración de las fotografías aéreas que cubren una región, ajustadas o no a una escala uniforme, recortadas y ensambladas ordenadamente, con el objeto que den la impresión de un todo del área que se trate.

Posteriormente, puede dividirse en hojas de trabajo comúnmente de 50 cm x 60 cm.

Los diversos tipos de mosaicos dependen básicamente del control cartográfico o apoyo de algún otro tipo que se emplee al elaborarlos; de acuerdo con ésto, se considerarán tres tipos de mosaicos:

- 1) Mosaicos no controlados
- 2) Mosaicos semicontrolados y controlados
- 3) Ortofotomosaicos

### **Mosaicos no controlados**

Consisten de la integración directa de las fotografías aéreas, basadas exclusivamente en sus sobreposiciones laterales y longitudinales las cuales estarán recortadas y pegadas o no y colocadas en la posición relativa en que fueron tomadas durante el vuelo. Dentro de este tipo se agrupan, además de los mosaicos propiamente dichos, los "Fotoíndices de vuelo".

### **Mosaicos semicontrolados**

Son aquellos en cuya construcción se emplea algún elemento gráfico, para fijar en forma aproximada, la posición de los accidentes principales existentes en el área (ríos, caminos o poblaciones).

### **Mosaicos controlados**

Para la construcción de estos mosaicos se emplea un control gráfico, topográfico o fotográfico, para fijar exactamente la posición de los principales accidentes de un área, puede considerarse que en los mosaicos controlados la escala horizontal es precisa.

### **Mosaicos ortofotográficos**

Son mosaicos elaborados mediante equipo óptico-mecánico, comúnmente electrónico que compensa analíticamente las diferentes fuentes de error normales en las fotografías aéreas, integrando así materiales de un alto grado de precisión, cuya aplicación sustituye, ocasionalmente con ventaja, a los mapas elaborados por medios sólo fotogramétricos o topográficos.

Las fotografías aéreas y los mosaicos constituyen la principal herramienta de trabajo para la realización de los Levantamientos Fisiográficos.

## **2.8 IMAGENES DE SATELITE**

El programa de satélites artificiales ERTS (Earth Resources Technology Satellite) ha puesto en órbita polar dos satélites, ERTS/LANDSAT-1 a partir del 23 de julio de 1972 y el ERTS/LANDSAT-2 el 22 de enero de 1975. Estos satélites pasan sobre un mismo punto de la tierra cada 18 días y es detectado por dos tipos de sensores 1) el MSS (Multi-Spectral Scanner) que realiza un barrido multiespectral produciendo imágenes sincronizadas en 4 bandas, cada banda se refiere a un intervalo de longitud de onda, (las que se reportan en el

Cuadro 1 y 2). El RBV (Return Beam Vidicom) que son cámaras de televisión montadas en el satélite y proporcionan información en 3 bandas.

La información así obtenida es convertida de señales electrónicas en fotografías positivas en blanco y negro, en películas de formato de 70 mm, cada una de las cuales cubre una superficie aproximada de 25 a 30 mil km<sup>2</sup>, con una sobreposición (traslape) de 10% a lo largo de la órbita y con una escala aproximada de 1:3,369,000, ó bien se pasa a cintas de computadora directamente.

Cuadro 1. Tipos de bandas de los Satélites LRTS.

BANDA	$\lambda$ (longitud de ondas en $\mu$ )	Color del espectro
4	0.5 a 0.6	verde
5	0.6 a 0.7	Rojo bajo
6	0.7 a 0.8	Rojo alto al Infrarrojo bajo
7	0.8 a 1.1	Infrarrojo

En relación al Levantamiento Fisiográfico el material más comúnmente utilizado son las imágenes MSS.

Las técnicas empleadas en las imágenes de satélite solas o combinadas (falso color) corresponden a la fotolectura y al fotoanálisis ya mencionados o sea un estudio en dos dimensiones, aunque la gente con

un poco de experiencia puede inferir al relieve. Las imágenes de satélite presentan una ventaja intrínseca sobre los mosaicos aerofotográficos que radica en el hecho de poder observar en una sola foto áreas de 50 x 50 km. con un tono uniforme, lo que permite apreciar a toda una región y sus relaciones con áreas adyacentes y tiene limitaciones de escala, a pesar de que pueden ampliarse a 1:1000000 ó a 1:500,000, su competencia con fotografías aéreas por ejemplo 1:50,000 es imposible de sostenerla debido a que es indudable que las fotos proporcionan muchos mas detalles que la imagen.

### III. PRINCIPIOS DE GEOLOGIA

#### 3.1 LA CORTEZA TERRESTRE

Todas las geofomas han sido formadas dentro y sobre la corteza terrestre. La cuál es una "piel" semirígida de rocas, cuyo grosor es variable, ya que, debajo de los continentes mide de 55 a 65 km. y debajo de los océanos de 5 a 6.5 km. La corteza terrestre cubre a su vez a un material plástico como roca que se denomina MANTO. Abajo del Manto yace el NUCLEO EXTERIOR, probablemente constituido por Hierro y Níquel en forma líquida y dentro de éste se localiza el NUCLEO INTERIOR que puede considerarse como una bola sólida de Níquel y Hierro. En la Fig. 10 se muestran los constituyentes internos de la tierra.

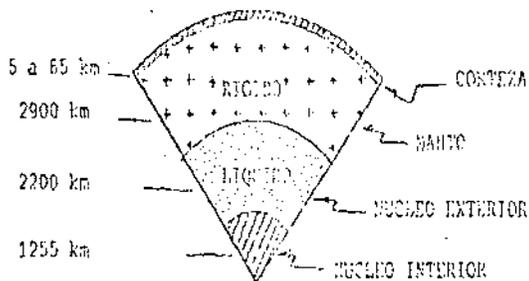


Fig. 10. Constituyentes internos de la tierra.

La CORTEZA TERRESTRE no tiene una forma única, si no más bien irregular, ya que encontramos cordilleras, montes aislados, planicies, etc., en diferentes lugares. Sin embargo, ha sido posible indicar que en este tipo de accidentes son modelados por la acción de tres grupos de procesos:

1. Los movimientos de sólidos. Incluyendo la distorsión, ruptura y dislocación de las rocas.
2. La actividad ígnea. O generación y movimiento de material magmático, y
3. La gradación. O nivelación de las tierras por la desintegración de las rocas de la corteza y la distribución de los residuos.

#### **PROCESOS DE MODELACION DE LA TIERRA**

**MOVIMIENTOS DE SOLIDOS.** En los continentes una gran proporción de la corteza se mueve tanto horizontal como verticalmente. Algunas veces el color del manto tiende a moverse hacia arriba por una lenta convección o una "ampolla" la cual levanta al material que se encuentra sobre ella produciéndose un levantamiento en la corteza terrestre.

**ACTIVIDAD IGNEA.** El calor producido en el manto y en la corteza terrestre se origina por radioacti-

vidad y por la fricción en el movimiento de bloques. Este calor derrite algunas rocas de la corteza y ayuda a mantener al manto parcialmente fluido o plástico. Posteriormente el peso de la corteza causa la expulsión del material fundido a través de sus fracturas. Este material puede enfriarse y solidificarse dentro de las fracturas o bien salir en forma de erupciones volcánicas. Cuando el material es fluido y caliente se le llama MAGMA mientras se encuentre debajo de la superficie y LAVA durante y después de las erupciones. Cuando este material se solidifica ya sea dentro o sobre la corteza forma a las ROCAS IGNEAS.

GRADACION. Algunas tierras son truncadas por la destrucción de rocas y por la remoción de los residuos. Este proceso es conocido como DEGRADACION y al proceso de depositación de los residuos de las rocas con una consecuente elevación de la superficie en los terrenos se le denomina AGRADACION. Puede entenderse que estos procesos son complementarios y cuando se les considera en forma conjunta reciben el nombre de GRADACION. De esta forma es posible establecer que la gradación incluye al intemperismo, movimientos coluviales, erosión y depositación.

Intemperismo. Es la desintegración de las rocas como resultado de su exposición a las condiciones ambientales de la superficie terrestre. Los gases atmosféricos y la humedad atacan químicamente a las rocas transformándolas en compuestos que usualmente son más estables, pero mecánicamente más frágiles. Los ácidos de los residuos orgánicos también atacan a las rocas. El congelamiento del agua en las grietas produce una

expansión que tiende a fragmentar a las rocas, el desarrollo de las raíces de los árboles provoca un efecto similar. La contracción y expansión de los constituyentes de las rocas debidas a los cambios de temperatura pueden causar su ruptura.

Movimientos Coluviales. Es el proceso de transportar materiales desmenuzados a partes más bajas por la acción de la gravedad. El intemperismo desmenuza las rocas sobre acantilados y estos residuos caen. Si la masa de fragmentos se encuentra sobre pendientes pronunciadas ésta puede disturbarse por una lluvia o el hielo que actúan como "palanca" y entonces el movimiento comienza. Sobre pendientes ligeras el material rocoso desciende gradualmente.

Erosión. Se considera como el desprendimiento y arrastre de partículas causados por el agua o el viento. Siendo el agua el más erosivo, particularmente, las corrientes de agua ya que estas pueden formar valles.

### **3.2 ROCAS**

Las rocas influyen de una manera directa sobre el tipo de geofomas que se producen por la acción de los agentes modeladores de la superficie terrestre y más aún heredan muchas de sus características a los suelos que se forman a partir de ellos, por esta razón es necesario hacer una referencia a este tipo de materiales.

Las rocas son mezclas de dos o más tipos de minerales que se han consolidado en forma natural. Los minerales son compuestos químicos con formas cristalinas definidas.

Aunque las rocas tienen una gran variación en la clase de minerales que las forman y la manera como se arreglan, se han podido establecer tres categorías generales: 1) Rocas Igneas, 2) Rocas Sedimentarias y 3) Rocas Metamórficas.

ROCAS IGNEAS. Son formadas por el enfriamiento y solidificación del magma dentro de la corteza terrestre y de la lava sobre ella. Las rocas formadas dentro de la corteza terrestre se les llama INTRUSIVAS y son generalmente pesadas y duras. Las que se encuentran sobre la superficie se denominan EXTRUSIVAS y varían en su dureza y pesantez; porque pueden ser ligeras, desmenuzables y polvosas.

Además de caracterizar a las rocas ígneas por su modo de ocurrencia (intrusivas, extrusivas), también se les clasifica de acuerdo a su composición química como: Ácidas, Básicas y Neutras.

Las rocas ígneas ÁCIDAS contienen más del 65% de  $SiO_2$  como silicatos o sílice (cuarzo) y usualmente son de colores claros. A las rocas ígneas que contienen menos del 50% de  $SiO_2$  son las BÁSICAS generalmente de color oscuro y las NEUTRAS tiene entre el 50 y 65% de  $SiO_2$ .

Las rocas ígneas constituyen al grupo de rocas más abundantes en la corteza terrestre. Algunos de los tipos más comunes se describen a continuación:

1. **Granito.** (intrusiva) Tiene cuarzo y feldespatos (ortoclasa) como minerales. Es ácida en su composición y de colores claros. Algunas veces presenta algo de mica y minerales ferromagnesianos. Los granos cristalinos son fácilmente observables (gruesos). Cuando el cuarzo se presenta en cantidades menores, es decir, que químicamente es NEUTRA, la roca se denomina sienita.

2. **Gabro.** (intrusiva) Tiene granos gruesos comúnmente de plagioclasa y minerales ferromagnesianos y tal vez Olivino. Es una roca básica de colores oscuros con una dureza mayor al acero. Los minerales ferromagnesianos se intemperizan relativamente pronto en zonas húmedas.

3. **Felsita.** (incluyendo la Riolita) (extrusiva) Tiene una composición química y mineralógica similar al granito, pero su textura es de grano fino (microscópicos). Ocurre comúnmente como flujo de lava y piroclásticos. La variedad común es la Riolita.

4. **Basalto.** (extrusiva) Tiene la misma composición química que el Gabro. Sin embargo, es de grano fino. Es una roca BASICA de color verde oscuro a gris-azuloso.

5. Obsidiana. (extrusiva) Es un vidrio volcánico. Usualmente de color oscuro, pero Acido.

Cuadro 3. Contenidos aproximados de  $\text{SiO}_2$  en algunas rocas ígneas:

Nombre	% Aproximado de $\text{SiO}_2$
Granito	70.9
Sienita	54.1
Riolita (Felsita)	70.9
Gabro	48.0
Basalto	49.1
Obsidiana	76.8

ROCAS SEDIMENTARIAS. Las rocas sedimentarias se clasifican como Clásticas y Precipitadas. Las clásticas (fragmentales) han sido formadas a través de medios físicos o mecánicos. Los sedimentos o fragmentos de las rocas ígneas intemperizadas son consolidadas por el efecto de la presión y la infiltración de materiales cementantes. Los principales sedimentos de las rocas clásticas varían grandemente en tamaño y los agentes cementantes pueden ser arcilla, óxido de Fe, Sílice o  $\text{CaCO}_3$ .

