

Z 5053.08
UNAM
1967

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFIA

U. N. A. M.

LA BASE GEOMORFOLOGICA
EN LA INTERPRETACION
FOTOGEOGRAFICA

T E S I S

Que para obtener el título de:
LICENCIADO EN GEOGRAFIA
p r e s e n t a :
JOSEFINA SABORIT SALA

MEXICO, D. F.

1967



T Gg 0232



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Págs.
CAPITULO I.- INTRODUCCION.	1
CAPITULO II.- DEFINICION Y ALCANCES DE LA FOTOGEO- GRAFIA.	5
CAPITULO III.- GEOMORFOLOGIA Y PROCESOS GEOMORFOLO- GICOS	21
CAPITULO IV.- CRITERIO FOTOINTERPRETATIVO GEOMOR- FOLOGICO.	38
CAPITULO V.- METODO GEOMORFOLOGICO SUPERFICIAL O DIRECTO	59
CAPITULO VI.- METODO GEOMORFOLOGICO PROFUNDO O INDIRECTO	68
ILUSTRACIONES	84
BIBLIOGRAFIA	126

Agradezco al "Institut Géographique National",
Francia, el permitir la reproducción de las
fotografías aéreas que aparecen en este tra-
bajo, y al Ing. Felipe Guerra Peña, su coo-
peración para la realización de éste.

CAPITULO I

INTRODUCCION

La Fotogeografía es una técnica relativamente nueva, pues si bien es cierto que las fotografías terrestres primero, y las aéreas después, se han utilizado y, a veces, profusamente, desde hace cierto tiempo, en las investigaciones geográficas -dando inclusive origen a la Fotogrametría, de tanta aplicación en el campo geográfico- no es menos exacto que como tal técnica, carece aún de métodos propios suficientemente desarrollados, al contrario de lo que sucede en técnicas afines como la Fotogeología y la Fotosilvicultura, por ejemplo, que han alcanzado ya un notable progreso en sus específicos procedimientos de investigación.

Este trabajo persigue, precisamente, el propósito de contribuir al desarrollo del método propio de la técnica fotogeográfica, mediante la descripción de la aplicación al mismo del grupo de factores geomorfológicos, que constituye el más importante de todos en el sistema de claves analíticas, y cuyo valor aumenta extraordinariamente si su aplicación se conjuga con la del grupo de factores topográficos, en las investigaciones geográficas realizadas mediante el estudio de las fotografías aéreas.

Se trata, en definitiva, de un ensayo de Geomorfología aplicada a la Geografía, en general, y más concretamente a la Fisiografía o, para emplear términos más exactos, de la Fotogeomorfología aplicada a la Fotogeografía o Fotofisiografía, ya que la labor que se considera se basa en la interpretación

de las fotografías aéreas.

La "base geomorfológica de la interpretación fotogeográfica" exige el empleo intenso de estos documentos gráficos, que constituyen el mejor medio para el estudio de la superficie terrestre, sobre la que radican todos los hechos y fenómenos que constituyen el objeto, no solamente de la ciencia geográfica, sino también de la ciencia geomorfológica.

Como afirma Kirk H. Stone, uno de los "pioneros" en el empleo de las fotografías aéreas en las investigaciones geográficas, "si el mapa constituye una de las más importantes herramientas para el geógrafo, lo mismo ocurre con la fotografía aérea, puesto que, en muchos sentidos una fotografía aérea es simplemente un mapa de pequeño tamaño y de gran escala, realizado sin ninguna proyección verdadera, y sin simbolizar ni seleccionar los rasgos expuestos en el área cubierta por la fotografía".

Pues bien, para las investigaciones geográficas que se basen en la Geomorfología y que se ejecuten mediante el uso de fotografías aéreas, el análisis debe verificarse desde el doble punto de vista de la Geografía y de la Geología, ya que la intersección de los dos círculos que constituyen el campo propio de ambas ciencias, integra a su vez, el ámbito específico de la Geomorfología. Este criterio tiene además la ventaja de facilitar el uso del método fotogeológico en esta clase de investigaciones, no solamente como tal método, con todos

los beneficios derivados del mismo, sino como sustituto del inexistente método fotogeográfico, lo que se hace posible gracias a las estrechas relaciones que hay entre la Geografía y la Geología, tan íntimas que aún no han podido establecerse de un modo científico y definitivo.

El Dr. Benjamin A. Tator, otro de los "adelantados" en la aplicación a los estudios geográficos de las fotografías aéreas, dice que "la interpretación geomorfológica -por supuesto, de las fotografías- depende de la destreza del observador para deducir el significado geológico del tipo de forma terrestre, mediante el estudio de su constitución interna forma externa, arreglo de la configuración, y relaciones con el medio ambiente. Y, aunque la constitución interna de una forma terrestre puede ser difícil de determinar mediante la fotografía aérea, puede ser en muchos casos lógicamente dilucidada a través de otras características observables. Por el contrario, la determinación de la forma externa, arreglo de la configuración y condiciones del medio, no ofrece grandes obstáculos para el análisis, si éste lo realiza un intérprete experto".

Para el desarrollo del tema se ha considerado necesario definir, tanto a la Fotogeografía como a la Geomorfolología, con algún detenimiento, por tratarse de técnicas y ciencias nuevas, cuyos alcances no están todavía definitivamente fijados, variando su contenido según los autores, aunque sí lo

están en sus trazos más generales.

Igualmente se revisan los procesos geomorfológicos, como precedente necesario para describir el criterio geomorfológico aplicable a la Fotogeografía, basado en dichos procesos, y como consecuencia de este criterio se describe el método geomorfológico en sus dos grandes aspectos: el superficial e directo, y el profundo o indirecto.

Se ilustra el texto con una serie de más de cuarenta pares de fotografías estereoscópicas, en ocasiones tripletas, para abarcar mayor campo, seleccionados de rasgos fisiográficos de todo el mundo, en los que se muestra los más importantes fenómenos geomorfológicos. Utilizando un estereoscopio de bolsillo, plegable, que es el tipo más corriente de todos, pueden observarse estos estereogramas en tercera dimensión, es decir, en relieve.

CAPITULO II

DEFINICION Y ALCANCES DE LA FOTOGEOGRAFIA

La Fotogeografía constituye, por un lado, una rama de la ciencia geográfica y, por otro, una de las muchas aplicaciones de la interpretación de las fotografías aéreas.

Su origen hay que buscarlo en la interpretación de las fotografías terrestres, ampliamente utilizadas en los trabajos geográficos, especialmente como ilustraciones, desde los comienzos de la fotografía. En tal sentido, vinieron a sustituir a los dibujos con los que los autores ilustraban sus trabajos de campo, principalmente ejecutados a pluma y a lápiz, especialidad en la que algunos geógrafos llegaron a ser verdaderos artistas. La más importante ventaja del dibujo sobre la fotografía reside en el hecho de que el autor del dibujo puede acentuar en el mismo los rasgos que más importe ilustrar, mientras que la fotografía, más objetiva que el dibujo, registra todos los rasgos con igual grado de fidelidad, sean o no interesantes para el caso en cuestión. No obstante, el geógrafo puede llegar a dominar la técnica fotográfica hasta el punto de poder tomar fotografías en las que se subrayen los trazos que se deseen sobre todos los demás, incluso con verdadero arte.

Después de como ilustraciones, las fotografías terrestres se utilizaron desde fines del pasado siglo XIX, como documentos fundamentales para el desarrollo de la incipiente Fotogrametría terrestre, la cual surgió como tal, para resolver el problema creado por la imposibilidad de verificar levantamien -

tos topográficos en lugares inaccesibles, como en algunos de los Alpes, cuando se trazaron los planos de los primeros grandes túneles de los ferrocarriles transalpinos. En gran parte se emplearon muchas veces, para resolver problemas de índole geográfica, fotografías terrestres oblicuas, tomadas desde montañas elevadas desde las cuales se podía observar un extenso panorama.

Estas elevaciones naturales resultaban de todos modos insuficientes y, por ello, con objeto de ampliar la altura y, con ella, el campo visual, se idearon ingenios como el montaje de cámaras fotográficas en papalotes o cometas, cámaras que se disparaban desde mil metros y más de altura mediante un cordón que unía al operador en el suelo con el obturador de la cámara en el aire, una vez que el papalote había adquirido la altura conveniente y se localizaba sobre el lugar previamente designado.

Igualmente se utilizaron globos, especialmente cautivos, inclusive con anterioridad a los papalotes, por la necesidad de disponer de la barquilla de un aerostato, con espacio suficiente para manipular las placas húmedas, antes de que se inventase el procedimiento en seco. Parece ser que los primeros ensayos de fotografía aérea desde globos fueron los ejecutados en París, sobre el parque de Saint Cloud, por el célebre fotógrafo francés Félix Tournachon, más conocido por su seudónimo de Nadar, en 1858, quien llegó a pedir la patente de

este procedimiento.

Posteriormente, con la aparición del aeroplano y el gran progreso logrado, tanto por la aviación como por la fotografía, en pocos años, ya a comienzos del presente siglo, el desarrollo de la fotografía aérea se hizo inevitable, como lo fué también el ocaso de la fotografía-terrestre para su empleo en tareas técnicas.

En efecto, ya en el primer decenio del siglo XX, comienzan a aparecer en revistas científicas algunas fotografías aéreas tomadas por "amateurs", es decir, por aficionados aislados, sin ninguna conexión con instituciones científicas o servicios oficiales. Pero con la gran guerra mundial de 1914-1918, la fotografía aérea y sus aplicaciones estrictamente militares toman un desarrollo realmente extraordinario, incluyendo entre estas actividades militares muchas de carácter geográfico.

Comenzando por los franceses, ingleses, alemanes, rusos e italianos, la fotografía aérea se convirtió en el transcurso de la guerra en una de las armas más eficaces de la contienda, tomándose durante la misma millones de fotografías, aunque todavía desde aviones corrientes, de los llamados de observación. También durante esta contienda se construyeron las primeras cámaras fotográficas aéreas, parece ser que en Inglaterra. Los Estados Unidos tardaron más tiempo en percibirse de las ventajas militares de la fotografía aérea, por

lo que organizaron los servicios correspondientes con posterioridad a los de los países citados.

En el lapso de tiempo transcurrido entre las dos guerras grandes, es decir, entre la de 1914-1918, y la de 1939-1945, los servicios oficiales de fotografía aérea organizados militarmente, se fueron transformando paulatinamente en entidades dirigidas al trabajo pacífico, científico y técnico, dando lugar esta transformación al nacimiento de un gran número de técnicas que utilizan como base de su trabajo la fotografía aérea, entre las cuales se encuentra la Fotogeografía.

Puede, pues, definirse la Fotogeografía, como la ciencia y arte de interpretar las fotografías aéreas principalmente verticales, por medio del estereoscopio, con fines geográficos.

Es ciencia la Fotogeografía porque emplea en su técnica los principios científicos propios de la Geografía, y es arte porque la interpretación es eminentemente subjetiva, personal, y depende principalmente del intérprete fotogeógrafo, o sea, de sus conocimientos científicos y técnicos, de sus cualidades psicológicas, y de su particular forma de reaccionar ante los estímulos que la observación de las fotografías aéreas le provoquen, que forzosamente es diferente para cada individuo, como lo es un paisaje para cada pintor. El resultado de la interpretación fotogeográfica tendrá que recoger la mutua interacción de estos dos factores: el científico y el artístico.

En una inmensa mayoría, las fotografías aéreas utilizadas son las llamadas verticales o de eje vertical, es decir aquéllas que se toman cuando el eje óptico de la lente de la cámara, prolongado, corta verticalmente la superficie terrestre, considerada ésta como una superficie horizontal. También se utilizan las fotografías oblicuas, pero en mínima cantidad, y solo como ilustraciones de las verticales en libros científicos, pues hasta el sistema trimetrogón, en que se necesitaban una fotografía vertical y dos oblicuas se encuentra ya totalmente en desuso.

El estereoscopio constituye, por su parte, el elemento instrumental de la fotointerpretación geográfica, al lado del personal, integrado por el fotointérprete, y del material, formado por las fotografías aéreas verticales mencionadas.

De las diversas clases existentes de estereoscopios, los más útiles para el estudio fotogeográfico son los denominados mixtos, o catóptrico-dióptricos, formados por una combinación de espejos y de lentes de aumento, ya que con ellos no solamente se amplía la base ocular, sino que exageran la tercera dimensión, lo que facilita extraordinariamente el análisis del relieve terrestre. Son también muy útiles para el trabajo de campo los llamados plegables o de bolsillo, por su facilidad para el transporte, y por los aumentos de sus lentes.

Como ya se apuntó, la Fotogeografía constituye una de las más importantes ramas de la técnica denominada genérica-

mente "fotointerpretación", al lado de otras muchas que tienen por objeto estudiar las fotografías aéreas con fines que siempre se relacionan con todos los aspectos en que puede ser considerada la superficie de la corteza del planeta.

Como técnicas hermanas figuran, en primer lugar la Fotogeología, que analiza las fotografías aéreas con fines geológicos, y que en tal sentido constituye muchas veces la base de la interpretación fotogeográfica; la Fotoedafología, que estudia los suelos con dichos documentos; la Fotosilvicultura, que examina los bosques, etc.

El análisis fotogeográfico alcanza a todas las ciencias geográficas, bien directa o bien indirectamente, y con mayores o menores beneficios. De este modo es de aplicación directa e inmediata en los estudios de Geografía física, ya que todos los rasgos fisiográficos del área fotografiada desde el aire se reproducen por sus imágenes en las fotografías aéreas, sin escapar ninguno, por cuyo motivo, no son solo fácilmente identificables, sino también interpretables, individual o colectivamente. Por ejemplo, es posible el análisis de las corrientes fluviales individuales, estableciendo su clase desde el punto de vista de su origen, o genésicamente, y la configuración a que pertenece, dentro de un conjunto sistemático y, al mismo tiempo analizar éste, identificando su textura y densidad, inclusive mediante la aplicación de métodos estadísticos, etc.

La misma utilidad se obtiene empleando las fotografías aéreas en los estudios de Geografía Humana, usándose actualmente intensamente y con creciente éxito en la valuación de posibilidades de colonización, bien para el traslado de colectividades humanas, desde áreas insalubres o empobrecidas agrícola o industrialmente, a otras seleccionadas previamente, o bien para el establecimiento de colonias nuevas, como ocurre actualmente en Africa, América del Sur, o Australia. Recientemente se finalizó en México un ensayo de este tipo en el Istmo de Tehuantepec, que se ejecutó por una comisión interministerial, en la que participa la Secretaría de Obras Públicas y el Departamento Agrario.

Igualmente se emplean las fotografías aéreas en el estudio de la evaluación de los recursos naturales, en los que figura básicamente la interpretación fotogeográfica, como el que se ha realizado recientemente en México, que comprende todo el Estado de Oaxaca, y que se ejecutó con la colaboración técnica y económica del Fondo Especial de las Naciones Unidas.

Y lo mismo puede decirse por lo que respecta a cualquier actividad económica relacionada con los transportes, las industrias de todas clases, el urbanismo, etc.; todas las actividades del hombre necesitan, para su mejor planeación, de la ayuda que técnicamente les presta la Fotogeografía.

La técnica de la fotointerpretación geográfica necesita para su aplicación la concurrencia de tres elementos:

- 1.- El intérprete.
- 2.- El instrumento y el material.
- 3.- El método.

El primer elemento que es el personal o humano, es el más importante por estar constituido por el intérprete, que necesita ser un geógrafo con amplios conocimientos de Geomorfología, Fisiografía, Geología, Pedología, Botánica, etc.; además, necesita ser observador, tener mucha paciencia y ser objetivo. Puede, pues, decirse que en la fotointerpretación todo depende del intérprete.

El segundo elemento está constituido por el instrumento o aparato utilizado, que en este caso es el estereoscopio y el material, que principalmente son las fotografías aéreas.

El estereoscopio es un instrumento que reproduce la visión natural del ser humano en relieve, mediante la fusión mental de dos imágenes diferentes del mismo objeto, obteniéndose cada una de ellas con el respectivo ojo.

Hay varios tipos de estereoscopios, el más sencillo de ellos es el de espejos o catóptrico, el cual únicamente aumenta la distancia interpupilar sin aumentar el tamaño de las imágenes. Se usa solamente para observar la superficie terrestre reproducida en las fotografías, sin exageración del relieve.

Otro tipo de estereoscopio es el de lentes, llamado dióptrico que aumenta la imagen. Estos se emplean para observar

mejor el detalle de las fotografías.