El tipo de rocas sedimentarias Precipitadas han sido producidas por precipitación química o bioquímica de los iones en solución. Los precipitados bioquímicos usualmente comprenden animales marinos y pueden ser fosilíferos.

Las rocas sedimentarias más comunes son:

1. Conglomerados. Están formados por guijarros arredondados o pedruzcos ( $> 2 \text{ mm } \Phi$ ) que usualmente están cementados con un material de grano mas fino. Si los fragmentos son angulares, la roca se llama Brecha. Los conglomerados se intemperizan produciendo materiales gruesos, gravas.

2. Arenisca. Consiste en granos de arena ( $0.05 - 2 \text{ mm } \Phi$ ) principalmente de cuarzo, ligados en conjunto por varios agentes cementantes. Si más del 25% de feldespato está presente en la roca se llama Arkosa.

3. Pizarra. Está formada de partículas pequeñas ( $< 0.05 \text{ mm } \Phi$ ) que están consolidadas. El material predominante es arcilla la cuál es depositada por agua de movimiento lento.

4. Calizas. Usualmente son precipitados químicos de grano fino. Los principales minerales son la calcita y dolomita. La caliza dolomítica es más dura que la calcita. Al intemperizarse los minerales carbonatados se disuelven y se lixivian.

ROCAS METAMORFICAS. Son rocas Igneas o Sedimentarias que han sufrido un cambio (metamorfosis) por el calor interno, presión o penetración de fluidos, sin llegar a fundirse. Se forman en el interior de la corteza y llegan a exponerse en la superficie después que ocurren los procesos de erosión. La mayoría son duras y, excepto el mármol, químicamente resistentes. A continuación se expresa la descripción de algunas rocas metamórficas.

1. **Gneiss**. Es una roca metamórfica estratificada derivada en primer término por rocas ígneas ácidas. Esta roca tiene granos gruesos comúnmente de feldspatos y algo de cuarzo con bandeados de mica y hornblenda.

2. **Esquistos**. Son rocas derivadas de pizarras, gneisses o rocas ígneas básicas metamorfoseadas. Tiene granos gruesos comúnmente de mica, hornblenda y cuarzo; arreglados como láminas, a lo largo de las cuales la roca pueda romperse. Su dureza se incrementa en función directa del contenido de cuarzo. Su color es por lo general moderadamente uniforme.

3. **Pizarra**. Es una roca de granos pequeños comúnmente de mica, cuarzo y arcilla, en láminas que pueden no ser paralelas. El esquisto es más denso y compacto que la pizarra y se desgaja en hojuelas.

4. **Cuarcita**. Es una arenisca metamorfoseada y no estratificada. La roca se fractura a través de los granos de arena que son principalmente cuarzo. La cuarcita es muy dura y se intemperiza muy lentamente.

5. **Mármol**. Es una caliza recristalizada con un arreglo de granos minerales al azar. Usualmente es de grano más grueso que la caliza parental. Los mármoles se intemperizan más lentamente que las calizas.

Una clave para la identificación de rocas está dada en el Apéndice.

En la Fig. 11 se muestran los modos y lugares de

## origen de los tipos de rocas.

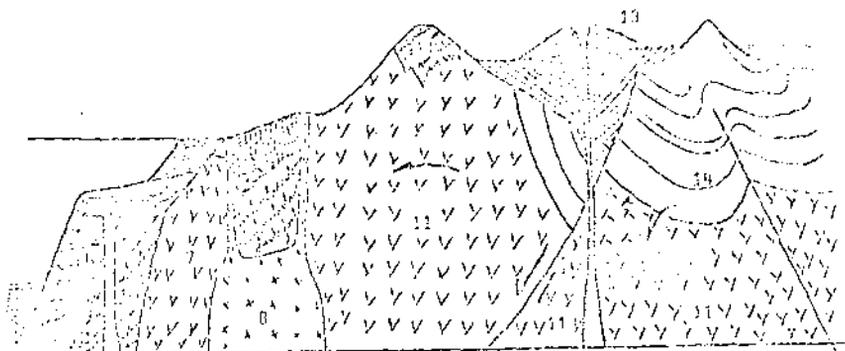


Fig. 11.- *Notas y lugares de origen de los tipos de rocas:*  
1. Sedimentos en el fondo del mar; 2. Bases de la corteza;  
3. Metamórficas; 4. Banco de sedimentos; 5. Sill;  
6. Sedimentos ribereños; 7. Diques; 8. Batolito joven;  
9. Viejas cuencas de lavas; 10. Metamórficas; 11. Batolito  
viejo; 12. Sedimentos intermontanos; 13. Cima y cerros de  
lavas; 14. Sedimentos plásticos de todos los tipos.

Las rocas también pueden ser clasificadas desde un punto de vista geomorfológico de acuerdo a su resistencia al intemperismo y erosión y al tipo de materiales que generalmente producen. La resistencia está directamente relacionada a la permeabilidad y el grado de consolidación de la roca, mientras que la naturaleza de sus productos de desintegración dependen fundamentalmente de la proporción de material silícico en la roca original. Rocas silícicas tales como la cuarcita, arenisca y pedernal produce materiales gruesos como lavas y arenas. Una gran proporción de materiales básicos químicamente en la roca parental,

tiende a ser más vulnerable al intemperismo químico y sus residuos a tener una textura más fina. En el otro extremo de fineza, la pizarra, los esquistos y el mármol producen grandes cantidades de arcilla.

### **3.3 ESTRUCTURAS DE LAS ROCAS**

La estructura de las rocas varía ampliamente por la manera como están arreglados los minerales que las componen, así como por diferentes posiciones de las masas rocosas (arriba o abajo, inclinadas o no inclinadas, etc.).

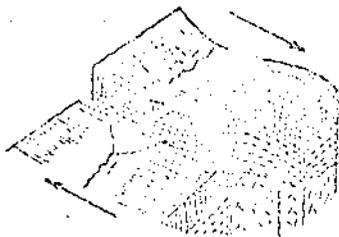
Todas las rocas están en mayor o menor grado fracturadas o quebradas. Comúnmente, las fracturas resultan de los movimientos de la tierra o contracciones de las rocas ígneas cuando estas se enfrian. Los movimientos de la tierra producen tres tipos de estructura: a) Los domos, b) Plegamientos y c) Las Fallas (Fig. 12).



(1) DOMO



(2) PLEGAMIENTOS



(3) FALLA

Fig. 12. Topografía sobre diferentes estructuras.  
Las flechas indican movimientos de la Tierra.

RELIEVE PLEGADO. Las formas de relieve plegado dependen del tipo de plegamiento y de la acción erosiva. Supongamos una sucesión de pliegues regulares, entonces encontraremos dos partes fundamentales los SINCLINALES y los ANTICLINALES. Se llama SINCLINAL a una zona en la que las capas buzan en cada lado hacia la parte central (del griego, Syn. con y Klinein, inclinarse) y el ANTICLINAL es una zona en la que las capas se inclinan en direcciones opuestas, a una y otra parte del centro.

Además dentro del relieve plegado existen otros términos que es conveniente definir:

La CHARNELA sinclinal y la CHARNELA anticlinal son las líneas en las que cambia el sentido del buzamiento. Entre la charnela anticlinal y la charnela sinclinal se halla el FLANCO del pliegue.

La Bisectriz del ángulo formado por los dos flancos del anticlinal se denomina EJE o PLANO AXIAL del pliegue. Véase Fig. 13.

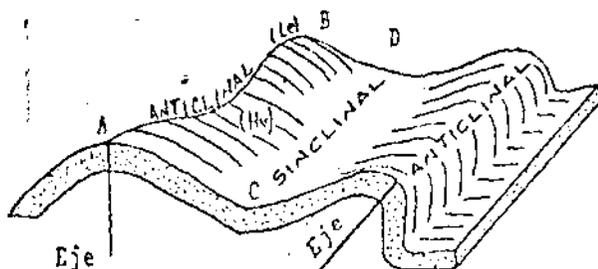
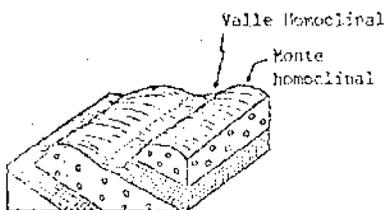
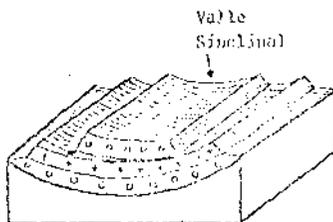


Fig. 13 Definición de las diferentes partes de un pliegue.  
 AB: Charnela Anticlinal; CD: Charnela Sinclinal; (Hu) Hundimiento del Eje; (Le) Levantamiento del Eje.

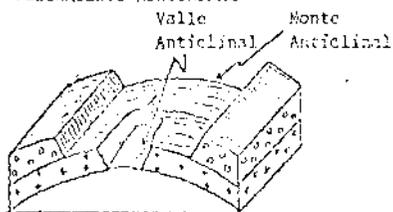
A continuación se presentan diferentes formas de plegamientos:



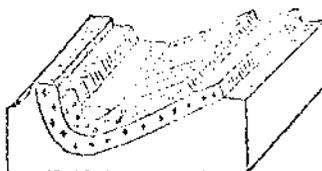
PLEGAMIENTO MONOCLINAL



SINCLINAL SIMETRICO



ANTICLINAL SIMETRICO



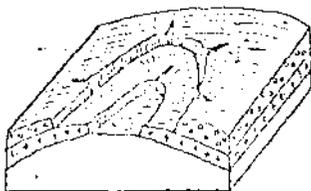
SINCLINAL ASIMETRICO



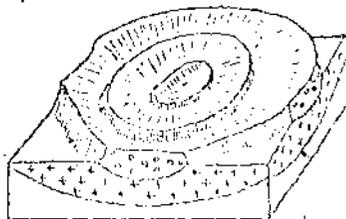
ANTICLINAL ASIMETRICO



PLEGAMIENTO AL BIVES



DOMO CON CRESTA DENTADA



CUERCA SINCLINAL

**FALLAS.** Una falla es la ruptura de masas rocosas en la corteza acompañada de una desnivelación tectónica. Al igual que en los plegamientos existe toda una terminología para describir las fallas, cuyas definiciones se presentan a continuación:

**Plano de Falla.** Es el plano a lo largo del cual se efectúa el deslizamiento de los dos bloques desnivelados. Este plano es raramente vertical; a menudo oblicuo. De hecho puede presentar un cierto espesor, que corresponde a la zona de trituración; en este caso, no es un plano verdadero en el sentido geométrico, pero debido a la gran escala, se asemeja a un plano.

A una porción del plano de falla limpia y pulida por el deslizamiento se le llama a veces **espejo de falla**

**Línea de Falla.** Trazo del plano de falla en la superficie topográfica.

**Salto.** Es la medida del desnivel tectónico, o sea, la distancia entre dos puntos dados.

**Sentido de la Falla.** Es la dirección hacia la cual está situado el bloque hundido.

Una región puede estar cortada por muchas fallas y producir comportamientos que formen gradería (Fallas escalonadas) como se muestra en la Fig. 15, o comportamientos elevados por fallas (llamados Horst) y compartimientos hundidos

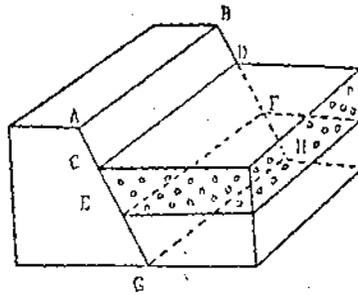


Fig. 14. Una Falla  
 AC; Salto; ABHG; plano de falla; CD; línea de Falla  
 ACDB; sentido de la Falla.

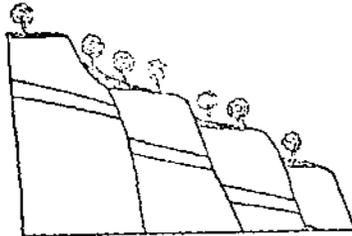


Fig. 15. Fallas Escalonadas.

### 3.4. GEOFORMAS IGNEAS

Las rocas ígneas tal vez, son las que tienen estructuras más definidas, las cuales ocurren como (1) grandes masas intrusivas como Lopolitos, Lacolitos o Batolitos (2) diques, (3) espigones

cilíndricos; (4) sill algunas veces engrosados (Facolitos). Los tres primeros tipos se incrustan en las diferentes capas de la corteza y el cuarto queda a lo largo de ellas. Batolito proviene del griego Bathos: profundo; lacolito de Lakkos: cavidad, bóveda; Facolito de Phakos; lenteja y lopolito significa plano. Las rocas ígneas extrusivas incluyen a los volcanes, corrientes de lava, cenizas y aglomerados y ocurren como capas irregulares. Todos estos tipos se muestran diagramáticamente en la Fig. 16.

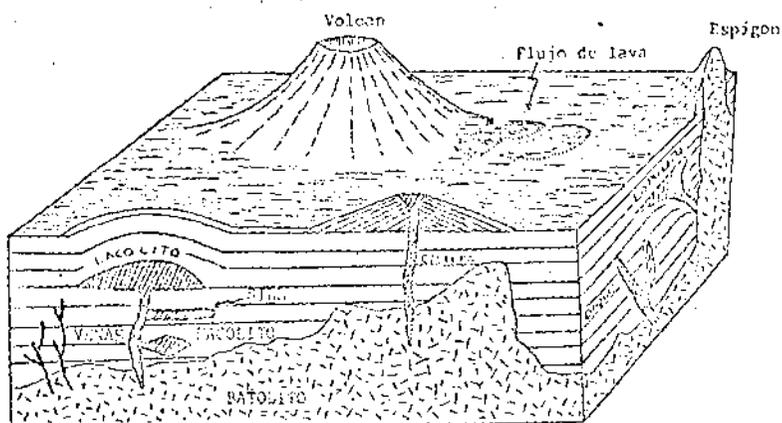


Fig. 16. Geoformas Ígneas.

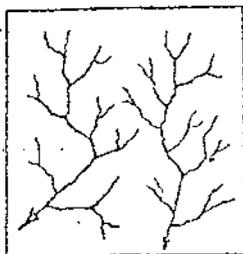
### 3.5 PAISAJES MODELADOS POR CORRIENTES DE AGUA

Entre todos los agentes modeladores, las corrien-

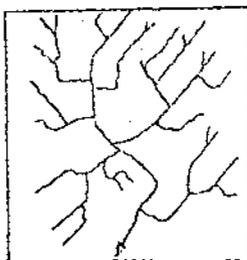
tes de agua son por mucho las más efectivas. Ellas han cortado durante mucho tiempo a los valles que drenan a los continentes, son los arquitectos de los deltas, abanicos aluviales y otros depósitos característicos, en general es posible establecer que el relieve de los paisajes, aunque con algunas notables excepciones, ha sido modelado por las corrientes de agua.

En estudios cartográficos es posible inferir algunas de las características de las corrientes ya que su geometría depende del material subyacente y el clima al que ha estado sujeto. Así pues es para nosotros muy importante el conocer los patrones de drenaje.

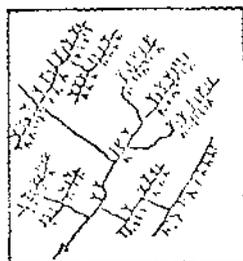
**PATRONES DE DRENAJE.** Son la integración de un grupo de valles en los cuales las corrientes de agua se mueven hacia niveles más bajos. Los principales tipos se ilustran a continuación:



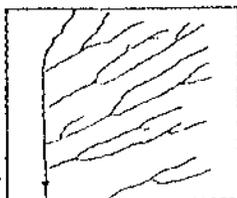
Dendrítico: Indica materiales uniformes.



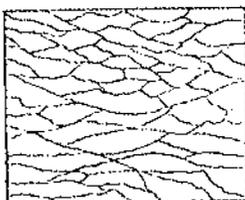
Rectangular: Implica un lecho rocoso resistente y un suelo somero.



Trellis: Implica un topografía planada.



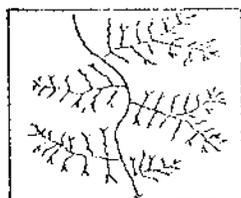
**Paralelo:** la corriente principal indica una falla, en áreas con topografía baja.



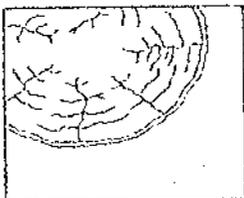
**Anastomozado:** en áreas aluviales en donde los sedimentos exceden la capacidad de absorción de las corrientes.



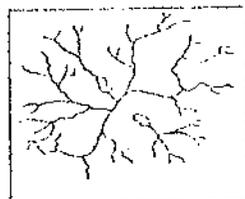
**Radial:** en colinas o lomas circulares.



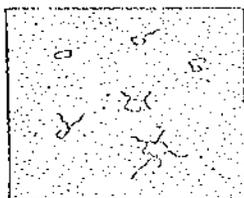
**Pinacra:** Generalmente indica altos contenidos de limo en planicies aluviales.



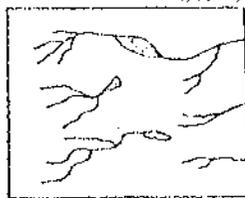
**Anular:** indica domos ígneos o sedimentarios con fracturas o escarpas concéntricas.



**Centrípeto:** una variación del patrón radial, con drenaje hacia un punto central, usualmente el centro de un cono de un volcán o cono del mar.



**Interno:** indica un terreno muy poroso o resacas o de Karst.



**Distribuido:** debido a interconexión de líneas de drenaje por canales o estruñones.

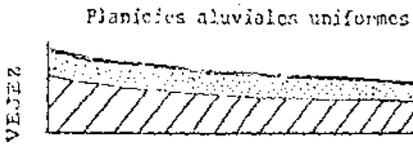
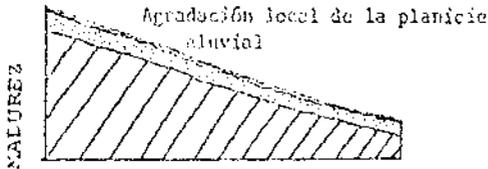
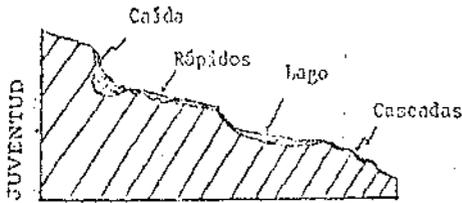
**EVOLUCION DE LOS VALLES.** Una de las acciones principales de las corrientes de aguas, es la relacionada con las etapas de evolución de los valles.

En la evolución de los valles se consideran tres etapas: Juventud, Madurez y Vejez. En la Juventud los valles son drenados por corrientes que

vigorosamente cortan a sus vanales, produciéndose hondonadas o desfiladeros profundos con cataratas, rápidos, cascadas, potoles, etc. En la Madurez los cortes disminuyen considerablemente en la base del valle, las corrientes son menos vigorosas y las caídas de agua y otras irregularidades se eliminan por el proceso de gradación. Las corrientes cambian frecuentemente su curso de un lado a otro del piso del valle ensanchándolo (produciéndose meandros) y depositando sus sedimentos para formar pequeñas planicies aluviales. En la Vejez la base del valle es casi plana. Los cortes en profundidad prácticamente han cesado, pero los cortes laterales han ensanchado el valle, tal vez en varios kilómetros. Pudiéndose iniciar nuevamente el ciclo. Es conveniente hacer notar que cambios que afectan la operación de las corrientes o cambios de clima, pueden interrumpir la evolución del valle en cualquier etapa.

La Fig. 17, ilustra las diferentes etapas de evolución de un valle.

PERFILES LONGITUDINALES



PERFILES TRANSVERSALES

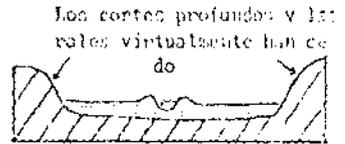
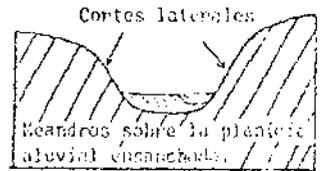
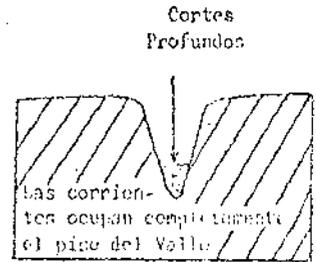


Fig. 17. Perfiles de valles durante el ciclo de vida de una corriente.

Además la sección transversal de un valle puede indicarnos su origen geomorfológico. A continuación se ilustran tipos distintivos:



Valle maduro bien nivelado.



Cárcavas recientemente erosionadas.



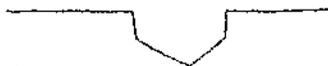
Valle asimétrico en el meandro de un río con la parte exterior de la curva sobre una recta.



Valle con fondo plano en una amplia planicie de inundación.



Valle formado por un glaciar con flancos escarpados.



Desfiladero en un estrato horizontal, sobre un espeso manto de caliza.

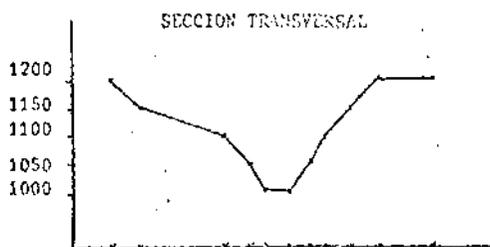
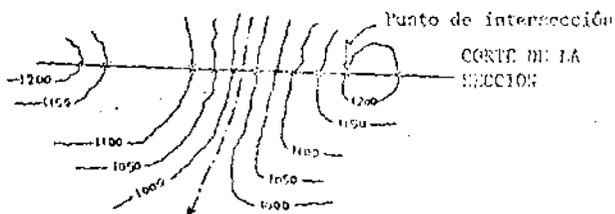


Desfiladero sobre sedimentos estratificados de resistencia variable.



Valle en un valle. Puede deberse a un proceso de rejuvenecimiento.

Este tipo de secciones pueden obtenerse a partir de mapas topográficos dibujando perfiles, como se ilustra a continuación:



#### IV. CONCEPTOS DEL LEVANTAMIENTO FISIOGRAFICO

##### 4.1 REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION

Webster y Beckett (1970) después de revisar los conceptos existentes sobre las clasificaciones de tierras, indicaron que cualquiera que fuese el sistema éste debería reunir cuatro requisitos básicos, los cuáles se enuncian a continuación:

1) Que la información que está disponible sobre los terrenos o que es necesaria y reunida, puede localizarse en términos de CLASES de terrenos y que estas clases se relacionen a un amplio número de usos posibles.

2) Que la información colectada en un sitio pueda usarse para planear el uso de la tierra de otro, siempre y cuando los dos sitios sean similares. O sea, uno puede generalizar en relación a los sitios DENTRO de una clase.

Así las clases básicas en las que los terrenos se han subdividido se consideran homogéneas.

3) Que la FOTOINTERPRETACION aérea sea la principal herramienta de trabajo y las clases básicas de terrenos en cualquier área de interés pueden ser reconocidas sobre fotografías

aéreas con pocas observaciones de campo, y

4) Que la clasificación sea simple  
Tomando como base estos requisitos, se propuso el Levantamiento Fisiográfico.

#### **4.2 EL SISTEMA DE CLASIFICACION FISIOGRAFICO**

El Levantamiento Fisiográfico puede ser considerado en términos generales como una subdivisión del paisaje. Cuenta con un sistema de clasificación muy simple ya que tiene sólo dos tipos de unidades: la FACETA y el SISTEMA TERRESTRE.

La FACETA es considerada como la unidad básica de clasificación y se define como "una parte del paisaje, usualmente con una forma simple, sobre una roca o depósito superficial y con suelo y régimen de humedad que son uniformes sobre toda su extensión o si no, varían de una manera simple y consistente".

Cada FACETA es lo suficientemente homogénea para ser manejada uniformemente, en la mayoría de los usos semi-intensivos de las tierras y son de un tamaño tal que pueden ser cartografiadas a escalas de 1:10,000 a 1:50,000 sobre fotografías aéreas.

Con las FACETAS se pueden coleccionar y organizar la información sobre los recursos terrestres de un área. Sin embargo, si las Facetas tienen suficien-

te homogeneidad para nuestros propósitos pueden agruparse en áreas más grandes.

Una repetición de un conjunto de Facetas da un caracter particular a un paisaje, de otra manera, reconocemos diferentes paisajes en donde hay un diferente conjunto de Facetas o donde los patrones de las relaciones entre Facetas difieren.

Tales patrones proveen una agrupación necesaria para la identificación de las Facetas y son conocidos como SISTEMAS TERRESTRES, estas unidades se cartografían a escalas pequeñas de 1:250,000 a 1:1000,000.