El otro tipo de estereoscopio es el mixto, que es el más utilizado por sus magníficas cualidades. Está formado por lentes y espejos combinados que, a su vez, se complementan con aditamentos de prismas y de binoculares para proporcionar mayor aumento, el cual puede llegar hasta 8 veces el tamaño de la imagen fotográfica.

En cuanto al material, dentro de las fotografías aéreas, también hay varios tipos, entre los que destacan las fotografías verticales, así llamadas porque la prolongación del eje óptico de la lente de la cámara es perpendicular al plano de la superficie terrestre. Las otras son las fotografías oblicuas que se denominan así porque tienen dicho eje oblicuo, y se clasifican en altas y bajas, según que en ellas se vea o no el horizonte.

Con fotografías aéreas verticales y oblicuas se diseñó el llamado método trimetrogón, mediante el acoplamiento de tres cámaras; una central que saca fotografías verticales y otras dos laterales que sacan fotografías oblicuas, a cada lado de la central.

Las fotografías aéreas pueden hacerse con diferente escala. La más conveniente para los trabajos fotogeográficos es la 1:20 000, porque con ella se llegan a distinguir bastante bien los rasgos naturales. Para determinadas investigaciones, como las mineras, es necesario usar escalas de 1:5 000 y

1:3 000, y aun mayores, ya que estos rasgos son muy pequeños.

Para observar una extensión mayor a la cubierta por una fotografía aérea, que incluya la de varias fotografías, se confeccionan los denominados mosaicos fotográficos aéreos, que se hacen ensamblando las fotografías entre sí, bien del mismo vuelo o de vuelos contiguos, con un formato regular, que en México suele ser de 50 x 60 centímetros, aunque en los Estados Unidos se suelen hacer de 80 x 100 centímetros.

Para poder localizar la posición de una fotografía en el conjunto y establecer así sus relaciones con las fotografías vecinas, se hacen los índices fotográficos aéreos. Estos índices están formados por fotografías acopladas entre sí directamente por vuelos, siguiendo la numeración que tengan, la cual debe quedar bien visible.

El tercer elemento, pero segundo en importancia, es el método.

La técnica fotogeográfica, a pesar de la importancia que ya se le ha dado, carece aún de un método propio, seguro y lógico que haga sistemático el proceso intelectual interpretativo. Esto hace que el progreso de esta técnica sea relativamente lento y difícil.

El método es el factor esencial de la fotogeografía como de cualquier otra técnica de interpretación de fotografías aéreas, es el que da categoría científica a la investi

gación, porque no hay ciencia sin método, puesto que éste constituye el camino para conocer la verdad.

Basándose en el método científico general, el cual es aplicable a todas las ciencias y a todas las técnicas, se puede decir que, el proceso interpretativo metódico se reduce a verificar el "análisis inductivo" de las imágenes de las fotografías aéreas, y de pasar entonces a la "síntesis deductiva".

El método fotogeográfico se basa en un sistema de factores analíticos, que se pueden llamar también guías o claves para la identificación de las imágenes de la fotografía aérea.

Estos "factores analíticos clave" han sido agrupados para su mejor empleo en el estudio particular de las imágenes en las fotografías, de acuerdo con sus características similares, de semejanza o de identidad de origen, en los cinco grupos que siguen:

- I.- Factores derivados de las características físicas de las fotografías aéreas mismas.
- II.- Factores derivados de los rasgos u objetos reales que aparecen en las fotografías.
- III.- Factores derivados de las características topográficas.
- IV.- Factores derivados de las características de los rasgos fisiográficos y geomorfológicos.

V.- Factores derivados de las características de los suelos, de la cubierta vegetal natural y del uso del suelo por el hombre.

El primer grupo corresponde a los elementos materiales o físicos que integran las fotografías aéreas mismas, tales como se observan en las copias de contacto o positivas de películas en blanco y negro, como son:

1.- Tono.

2.- Textura.

El segundo grupo corresponde a caracteres esenciales de los objetos o rasgos de la superficie terrestre, cuyas imágenes aparecen en la fotografía, como:

3.- Forma.

4.- Tamaño.

5.- Sombra.

6.- Tipo o modelo de configuración.

7.- Relaciones con objetos o rasgos asociados.

El tercer grupo corresponde a las características topográficas, las cuales se pueden observar por medio de la visión estereoscópica en los pares fotográficos aéreos, como son:

8.- Formas topográficas o relieve terrestre.

9.- Sitio o emplazamiento.

10.- Petición o gradiente.

11.- Discordancias.

12.- Anomalías topográficas.

13.- Ruptura de pendiente.

14.- Alineaciones.

El cuarto grupo corresponde a los rasgos fisiográficos y geomorfológicos de la superficie terrestre, reproducidos por sus imágenes en las fotografías aéreas, tales como:

15.- Erosión.

16.- Avenamiento o drenaje.

17.- Anomalías fisiográficas o geomorfológicas.

El quinto grupo corresponde a los factores derivados de las características de los suelos, de la vegetación natural y de la agricultura, o sea, el uso del suelo por el hombre, todos los cuales se correlacionan entre sí, como son:

18.- Suelos.

19.- Cubierta vegetal natural.

20.- Uso del suelo por el hombre.

A partir de estas bases, se han extraído doce principales reglas para la interpretación fotogeográfica. El número de reglas se han reducido, con relación a los factores analíticos clave, por la eliminación de los de menor importancia y la fusión de varios en la misma regla, cuando su naturaleza constitutiva lo ha permitido. Estas también se reúnen en cinco grupos atendiendo a su común origen y a sus características semejantes. Estas reglas son las siguientes:

En el primer grupo se encuentran las reglas correspondientes a las características físicas de las fotografías aé

reas, tales como:

Regla 1a.- Del tono fotográfico.

Regla 2a.- De la textura de la fotografía.

En el segundo grupo se encuentran las reglas correspondientes a los rasgos y objetos reproducidos por sus imágenes en las fotografías aéreas, como:

Regla 3a.- De la forma y tamaño de los objetos o rasgos.

Regla 4a.- De la sombra.

Regla 5a.- De las relaciones con objetos asociados.

En el tercer grupo se encuentran las reglas correspondientes a las características topográficas, como son:

Regla 6a.- De las formas topográficas del relieve terrestre.

Regla 7a.- De la posición o gradiente.

Regla 8a.- De la discordancia.

Regla 9a.- De las alineaciones.

En el grupo cuarto se encuentran las reglas correspondientes a las características fisiográficas y geomorfológicas, tales como:

Regla 10a.- De la erosión.

Regla 11a.- Del avenamiento o drenaje.

Y por último, dentro del quinto grupo se encuentran las reglas correspondientes a las características de los suelos, vegetación y agricultura, como:

Regla 12a.- De la correlación vegetación-suelo-roca.

Los grupos Primero y Segundo de las reglas para la interpretación fotogeográfica, son de aplicación a la interpretación general de las fotografías aéreas. Los grupos Tercero, Cuarto y Quinto, son de aplicación particular a la interpretación y estudio de la corteza terrestre y sus recursos naturales.

Estas reglas son de aplicación exclusiva a las fotografías aéreas verticales en blanco y negro.

Al explicar los "factores analíticos clave" y las "reglas fotogeográficas", vimos que ambos están formados por cinco grupos, de los cuales el Cuarto grupo es el que se refiere a Geomorfología y, por lo tanto, el que interesa para el desarrollo de este trabajo.

Este grupo, como se dijo anteriormente, se refiere a las características fisiográficas y geomorfológicas, por lo que conviene marcar aquí las diferencias que existen entre la Fisiografía y la Geomorfología.

La Fisiografía se refiere a las envolturas gaseosas, líquida y sólida del globo terráqueo, mientras que la Geomorfología se ocupa solamente de la envoltura terrestre, aunque también amplía su campo de acción a la hidrósfera y a la atmósfera, sin llegar a sus especializaciones.

Se puede añadir a esto, que la Fisiografía es descriptiva y estática, mientras que la Geomorfología es explicativa y dinámica.

También es necesario señalar las relaciones que existen entre la Geomorfología y la Topografía para hacer una fotointerpretación, ya que suelen confundirse, puesto que las fotografías aéreas muestran a través de la Topografía los dos aspectos del paisaje: el estático y el dinámico, es decir, los referentes a la Fisiografía y a la Geomorfología, respectivamente.

Las fotografías aéreas son más útiles en el análisis geomórfico, ya que muestran aspectos genéticos de las formas terrestres que no se podrían captar de otra manera, debido a la gran amplitud de la superficie que cubren y a la perspectiva; y es precisamente el estudio de la evolución del paisaje uno de los fines de la Geomorfología.

Las formas terrestres o fisiográficas, a las que se denomina también relieve terrestre, pueden interpretarse en las fotografías de dos maneras: derivadas del aspecto que presentan en el preciso momento de hacerse la fotografía, o sea, de un modo estático; y, la otra, corresponde al examen de los efectos que una serie de agentes llevan a cabo constantemente sobre ellas, modelando el relieve terrestre, o sea, en su aspecto dinámico.

Con el empleo de ambas técnicas, la Fotofisiografía y la Fotogeomorfología, juntas, se puede reconstruir la evolución del relieve de una región.

CAPITULO III

GEOMORFOLOGIA Y PROCESOS GEOMORFOLOGICOS

La Geomorfología es una parte de la Fisiografía o Geografía física, precisamente la que tiene por objeto el estudio de la parte sólida superficial de la corteza terrestre y, en tal concepto figura "al lado de la de la Hidrología, que estudia la hidrósfera, y de la Meteorología, que tiene por objeto de su investigación la atmósfera" (Guerra, 1961).

El vocablo técnico "Geomorfología" comenzó a aparecer en la literatura científica, con el significado que actualmente tiene, más o menos hacia comienzos de la última década del pasado siglo XIX.

J. W. Mc Gee, en 1893, decía al respecto que "el examen sistemático de las formas terrestres y su interpretación, según los registros de la geología histórica, genera una nueva rama en la ciencia geológica, llamada "Geografía física" o "Fisiografía" por diferentes autores, y que ha sido denominada "Geología geomórfica" por Powell, y "Geología nueva" o "Geomorfología" por el que suscribe", no obstante lo cual, añadía: "pero el término "Geomorfía", empleado por primera vez con alguna conexión diferente, por Sir William Dawson, es preferible". Por lo tanto, cabe atribuir a J. W. Mc Gee, la paternidad del término "Geomorfología".

En el Popular Science Monthly, apareció un artículo sobre "Geomorfología", en 1896, en el que se la anunciaba como "nueva fase de la Geografía, que se conoce en ocasiones como Fisiografía, y más recientemente, como Geomorfología".

En 1894, A. C. Lawson, vuelve a insistir en el término "Geomorfía", pero limitando su contenido, por considerarlo "sinónimo de Topografía, en la más amplia acepción de este término".

Poco después, en 1899, C. W. Hayes, del United States Geological Survey, precisó un poco más el alcance de "Geomorfología", voz ya aceptada, aunque no generalmente todavía, como la rama científica que trata de "la descripción, clasificación y correlación de las formas terrestres".

El "Mill Dictionary" de términos geográficos, obra inédita preparada entre 1900 y 1910, por Hugh Robert Mill, para la Royal Geographical Society, cuyas galeras se encuentran todavía en la biblioteca de esta sociedad, dice que "la Geomorfología o Geomorfogenia es la ciencia de las formas terrestres".

En 1907, W. B. Scott, confunde el valor de los términos, y así dice que "Geomorfología o Fisiografía, es el estudio de los rasgos topográficos de la tierra, y de los medios y manera por los cuales han sido producidos".

El Webster Dictionary, en su edición de 1916, define a la Geomorfología como "la investigación de la historia de los cambios geológicos a través de la interpretación de las formas topográficas. Esta definición es recogida literalmente por Albert H. Fay, en su célebre glosario de términos mineros.

El mismo A. H. Fay, y en la misma obra, separándose de

la acepción dada por H. R. Mill a la Geomorfogenia, considerándola como sinónimo de Geomorfología, separa una de la otra, manifestando que "Geomorfogenia es la parte de la Geomorfología que trata del origen y desarrollo de los rasgos de la superficie terrestre".

Laurence La Forge, siguiendo el criterio de A. H. Fay, manifiesta en 1925, que la "Geomorfología debe ser definida como la rama de la ciencia que trata de los rasgos superficiales del globo, de su forma, naturaleza, origen, y desarrollo, así como de los cambios que han sufrido. La parte de este cometido que se relaciona más particularmente con el origen, desarrollo y cambios de los rasgos, se la distingue deparadamente, con frecuencia, con el término afin de "Geomorfogenia".

Por esa misma época, el Bulletin of the Beach Erosion Board, sostenía que la Geomorfología "es la rama", tanto de la Fisiografía como de la Geología, que trata con la forma de la tierra, la configuración general de su superficie, y los cambios que han tenido lugar en la evolución de las formas terrestres".

Como "la teoría de la conformación de la tierra", definía a la Geomorfología el Oxford English Dictionary, en su edición de 1933, y C. M. Rice, como "la rama de la Geografía física que trata con la forma de la tierra, la configuración general de su superficie, y la distribución de la tierra y agua".

Por su parte el Research Committee, aporta su criterio al decir que es "la ciencia del estudio genésico de las formas terrestres".

Dudley Stamp, en 1964, hace el comentario al respecto de que el significado de la palabra Geomorfología, derivada del griego, es suficientemente explicativa: gee, la tierra; morphé, forma; y logos, estudio. Al mismo tiempo considera ya en completo desuso el término Geomorfogenia, como sinónimo de Geomorfología, o como parte de ella solamente.

En 1965, F.J. Monkhouse definió a la Geomorfología como la "interpretación científica del origen y desarrollo de las formas terrestres" y, como tal, la considera como "el desarrollo moderno de la Fisiografía".

Pero quien ha definido más cabalmente a la Geomorfología hasta ahora, ha sido J. Tricart, Director del Centro de Geografía Aplicada del Instituto de Geografía de la Universidad de Estrasburgo, quien, en 1962, la considera "como la ciencia de las formas del globo terrestre, cuyo objeto es el estudio del relieve de su corteza, tanto en las partes emergidas (Geomorfología subaérea), como en las partes recubiertas por los océanos y mares (Geomorfología submarina)".

La definición de J. Tricart es muy importante, porque incluye por primera vez en el ámbito propio de la Geomorfología el relieve submarino, cada día más importante para el desarrollo de la especie humana, por los recursos mineros y petrole-

ros que puede contener, entre otras razones.

Los alcances de esta definición de Geomorfología ya han sido aplicados prácticamente en los Estados Unidos de Norteamérica por algunos ilustres geomorfólogos, tales como W. D. Thornbury, quien en su monumental "Regional Geomorphology of the United States" (1965), incluye entre sus unidades regionales, también por primera vez, los que denomina "márgenes continentales", en los que incluye las zonas de transición entre los continentes y los océanos, pertenecientes principalmente al zócalo continental, basándose para ello en que tales áreas se relacionan más con sus vecinas tierras continentales emergidas que con las vecinas tierras sumergidas.

Se denominan procesos geomórficos o geomorfológicos todos los cambios físicos y químicos que modifican la superficie terrestre, y que son realizados por los agentes geomórficos, los cuales pueden consistir en cualquier fuerza natural capaz de modificar, captar y transportar los materiales que constituyen la superficie terrestre, es decir, que son masa en movimiento, ya sea ésta agua, hielo, aire, etc.

Los procesos geomórficos han sido divididos, comúnmente, en dos categorías: exógenos o epígenos e Hipógenos o endógenos.

Los procesos exógenos son los que se efectúan en el exterior de la corteza terrestre, y los procesos endógenos son todos aquéllos que se originan en el interior de la corteza

terrestre.

Hay algún otro proceso que no entra en ninguna de las dos categorías anteriores, que puede modificar localmente la superficie terrestre y, por lo tanto, corresponde su estudio a la Geomorfología, como las caídas de meteoritos. Muchos autores no toman en cuenta este proceso por no haber tenido una significación definida, mientras que otros lo han considerado como proceso extraterrestre.

Los procesos geomórficos pueden ordenarse del modo que se presentan en la siguiente hoja:

PROCESOS GEOMORFICOS

- A.- Degradación:
- 1.-Intemperización.
 - 2.-Remoción en masa.
 - 3.-Erosión y transporte por:
- a) agua corriente.
 - b) agua subterránea.
 - c) olas, corrientes, mareas, "Tsunamis".
 - d) viento.
 - e) glaciares.

I.- Epígenos o exógenos.