La subdivisión de un territorio en SISTEMAS TERRESTRES produce áreas de un tamaño adecuado para la planeación regional, cada una con su propio potencial de desarrollo. Pero su principal función en una planeación más detallada es el de ayudar en la identificación de las Facetas que lo integran.

Con el esquema anterior se intenta proveer un armazón para almacenar datos en la mayoría de los propósitos prácticos en donde la tierra se usa en forma moderadamente extensiva. Sin embargo, la clasificación puede que no sea lo suficientemente refinada para todos los propósitos, por lo que, se hacen necesarias subdivisiones más finas. En estos casos se proponen dos unidades auxiliares; el ELEMENTO y la VARIANTE.

El ELEMENTO es la unidad más pequeña del terreno que puede ser de interés. Es una parte de la Faceta y como tal puede ser distinguido de los elementos de una imagen de fotografías aéreas. Por ejemplo,

una Faceta en una meseta puede tener dos ELEMENTOS, la cresta plana y la margen convexa; una Faceta en una pendiente puede dividirse en ELEMENTOS de la parte superior y ELEMENTOS de la parte inferior. Los ELEMENTOS son por lo tanto, mas pequeñas que las FACETAS para representarse en un mapa, pero al menos son visibles sobre las fotografías usadas, es decir, a escalas de 1:10,000 a 1:50,000.

La VARIANTE es usada para indicar dentro de una Faceta que no son predecibles desde la superficie o desde su posición en el Sistema Terrestre. Por ejemplo, una Faceta puede tener diferentes sustratos, como una variación de los tamaños de grava en un abanico aluvial, lo cual es necesario identificarse en propósitos de ingeniería.

## V. METODOLOGIA DEL LEVANTAMIENTO FISIOGRAFICO

La metodología para la realización del Levantamiento Fisiográfico es relativamente sencilla y se presenta en los siguientes párrafos:

### **1) Delimitación de la Zona de Estudio.**

Es el punto inicial del trabajo que nos permite organizar al mismo, en la búsqueda de información y compra de materiales. Para lo cual es indispensable su ubicación geográfica (Latitud y Longitud).

### **2) Obtención de la Información existente para la Zona y material fotográfico.**

Se deben buscar todo tipo de material cartográfico disponible para la zona de estudio, es decir, mapas de geología, suelos, clima, vegetación, topográficos, etc. No es necesario que toda la zona esté cubierta con estos materiales, basta con algunas partes.

Así mismo, es indispensable obtener el material aéreo fotográfico, es decir, mosaicos de escalas entre 1:250,000 a 1:1000,000 y fotografías aéreas a escalas entre 1:10,000 a 1:50,000, de toda la zona de estudio.

**3) Primera Zonificación.** Una vez determinada la zona de estudio se comienza a delimitar y aislar

las diferentes clases de paisajes presentes en el área SOBRE un MAPA, a la misma escala que los mosaicos (1:250,00 a 1:1000,000).

Para ello se usa la información disponible de todas las fuentes (geología, suelos, clima, etc.), marcando los contrastes más notables, es decir, por ejemplo de geología las zonas ígneas, sedimentarias y metamórficas; del mapa de clima la zona más lluviosa, la menos lluviosa, la que tiene las más altas temperaturas y menores, etc. Es preferible en esta etapa tener muchos límites que pocos límites, aunque algunos de ellos serán posteriormente innecesarios.

**4) Unidades Provisionales.** Los linderos trazados en el mapa, se buscan SOBRE el MOSAICO y se dibujan los que identifican patrones visuales en forma evidente. A estos patrones es recomendable darles nombres imaginarios de acuerdo a semejanzas con objetos conocidos por la persona que realiza el trabajo, por ejemplo: forma de "Pluma", "cuernos", "humo", "piel de tigre", etc., ya que con ello se ayuda a memorizar patrones que se ven frecuentemente sobre las fotografías aéreas. Lo anterior es extremadamente útil sobre todo cuando la información existente sobre la zona (geología, clima, etc.), cubre una pequeña área y se va a extrapolar esta información.

Estos patrones con límites tentativos son usados para diseñar la forma de muestreo en la siguiente etapa.

Otros linderos menos conspicuos son también

trazados sobre los mosaicos por el conocimiento de su existencia en base a experiencia de campo. Es conveniente muchas veces contar con la opinión de gente de experiencia en la zona que nos indiquen la existencia de estos límites. Los cuáles frecuentemente llegan a ser aparentes después de un cerrado escrutinio sobre el mosaico.

De esta manera se termina una etapa con un número de regiones que conocemos o esperamos que tengan paisajes diferentes a sus vecinos. Es conveniente mencionar que todos los linderos están sujetos a modificaciones.

#### **5) Fotointerpretación Detallada y Recorridos de Campo.**

Después de dividir la zona en regiones, el siguiente paso consiste en identificar la naturaleza de sus patrones y las partes que lo componen. Para ello, es necesario el estudio detallado de fotografías aéreas primero, de áreas representativas de cada patrón y después del resto del área para cubrir a todo el patrón.

En aquellas partes donde el acceso a los terrenos es posible se conjugan los recorridos de campo con la fotointerpretación para obtener datos de campo, con los que se definen posteriormente a las Facetas. Después de establecer toda la metodología se habla con mas detalle sobre la selección de localidades de estudio y la descripción de sitios en el campo.

En aquellas partes en donde no son posibles los recorridos las Facetas se distinguen tentativamente

en base a su forma superficial, tono y textura fotográfica, con una definición adicional. Si es necesario, se realiza una revisión después que el trabajo de campo se ha efectuado.

**6) Definición de Facetas.** Cada una de las partes identificadas componentes de los patrones son consideradas como Facetas y estas se definen en términos de forma, pendiente, suelos y cubierta vegetal, datos que se obtienen directamente en el campo.

**7) Definición de Sistemas terrestres.** Los Sistemas Terrestres se definen sobre las Facetas presentes y sus relaciones. Usualmente todo Sistema Terrestre contiene el mismo conjunto de Facetas con las mismas interrelaciones, aunque se acepta como normal el encontrar una o dos Facetas como erróneas para un Sistema Terrestre en particular.

Un esquema que resume la metodología del Levantamiento Fisiográfico se presenta en la Fig. 18.

Es de esperarse que en algunas áreas de la República Mexicana se carezca de todo tipo de información. En esos casos Ortiz y Estrada (1976) propusieron que después de delimitar la zona de estudio, se interpretarán las imágenes de satélite con la técnica del falso color para obtener las unidades provisionales y a partir de ello seguir el procedimiento propuesto por Webster y Beckett (1970). En la Fig. 19 se presenta un resumen de esta metodología.

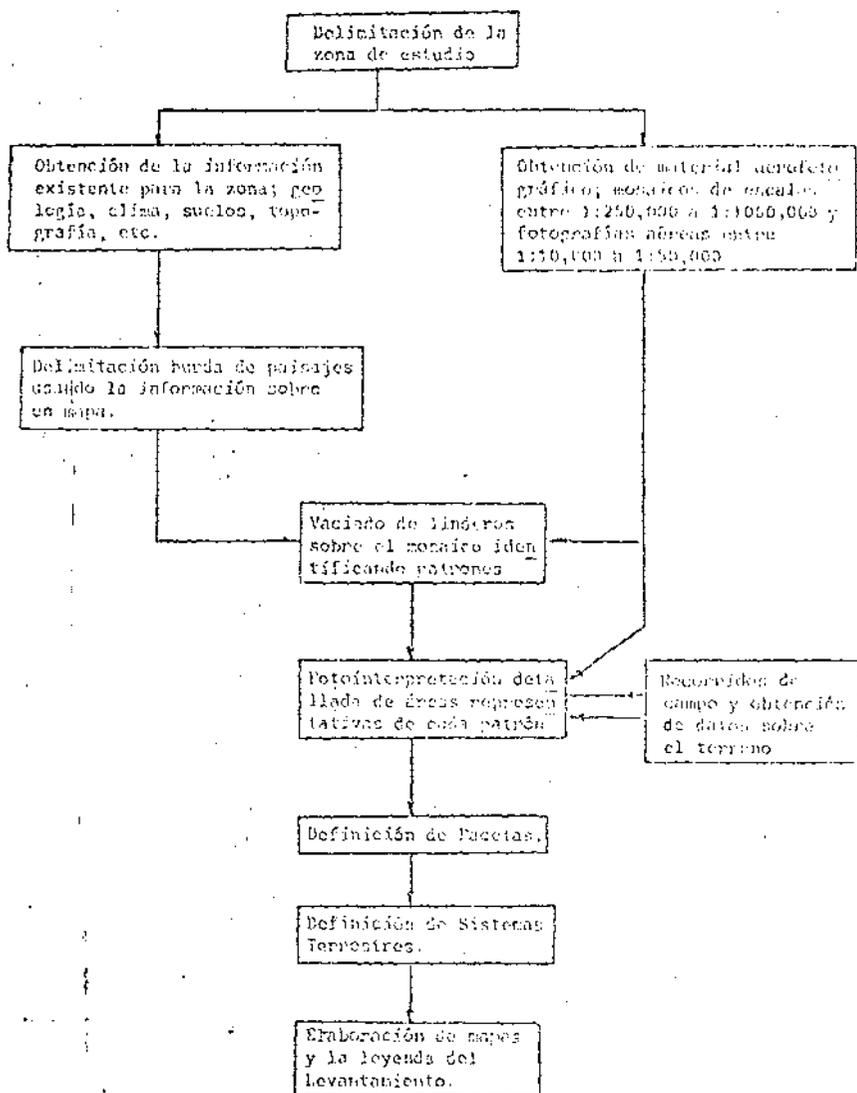


Fig. 18. Diagrama ilustrativo sobre la metodología del levantamiento físico gráfico (Adaptado de Bohrer y Berkett, 1970).

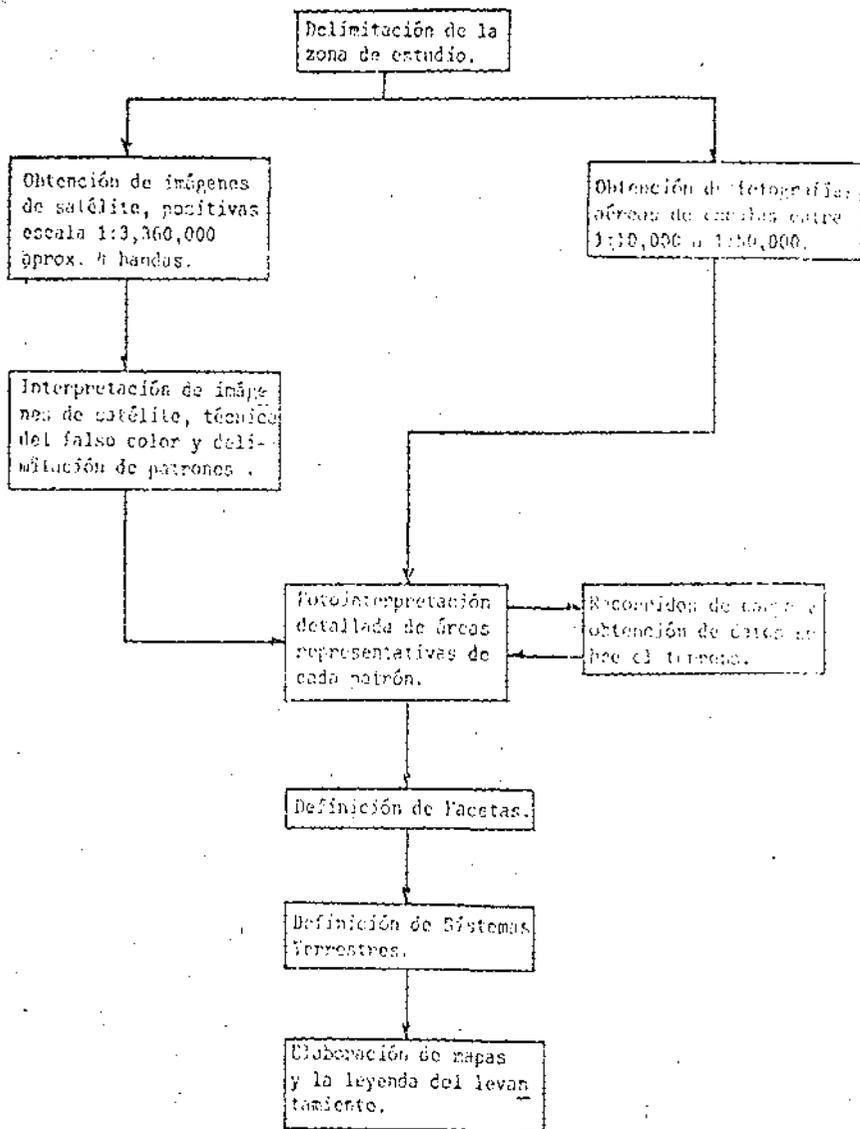


Fig. 19. Diagrama ilustrativo sobre la metodología del Levantamiento Físico gráfico, cuando no existe información sobre la zona (Adaptado de Ortiz y Estrada, 1976).