B.- Agradación por:

- a) Agua corriente.
- b) Agua subterránea.
- c) Olas, corrientes, mareas, "Tsunamis".
- d) viento.
- e) Glaciares.

C.- Trabajos de los organismos, incluyendo al hombre.

II.- Hipógenos o endógenos.

- a) Diastrofismo.
- b) Vulcanismo.

III.- Procesos extraterrestres: Impacto de meteoritos.

Los procesos de gradación son los que tienden a nivelar la superficie terrestre, tanto por procesos destructivos como constructivos, o sea, que se pueden dividir en dos categorías: los "destructivos" o que nivelan hacia abajo, llamados procesos de degradación, y los "constructivos" o que nivelan hacia arriba, llamados procesos de agradación.

Por su parte, la "degradación" está formada por tres procesos diferentes, que son: la intemperización, la remoción en masa y la erosión.

La intemperización es el proceso por el cual la roca se descompone "in situ", en su lugar; no existe transporte.

Los diferentes factores que influyen sobre el tipo y grado de intemperización, son: la estructura de la roca, la composición mineralógica, los factores climáticos, como temperatura y humedad, y la vegetación. Todos ellos ayudan a determinar el predominio de los procesos químicos y físicos.

Los procesos físicos de la intemperización pueden ser los siguientes:

1.- La expansión resultante de la intrusión de masas rocosas formadas a gran profundidad, que conducen al desarrollo de fracturas. Esta intrusión puede haber contribuido a la formación de los denominados domos de exfoliación.

2.- La expansión resultante del crecimiento de los cristales, la cual conduce a la fracturación de la roca. Estos cristales generalmente son de hielo, pero pueden ser de otro

tipo, como los salinos.

La formación de cristales de hielo en este proceso tiene mayor efecto si se repiten la congelación y el deshielo.

3.- La expansión y contracción de origen térmico, producida por el caldeoamiento y enfriamiento de una superficie rocosa, origina deformaciones en la capa superficial. Cuando esta capa es delgada se escama, fenómeno que se conoce con el nombre de exfoliación en masa. Las rocas formadas por muchos minerales con diferentes coeficientes de dilatación sufren la llamada exfoliación granular o desintegración.

4.- La actividad orgánica tiene poca importancia en la intemperización física, pero puede generar fracturas y ensanchamiento de las diaclasas, debido al crecimiento de las raíces de plantas. En general, este proceso tiene mayor importancia en la intemperización química.

La intemperización química es más importante que la física. Los resultados de la mayor parte de ésta son:

- a) un aumento de volúmen con deformaciones y presiones resultantes dentro de la roca.
- b) materiales de menor densidad.
- c) menor tamaño de las partículas y en consecuencia un aumento de área de la superficie por unidad de volúmen.
- d) minerales más estables.

Los factores químicos de la intemperización son principalmente:

1.- La hidratación, que conlleva la absorción de agua. Generalmente, los minerales hidratados dejan, como materia residual, arcilla.

2.- La hidrólisis, que involucra la formación de hidróxidos, y presenta un cambio químico.

3.- La oxidación que, generalmente, es el primer proceso que tiene lugar, y el que se nota con mayor facilidad. Sus efectos son más notorios en las rocas que contienen hierro. Se produce por la presencia del oxígeno del aire y del que se encuentra disuelto en el agua, y da lugar a la formación de óxidos.

4.- La carbonatación: Los minerales de carbonato y los bicarbonatos son los que se toman con mayor facilidad en solución, y el anhídrido carbónico, derivado de la materia orgánica en descomposición, ayuda a esta reacción. Consiste el fenómeno en la formación de carbonatos, por la presencia de bióxido de carbono de la atmósfera y del agua de lluvia.

La remoción en masa es el proceso por el que se transportan grandes cantidades de detritos bajo la influencia de la gravedad. Casi siempre está acompañada de agua, pero en pequeña cantidad, de manera que no se puede considerar a ésta como medio de transporte.

Se ha hecho la siguiente clasificación de los tipos de remoción en masa: Flujo lento, como reptación y solifluxión; flujo rápido, como corrientes y derrumbamientos; deslizamien

tos, como desmoronamientos, alud de rocas, y hundimiento. Los únicos que producen modificación inmediata y notoria en la superficie terrestre son los de tipo de escarpado.

La erosión es un conjunto de procesos que arrancan y transportan los restos de roca de la superficie terrestre. Los agentes que llevan los productos de la demolición de las rocas son los llamados agentes de transporte, como el viento, las corrientes fluviales, glaciares, etc.

Una corriente de agua transporta carga, al igual que las olas y corrientes marinas, de diferentes maneras: por tracción, saltación, suspensión, solución y flotación. La superficie terrestre va erosionándose por medio de los procesos de corrosión y abrasión.

El agua subterránea trae la carga en solución, y por medio de la corrosión erosiona la superficie.

El viento transporta material por tracción, saltación y suspensión y el proceso erosivo es la corrosión o abrasión.

Los glaciares transportan su carga por tracción y suspensión, y van erosionando la superficie por los procesos de abrasión y exondación.

Todos los materiales al estar en tránsito sufren un desgaste por el proceso de atrición.

La erosión es uno de los procesos geomórficos a que se ha dado mayor importancia, debido a la gran cantidad de formas que ocasiona y, por lo tanto, es uno de los más estudia-

dos.

La "agradación", como se mencionó anteriormente, es el otro proceso que contribuye a la nivelación de la superficie terrestre, y es una consecuencia de la degradación. Esta nivelación se verifica, generalmente, por medio de la acumulación.

La acumulación puede considerarse como la consecuencia de una pérdida en el poder de transporte por el agente que lo efectúa. Sin embargo, esta afirmación no es válida al referirse al agua subterránea, la cual acumula material debido a cambios en las condiciones de temperatura y presión y, en algunos casos, al trabajo de organismos que provocan precipitación.

La agradación o acumulación se produce por: agua corriente, agua subterránea, olas, corrientes, mareas, "tsunamis", viento, glaciares, y el trabajo de organismos, incluyendo al hombre.

Procesos endógenos.-- En esta categoría están incluidos los procesos que se originan en el interior de la corteza terrestre, y bajo su superficie.

Las fuerzas internas se manifiestan sobre la superficie de la Tierra en diversas formas, pero siempre dando lugar a relieves montañosos, o bien, provocando movimientos de ascenso y descenso de las masas continentales.

Los procesos endógenos son dos: el diastrofismo y el

vulcanismo.

El diastrofismo es de dos tipos: el orogénico y el epirogénico.

Las fuerzas epirogénicas se manifiestan por los movimientos de ascenso y descenso de las masas continentales. Se trata de movimientos muy lentos que no causan distorsión o dislocamiento de los continentes, sino que éstos sólo ascienden o descienden.

En cambio, las fuerzas orogénicas son las que dan lugar a la formación de diferentes tipos de montañas. Estas sí provocan dislocamiento o modificaciones en la superficie terrestre.

Cuando se habla de regiones orogénicas, siempre pensamos que se trata de regiones integradas por montañas que se elevan a grandes alturas sobre el nivel del mar. Pero, debe considerarse también que existen actividades orogénicas que solamente se manifiestan bajo la superficie de la Tierra.

Hay regiones orogénicas en la actualidad que carecen de relieves montañosos, porque la erosión ha destruido totalmente este relieve dejando al descubierto las rocas ígneas intrusivas y las metamórficas del llamado complejo basal o básico.

La actividad orogénica es un fenómeno que se presenta de una manera periódica, cíclica. La Tierra, a través del tiempo geológico, ha sufrido numerosas revoluciones orogénicas,

es decir, ha pasado por numerosas etapas de este tipo, y en cada una de ellas ha habido una nueva formación de montañas.

Los relieves montañosos que actualmente existen, en su mayor parte, son el resultado de la última revolución orogénica, que se produjo a fines de la era mesozoica y principios de la cenozoica. Por esa razón podemos considerar que la mayor parte de las montañas actuales son jóvenes, geológicamente hablando.

Las principales formas con que se manifiesta la orogé-
nia son:

- a) Plegamientos.
- b) Montañas de bloques de falla.
- c) Montañas de origen volcánico.
- d) Montañas de domo, o dómicas.
- e) Montañas complejas, es decir, montañas formadas por dos o más de las causas anteriores.

La forma y textura de la corteza terrestre, está determinada por las zonas orogénicas, pero éstas están sometidas a los efectos de los movimientos epirogénicos posteriores debidos a las presiones, fracturas y fallas sufridas por la corteza.

A consecuencia de la presión diferencial y de las fallas marginales e internas, se producen mesetas y cuencas y, debido a los movimientos diferenciales de los bloques con fa-

llas marginales, en los cuales queda fracturada la corteza al dislocarse, se producen bloques montañosos o pilares y fosas tectónicas, es decir, "horsts" y "grabens".

Los movimientos epigénicos han dado como resultado, a pesar de hundimientos y rupturas, la elevación de la mayor parte de la superficie sobre el nivel del mar.

El vulcanismo es el movimiento de la roca en fusión o magma, sobre o hacia la superficie terrestre.

El vulcanismo comprende las diversas maneras por medio de las cuales la roca fundida es extrusionada, a consecuencia de cambios físicos y químicos que tienen lugar en el interior de la Tierra.

Esta roca fundida suele salir a la superficie por conductos centralizados, conocidos por el nombre de volcanes, o por fisuras en forma de erupciones en masa.

Las erupciones volcánicas pueden dividirse en dos grandes grupos:

- 1.- De carácter explosivo, y
- 2.- De carácter tranquilo.

Las erupciones de carácter explosivo son aquellas en las cuales el derrame de materiales ígneos sobre la superficie de la Tierra se hace en forma violenta. Este tipo de erupciones da lugar a la formación de conos compuestos o interstratificados, es decir, conos volcánicos que en algunas ocasiones arrojan lavas y en otras materiales cineríticos.

Además, dan lugar a calderas, conos cineríticos, conos adventicios y a la formación de agujas o cuellos volcánicos, que en algunas regiones de México se llaman "bernales", como el famoso de Horcasitas.

Las formas tranquilas de erupción dan lugar a la formación de corrientes de lava, que pueden ser de forma alargada, como lenguas, o formar amplias superficies que propiamente forman llanuras de lava; en otros casos, el derrame de las lavas es uniforme alrededor del cráter, y recibe el nombre de "escudos".

Este tipo de erupciones da lugar a la formación de conos volcánicos de poca altura, de forma redondeada, con cráter muy amplio, dentro del cual se forman verdaderos lagos de lava.

Hay otra serie de fenómenos asociados con el vulcanismo, como son la presencia de "geissers", manantiales de agua termal, "axalapascos" y "xalapascos", solfataras, fumarolas y lagos-cráter.

Otra de las manifestaciones de las fuerzas internas de la Tierra son los sismos o temblores, como resultado de movimientos de ajuste de los grandes bloques que forman la corteza terrestre o de las manifestaciones de la actividad volcánica.

Los sismos se clasifican en: Sismos de carácter tectónico y sismos de carácter volcánico.

Los sismos de carácter tectónico afectan áreas mucho más extensas que los de origen volcánico. Son el resultado de tensiones y compresiones dentro de la corteza terrestre.

Los sismos de carácter tectónico son más frecuentes y más extensos que los de origen volcánico, aunque éstos pueden ser más intensos.

CAPITULO IV

CRITERIO FOTOINTERPRETATIVO GEOMORFOLOGICO.

En el capítulo anterior se mencionan las doce reglas de la Fotointerpretación, de las cuales, las del grupo geomorfológico, que son la décima y undécima reglas, corresponden respectivamente a la erosión y al drenaje.

La erosión y el drenaje se encuentran estrechamente ligados pero, a pesar de ello, constituyen factores analíticos distintos en la interpretación de las imágenes de las fotografías aéreas, por lo cual se hicieron reglas separadas. La erosión es el todo, y el drenaje sólo una parte, aunque es la más importante de aquélla.

EROSION.- El concepto de erosión, en cuanto a su significado y contenido, varía de un autor a otro.

La palabra erosión procede del latín "erosio", "erosionis", que quiere decir "roedura", por lo que se puede decir que "la erosión es la depresión o rebajamiento", producido en la superficie de un cuerpo por el roce de otro.

Hay diferencias de opinión respecto a si la erosión incluye "transporte" o no, aunque generalmente sí se considera incluida; también varían las opiniones respecto a si se incluye la intemperización, la cual generalmente no se le considera por efectuarse "in situ".

También existen otras opiniones, como la de usar palabras sinónimas a la de denudación, las de erosión y corrasión. La denudación comprende todos los procesos del esculpido terrestre que envuelve transporte de materiales (inclu-

ye la intemperización. La erosión comprende todos los procesos del esculpido terrestre que envuelven transporte de materiales pero excluye la intemperización. Y corrosión comprende únicamente al trabajo abrasivo producido por la carga transportada.

También se usan como sinónimos de denudación y gradación, pero no lo son porque la denudación incluye remoción y no acumulación que es lo que comprende la gradación.

Por otro lado conviene mencionar que los agentes no son siempre destructivos, como muchas veces se les considera, sino que también son constructivos ya que el material que arrancan y transportan lo depositan en otros lugares con el cual construyen nuevos terrenos. Esta acción constructiva tiene mucha menor importancia, por lo cual, casi todos los estudios hechos de la erosión son referentes a su acción destructiva.

Así como los agentes erosivos son muy numerosos y bastante diferentes, el relieve producido por ellos se simplifica en tres clases, para la identificación y clasificación de las formas resultantes, que son:

a) el relieve tectónico, producido por el movimiento de la corteza terrestre.

b) el relieve de acumulación, producido por acumulación de materiales, como las dunas.

c) el relieve de sustracción, o sea, el que quita material, como la ola que arranca material al acantilado.

Generalmente los agentes erosivos alternan estos dos últimos tipos.

La parte superficial de la corteza terrestre, está constituida por las rocas, las cuales tienen un modo característico de erosionarse, ya que la erosión está regida por una serie de factores físicos (homogeneidad y tamaño de granos) y químicos (permeabilidad, solubilidad), que varían para cada tipo de roca y clima.

Este factor analítico clave, referente a la erosión, tiene gran importancia porque muestra en las fotografías aéreas estereoscópicas el modo de comportarse cada tipo de roca ante la erosión y esto permite identificarlas, a veces, con seguridad, por su naturaleza geológica, así como localizarlas directamente o mediante correlaciones.

Cada tipo de roca se comporta de diferente manera ante la erosión y este comportamiento queda impreso en el relieve terrestre. Esta impresión de la erosión se registra exactamente en la fotografía que es reproducida por el estereoscopio.

Por el análisis de los rasgos erosivos se puede identificar en las fotografías aéreas la naturaleza de las rocas, la etapa del proceso erosivo, los agentes que intervinieron y el clima que existió durante todo el fenómeno.

Aunque cada roca se erosiona de diferente manera, algunas producen formas especializadas como las ígneas y las ca-

lizas.

Dentro de las ígneas se puede hacer una distinción entre las rocas extrusivas modernas y las intrusivas y extrusivas antiguas.

Según F. H. Von Bandat (1962) "solamente las principales unidades litológicas pueden ser identificadas con las fotografías aéreas, como areniscas, lutitas, calizas y ciertos tipos de rocas ígneas y metamórficas, mientras que materiales inconsolidados, como arenas, gravas, arcilla, sedimentos glaciáricos, loess, se encuentran usualmente identificados con típicas formas terrestres, como dunas, terrazas y glaciares".

Sin embargo, sí se pueden identificar los tipos intermedios de rocas mediante el análisis de la "erosión diferencial". Estos tipos de rocas no presentarán formas de relieve tan características como las que presentan las rocas homogéneas.

Para estudiar el fenómeno de la erosión que unas veces es rápido y otras lento, de gran dimensión o de pequeña dimensión, las fotografías aéreas verticales estereoscópicas son las más adecuadas y también el uso de ellas hace más fácil, exacta y rápida la confección de mapas litológicos.

Así pues, la décima regla de la Fotointerpretación, referente a la erosión que se enuncia a continuación, establece:

"Los agentes erosivos atacan a las rocas de un modo se

lectivo o diferencial, según los materiales de que están constituidas, originándose formas de erosión características de sus diversos grupos y del estado de desarrollo del ciclo de erosión correspondiente, para cada tipo de clima; este fenómeno no permite la identificación de las unidades litológicas más importantes, mediante el estudio en las fotografías aéreas, del particular modo con que responden a la acción erosiva".

La superficie en que los agentes de erosión comienzan su ciclo se llama superficie inicial, y su relieve, relieve inicial; y la forma resultante, o sea, al final del ciclo se llama "penillanura".

La penillanura es una superficie de erosión con desigualdades, formada por relieves de rocas duras llamadas "tegitos de erosión" o "monadnocks".

El ciclo de erosión se ha dividido en tres etapas, comparadas con el ciclo vital y son: juventud, madurez y vejez. Como estas tres etapas no pueden comprender los estados intermedios de cada una, se han inventado otros términos, como infantilismo, adolescencia, etc.

Casi todas las superficies topográficas se deben a relieves policíclicos, es decir, a series de ciclos de erosión sucesivos.

La "juventud" se caracteriza por una actividad violenta, irregular y desordenada. Las formas dependen del desnivel entre el nivel-base y las partes más altas de las primitivas su

perficies. Si es fuerte el desnivel aparecerán configuraciones de montañas y valles en V muy profundos y estrechos, con su sección V muy aguda; los afluentes desembocarán por gargantas a rápidos y cascadas, se formarán conos de deyección y pequeñas llanuras cortadas en terrazas.

La etapa de juventud es más larga en las montañas.

La "madurez" se caracteriza por ser una etapa de equilibrio. No hay rupturas de pendientes. Los valles son en V abierta y no hay gargantas; el escurrimiento de las aguas es regular, el recorte de las vertientes origina lomas redondeadas por el deslizamiento de detritos; en vez de montañas hay colinas. Se forman meandros.

El estado de madurez es más duradero que el de juventud, pero también es transitorio.

La "vejez" se caracteriza porque se realiza en la penillanura. En este estado final queda una capa de productos de descomposición sobre la superficie, más delgada sobre las alturas redondeadas donde hay rocas duras (monadnocks) y más gruesa en el fondo de los valles.

Todas las fuerzas que trabajaron con violencia y desorden en la juventud y siguieron en la madurez con equilibrio, ahora son débiles.

CRITERIOS PARA DISTINGUIR LAS ETAPAS DEL CICLO DE EROSION.

Debido a la dificultad que presenta muchas veces el tratar de distinguir entre las fases del ciclo de erosión, con-

viene considerar los siguientes criterios:

Según M. Derruau (1958):

A.- El relieve es joven mientras subsisten fragmentos de la topografía anteriores al rejuvenecimiento.

B.- La topografía será madura desde que las áreas interfluviales sean rebajadas por debajo de la topografía anterior al rejuvenecimiento, habiendo desaparecido ésta enteramente.

El mismo autor expone el siguiente criterio sobre las vertientes:

A.- Se denomina joven un relieve caracterizado por vertientes que evolucionan por deslizamiento y se presenta con perfil rectilíneo si la estructura es homogénea.

B.- Una topografía es madura desde que las vertientes comienzan a regularizarse, se recubren de una capa uniforme de detritos, todavía toscos, desde luego, y adquieren un perfil convexo en la cima y cóncavo en la base.

Según P. Macar (1946):

Juventud:

- a) La erosión inicia rápidamente el recorte y desplazamiento de la superficie primitiva.
- b) Se acentúa el relieve.
- c) Formas atrevidas y contrastadas.
- d) La erosión es muy activa, tanto en el fondo de los valles como en las vertientes.
- e) Se verifica una violenta y activa lucha por el drenaje co

mo resultado de la tendencia de las corrientes primitivas a desarrollarse más y más, mientras se multiplican los afluentes.

Madurez:

- a) Disminuyen notablemente las pendientes de las vertientes, debido al decrecimiento de la erosión vertical y lateral de las corrientes.
- b) Formas redondeadas sustituyen a las formas atrevidas del relieve.
- c) El relieve es moderado, las colinas son el modelo típico del paisaje.

Vejez o senilidad: "penillanura"

- a) Se produce un relieve uniforme y de poca amplitud.
- b) El terreno se recubre por un suelo de elementos finos.
- c) Se llega a la penillanura.

DRENAJE.

Uno de los factores más importantes para la interpretación geomorfológica de fotografías aéreas, es el drenaje, el cual, siempre sirve de punto de partida, debido a su amplia distribución sobre casi toda la superficie terrestre.

En 1949, Merle Parvis definió al drenaje como "la manera o disposición con que una serie de corrientes tributarias se acomoda entre ellas mismas, dentro de una cuenca de drenaje dada".

W. D. Thornbury, en 1954, dice al respecto que "el dre-

naje es el plan o diseño particular que, forma en conjunto, los cursos individuales de los ríos".

El avenamiento o drenaje, según R. R. Hartman y K. N. Isaacs (1958), "es la manera en que una área dispone del agua que escurre sobre ella", y según V. C. Miller (1961), "el acomodamiento planimétrico de varias corrientes, las cuales generalmente se hallan ajustadas a ciertos contactos topográficos, estructurales o litológicos".

El drenaje está determinado y condicionado por factores físicos naturales, como son: el clima, la vegetación, el suelo y las rocas, por cuyo motivo el escurrimiento adoptará diferentes formas según varían estos factores.

Como factor analítico clave en la identificación de fotografías aéreas, el drenaje tiene gran importancia debido a que se correlaciona con los rasgos físicos naturales, perfectamente bien registrada en las fotografías aéreas verticales, aún mejor que si se les observara directamente sobre el terreno.

Además de los factores físicos naturales ya mencionados, el drenaje está determinado por los siguientes elementos físicos:

- a) Litología.
- b) Estructura, y
- c) Zonas y líneas de debilidad.

a) El drenaje se ajusta a la litología debido a las variaciones en la resistencia de las rocas. Los cambios en la

litología pueden ser determinados por los canales, la anchura de los valles, cambio en el tipo de drenaje y además por el tono y los contrastes de vegetación.

b) La relación entre el drenaje y la estructura geológica tiene gran importancia porque con la red del drenaje se reflejan las influencias de la estructura ya desarrollada y la que se está desarrollando en el momento. Refleja los rasgos estructurales de afloramientos de rocas resistentes debajo o encima de las no resistentes, el buzamiento y rumbo y otros rasgos locales.

c) Las líneas de drenaje se ajustan a la debilidad de las rocas, así que, como las zonas de afallamiento se producen en zonas de debilidad, el drenaje sirve para localizar las zonas de afallamiento.

Estos tres elementos determinantes del drenaje-litología, estructura y zonas de debilidad - se combinan entre sí, pero siempre hay un predominante o a veces puede faltar alguno.

PRINCIPALES CRITERIOS UTILIZADOS EN EL ANALISIS DEL DRENAJE.

Los principales criterios utilizados en el análisis del drenaje son:

- 1.- Análisis individual del drenaje.
- 2.- Clasificación genética del drenaje.
- 3.- Clasificación sistemática de las formas del drenaje.
- 4.- Textura del drenaje.

- 5.- Espaciamiento o densidad del drenaje.
- 6.- Homogeneidad o uniformidad del drenaje.
- 7.- Grado de integración del drenaje.

1.- Análisis individual del drenaje:

Los principales tipos de cursos de ríos individuales son: recto, curvo, retorcido, sinuoso o serpenteante, anastomasado, rectangular, trenzado y deltaico o distributivo.

Los ríos raramente son rectos en distancias largas, pero donde lo son es debido a que existe control estructural o bien, efecto de la iniciación de pendientes abruptas en rocas homogéneas.

En el tipo curvo, se pueden observar varios tipos de curvatura, como abierta o cerrada, lo mismo que con los meandros retorcidos o sinuosos.

El tipo anastomasado se produce generalmente por canales intercomunicantes en áreas de lagunas pantanosas y de meandros fósiles.

Para el análisis individual de los ríos se necesitan los siguientes datos:

- a) Configuración longitudinal.
- b) Gradiente.
- c) Carácter de la confluencia con los tributarios.
- d) Características de los canales, tales como anchura, si es seco o inundado, etc.

2.- Clasificación genética del drenaje:

Los ríos generalmente se clasifican según la clasificación de Davis, que es de la siguiente manera:

- 1.- Consecuentes.
- 2.- Subsecuentes.
- 3.- Insecuentes.
- 4.- Obsecuentes.
- 5.- Resecuentes.
- 6.- Antecedentes.
- 7.- Superpuestos.

1.- Consecuentes.- Los ríos consecuentes son los que fluyen en el sentido de la inclinación de la superficie, principalmente pendiente abajo y sobre la superficie de una tierra nueva.

2.- Subsecuentes.- Los ríos subsecuentes son aquéllos cuyos cursos se han desarrollado a lo largo de alguna línea o zona de menor resistencia y más fácilmente erosionables. O sea que son ríos ajustados a la estructura.

3.- Insecuentes.- Los ríos insecuentes son aquéllos cuyos cursos están regidos por factores que no son determinables, en los cuales los factores de control no se observan.

4.- Obsecuentes.- Los ríos obsecuentes son los que fluyen en dirección opuesta a los ríos consecuentes, por lo tanto en sentido opuesto al de la pendiente de los estratos que va cortando.

Varios autores no incluyen en su clasificación los ríos

obsecuentes y resecentes, por estar sujetos a error.

5.- Resecuentes.- Los ríos resecentes son aquéllos que fluyen, por la pendiente de las formaciones, en la misma dirección que las corrientes consecuentes; pero las resecentes se desarrollan más tarde y en un nivel más bajo y sobre una superficie escarpada. Algunos los consideran como afluentes de los subsecuentes.

6.- Antecedentes.- Los ríos antecedentes son aquéllos que ya habiendo establecido su curso, lo mantiene a pesar de que aparezcan elementos como fallas estructurales en su trayectoria. Deben ser suficientemente poderosos o que la deformación sea suave.

7.- Superpuestos.- Los ríos superpuestos son aquéllos que se han formado en una superficie y estructura y, que desde entonces se han cortado a través de una inconformidad para fluir a través de unidades rocosas bajas que tienen una estructura diferente a las de arriba de la inconformidad.

Se han hecho otras clasificaciones del drenaje, de acuerdo a su origen, como es la de A. W. Grabau (1932), el cual clasifica a los ríos en simples o monógenos y en complicados o polígenos.

Entre los monógenos se encuentran los consecuentes, insecuentes, subsecuentes, resecentes, obsecuentes y añade los desbordantes o de inundación, los glaciáricos y los subterráneos.

Desbordantes.- Los ríos desbordantes son los que salen de los lagos.

Glaciáricos.- Los ríos glaciáricos son aquéllos que su abastecimiento procede de la fusión de los hielos glaciares.

Subterráneos.- Los ríos subterráneos son los que siguen diaclasas o juntas en los estratos de caliza, que se ensanchan y forman cavernas y que después se rellenan con depósitos estalactíticos. Puede desarrollarse hasta la absorción completa del drenaje superficial, dando lugar al paisaje de tipo Kárstico.

Los ríos polígenos, W. M. Davis (1890) los dividió en mixtos, compuestos y complejos.

Mixtos.- Los ríos mixtos son los que tienen distintas edades en sus diferentes partes.

Compuestos.- Los ríos compuestos son los que incluyen en sus cuencas áreas de diferente estructura.

Complejos.- Los ríos complejos son los que han entrado en un segundo o posterior ciclo de desarrollo.

Los ríos monógenos casi siempre se convierten en polígenos, ya sea por captura, crecimiento o por otras causas.

3.- Clasificación sistemática de las formas del drenaje:

La clasificación de los tipos de drenaje la han hecho varios especialistas que para cada uno varía el número de divisiones, por lo cual se mencionarán únicamente los tipos

básicos admitidos por todos ellos.

Estos son:

- 1.- Dentrítico.
- 2.- Enrejado.
- 3.- Paralelo.
- 4.- Radial.
- 5.- Anular.
- 6.- Trenzado.
- 7.- Kárstica.

1.- Dentrítico.- Es el tipo más común de drenaje. Se parece a la forma de un árbol, de donde viene su nombre, del griego "dendros", árbol.

Se caracteriza porque los ríos tributarios corren en todas direcciones y forman ángulos agudos sin llegar nunca al ángulo recto.

Se desarrollan sobre rocas de composición homogénea y denotan la falta de control estructural. Este tipo de drenaje se produce principalmente en rocas sedimentarias homogéneas casi horizontales, o en rocas ígneas macizas, pero también se encuentran en rocas plegadas o en metamórficas cristalinas, siempre y cuando todas las capas tengan igual dureza.

Debido a la homogeneidad de las rocas, los ríos que se inician toman la dirección de la pendiente, de manera que los ríos dentríticos troncales son consecuentes y los tribu

tarios, por no tener obstáculos importantes en sus caminos, se extienden en todas direcciones, correspondiendo de acuerdo a su origen en insecuentes.

2.- Enrejado.- Se caracteriza por el acomodamiento del drenaje a la estructura, con la posible excepción del río troncal.

Se desarrollan en rocas muy plegadas y con buzamiento.

El control estructural del drenaje se debe a la desigual resistencia de los estratos inclinados y a que afloran en fajas estrechas y paralelas formadas por rocas resistentes, debido a la erosión de las capas blandas que quedan con valles.

Una variedad de este tipo de drenaje es el llamado "enrejado de falla", que se presenta cuando hay fallas paralelas o que han puesto en contacto capas alternantes de rocas fuertes y débiles.

Los ríos principales frecuentemente hacen curvas muy próximas al ángulo recto con respecto al río principal y, a su vez, los ríos tributarios secundarios también se les unen en ángulo recto, quedando éstos últimos paralelos al río troncal.

Generalmente la configuración de drenaje enrejado es de origen subsecuente, aunque también pueden ser en algunas áreas consecuentes.

3.- Paralelo.- Se caracterizan porque los ríos corren ca

si paralelos unos con otros. Se localizan donde hay declive pronunciado o controles estructurales que conducen a un espaciamiento paralelo o casi paralelo de los ríos. Implican pendientes producidas por rasgos topográficos paralelos como los llamados "drumlins" (formación glaciárica constituida por morrenas que tienen forma de colinas paralelas). También, algunas veces, las fallas paralelas pueden originar crestas y valles paralelos.

Este tipo de drenaje se asemeja al tipo enrejado. En algunas regiones de buzamiento homoclinal, el drenaje enrejado es paralelo.

4.- Radial.- Se caracteriza porque los ríos se originan en un punto común y parten de él como los radios de una rueda. Se desarrollan en domos, conos volcánicos y sobre otros tipos de cerros cónicos o subcónicos.

5.- Anular.- Como su nombre lo indica tiene forma de anillo. Se pueden encontrar alrededor de domos maduramente disecados, con fajas alternantes de rocas duras y blandas, en donde el drenaje se acomoda a los afloramientos de las rocas débiles.

Estas corrientes genésicamente son subsecuentes y sus tributarios son obsecuentes y resecuentes.

6.- Trenzado.- Una corriente trenzada es aquella que fluye en numerosos canales separados que se vuelven a unir. Esta división de los canales está formada por los sedimentos

depositados por las corrientes.

Se localiza generalmente en regiones planas y niveladas, en las cuales el río se encuentra incapacitado para transportar toda su carga.

7.- Kárstica.- También se le conoce con el nombre de su mideros. Este tipo de drenaje es característico de las áreas de estratos de calizas horizontales.

Es, en parte, superficial y en parte subterráneo pues las corrientes desaparecen para continuar bajo tierra. Cuando se derrumban las cavernas que originan las corrientes por disolución de las calizas, se forman "dolinas" o los llamados en Yucatán "cenotes".

4.- Textura del drenaje:

Se llama textura del drenaje al espaciamiento relativo de las líneas de desagüe y se concreta en los tributarios.

Puede ser fina si los tributarios se encuentran estrechamente espaciados o gruesa si se hallan muy separados.

Entre los factores que influyen sobre la textura del ave namiento están: el clima, tanto directa como indirectamente; la cantidad y tipo de precipitación que influye directamente sobre la cantidad y tipo de escurrimiento.

En zonas donde caigan principalmente chubascos, gran parte del agua caída se escurrirá rápidamente y habrá más líneas de desagüe.

El clima afecta indirectamente la textura del drenaje

por la acción que ejerce sobre la cantidad y tipo de vegetación, la cual influye sobre el escurrimiento.

Hay mayor espaciamento en rocas duras y homogéneas como metamórficas, hay una espaciación media en areniscas permeables y una menor espaciación en arcillas y lutitas impermeables.

Un factor muy importante es la capacidad de infiltración. Generalmente las líneas de desagüe son más numerosas sobre materiales impermeables que sobre los permeables.

El relieve inicial también tiene importancia puesto que sobre una superficie irregular, se desarrollará un número mayor de líneas de desagüe que sobre una que carece de relieve.