## **NUMERO DE SITIOS DE MUESTREO POR FACETA.**

Teóricamente al hacer la fotointerpretación detallada estamos delimitando Facetas y estas son homogéneas en suelo y régimen de humedad o varían en forma que es predecible.

Sí lo primero fuera lo que siempre se presentara, bastaría con hacer una observación para caracterizar a toda la Faceta y si sucede lo segundo es necesario cuando menos hacer dos observaciones para detectar la variación. Ahora bien, en la práctica nunca uno sabe con cuál de esos dos casos se está enfrentando por lo que, el único criterio que puede darse es que el número mínimo de sitios observados por Faceta es de dos y el máximo reportado en la literatura es de ocho. Siendo lo más común de acuerdo con Mitchell (1973) de tres a cuatro sitios por Faceta.

Es conocido que el número de sitios de muestreo varía de acuerdo a tres factores: la forma del terreno, su litología y la textura del suelo. Esto podrá investigarse a medida que se cuente con más Levantamientos Fisiográficos en la República Mexicana, con lo que se podrá precisar el número exacto de sitios para diferentes combinaciones de esos factores.

## **DESCRIPCION DE SITIOS**

La descripción de un sitio sirve para dos

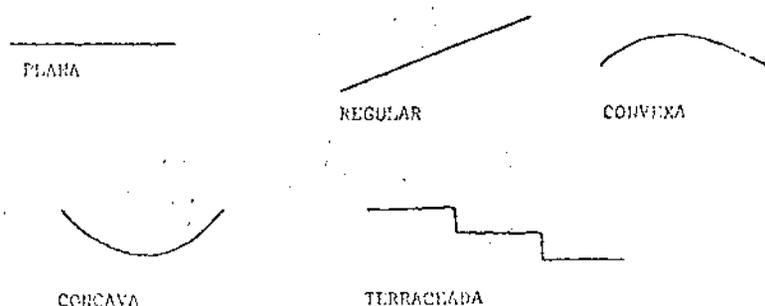
propósitos, directamente útil en la caracterización de Facetas y en general para definir Sistemas Terrestres. De esta forma el tipo de información que se requiere abarca fundamentalmente los siguientes puntos: Geomorfología, Geología, Clima, Suelos, Corrientes Superficiales, Cubierta Vegetal, Uso de la Tierra y Altitud.

Muchos de estos datos pueden obtenerse directamente en el campo y otros de publicaciones, como es el caso de clima y posiblemente también el de la geología. Es obvio que si desde un principio se carece de información ésta se tendrá que buscar en el campo y se requerirá sobre todo de la ayuda de un geólogo para la descripción y delimitación de los tipos de rocas y accidentes topográficos. A continuación se establece una guía para la descripción de los sitios.

FORMA DEL TERRENO. A pesar de que existe todo un vocabulario geomorfológico que nos podría precisar con mucho detalle la forma exacta del terreno, creemos que es mejor establecer su nominación en términos simples que describan lo que uno vea en el campo; como Terrenos Planos, Terrenos Inclinados, Mesetas, Laderas, Barrancas, que son palabras de uso común o bien términos de tipo geométrico como Planicies, Conos, Abanicos, Terrenos ondulados, Terrenos quebrados.

Es conveniente mencionar que después de fotointerpretar uno va al campo, por lo que uno debe ubicarse sobre el terreno y darse cuenta en donde empieza y en donde termina la Faceta para establecer su forma en general.

PENDIENTE. La pendiente se describe en términos de forma y un porcentaje. La forma de la pendiente comparada con la forma del terreno es más particular del sitio, aunque es posible que las dos coincidan como en las planicies o que las dos difieran como en los terrenos ondulados puede haber pendientes cóncavas y convexas. Las formas de las pendientes son:



El grado de pendiente, se expresa en términos de porcentajes, los cuales se refieren a:

$$\% \text{ pendiente} = (\tan \theta) \times 100$$

en donde  $\theta$  es el ángulo de inclinación del terreno.

Por ejemplo:

1) Si  $\theta = 45^\circ$

$$\% \text{ pendiente} = (\tan 45^\circ) \times 100$$

$$= 1 \times 100 = 100 \%$$

en otras palabras, si tenemos un terreno con un ángulo de inclinación de  $45^\circ$  grados su pendiente es del 100%.

2) si  $\theta = 30^\circ$

$$\begin{aligned}\% \text{ pendiente} &= (\tan 30^\circ) \times 100 \\ &= (0.5773) \times 100 = 57.73\%\end{aligned}$$

Existen aparatos que nos dan la pendiente tanto en % como en grados directamente, como los Clisímetros.

El procedimiento para medir la pendiente es como sigue:

- a) Búsquese la dirección de mayor pendiente
- b) Imaginariamente trace una línea y colóquese sobre ella
- c) Busque un objeto sobre la línea que tenga la misma altura que la altura a la cual se encuentra el Clisímetro
- d) Determine el valor de la pendiente

Hay ocasiones en las que los terrenos exhiben inclinaciones en dos sentidos, en estos casos deben medirse las dos y también indicar sus formas.

ROCAS. Se describen en términos de su naturaleza (Ignea, Sedimentaria o Metamórfica), la clase dominante y si es posible su edad.

SUELOS. Ubicándonos dentro de la Agricultura de Temporal el suelo debe considerarse como un cuerpo

que capta, almacena y proporciona agua a las plantas que en el se desarrollan y dentro de este contexto nos interesa determinar su textura superficial, su consistencia, su profundidad y color, aunque no deben descartarse cualquier otra característica que se aprecie directamente sobre el terreno, como Inundaciones, Erosión, Salinidad, Pedregosidad, etc.

TEXTURA. En general se ha convenido dividirla en tres categorías: Gruesas, Medias y Finas. En la primera dominan las arenas y en la última las arcillas. Para detectarlas en el campo se toma una pequeña porción de suelo se humedece (no se moja) y se empieza a frotar entre los dedos, las arenas dan una sensación de material rasposo, el limo como jabón y la arcilla es pegajosa. Las texturas gruesas generalmente no son moldeables (no se pueden hacer cordones), pero si las medias y finas aunque las medias generalmente al doblar los cordones estos se agrietan o se rompen. Lo mas recomendable es entrenar a los técnicos para reconocer estas características.

CONSISTENCIA. Esta propiedad se asocia con la facilidad o dificultad que tendrán las raíces para su desarrollo y se determina con una barrena de gusano al mismo tiempo que se mide la profundidad y puede describirse en los términos de blando, ligeramente duro, muy duro o extremadamente duro, de acuerdo a la facilidad o dificultad con la que la barrena penetre.

PROFUNDIDAD. Se dá en cm hasta donde la barrena penetre. Aunque también pueden adaptarse algunas convenciones como la siguiente:

Esquelético	< 10 cm
Someros	10 a 30 cm
Delgados	30 a 50 cm
Moderadamente profundos	50 a 90 cm
profundos	> 90 cm

COLOR. Este se describe en términos generales, es decir, de acuerdo a como uno lo observe en el campo. Es conveniente sin embargo, apreciar el color en seco y en húmedo, indicando el contenido de humedad en el reporte.

CORRIENTES SUPERFICIALES. Se indican si éstas son permanentes, temporales o mixtas.

COBERTURA VEGETAL. En primer término se indicará si es cultivada o no cultivada, estableciendo si es posible su nombre científico o en su defecto el nombre local, en la etapa de campo generalmente una cuenta con ayudantes de la región que son muy eficaces en el reconocimiento de las distintas especies no cultivables, otros datos son el % de cobertura y la altura dominante. De las especies cultivables es de esperarse que existan una gran cantidad de criollos también regionales que necesariamente se tendrán que identificar.

USO DE LA TIERRA. Este punto aunque está relacionado con el anterior es necesario el establecer la dominancia en el uso, indicando si es ganadero, forestal o agrícola. Además es posible detectar en este punto el tipo de prácticas de manejo de los terrenos.

ALTITUD. Se expresa en m sobre el nivel del mar. Si se cuenta con mapas topográficos, este dato puede obtenerse directamente sobre ellos. En caso contrario se toma directamente en el campo con un altímetro en la parte más baja y más alta del sitio.

## **VI. PRESENTACION DE LOS RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO FISIOGRAFICO**

### **6.1 CONTENIDO DE LA MEMORIA**

Como todo tipo de informes la Memoria del Levantamiento Fisiográfico tiene grandes variaciones de acuerdo con el autor, sin embargo, los puntos más importantes que deben de aparecer son:

(a) **COMO USAR LA MEMORIA.** El Levantamiento Fisiográfico ha sido diseñado para proporcionar información sobre una zona a diferentes niveles de generalización, es decir, se puede hablar de la zona como un todo, de los Sistemas Terrestres y en forma más particular de las Facetas y es en esta parte en donde se indica la manera de obtener a cualesquiera de esos tipos de información.

(b) **INTRODUCCION.** En la cuál se especifican los objetivos y propósitos del Levantamiento.

(c) **CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO.** En donde se establece la localización de la zona y generalidades sobre el clima, relieve, su geología, vegetación y datos Socio-Económicos. Esta parte está basada principalmente en el material que es primeramente colectado para la realización del Levantamiento.

(d) METODOLOGIA. Es importante este Capítulo porque en el deben establecerse las limitaciones que presente la metodología aprendida en este trabajo y la manera como fueron resueltas, ya que con ello cada vez se irá mejorando esta técnica y se podrán proponer alternativas más viables en el futuro de acuerdo a los medios que se dispongan. Porque es de esperarse que esta técnica sea útil en este momento pero los que la hemos apoyado pensamos que como todo no es lo último y necesariamente tendrá que sufrir algunos cambios.

(e) DESCRIPCION DE LAS UNIDADES FISIOGRAFICAS. En este Capítulo se describen las Unidades Fisiográficas en términos primero de Sistemas Terrestres y posteriormente las Facetas, como es en esta parte en donde recae toda la importancia de la información básica del Levantamiento Fisiográfico se creyó necesario discutirlo aparte.

(f) INTERPRETACIONES. En esta parte pueden efectuarse clasificaciones de los terrenos de acuerdo a su CAPACIDAD DE USO, Uso Actual, si se dispone de información sobre rendimientos se pueden ubicar las áreas de mayor potencialidad e incluso correlacionar a estas áreas con otras semejantes, así como indicar las zonas donde las prácticas agrícolas sean diferentes. Información económica y social entre otras. En otras palabras en este Capítulo se pueden conjugar los datos del Levantamiento Fisiográfico con información de otras fuentes para generar cualidades de los terrenos.

(g) BIBLIOGRAFIA. Con la que se dá el crédito correspondiente a las diferentes personas e instituciones de cuyos trabajos corresponden los datos que han sido utilizados en el Levantamiento.

(h) MAPAS. La metodología tradicional del Levantamiento Fisiográfico propuso un sólo mapa, el de Sistemas Terrestres, pero en nuestro medio parece ser más funcional el mapa de Facetas, por lo que es conveniente elaborar los dos tipos.

## 6.2 DESCRIPCION DE LAS UNIDADES FISIOGRAFICAS

La forma como se presenta la información sobre las Unidades Fisiográficas se divide en cuatro partes:

- (1) Descripción de los Sistemas Terrestres
- (2) Diagrama idealizado de los Sistemas Terrestres
- (3) Descripción de las Facetas, y
- (4) Par o tripletas estereoscópicas.

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS TERRESTRES. La descripción de los Sistemas Terrestres se realiza en términos de clima, geología, hidrología, suelos, uso actual y altitud, para los cuales se adopta una serie de convenciones en función de los datos y nivel de precisión que de ellos se tenga.

A continuación se muestra un ejemplo sobre las convenciones tomadas en la realización del Levantamiento Fisiográfico del Area de Influencia de Chapingo (Ortíz y Cuanalo, 1977) y posteriormente una descripción completa de uno de sus Sistemas como ejemplo:

**CLIMA:** Se estableció de acuerdo a la precipitación media anual, la época en la que se presenta el régimen de lluvias y la temperatura media anual.

**GEOLOGIA:** Se describió a las rocas según su naturaleza, edad y clase dominante.

**HIDROLOGIA:** Se describió en términos de las corrientes superficiales.

**SUELO:** SE indicaron las características de los suelos que cubren la mayor superficie en términos de profundidad, textura, color y propiedad más sobresaliente (erosión, salinidad, pedregosidad, etc.).