5.- Espaciamento o densidad del drenaje:

Es el largo total de los ríos dentro de una área, dividida por el área.

Las rocas ígneas intrusivas, de grano grueso, muestran baja densidad del drenaje y las rocas sedimentarias clásticas, de grano fino, muestran alta densidad del drenaje.

La permeabilidad tiene gran importancia en la densidad del drenaje porque con alta permeabilidad se produce una baja densidad.

6.- Homogeneidad o uniformidad del drenaje:

La homogeneidad de una configuración de drenaje en una área dada, corresponde a la homogeneidad en las condiciones principalmente litológicas, predominantes en dicha área. Tie

ne importancia para correlacionar zonas homogéneas, la cual tiene bastante seguridad para zonas cercanas aunque estén se_uparadas entre sí.

Según H. F. Von Bandat (1962), en las fotografías aéreas se pueden distinguir zonas de relativa homogeneidad, como áreas de areniscas o lutitas, sobre todo si no están mezcladas con otros materiales. Estas y otras rocas dan lugar a configuraciones típicas que sirven para identificarlas.

Otras características son: la orientación, dirección y la irregularidad que a veces son casuales.

7.- Grado de integración del drenaje:

El grado de integración del drenaje es la continuidad de la red hidrográfica. Esto tiene gran importancia pues muestra notorias condiciones especiales que las motivan. Estas son fácilmente observables en las fotografías aéreas.

El grado de integración del drenaje depende del tamaño del área, ya que siempre hay un determinado grado de integración en las áreas grandes.

Una área de drenaje integrado lo es la de tipo "dentrítico", en cambio, las kársticas son típicas de áreas con drenaje desintegrado.

Las zonas que separan áreas de diferente grado de integración del drenaje, son contactos geológicos casi siempre de naturaleza litológica. De esta manera la identificación en las fotografías es mejor y más rápida.

De esta manera, vemos que la regla fotointerpretativa referente al drenaje es la siguiente:

"Los diversos tipos de avenamiento o drenaje, al revelar la pendiente del terreno y la estructura geológica que lo controla, así como la tectónica con expresión superficial y la desigual resistencia de las rocas, ponen de manifiesto, al ser identificado el sistema a que el avenamiento pertenece, todos los elementos geológicos y geomorfológicos mencionados".

CAPITULO V

METODO GEOMORFOLOGICO SUPERFICIAL O DIRECTO.

El método geomorfológico superficial o directo equivale, en el sistema general de análisis de las fotografías aéreas, al proceso de "identificación" de los rasgos y fenómenos de la superficie terrestre que en ellas se reflejan por sus imágenes.

Este método constituye el primer paso en el análisis geomorfológico mediante el uso de fotografías aéreas, y exige por parte del observador la posesión de sólidos conocimientos en geografía física. En realidad, puede denominarse a esta etapa del proceso analítico "lectura geomorfológica", del mismo modo que los autores norteamericanos denominan "lectura de las fotografías aéreas", a la "identificación" de los rasgos terrestres superficiales que en las mismas se muestran. Y, puede ser así denominada esta fase del estudio, porque el observador solo tiene que registrar exactamente el fenómeno o rasgo que la fotografía aérea le muestra, absteniéndose de hacer elucubraciones de ningún género. En la fotografía aérea aparecerá determinado rasgo o grupo de rasgos, fenómeno o grupo de fenómenos, que denotarán por su imagen el grado de evolución en que se encuentren, y el analista solo tiene que registrar directamente tales datos superficiales. Por eso el método se denomina superficial y directo.

Y, en efecto, es superficial porque solo se detiene en la superficie, sin penetrar en el interior de la corteza terrestre, y es directo, porque directamente obtiene los datos, que

están a la vista del observador, por decirlo así, pero a la vista física, sin necesidad de inferencias indirectas. En este sentido, el método es de fácil empleo para todo aquél que posea amplios conocimientos de geografía física, como ya se ha dicho, además de todas las ciencias afines, aunque en menor grado.

Por este medio se puede identificar una vasta gama de rasgos fisiográficos, correspondientes tanto a procesos terrestres internos como externos, hipogénicos como epigénicos, y dentro de estos últimos, a los producidos por toda clase de agentes, sea de la clase que fueren. Todos ellos dejan impreso en los rasgos que son producto de su actividad el típico signo que los caracteriza, sin dar lugar a ninguna duda, como si se tratase de una rúbrica de la naturaleza.

a) Separación de cuerpos líquidos y de tierras.

En el proceso de análisis geomorfológico superficial o directo, debe comenzarse, cuando para ello haya lugar, por la distinción o separación entre los cuerpos líquidos, ya sean marinos o se localicen en el interior de las tierras mismas.

Por lo que respecta a las líneas de costas marinas, resulta evidente su trazado, al menos por lo que respecta al momento en que se toma la fotografía aérea, y aunque sea muy extensa la superficie costera que quede incluida entre las líneas de alta y baja marea, fenómenos ambos que pueden constatare lo suficientemente como para ser registrados con preci-

sión. Por lo general, el agua es registrada en las fotografías aéreas pancromáticas o en blanco y negro, con tonos grises muy oscuros y hasta en negro, salvo en aquéllos puntos en que reflejan la luz solar, por ser devuelto hacia la lente de la cámara el rayo luminoso procedente del sol. Este tono es francamente negro y de contornos perfectamente definidos y, por lo tanto inconfundibles, cuando la fotografía aérea es infrarroja, por cuya facultad se utiliza esta emulsión fotográfica para la localización, precisamente, de cuerpos de agua.

Además de este tono gris oscuro que distingue a las imágenes fotográficas aéreas de cuerpos líquidos de las imágenes terrestres, se diferencian ambas por su horizontalidad o falta de horizontalidad, respectivamente, cuando existan dudas acerca de su verdadera naturaleza. Los cuerpos líquidos, ya sean marinos o terrestres, siempre son perfectamente horizontales, mientras que los rasgos terrestres nunca lo son, porque en la naturaleza resulta muy difícil encontrar rasgos sólidos horizontales. Esta cualidad es de mucho interés cuando se trata de delimitar las áreas sólidas en terrenos pantanosos. Observando con atención los rasgos terrestres, fácilmente se puede constatar la existencia siempre de algún declive, aunque tales rasgos estén sumergidos, mientras sean visibles en la fotografía aérea.

También se distinguen los cuerpos líquidos marinos por

las imágenes del oleaje que registran las fotografías, el cual también puede existir en cuerpos líquidos mediterráneos grandes.

Por lo que se refiere a éstos, es decir, a los cuerpos líquidos que se localizan en el interior de las tierras, ca be decir lo mismo que se ha dicho para el registro de las costas marinas; tales cuerpos se muestran en tonos grises oscuros o en negro; tienen siempre una superficie matemáticamente horizontal, por lo que respecta a lagos y lagunas, y se puede admitir como tal, para los grandes ríos, la pendiente de cuyo curso resulta imperceptible en las fotografías aéreas; y no muestran señales de oleaje los cuerpos de pequeña dimensión, mientras que sí exhiben tales señales los cuerpos líquidos internos grandes.

b) Delimitación de rocas consolidadas y rocas sin consolidar.

La distinción entre rocas consolidadas y rocas sin consolidar, debe seguir a la de separación de agua y tierra, lo que se obtiene fácil y rápidamente mediante la visión tridimensional o de relieve que facilita el uso del estereoscopio para observar las fotografías aéreas, visión tanto más útil para estos análisis cuanto que se obtiene exagerada con respecto al relieve natural o verdadero, ocasionando tal exageración los aumentos de las lentes del estereoscopio que se utiliza. Esta exageración es indispensable sobre todo en te-

rrenos de bajo relieve, en donde por efecto de la erosión, pueden encontrarse a un mismo nivel tanto las rocas consolidadas como las sin consolidar, como puede ocurrir en las peni^llanuras, en cuyo caso, cualquier accidente del relieve puede facilitar el dato solicitado.

En esta tarea distintiva, las rocas consolidadas se suelen mostrar siempre con relieve, porque su consolidación las hace resistir el efecto de la gravedad y de la erosión en mayor o menor grado. Sus rasgos suelen ser abruptos, por efecto de la erosión misma y, a causa de ella, muestran igualmente la huella, bien de corrientes fluviales permanentes o temporales, o bien de simples vaguadas o talwegs, que es el caso más frecuente.

Las rocas sin consolidar y, precisamente, a causa de esa falta de consolidación, permanecen o yacen, mejor dicho, depositadas por gravedad, como mantos horizontales, con sus granos sueltos o ligeramente conectados entre sí.

Como consecuencia de ello, las rocas consolidadas constituyen las formas sobresalientes o positivas del paisaje, mientras que las sin consolidar integran las negativas, formadas por rellenos de las concavidades que la erosión -de la clase que sea- deja entre las formas positivas.

Las rocas consolidadas sufren el efecto de procesos destructivos, mientras que las sin consolidar, se encuentran bajo los efectos de procesos constructivos, o dicho de otro mo

do, las primeras son degradadas, mientras que las segundas son agradadas por los correspondientes agentes.

c) Identificación de las rocas sedimentarias consolidadas.

En la perspectiva vertical que presenta una fotografía aérea son esta clase de rocas las más fáciles de registrar, al igual que las rocas ígneas extrusivas.

En efecto, las rocas sedimentarias presentan una serie de rasgos característicos que las identifican por sí mismos, tales como la estratificación, la regularidad con que se presentan, no obstante su infinita diversidad de manifestarse, y los plegamientos, hasta el punto de que resulta posible clasificarlos.

La estratificación de las rocas sedimentarias resulta fácil de identificar, ya estén los estratos plegados o no. Si no están plegados, los diversos estratos superficiales se erosionan según su resistencia a este agente geomorfológico, en configuraciones más o menos redondeadas y concéntricas, de manera que pueden reconocerse como correspondientes a una especie de curvas de nivel, algo así como los cartones que representan estas curvas en los modelos de mapas en relieve.

En las rocas sedimentarias plegadas, sus plegamientos ofrecen una regularidad y continuidad que no se localiza en ningún otro género de rocas, salvo en las sedimentarias algo metamorfizadas. Por su estratificación plegada, más o menos

erosionada, es posible reconocer las estructuras que forman y la secuencia de la estratificación.

Dentro de las rocas sedimentarias, son las calizas las más fáciles de identificar, principalmente las de naturaleza kárstica, por la solución del carbonato cálcico que da lugar a dolinas, uvalas y poljés, "sumideros" o "resumideros", como se les llama en México.

Siguen a las calizas las lutitas, principalmente por la fina textura de drenaje a que dan lugar y, finalmente, las areniscas.

Las rocas sedimentarias cuando se erosionan estando plegadas dan lugar a una serie de rasgos geomorfológicos inconfundibles, como son las llamadas "planchuelas" o "flatirons", "hog-backs" de los autores norteamericanos, por cuyo buzamiento se puede perfectamente identificar la estructura de que se trate.

En ocasiones favorables, se puede seguir un estrato, cuando su diferencia resistencia a la erosión con relación a los otros estratos vecinos lo evidencia, por distancias considerables de muchos kilómetros, o cuando su composición, lo hace más detectable, o menos, a través de su imagen fotográfica aérea, por la luz que refleja hacia la cámara.

El hecho de que la superficie terrestre se encuentre cubierta por vegetación más o menos densa, e incluso por vegetación correspondiente a selvas tropicales lluviosas, no im-

pida la identificación de los rasgos correspondientes a las rocas sedimentarias, estén o no plegadas, y en mucho menor grado a las primeras, pues la cubierta vegetal actúa sobre dichos rasgos efectivamente como una cubierta solamente, de unas cuantas decenas de metros a lo sumo, que no altera para nada la contextura subyacente del terreno, en la mayoría de los casos con desniveles mucho mayores. Para el caso puede compararse la vegetación como un guante en una mano, que aunque la recubra no oculta nada de ella, pudiéndose distinguir los dedos enguantados como si no lo estuvieran, del mismo modo que se pueden identificar los estratos de rocas sedimentarias cubiertos por la vegetación como si estuvieran al descubierto.

Es, precisamente, en estas áreas boscosas, como en las pantanosas, donde está más obligado el uso de las fotografías aéreas y del método geomorfológico para el análisis de los rasgos terrestres superficiales, toda vez que el manto vegetal o la lámina de agua ocultan a estos rasgos o, al menos los enmascaran lo suficientemente como para que el trabajo realizado en el propio campo encuentre el máximo de dificultades, tanto para la observación directa como para el transporte en tales áreas. En estos casos las fotografías aéreas facilitan el único medio utilizable para la exploración fotogeográfica, ya que convierten en accesibles todos los puntos registrados en ellas, sin la menor dificultad para el trasla-

do de un lugar a otro y, por otra parte, ofrecen la perspectiva óptima, es decir, la visión del paisaje desde arriba, que es desde el único ángulo desde donde se le puede ver sin más estorbos que los indispensables, y gozando del amplio campo que la fotografía aérea ofrece. Finalmente, la exageración del relieve que brindan los aumentos de las lentes del estereoscopio, ayuda extraordinariamente al registro de las menores irregularidades del relieve, que constituyen datos de gran importancia en áreas planas o de escaso relieve.

Conviene señalar aquí estas circunstancias, para deshacer el falso concepto de que la vegetación impide o dificulta el análisis de los rasgos superficiales terrestres cuando el estudio se verifica por medio de fotografías aéreas.

CAPITULO VI

METODO GEOMORFOLOGICO PROFUNDO O INDIRECTO.

Así como el método geomorfológico superficial o directo se asemeja a la "identificación", en el proceso general del análisis de las fotografías aéreas, el método profundo o indirecto equivale a la "interpretación", en dicho proceso.

Aquí, el análisis no se verifica ya sobre bases superficiales, ni directamente, sino partiendo de raíces profundas y de inferencias indirectas. Muchos de los datos que sirven de fundamento al análisis "no se ven físicamente" a través del estereoscopio, sino a través de razonamientos lógicos más o menos complejos. El método geomorfológico indirecto o profundo se nutre, pues, de informaciones cuya fuente hay que buscarla oculta bajo la superficie terrestre, y que es solo accesible a la vista intelectual del analista, fortalecida por una larga experiencia y unos extensos y sólidos conocimientos, principalmente en geomorfología y en geología.

Pues, así como el método superficial o directo es esencialmente fisiográfico, puesto que tiene por cometido la "identificación" de los rasgos geográficos físicos que integran la superficie terrestre, los cuales se muestran al observador en el estado de evolución en que se encuentren en el momento de ser reproducidos por la fotografía aérea, el método indirecto o profundo es fundamentalmente geomorfológico, puesto que trata, no ya solo de "identificar" el rasgo fisiográfico en la etapa evolutiva en que se halle en el momento presente, sino de analizar toda su evolución anterior, así como de fijar su

génesis, si ello es posible, metas que sólo se alcanzan mediante la "interpretación" de los datos previamente "identificados", por el análisis profundo de los mismos. En tal sentido, bien puede afirmarse que el método es profundo e indirecto, no solamente porque el proceso lógico del método exige profundidad intelectual, sin la cual resulta imposible que el éxito corone la labor interpretativa, sino también porque se trata de analizar fenómenos y rasgos cuyas raíces hay que buscarlas bajo la superficie terrestre, unas veces cerca de ella, pero otras profundamente enterradas en el substratum de la misma.

Como el campo de la Geomorfología propiamente dicha, se suele representar localizado en el sector mn que se superponen los campos de la Geografía y de la Geología, ocupando precisamente el ámbito común a ambas ciencias, gráficamente se puede registrar este fenómeno por medio de dos círculos que se cortan, correspondiendo uno de ellos a la Geografía, principalmente física, y el otro a la Geología, con el sector común correspondiendo a la Geomorfología. (Fig. 1). Pues bien, en relación con el método geomorfológico, de estos dos círculos, el de la Geografía física constituiría el campo propio del método geomorfológico superficial o directo, y el de la Geología, el del profundo o indirecto.

La razón de esta vecindad, y en parte importante, coexistencia de la Geografía y de la Geología, reside en las estre-

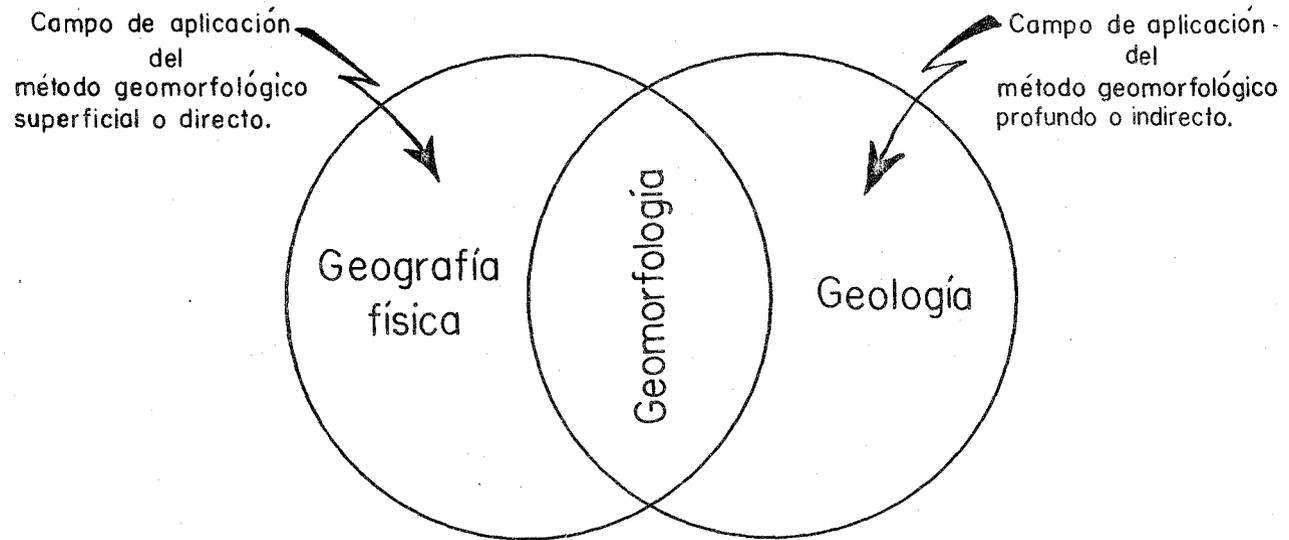


Fig. 1

chas relaciones existentes entre ambas ciencias, que bien pueden considerarse como las correspondientes a dos ámbitos que se conectan, precisamente, en la superficie terrestre, la cual es campo común de ambas, con la sola diferencia de que, mientras el de la Geografía se extiende sobre dicha superficie hacia arriba -aguas marinas y terrestres, atmósfera- el de la Geología se prolonga hacia abajo, subterráneamente, a través de las estructuras rocosas sub-superficiales, hasta donde puede penetrar el conocimiento humano.

a) Interpretación de las antiguas líneas de costa y de sus diversos accidentes.

Del mismo modo que en las fotografías aéreas es dable identificar las actuales líneas de costa, también es factible que, en gran número de casos, aunque no siempre, se pueden interpretar los rasgos correspondientes a las costas antiguas, a través de vestigios que atestiguan, bien el retroceso o regresión, o bien el avance o transgresión sobre las tierras de las aguas marinas.

El caso de regresión marina es de fácil registro en las fotografías aéreas, pues las diversas etapas o fases de esta regresión quedan distintamente impresas sobre el terreno, marcándose perfectamente las antiguas líneas de costa, las cuales pueden estudiarse cómodamente en las fotografías aéreas. En ocasiones, la evolución de la línea de costa puede analizarse desde grandes distancias tierra adentro y en lapsos co

rrespondientes a largos períodos de tiempo. Un antiguo arrecife coralino, netamente registrado en la fotografía, puede marcar el trazo de una antigua línea costera, muy lejos de la actual, dentro de tierra.

Las transgresiones son de más difícil interpretación, al menos por lo que respecta a la evolución o sucesivo desarrollo de la transgresión, ya que no quedan en la costa huellas de la misma, sumergidas bajo las aguas. Indirectamente puede, no obstante, establecerse la transgresión marina por la configuración especial de esta clase de líneas de costa, caracterizadas por profundas bahías, correspondientes a hondos valles submarinos, así como por la ausencia de todo rasgo de regresión.

Tanto en las líneas de costa estables o equilibradas, como en las de regresión o de transgresión marinas, resulta fácil registrar en las fotografías aéreas las partes sumergidas del litoral cercanas a tierra, con la posibilidad de determinar el declive de estas áreas hundidas, hasta la profundidad que pueda alcanzarse con la visión tridimensional, dependiendo principalmente de la diafania del medio acuoso. Esta posibilidad resulta de gran valor cuando se analizan partes sumergidas de deltas, porque permite observar el crecimiento de estos rasgos, así como su pasada evolución, lo que faculta para predecir su futuro desarrollo, si persisten las mismas condiciones que presidieron su formación hasta el momento presen

te.

Igualmente muestran las fotografías la geomorfología de los diversos accidentes litorales, como barras y espolones de arena (Figs. 2, 3 y 4), y otros rasgos artificiales debidos a la industria humana (Fig. 5).

b) Interpretación de rasgos correspondientes a rocas sin consolidar.

Los depósitos constituidos por las rocas sin consolidar, van gradualmente desde los aluviales, o depósitos transportados, hasta los eluviales, o depositados "in situ", entre los cuales quedan incluidos los de piedemonte, o depósitos de ta lud.

Los aluviones se localizan principalmente en los cursos bajos de los grandes ríos, allí donde éstos han perdido su fuerza, tanto por falta de gradiente suficiente, como por ex ceso de carga de materiales suspendidos en sus aguas, o por ambas causas, como es lo más frecuente. En estos depósitos es posible establecer, mediante el uso del método geomorfológico profundo con fotografías aéreas, la evolución que han sufrido, desde los más jóvenes, depositados en el canal actual del río, hasta los correspondientes a antiguas llanuras aluviales, pa sando por la actual llanura de inundación de la corriente con siderada.

En estos depósitos de aluvión que se localizan en los cau ces actuales y pasados de las corrientes fluviales se pueden

analizar las divagaciones de éstas en épocas pasadas, estudiándose sus antiguos canales, meandros fósiles y cicatrices de meandros, hasta exhumar su antiguo trazado. A veces, todos estos rasgos fluviales se entrecruzan de modo inextricable en el terreno, y así se reflejan por sus imágenes en las fotografías aéreas, pero observándolos atentamente a la luz de la mecánica fluvial, pueden restaurarse los antiguos cursos. De este modo es posible registrar las variaciones de los cauces fluviales, desde los más antiguos a los más modernos, y hasta predecir sus próximas modificaciones, considerando los meandros ya en trance de ser cortados y de convertirse en fósiles en un futuro más o menos lejano.

Esta restauración de los antiguos cauces de las corrientes fluviales reviste particular importancia cuando se analizan sus deltas, puesto que faculta para estudiar el desarrollo de los mismos en términos muy precisos, con sus tendencias actuales, de gran valor cuando se trata de la planeación de puertos o de otras obras de ingeniería marina. El relativo grado de consolidación de estos depósitos, desde los menos a los más consolidados, permite también establecer la edad relativa de los mismos.

Los depósitos eluviales, de piedemonte o de talud, que se mantienen como derrubios al pie de las áreas rocosas de donde se han desprendido, sin otro transporte que el ocasionado por la gravedad, originan pendientes suaves, hasta el

grado en que dicha fuerza de la gravedad lo permite. Forman estos depósitos, entre otros rasgos, conos o abanicos, en parte eluviales y en parte aluviales, porque constituyen zonas de contacto entre el eluvium y el aluvium, correspondiendo al primero las partes superiores y más reducidas del abanico, y al segundo las partes inferiores y más extensas del mismo, las cuales se confunden ya con la llanura aluvial. Las corrientes fluviales de estos rasgos son también típicas, como ya quedó apuntado oportunamente.

Entre las rocas sin consolidar deben ser consideradas las terrazas fluviales, correspondientes a antiguas llanuras de aluvión. Estas terrazas recortadas sucesivamente en diferentes ciclos de erosión suelen escalonarse, formando en ocasiones hasta seis, ocho y más niveles. Estos diferentes niveles pueden correlacionarse o no, a los dos lados del río que en su evolución los ha ido cortando.

La localización de estos rasgos de rocas sin consolidar, llanuras aluviales y terrazas fluviales, no es preciso que se verifique en los cursos inferiores de los ríos, pues no hay corriente fluvial, por poca importancia que tenga, ni llanura aluvial intermontana, que carezca de ellos. A estos efectos, tienen igual valor los cursos altos, medios y bajos de los ríos, aunque sea en estos últimos sectores donde tales rasgos alcancen su máximo desarrollo.

Las dunas, como depósitos sin consolidar, son perfecta-

mente registables en las fotografías aéreas bajo el estereoscopio, pudiéndose determinar claramente sus formas específicas, secuencia, sentido de su movimiento e importancia (Figs. 6, 7, 8, 9 y 10).

c) Interpretación de rasgos correspondientes a rocas consolidadas.

En el análisis geomorfológico mediante fotografías aéreas aplicado a las rocas consolidadas conviene distinguir, primero, entre rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, y después, en cada una de ellas, sus texturas litológicas, sus secuencias estratigráficas, y sus estructuras.

Tratándose de rocas sedimentarias, el método profundo o indirecto en donde rinde máximos frutos, pues resulta posible analizar, cuando las circunstancias son propicias, estrato por estrato, hasta donde lo permite la escala de la fotografía aérea. Para ello es necesario acudir a todo género de inferencias, tanto de naturaleza estratigráfica, como estructural o tectónica, con ayuda de las cuales se pueden registrar los diversos horizontes.

Del mismo modo se puede establecer el buzamiento de dichas capas, bien por simple evaluación, con aproximación muy aceptable, o bien mediante instrumentos, que pueden ser fotogramétricos complicados o tan sencillos como el "pendómetro", que permite computar directamente la inclinación de las superficies topográficas o estructurales, convirtiendo los valores

observados en reales, habida cuenta de los aumentos de las lentes del estereoscopio, que exageran como ya se ha dicho la escala vertical.

El estudio del drenaje y de las formas erosionales que el mismo origina, constituyen la mejor guía para analizar, tanto la litología como la estructura de las rocas sedimentarias consolidadas, según se dijo antes. El análisis geomorfológico profundo permite percibir, debajo de este drenaje, la constitución litológica de las rocas, las estructuras que forman, y el grado de desarrollo de las formas terrestres que modelan (Figs. 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23). Las reglas generales a que estos acomodamientos están sometidos tienen sus anomalías o irregularidades geomorfológicas, las que a su vez constituyen claves para la interpretación de las formas terrestres y los procesos modificativos que sufren en el transcurso de su desarrollo (Figs. 24, 25 y 26).

A falta de otros caracteres más distintivos, las rocas sedimentarias se distinguen por constituir estructuras que las tipifican perfectamente en las fotografías aéreas, como anticlinales, sinclinales, monoclinales, etc. Y, hasta cuando la erosión ha nivelado la superficie haciendo desaparecer a la vista del observador y, en apariencia, estas estructuras, recubriéndolas de materiales de acarreo, es posible registrar estas rocas mediante la interpretación de rasgos que solo constituyen indicios de las mismas, pero que son sufi-

cientes para inferir de ellos su existencia, mediante el empleo del método geomorfológico profundo.

Para un observador experimentado resulta fácil el registro de los principales grupos de rocas sedimentarias, principalmente las calizas, sobre todo las de tipo kárstico, por la inconfundible manera que tienen de exhibirse en las fotografías aéreas, como se indicó (Figs. 27, 28, 29 y 30); las lutitas, por sus formas suaves redondeadas y su drenaje fino y denso; y las areniscas, por su forma de erosionarse, que no corresponde a ninguno de los dos anteriores grupos.

Entre las rocas ígneas, las extrusivas son las más típicas, pues pocos rasgos son tan evidentes sobre la superficie terrestre como los edificios volcánicos, identificables hasta cuando están casi destruidos o, eliminados por completo, por su asociación con otros rasgos todavía reconocibles, especialmente derrames de lavas, cuyo análisis permite la localización del cráter desaparecido, o del viento por donde surgieron a la superficie. Igualmente es determinable la secuencia relativa de estos flujos de lava. Cuando son antiguos y han sido erosionados fuertemente, estos derrames ofrecen a los ojos del observador una especie de falsa estratificación, denominada seudoestratificación, y que es relativamente fácil de distinguir por su falta de sistema, que no admite configuración estructural alguna. Esta seudoestratificación se caracteriza por estar indentada en sus bordes, correspondientes a

las rupturas de pendiente topográfica, contrariamente a la línea superficial terminal que presentan las sedimentarias (Figs. 31, 32, 33 y 34).

Las rocas ígneas intrusivas se caracterizan por su forma maciza de presentarse, sin muestra alguna de estratificación propiamente dicha, con relieves redondeados. Entre ellas, los diques que afloran son rápidamente localizables por su relieve positivo o negativo, según estén constituidos por rocas más duras o más blandas que las de las rocas encajantes. Las láminas ígneas interestratificadas o "sills" se diferencian de las sedimentarias que intrusieron por su resistencia a la erosión a causa de su mayor dureza (Fig. 35).

Por lo que respecta a las rocas metamórficas, son las que exigen el empleo del método geomorfológico profundo con mayor atención, pues por reunir rasgos de rocas sedimentarias y de rocas ígneas son las más difíciles de registrar, dependiendo la dificultad del grado de metamorfización que alcancen. Para su interpretación, ya que la identificación resulta muchas veces imposible como se ha indicado se necesita verdadera habilidad y una gran experiencia por parte del intérprete, pues cuando la metamorfización no es profunda presentan todos los caracteres de las sedimentarias, y cuando aquélla es avanzada ofrecen los de las ígneas.

d) Interpretación de los rasgos glaciáricos.

De los rasgos glaciáricos, los más típicos y evidentes

son los constituidos por los glaciares mismos. Su registro no ofrece dificultad alguna, pudiéndoselos seguir en toda su longitud, y reconocer en ellos las morrenas centrales y laterales, así como las terminales.

Por el análisis de los valles glaciáricos, labor que resulta perfectamente asequible en las fotografías aéreas estereoscópicas que ponen en completa evidencia el perfil del valle, se puede reconstruir el proceso de retroceso del glaciar, cuando exista tal fenómeno, a veces, a lo largo de grandes distancias, así como localizar las morrenas terminales y establecer el origen glaciárico de muchos lagos y lagunas, y la naturaleza igualmente glaciárica de grandes bloques rocosos erráticos, etc., etc.

Las huellas dejadas sobre las rocas por los glaciares extinguidos, con sus características estriaciones, son rasgos perfectamente detectables en las fotografías aéreas, distinguiéndose éstas áreas perfectamente (Figs. 36 y 37).

e) Interpretación de rasgos tectónicos.

El método geomorfológico profundo constituye el mejor medio de localizar en las fotografías aéreas estereoscópicas los rasgos tectónicos, inclusive con extraordinaria ventaja sobre los métodos convencionales de campo. Se debe esto a que en las fotografías aéreas es posible localizar rasgos de este tipo que son imposibles de observar sobre el propio terreno.

En efecto, estos rasgos son a veces de tal magnitud que escapan a la observación directa humana más atenta, resultan de inútiles todos los esfuerzos que sobre el mismo campo se hagan para registrarlos, mientras que en la fotografía aérea, gracias al extenso campo que cubre, por grande que sea la escala, y a la perspectiva vertical que presenta, se hace posible, no solo localizar cualquier fractura o falla, sino localizarlas todas o en su inmensa mayoría, siempre que se reflejen directa o indirectamente, a través de otros rasgos concomitantes, en la superficie.

Esta facultad de poderse registrar toda esta clase de rasgos, desde simples diaclasas a grandes fallas, hace que puedan registrar también los sistemas en que estas fracturaciones están agrupadas, utilizándose métodos estadísticos para fijar su intensidad y orientación, lo que permite llegar a conclusiones sumamente importantes, respecto a la procedencia e intensidad de las fuerzas que han afectado a las rocas.

El registro de estos valiosos datos permite delimitar también, y esto es muy importante, los diversos cuerpos de rocas, mediante el análisis de tales sistemas de fracturación, ya que cada grupo tiene su peculiar forma de fracturarse, aun que los esfuerzos procedan de un mismo punto y afecten a varios de dichos grupos rocosos al mismo tiempo, toda vez que, cabe distinguir además los que sufrieron individualmente durante su constitución o posteriormente, lo que sirve para dis

tinguirlos de los demás. Estos registros se verifican por medio de instrumentos muy sensibles, pero de simple manejo, que se encuentran todavía en experimentación para su conversión en aparatos automáticos.