**USO ACTUAL:** En primer término se indicó si era agrícola, ganadero o forestal, para el uso ganadero se especificó si era extensivo o intensivo y el tipo de ganado. Para el uso agrícola se indicó si era de temporal o de riego.

**ALTITUD:** Se dió en m y se indicó la elevación mínima y máxima sobre el nivel del mar.

Es común incluir otros puntos como el PAISAJE en el cual se establece en forma general y de igual manera a la VEGETACION.

EJEMPLO:

### SISTEMA TERRESTRE TLALOC

CLIMA: Precipitación de 1000 a 2000 mm, con régimen de lluvias en verano y temperatura media anual de 6 a 10° C.

GEOLOGIA: Cenizas volcánicas, núé ardent, sobre derrames andesíticos acordonados intensamente fallados y fracturados.

PAISAJE: Cono cinerítico fallado, sobre derrames andesíticos. Pendiente general del 25%, con terrenos muy ondulados.

HIDROLOGIA: Corrientes superficiales temporales, formándose pequeñas lagunas en el fondo de los cráteres y en los bajos de las hondonadas.

SUELOS: Profundos, de texturas medias, negros, ricos en materia orgánica.

VEGETACION: Bosque perennifolio y matorral bajo.

USO ACTUAL: Ganadería intensiva principalmente de bovinos y explotación forestal.

ALTITUD: de 3700 a 4050 m.s.n.m.

DIAGRAMA IDEALIZADO. Para dar una idea general sobre la variación del paisaje, se presenta a cada Sistema Terrestre, en un diagrama idealizado de bloque, sobre el cuál se indica con un número las Facetas que lo integran y en su base se simbolizan los materiales geológicos sobre los cuales descansan. Además es común que junto al diagrama vaya un mapa esquemático de la zona de estudio en el cuál se muestra la ubicación del Sistema Terrestre en cuestion, Fig. 20.

## SISTEMA TERRESTRE TLALOC

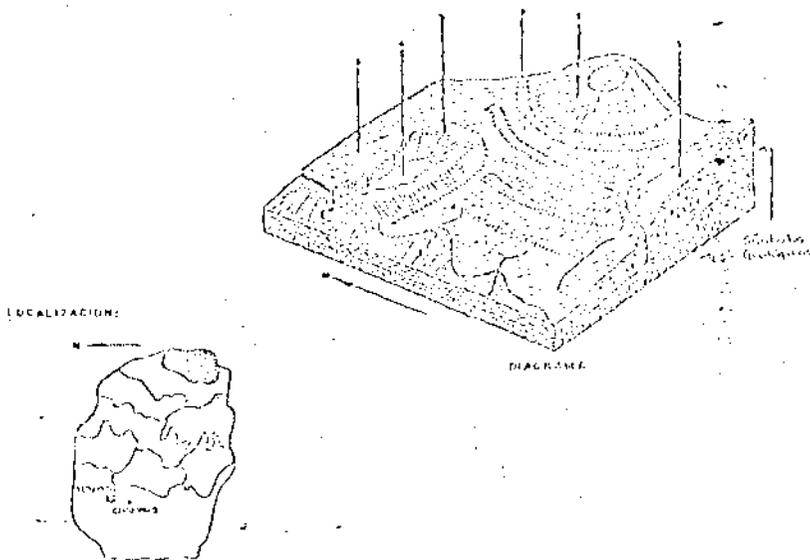


Fig. 20 . Diagrama Idealizado de un Sistema Terrestre.

**DESCRIPCION DE FACETAS.** Las Facetas que integran a un Sistema Terrestre son descritas en los siguientes términos:

**NUMERO:** Con un número arábigo se designa a las Facetas que integran a los Sistemas Terrestres tanto en el diagrama idealizado como en el Cuadro de Descripción de Facetas.

FORMA: Además de especificar la forma de cada Faceta en palabras es común indicar su pendiente la cuál generalmente es expresada en porciento.

SUELOS: En esta parte es donde se describen los suelos como se indicó anteriormente para los sitios y deben de indicarse las variaciones y características sobresalientes.

COBERTURA VEGETAL: Se indica la vegetación cultivada y no cultivada, nombres científicos y estimaciones del área que cubren y rendimientos si es posible.

Cuadro 3. FACETAS DEL SISTEMA TERRESTRE TLALOC

Faceta No	Forma	Suelos	Cubierta vegetal
1	Cono cónicítico fallado (cerro del Tlaloc.)	Incipiente entre las facturas de las rocas, en la cima, y negros de texturas gruesas no gradualmente profundos muy ricos en materia orgánica, en las faldas del cerro.	Matorral disperso sub inerte, <u>Cucurbitus spp</u> y zacatonales.
2	Declive ondulado, con pendiente general del 25 al 30%.	Negros, profundos, ricos en materia orgánica y de texturas medias.	Bosque perennifolio disperso de <u>Pinus hartwegii</u> y un estrato herbáceo dominado por zacatonales.
3	Declive fuerte, con pendiente general del 35 al 40%.	Negros, profundos, ricos en materia orgánica y texturas medias.	Bosque perennifolio de <u>Pinus hartwegii</u> y un estrato herbáceo dominado por zacatonales.
4	Pequeñas lagunas en el fondo de antiguos cráteres y hondonadas. Con drenaje centrifugo.	No determinado.	Sin vegetación
5	Declive suave, con pendientes ligeras del 7 al 10%	Negros, profundos, ricos en materia orgánica y texturas medias.	Bosque perennifolio de <u>Pinus hartwegii</u> y un estrato herbáceo dominado por zacatonales.

PAR ESTEREOSCOPICO. Al final de cada descripción se muestra un par de fotografías aéreas, que al ser observadas con un estereoscopio de bolsillo se obtienen imágenes tridimensionales, en las que se identifican a las Facetas y sus linderos. Este par estereoscópico es un excelente auxiliar para observar la posición de las Facetas en el paisaje así como sus interrelaciones.

### 6.3 ELABORACION DE DIAGRAMAS

Como se mencionó anteriormente, todas las Facetas se combinan pictóricamente hablando en un diagrama idealizado, el cual ilustra en forma clara y simple las relaciones entre Facetas. Estos diagramas tienen la ventaja de enfatizar solamente aquellas propiedades del paisaje que son características del Sistema Terrestre y aunque ésto no necesariamente representa un área en particular, puede agrupar a todas las Facetas que integran al Sistema ya sea que las encontremos en uno o varios pares de fotografías aéreas.

A continuación se describen tres tipos de proyecciones y la construcción de diagramas simples, junto con algunas indicaciones sobre la terminación y presentación del dibujo.

TIPOS DE PROYECCION. Un diagrama puede dibujarse en uno de los siguientes tipos de proyecciones:

- (a) Proyección Isométrica
- (b) Perspectiva de un punto
- (c) Perspectiva de dos puntos

Un diagrama se ve mejor cuando es dibujado con una perspectiva de dos puntos, la cuál dá una impresión de distancia (como si el paisaje fuera observado desde un avión).

El DIAGRAMA ISOMETRICO no representa un dibujo en una verdadera perspectiva, pero es de construcción muy simple y es preferido por personas que se inician en el dibujo. En un dibujo isométrico las líneas que son paralelas en la vida real son dibujadas como paralelas en el papel (Fig. 21).

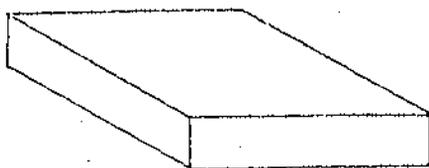


Fig. 21 . Bloque isométrico.

PERSPECTIVAS. Tanto para la perspectiva de un punto como la de dos es conveniente definir dos términos básicos para la construcción de éstas: (a) la línea del horizonte y (b) el punto focal. Línea del Horizonte. Es una línea que va a través del Cuadro, al mismo nivel de la vista del dibujante. Es una línea imaginaria, paralela al piso del objeto a dibujar.

BIBLIOTECA DE AERONAUTICA

Punto Focal. Es un punto también imaginario donde todas las líneas convergen. Y se sitúa sobre la línea del horizonte. De acuerdo al número de puntos focales es el tipo de perspectiva. Así la perspectiva de un punto tiene sólo un punto focal y la perspectiva de dos puntos tiene dos.

En la Fig. 22 se ilustra la perspectiva de un punto y en la Fig. 23 la de dos puntos.

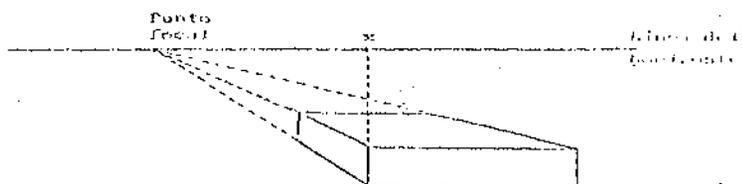


Fig. 22 . Perspectiva de un punto.

Nótese que todas las líneas en la realidad son paralelas y solo unas permanecen paralelas

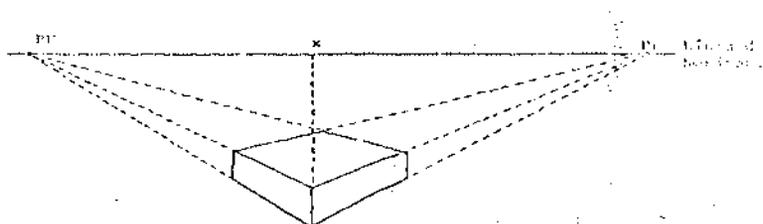


Fig. 23 . Perspectiva de dos puntos.

En la perspectiva de dos puntos excepto por las verticales ninguna de las líneas quedan paralelas.

## ABSTRACCION Y DIBUJO DE UN SISTEMA TERRESTRE

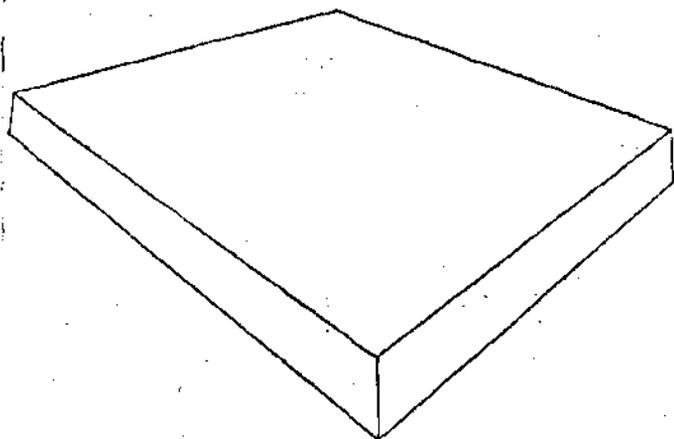
El objetivo de representar en un diagrama a los Sistemas Terrestres es el de visualizar todas las Facetas que lo constituyen de manera simple. La principal fuente de información la constituyen los pares estereoscópicos, aunque ésto puede ser complementado, si es posible con los mosaicos, mapas topográficos, bocetos de campo y descripciones verbales. Con estos datos se hace un borrador del diagrama, determinando cuál es el mejor arreglo de las características y cuáles partes del paisaje deben salir del diagrama. Además de los problemas técnicos en la realización de estos diagramas habrá problemas de tipo artístico en la representación, haciéndose necesario la realización de muchos bocetos sobre todo cuando se inicia en este tipo de trabajos.

Método de Construcción. Los puntos más importantes son:

1. Comience con el estudio de fotografías e información adicional sobre toda el área del Sistema Terrestre, con el fin de establecer qué características deben aparecer en el diagrama.
2. A partir de las características definitivas que aparecerán en el diagrama, uno tiene los elementos necesarios para crear casi en forma automática una imagen mental de lo que se quiere representar. Este punto es clave para el dibujo y es conveniente muchas veces describir en forma verbal al Sistema Terrestre o de otra manera piense que alguien nos pregunta cómo es el Sistema que queremos dibujar y uno tiene que describirlo.
3. Dibuje en primer término un bloque que será la

base de nuestro diagrama, ya sea en forma isométrica o en perspectiva, por ejemplo:

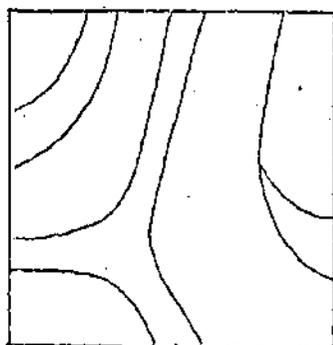
Perspectiva de dos puntos



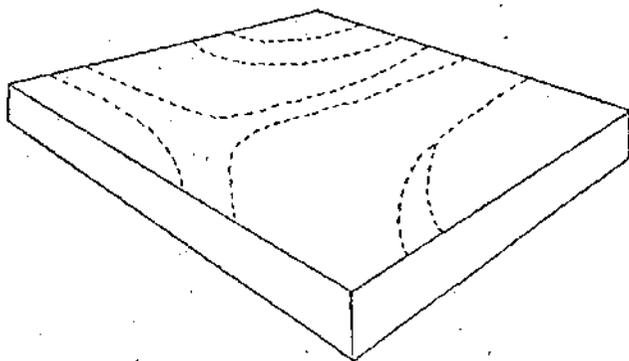
Para la construcción de los bloques pueden hacerse hojas rayadas de acuerdo a la perspectiva deseada que sirvan como base para el dibujo. Dos ejemplos se presentan en el Apéndice.