El método geomorfológico profundo es de máxima utilidad porque permite analizar los alineamientos que presentan las fotografías aéreas y registrar o no en ellos su naturaleza verdadera, estableciendo su origen tectónico cuando sea éste el que genere el alineamiento (Figs. 38, 39, 40 y 41).

Este registro de los datos tectónicos en las fotografías aéreas mediante el empleo del método geomorfológico indirecto o profundo se basa principalmente en el análisis del drenaje o, mejor dicho, de los alineamientos del drenaje, por deberse éstos en la inmensa mayoría de los casos al acomodamiento de los cursos de las corrientes fluviales a las fracturas, principalmente fallas, de la parte superficial de la corteza terrestre. Resulta que, al deslizarse la lámina líquida de origen pluvial sobre la superficie terrestre, tiende a acumularse y a escurrir por las líneas de máxima pendiente y a lo largo de rasgos por donde se exija el menor esfuerzo, y estos rasgos son los constituidos por las rupturas de pendiente, más o menos acentuados, que originan las fracturaciones de todo género. Estas fracturaciones ofrecen el mejor camino para el escurrimiento, tanto más cuanto que, al constituirse la corriente fluvial, ésta erosiona tal fractura o falla, profun-

dizando su cauce, hasta el punto de que llega a resultar imposible reconocer tal rasgo, salvo si se emplea para ello el método geomorfológico profundo.

De esta manera, y como ya se ha visto anteriormente, al enunciarse la clasificación genésica y sistemática de las acomodaciones del drenaje, se pueden localizar mediante la interpretación, tanto las estructuras rocosas, que tienen sus privativos sistemas de drenaje, como la litología de las rocas que la forman, por corresponder igualmente a cada clase de éstas un sistema específico de drenaje, los cuales varían, no solamente por su forma, sino también por su densidad, integración, y otros factores, además de la tectónica.

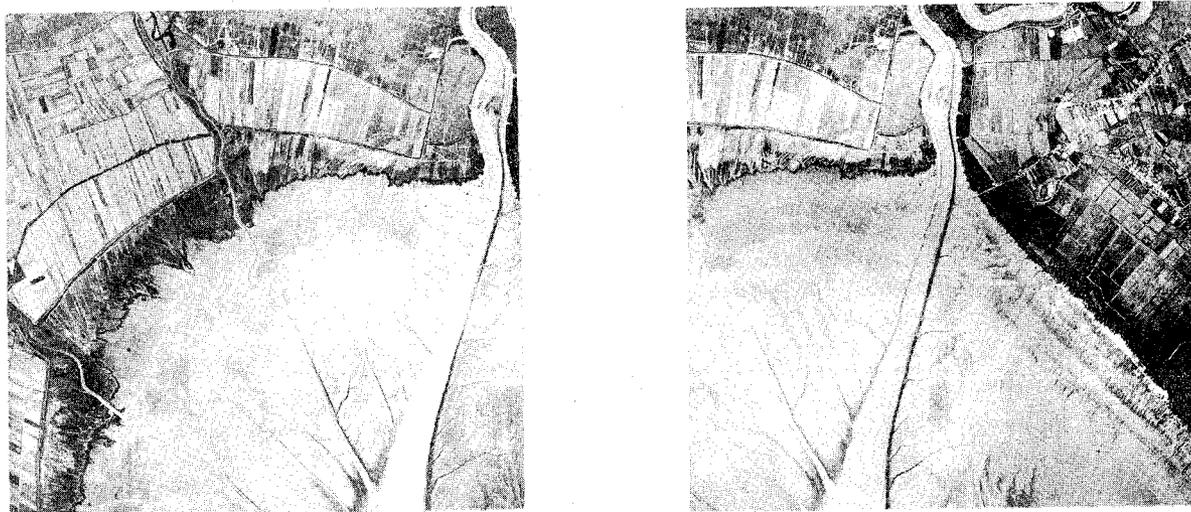


FIG. 2

RELIEVES LITORALES. Zonas de "slikke" y de "schorre". (L'Aiguillon-sur-Mer, Canal de la Sèvre Niortesa, Francia). (Cliché I. G. N.).



FIG. 3

RELIEVES LITORALES. Muestra de regresión marina. Las aguas del mar han retrocedido dando origen a la formación de un área emergida y sometida a cultivo; dicha área se ha formado al amparo de un espolón litoral arenoso que tiende a unirse a la costa. El proceso de regresión ha tenido lugar entre los años 1945 y 1959. (Tour de Cordouan, Pointe de la Coudre, Francia). (Cliché I. G. N.).

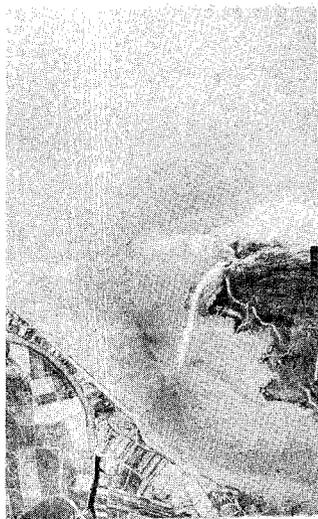


FIG. 4

RELIEVES LITORALES. Obras ejecutadas para la fijación y consolidación de las arenas de un espolón litoral. (L'Aiguillon-sur-Mer, Pointe d'Argay, Francia). (Cliché I. G. N.).

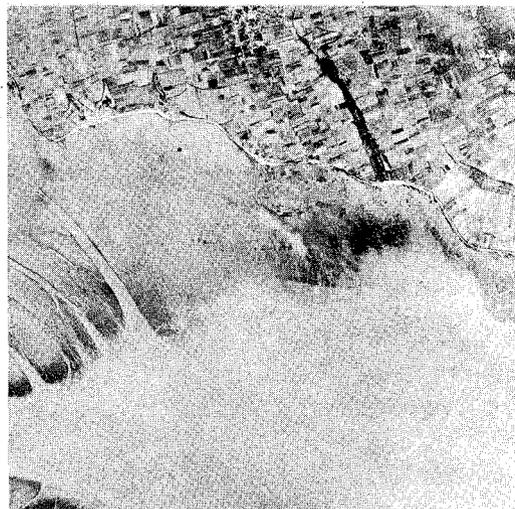
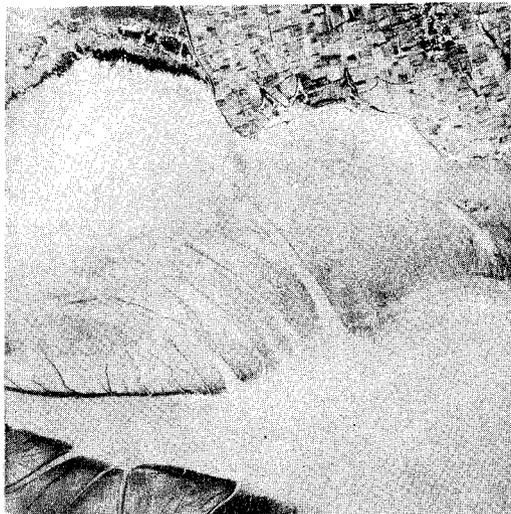


FIG. 5

RELIEVES LITORALES. Vivero de mejillones construído a base de hileras de pilotes sumergidos en los que se verifica la recolección de los mismos. (La Rochelle, Pointe Saint Clément, Francia). (Cliché I. G. N.).

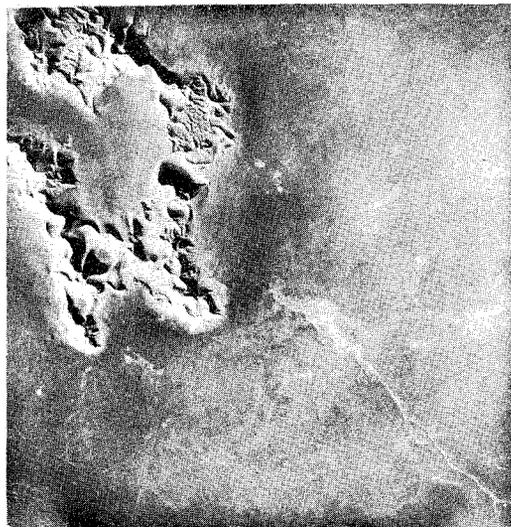
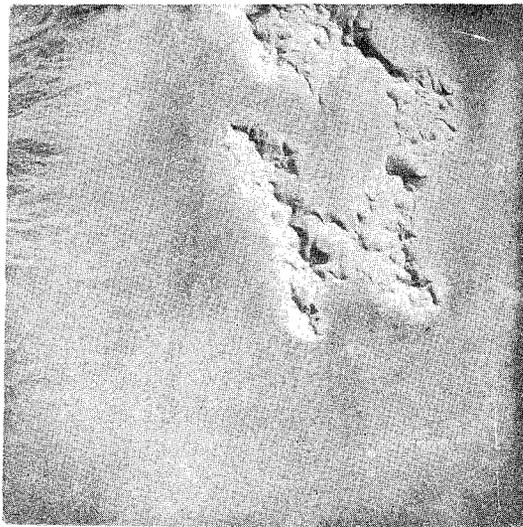


FIG. 6

RELIEVES DE REGIONES ARIDAS Y SEMI-ARIDAS. Duna piramidal o "gurd". (Desierto del Sahara, región de I-n-Ziza, Fort Laperaine). (Cliché I. G. N.).

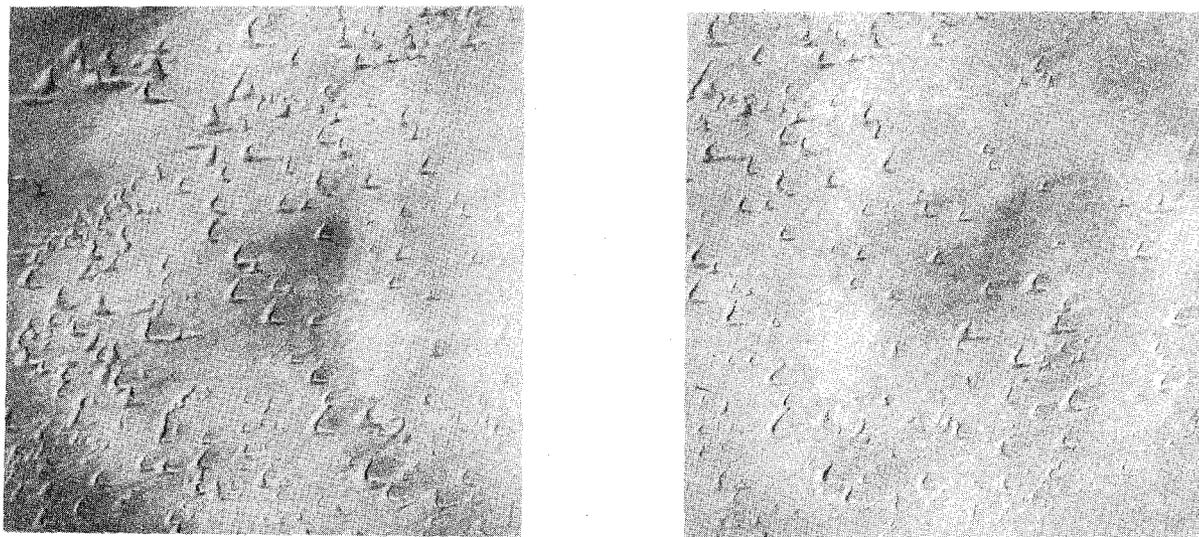


FIG. 7

RELIEVES DE REGIONES ARIDAS Y SEMI-ARIDAS. "Barchanes". (Desierto del Sahara, región Tchad-Tibesti, al sur del Tibesti). (Cliché I. G. N.).

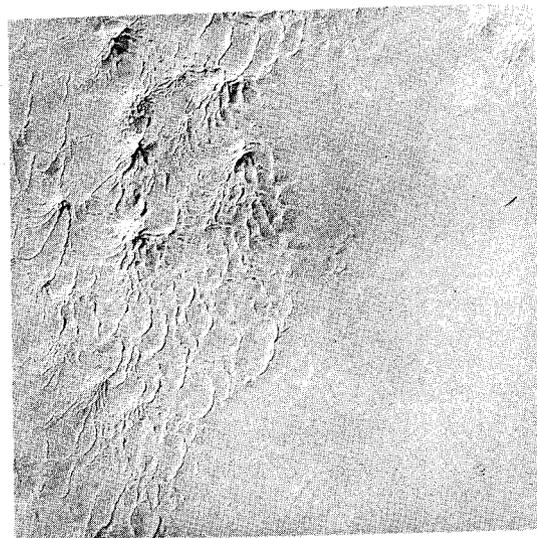
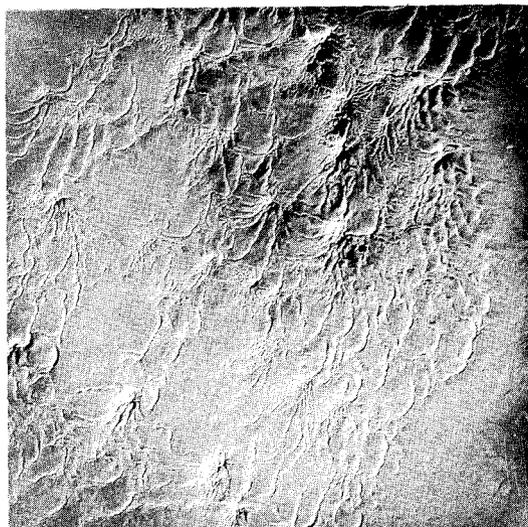


FIG. 8

RELIEVES DE LAS REGIONES ARIDAS Y SEMI-ARIDAS. "Erg" o "Siuf".
(Gran Erg, al sur de Uargla, Argelia). (Cliché I. G. N.).

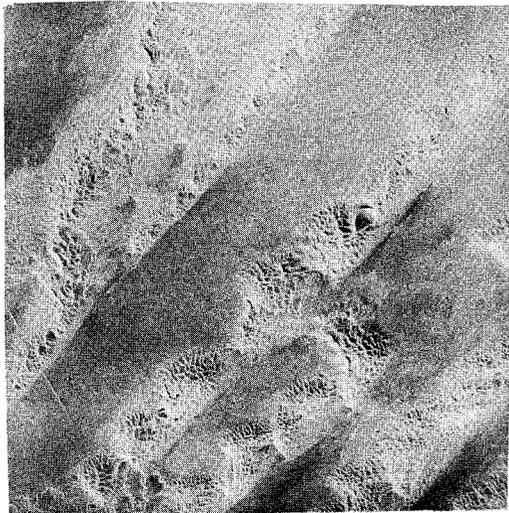


FIG. 9

RELIEVES DE LAS REGIONES ARIDAS Y SEMI-ARIDAS. "Erg" de cadenas orientadas, separadas por "gassis". (Erg Chech, en el Sudan sahariano). (Cliché I. G. N.).

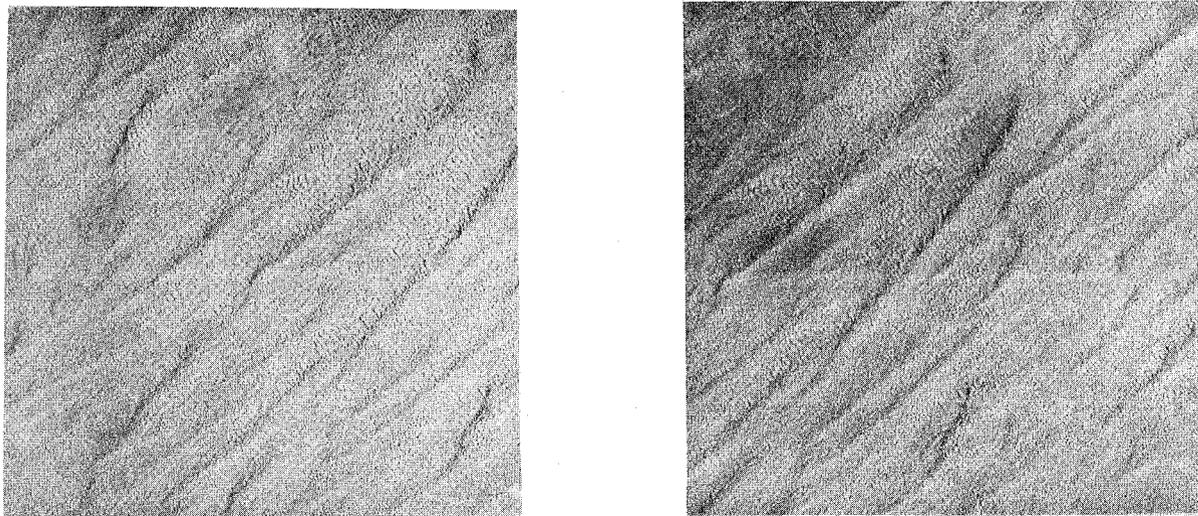


FIG. 10

RELIEVES DE LAS REGIONES ARIDAS Y SEMI-ARIDAS. "Erg" de grandes dunas. (Gran Erg Occidental, desierto del Sahara). (Cliché I. G. N.).