4. Sobre el bloque dibuje líneas que representen las características principales y que nos servirán de guía en los siguientes trazos. Si no se tiene experiencia es conveniente que en un papel dibuje los contornos de esas características como si estuviera observándolas desde el aire. Por ejemplo supongamos que las líneas siguientes se refieren al drenaje de un sistema:

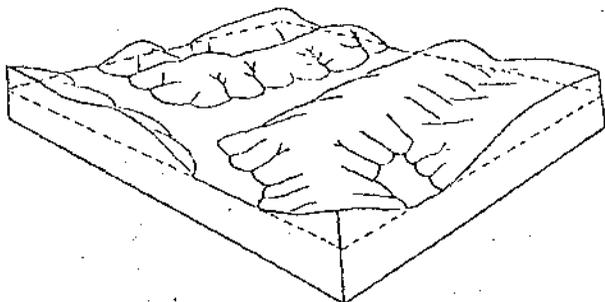
Coloque la hoja sobre una mesa y obsérvela



lateralmente con lo que se tiene una idea para dibujar esas líneas sobre el bloque como sigue:



5. Apoyándose en el dibujo anterior se traza el relieve como se aprecia en la siguiente figura.



Recuerde que todos los trazos deben apoyarse en el punto focal.

6. Finalmente se sombrea el diagrama, con lo que tenemos

Otro método es el conocido como el de secciones

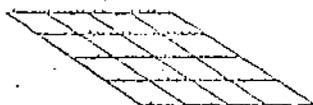


múltiples que puede ser un complemento del anterior, éste se ilustra con las figuras a continuación; los pasos a seguir son:

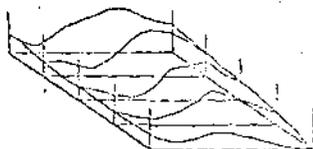
1. Trazar contornos y una cuadrícula
2. Proyección de la cuadrícula marcando las intersecciones de los contornos con la cuadrícula
3. Construir secciones sobre las líneas horizontales de la cuadrícula
4. Terminación del diagrama con sombreados



1



2



3



4

Fig. 24. Métodos de las secciones múltiples.

También se puede recomendar el papel isométrico para el dibujo de diagramas con falsa perspectiva. SIMBOLOS GEOLOGICOS. Es común y como parte de la

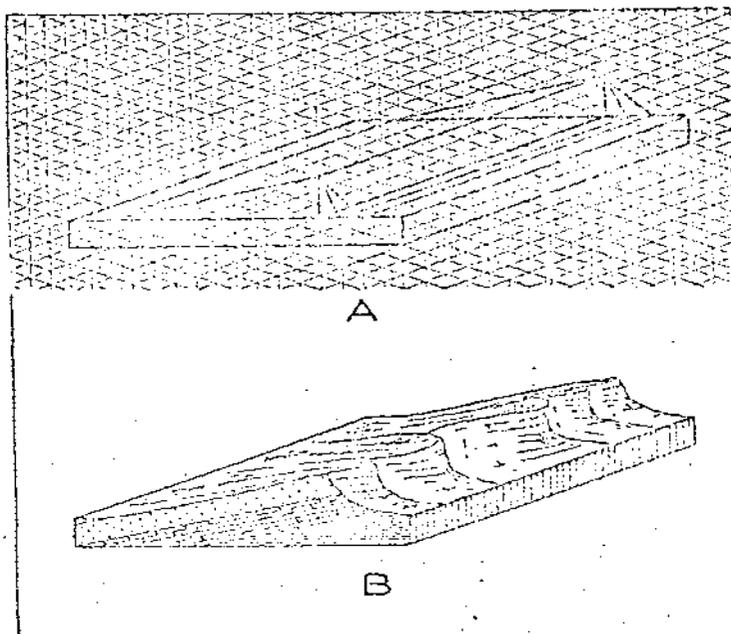


Fig. 25 . Diagramas isométricos.

elaboración de diagramas, que en el bloque que sirve de base para el diagrama se simbolicen los materiales geológicos y las representaciones más comunes son las siguientes:

## CLAVE DE SIMBOLOS GEOLOGICOS



Alluvión



Conglomerados



Depósitos aluviales profundos



Grava



Depósitos coluviales



Caliza



Depósitos lacustres derivados de ceniza volcánica.



Dolomita



Cenizas y tobas volcánicas



Cuarcita



Basaltos y lavas de composición básica



Depósitos de arena pobremente cementada



Lavas de grano fino  
y composición inter  
media



Arenisca



Lavas de grano grueso  
y composición inter  
media



Esquiza



Granito



Esquiza



Riolita



Evaporita (Sal intag  
siva)



Conglomerado volcáni  
co



diatomita



Esquistos



Laterita



Gneiss

#### 6.4 ELABORACION DE PARES ESTEREOSCOPICOS

Como se mencionó anteriormente el par estereoscópico es un excedente auxiliar para observar a las Facetas de un Sistema Terrestre. Por este motivo se hace indispensable el conocer la forma de cómo construirlos ya que son una parte fundamental de la memoria del Levantamiento.

Los pares estereoscópicos son preparados a partir de fotografías aéreas que tienen la misma escala y que provienen del mismo tipo de película.

Procedimiento: En primer término buscamos fotografías aéreas que muestren las Facetas dentro de una franja de 6 cm de anchura del Sistema Terrestre en cuestión y se siguen los pasos que a continuación se citan:

1. Se localizan los puntos principales de las fotografías aéreas.

El punto principal se localiza por la intersección de las líneas que unen las marcas fiduciales (Fig. 26)

A veces las fotografías aéreas están muy recortadas y las marcas fiduciales no se observan claramente, en estos casos el punto principal se obtiene por la intersección de las diagonales.

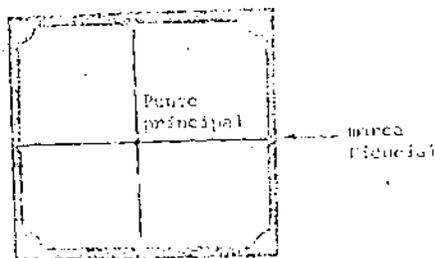


Fig. 26. Marcas Fiduciales y punto principal de una fotografía aérea.

2. El par de fotografías aéreas con sus puntos principales marcados se observan bajo un estereoscopio de espejos y se trasladan estos puntos a la otra fotografía.

Supongamos que tenemos dos fotografías A y B con sus puntos principales P1 y P2 respectivamente, entonces como se aprecia en la Fig. 26 el punto P1 de A corresponde a P1 de B y el punto P2 de B corresponde a P2 de A.

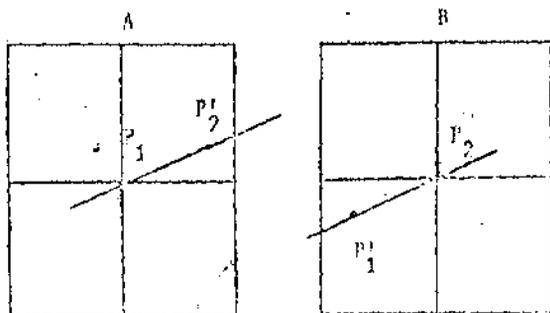


Fig. 27. Traslado de puntos principales.

Nótese que los puntos trasladados no caen sobre la línea horizontal (caso ideal) debido a la distorsión de la fotografía. Posteriormente se traza una línea a través de los puntos en cada fotografía. Hasta este punto es deseable que todos los trazos se hagan con un lápiz suave (No. 1) porque pueden borrarse fácilmente.

En ocasiones no se cuenta con el estereoscopio de espejos en esos casos los puntos principales se trasladan por observación directa. Además es recomendable marcar los puntos con una aguja muy fina, perforando la fotografía, sobre todo cuando

se están elaborando varios pares, ya que, muchas veces con el manipuleo se borran los puntos marcados con lápiz.

3. Se trazan dos líneas perpendiculares a la línea P1 P2 en la foto A o a la línea P1 P2 en la B pero SOLO en UNA, con una separación de 5.5 cm de tal forma que queden dentro de estas dos líneas comprendidas las Facetas que desean mostrarse. Comenzando por el trazo de la línea de la izquierda (Foto A) la cual debe pasar por la Faceta que esté más a la izquierda y además no es necesario que se muestre toda la Faceta, basta con una parte de ella.

Comúnmente estas líneas se trazan con un lápiz duro (No. 3) con el fin de marcar la emulsión de la fotografía y posteriormente se trasladan a la otra foto, con la ayuda de un estereoscopio de espejos. Sólo que la distancia entre las líneas trasladadas es unos milímetros mayor que las líneas originales (Fig. 28)

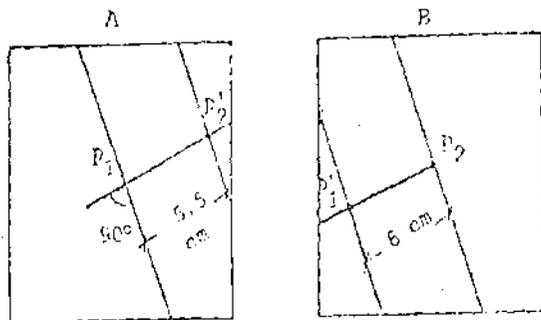


Fig. 28. Distancia entre líneas originales y trasladadas.

4. Se orientan las fotografías de manera que la sombra de los objetos caiga hacia el observador. Identifique a las porciones delimitadas y orientadas con una I a la izquierda y D a la derecha.

5. Revisar detenidamente cada una de las etapas anteriores y obtenga la información siguiente antes de recortar las porciones delimitadas:

a) Escala

b) Compañía responsable del vuelo

c) Símbolo de vuelo

d) Distancia focal de la cámara

e) Fecha y hora de la toma fotográfica

Además si se va a publicar un mapa de Facetas se debe transferir la información de las fotos antes de recortarlas a una mosaico aéreo a la misma escala.

6. Corte las dos porciones delimitadas, siguiendo las líneas perpendiculares, comprobando que tienen la identificación I y D.

Oriente las dos porciones, dejando una separación de 1.5 mm entre ellas, fije una (I) con cinta adhesiva o con un imán. Fije la otra despues de comprobar la visión estereoscópica con un estereoscopio de bolsillo y mida la separación final entre las porciones. Esta separación se debe medir arriba, abajo y posiblemente en medio para un mayor control. Es posible en la mayoría de los casos que las porciones recortadas no queden en forma rectangular haciéndose necesario darles su "acabado".

7. Colocar el par estereoscópico en su lugar correspondiente y montarlo con goma arábiga o cualquier pegamento, respetando las separaciones.

### 6.5 MAPAS

La distribución y localización de las Facetas y Sistemas Terrestres es presentada en forma de mapas.

El mapa de Sistemas terrestres comúnmente se traza sobre un mapa topográfico, aunque también podrían emplearse para este fin las imágenes de satélite. Su escala varía entre 1:250,000 a 1:1000000.

La nomenclatura del mapa de Sistemas Terrestres puede seguir dos reglas:

(a) Si las unidades cartográficas son lo suficientemente grandes se escribe sobre ellas el nombre completo del Sistema Terrestre, y en caso contrario,

(b) Se emplean símbolos que generalmente están formados por dos letras mayúsculas, la primera es la primera letra del nombre del Sistema y la otra una vocal o consonante que pertenece al nombre.

La metodología original sólo contemplaba la elaboración de mapas de Sistemas Terrestres, pero en nuestro medio muchos técnicos han manifestado que sería de mayor utilidad y más comprensible el publicar mapas de Facetas, ésto es relativamente fácil si se cuenta con mosaicos de escala 1:30,000 ó 1:50,000 ya que lo único que tenemos que hacer es vaciar la información de las fotografías aéreas a estos mosaicos y la nomenclatura que proponemos es que al símbolo del Sistema Terrestre (Regla (b)) se le adicione el número con el que hemos identificado a las Facetas.



SISTEMA FERRISAR:

Faceta NO	Forma	Uso Actual	Cultivos	Rendimiento Promedio	Variación de la pro- ducción	Investigación Realizada	Recomenda- ciones de fertiliza- ción

Tabla 4. Crestas - Localización Fisiográfica - Uso actual - Inventario de las pendientes y Recomendaciones generadas para maíz en el Sistema de Maíz de Zecapoxtla con una superficie de 100000 has.

Parcela No.	Localización Fisiográfica	Uso actual	RECOMENDACION			Fórmula de Producción recomendada
			Agrícola	Forestal	Ganadera	
1	Crestas erosionadas del anticlinal	Forestal y agrícola	Un experimento de maíz (P87800) para respuesta a fertilización nitrogenada y fosfórica y a la densidad de población con semilla criolla en tuxtepec (maíz). Ciclo P/V 75/76.	Ninguna	Ninguna	60-60-00 con 45 mil plantas/ha para maíz tuxtepec.
2	Laderas de pendiente fuerte	Forestal y agrícola	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
3	Collinas irregulares en declive pronunciado	Agrícola	Un experimento del cultivo de maíz (P2-7310) para respuesta a fertilización nitrogenada y fosfórica y a la densidad de población con semilla criolla en el valle. Ciclo P/V 75/76.	Ninguna	Ninguna	60-60-00 con 75 mil plantas/ha para maíz.
4	Laderas de pendiente moderada	Agrícola	Un experimento de cultivo de maíz para respuesta a fertilización nitrogenada y fosfórica y a la densidad de población con semilla criolla en Zecapoxtla. Ciclo P/V 75/76.	Ninguna	Ninguna	60-60-00 con 45 mil plantas/ha para maíz tuxtepec No.
5	Abanicos coluviales de pendiente moderada.	Agrícola	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, G.F. and J. Wyckoff (1971) Landforms. Golden Press, New York.
- AGUIRRE, P.F. (1977) Evaluación del Levantamiento Fisiográfico de los Valles Centrales de Oaxaca en un Programa de Productividad de Cultivos. Tesis de Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- BECKETT, P.H.T. and R. Webster (1965) A Classification System for Terrain. Mil. Eng. Expt. Estab., Christchurch, Rept., 872: 20 pp + Appendices A-D.
- DURINGH, P. (1960) The Applications of Aerial Photographs in Soil Surveys. In: R.L. Colwell (Editor) Manual of Photographic Interpretation. Am. Soc. Photogrammetry, Washington, D.C. Pags. 633-666.
- CACHON, A.E., H. Nery y H.E. Cuanalo (1976). Los Suelos del Area de Influencia de Chapingo. Ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- CERDA, R.N. (1976) Levantamiento Fisiográfico del Area de Influencia del Plan Zacapoaxtla. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- CUANALO DE LA C., H.R. (1975) Manual para la Descripción de Perfiles en el Campo. Ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- DERRUAU, M. (1970) Geomorfología. Ediciones Ariel, S.A., Barcelona.
- ESTRADA-BERG, W.J. (1977) Claves para la Identificación de Rocas C.P.-ENA (mimeografiado).

- GOOSEN, D. (1967) Aerial Photointerpretation in Soil Survey. Soil Bull. F.A.O. 6: 55 pp.
- LEON, A.R. (1972) El Levantamiento Fisiográfico como una Alternativa para hacer Recomendaciones Regionales del Uso de la Tierra. Tesis Profesional. Esc. Nal. de Agric. Chapingo, México.
- MILLER, A.A. (1965) The Skin of the Earth. University Paper back, Methuen, London.
- MITCHELL, C.W. (1973) Terrain Evaluation, Ed. Logman, Group Limited, London.
- MONKHOUSE, F.J. and H.J. Wilkinson, (1964) Maps and Diagrams University Paper Backs, Mathuen, London.
- ORTIZ-SOLORIO, C.A. y H.E. Cuanalo (1976) Levantamiento de Suelos de la Cuenca de Chalco. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- ORTIZ-SOLORIO, C.A. y H.E. Cuanalo (1977) Levantamiento Fisiográfico del Area de Influencia de Chapingo, para la Cartografía de Zonas Erosionadas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- ORTIZ-SOLORIO, C.A. y J.W. Estrada-Berg (1975) Aplicación de las Imágenes de Satélite al Levantamiento Fisiográfico. Memorias del Congreso Nac. de la Ciencia del Suelo. Saltillo, Coah.
- ORTIZ-SOLORIO, C.A. y H.E. Cuanalo (1976) El Uso de Unidades Cartográficas compuestas en el Levantamiento Fisiográfico. Memorias del Congreso Nac. de la Ciencia del Suelo, Durango, Dgo.
- ORTIZ-SOLORIO, C.A. (1972) Ordenación de Suelos por Métodos Numéricos, para la producción de Maíz. Tesis Profesional. Esc. Nacional de Agricultura, Chapingo, Mexico.
- ORTIZ-VILLANUEVA, B. (1973) Edafología. Ed. PATENA A.C. Chapingo, Mex.

- PEÑA, O.B. (1974) Evaluación del Levantamiento Fisiográfico de la Región Sur-Oriental del Valle de México cuando se usa como una base para Desarrollar recomendaciones de Productividad. Tesis de Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- SCOTT, R.M., R. Webster and C.J. Lawrance (1971) A Land System Atlas of Western Kenya. Christchurch Hampshire, England.
- WEBSTER R. and P.H.T. Beckett (1970) Terrain Classification and Evaluation Using Air Photography: A Review of Recent Work at Oxford. Photogrammetry, 26: 51-75
- ZULETA, L.L. (1975) Evaluación del Levantamiento Fisiográfico como Recurso en el Diseño de Fórmulas de Producción para Maíz de Temporal en la Zona Oriental del Valle de México. Tesis de Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

## APENDICE 1            CLAVES PARA LA IDENTIFICACION DE ROCAS

### A. CONCEPTOS BASICOS

Para la utilización de estas claves es necesario familiarizarse con algunos términos, como:

Arista: Intesección de dos planos o caras

Cementante: Substancia o compuesto que une fuertemente a dos o mas materiales.

Cuarzo: Cristal hexagonal, prismático, estriado horizontal, columnar, de brillo vítreo, grisáceo, incoloro no es rayado con navaja (acero).

Feldespatos: Cristal triclinico o monoclinico, prismático o tabular grueso, vítreo nacarado translúcido, rayas al vidrio pero es rayado con navaja (acero).

Fractura: Se refiere a la superficie obtenida cuando se rompe un mineral.

Piroclasto: Tobas y nubes ardientes

### B. MATERIALES

Se hace indispensable en la identificación de rocas el contar con los siguientes materiales:

a). Acido clorhídrico diluido al 10%

b). Martillo de geólogo

- c). Lupa de bolsillo
- d). Navaja o cuchillo de acero
- e). Un pedazo de vidrio

### **C. USO DE LAS CLAVES**

Para el uso de las Claves se procede de la manera siguiente:

1. Rompa la roca con el martillo y sobre una de las caras recién expuestas identifique su textura de acuerdo con la clave de texturas.

Si la roca tiene dos o más texturas analice cada una de ellas en forma independiente.

2. Determinado el tipo de textura se busca ésta en las Claves de Identificación y se aprecia si todas las características expuestas se cumplen.

Junto al nombre de la roca aparece un número arábigo entre paréntesis el cuál se refiere a:

- (1) Rocas Igneas
- (2) Rocas Sedimentarias
- (3) Rocas Metamórficas

D. CLAVE DE TEXTURAS

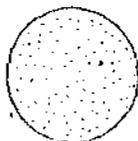
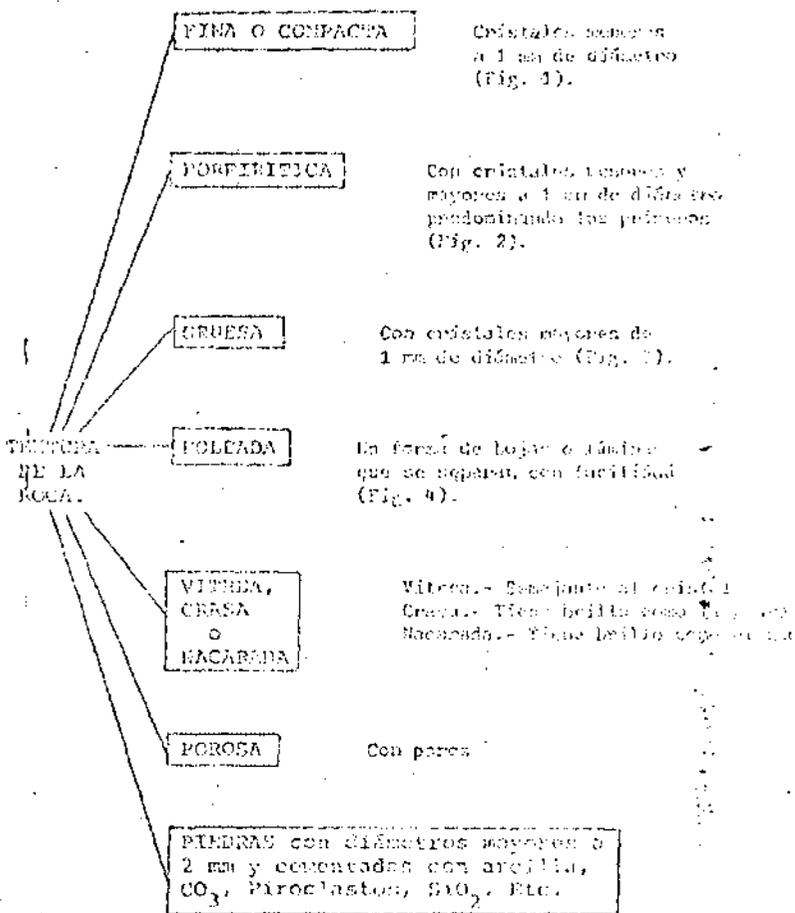


Fig. 1

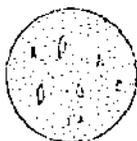


Fig. 2

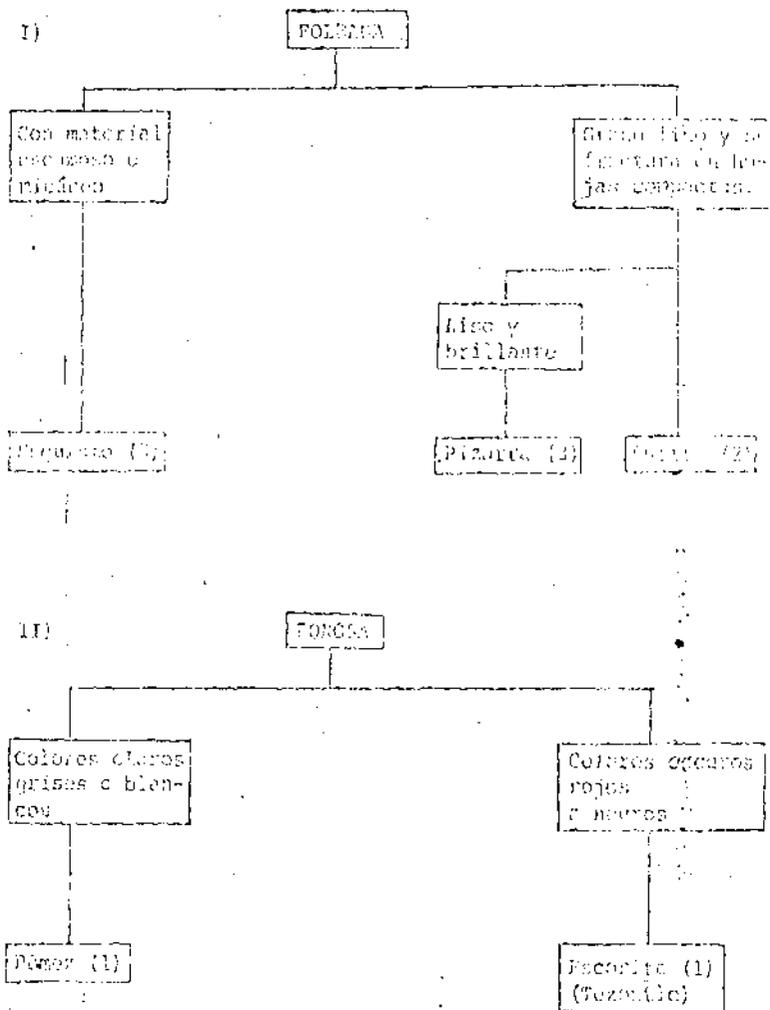


Fig. 3



Fig. 4

E. CLAVES DE IDENTIFICACION



III)

Piedras con diámetro mayor a 2 mm y cementadas por arcilla, carbonatos, piroclastos, silicio, etc.



IV)

PERFIRÍTICA