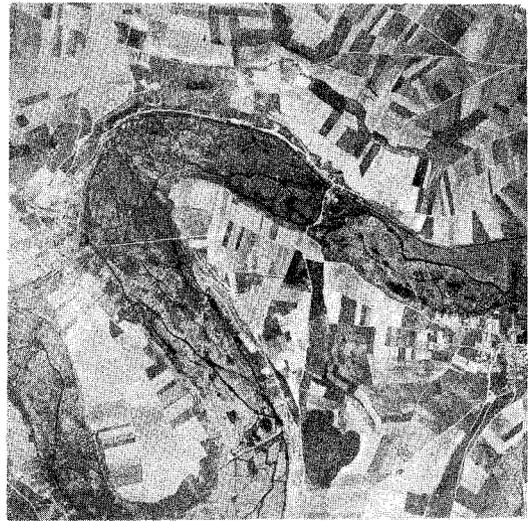


FIG. 11

EVOLUCION DE LOS VALLES. Meandros de un río medio seco, cuyo fondo se encuentra cubierto por canales entrecruzados formando figuras poligonales originadas por turberas. (Río Somme, cerca de Frise, Francia). (Cliché I. G. N.).

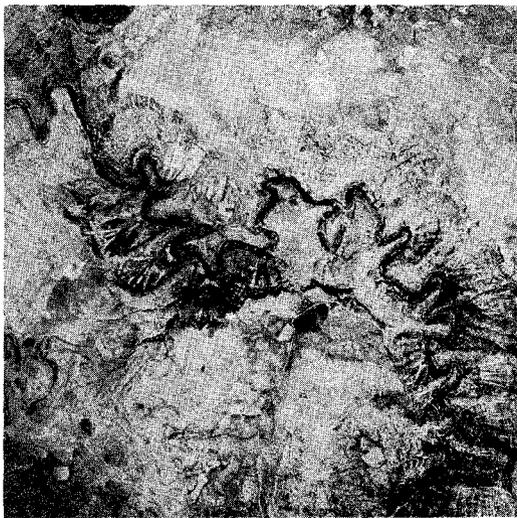


FIG. 12

EVOLUCION DE LOS VALLES. Meseta calcárea, como puede apreciarse por las "dolinas" con fondo cultivado, y río encajado en ella, con un meandro ya fosilizado, y otros en vías de cortarse. (Río Vis, en Navacelle, Francia). (Cliché I. G. N.).

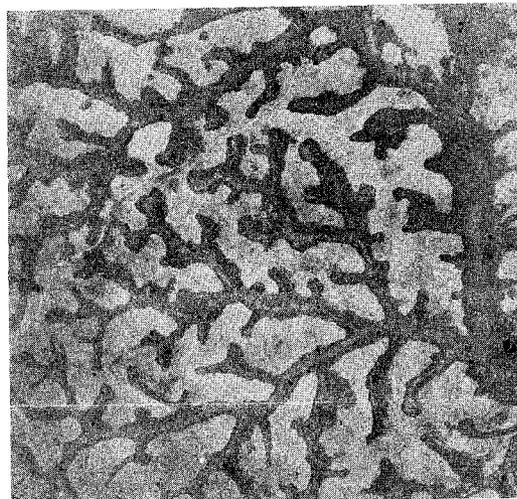
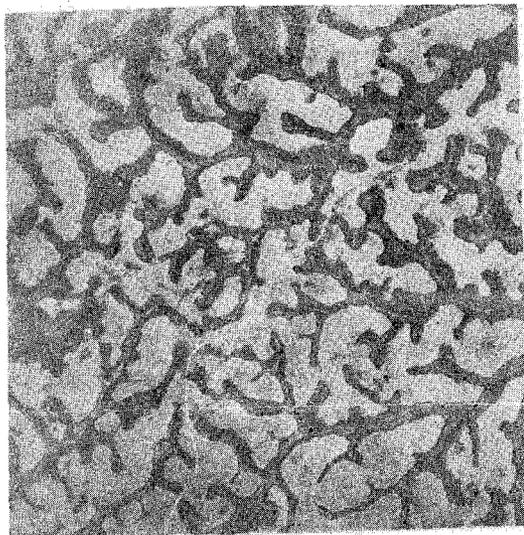


FIG. 13

EVOLUCION DE LOS VALLES. Red fluvial de configuración dendrí
tica o arborescente, con los cauces de las corrientes cubier
tos por bosques-galería. (Nanga-Eboko, cuenca de la Sanaga,
región de Minta, Camerún). (Cliché I. G. N.).

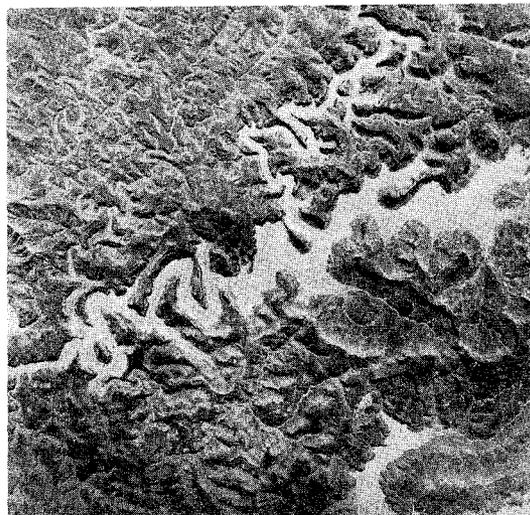


FIG. 14

EVOLUCION DE LOS VALLES. Red fluvial de configuración compleja. (Región de Tchad-Tibesti, al este del macizo Tarsco Emissi, desierto del Sahara). (Cliché I. G. N.).



FIG. 15

EVOLUCION DE LOS VALLES. Red fluvial en suelos lateríticos:
"lavakias". (Sudoeste de Andilamena, isla de Madagascar).
(Cliché I. G. N.).



FIG. 16

RELIEVES TABULARES Y MONOCLINALES. Efectos de la erosión sobre una plataforma estructural simple. (Hoja de Fort Flatters, desierto del Sahara). (Cliché I. G. N.).



FIG. 17

RELIEVES TABULARES Y MONOCLINALES. Estructura de rocas subhorizontales con abundantes fallas y fracturas paralelas, a lo largo de las cuales se acentúa la labor erosional, originadora de varios pisos o escalones rocosos. (Región d'Atar, Mauritania). (Cliché I. G. N.).



FIG. 18

RELIEVES PLEGADOS. Ampla estructura anticlinal, en la que los flancos han sido vaciados hasta un nivel inferior al del terreno circundante, originando un relieve negativo, en este caso invertido, con un solo relieve positivo formado por el núcleo central del anticlinal. Pueden observarse diversas fallas. (Región de Aflu, en el Yebel Zlagh, Argelia). (Cliché I. G. N.).

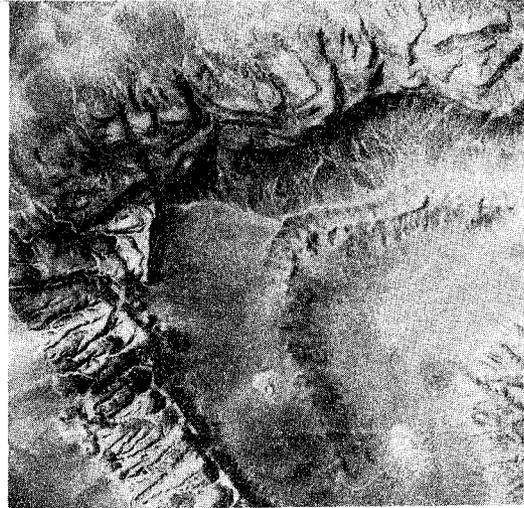
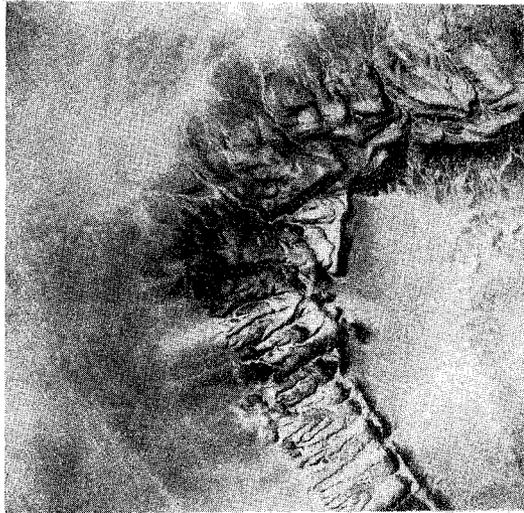


FIG. 19

RELIEVES PLEGADOS. Estructura anticlinal desmantelada en su centro, con solo la parte inferior de los flancos con relieve positivo. Nótese la presencia de un "erg" en su interior erosionado. (Región de Beni-Abbès, a 15 Kms. al oeste de Zemhanra, Argelia). (Cliché I. G. N.).

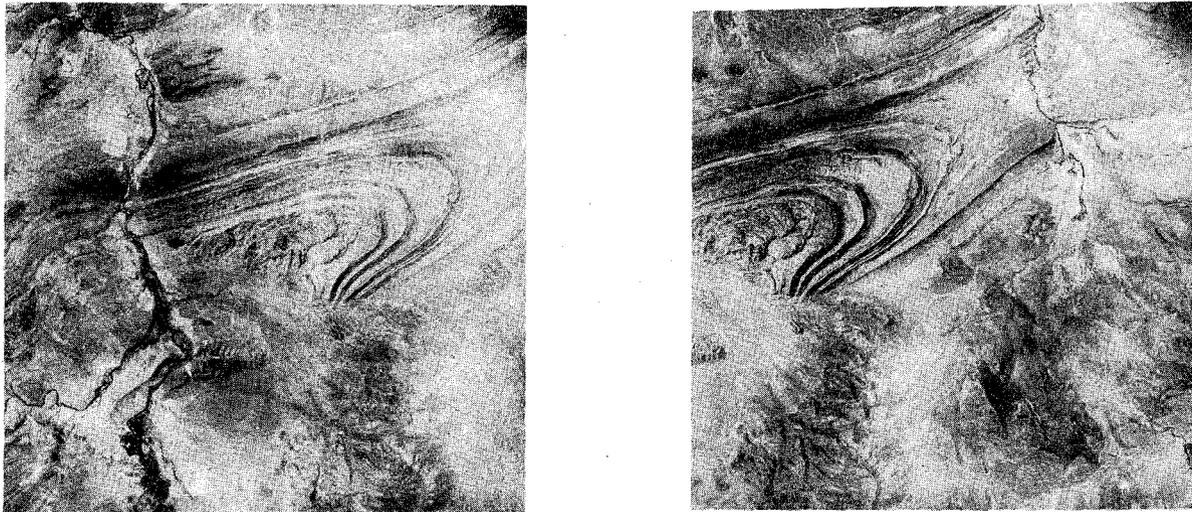


FIG. 20

RELIEVES PLEGADOS. Estructura sinclinal con relieve invertido, es decir, positivo, en vez de negativo. En la parte central derecha del estereograma puede apreciarse una pequeña estructura anticlinal, y otra del mismo tipo en la parte superior, así como la presencia de diversas fallas, con los estratos formando "cuestas" y "hog-backs". (Región de Laghuat, al sur de Kradra, Argelia). (Cliché I. G. N.).

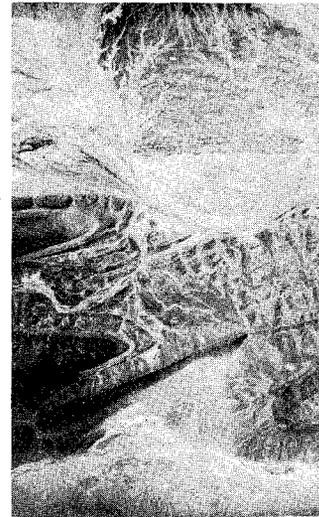
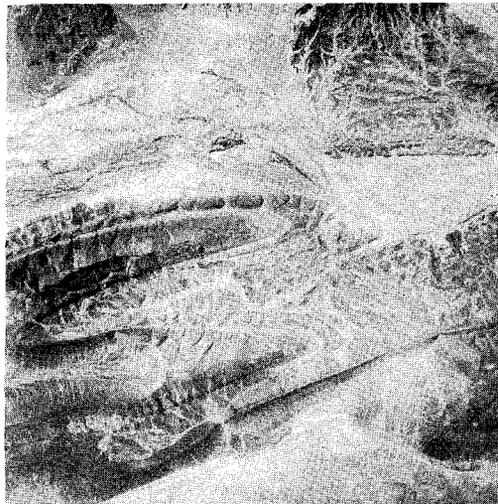
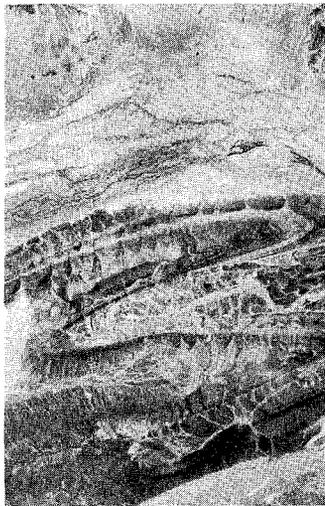


FIG. 21

RELIEVES PLEGADOS. Serie de tres estructuras anticlinales paralelas, con sus correspondientes sinclinales, sin inversión del relieve, salvo en la parte desmantelada de los anticlinales, con algunas notables fallas. (Hoja de Taidalt, Marruecos). (Cliché I. G. N.).

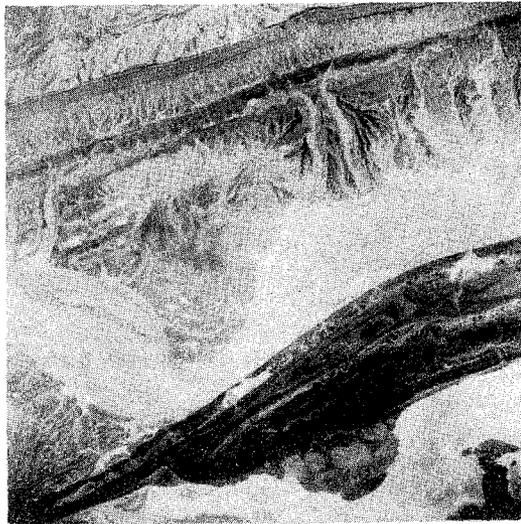


FIG. 22

RELIEVES PLEGADOS. Estructura anticlinal desmantelada y relieve invertido, con solo su núcleo central positivo, mostrando los estratos muy comprimidos y formando varios pliegues secundarios anticlinales y sinclinales. (Región de Megsem el Fernane, en el curso inferior Uad Dráa, Marruecos. (Cliché I. G. N.).

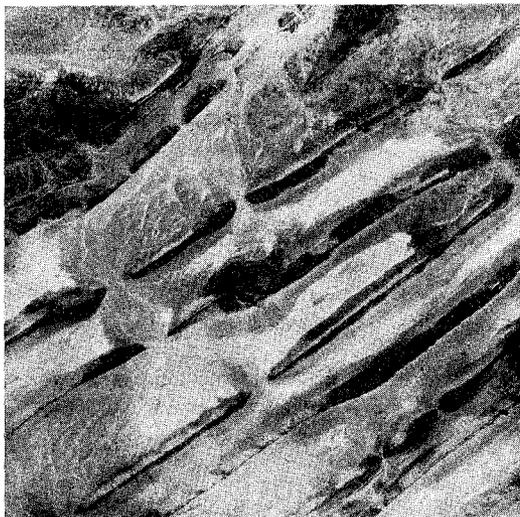


FIG. 23

RELIEVES PLEGADOS (DE TIPO APALACHIANO). Serie de cuatro estructuras anticlinales y sus correspondientes sinclinales, muy comprimidas, con estratos de buzamiento vertical y casi vertical, desmanteladas las primeras y reducidas al mismo nivel topográfico que las segundas, salvo en la parte inferior de los flancos anticlinales. (Hoja Assa, Marruecos). (Cliché I. G. N.).

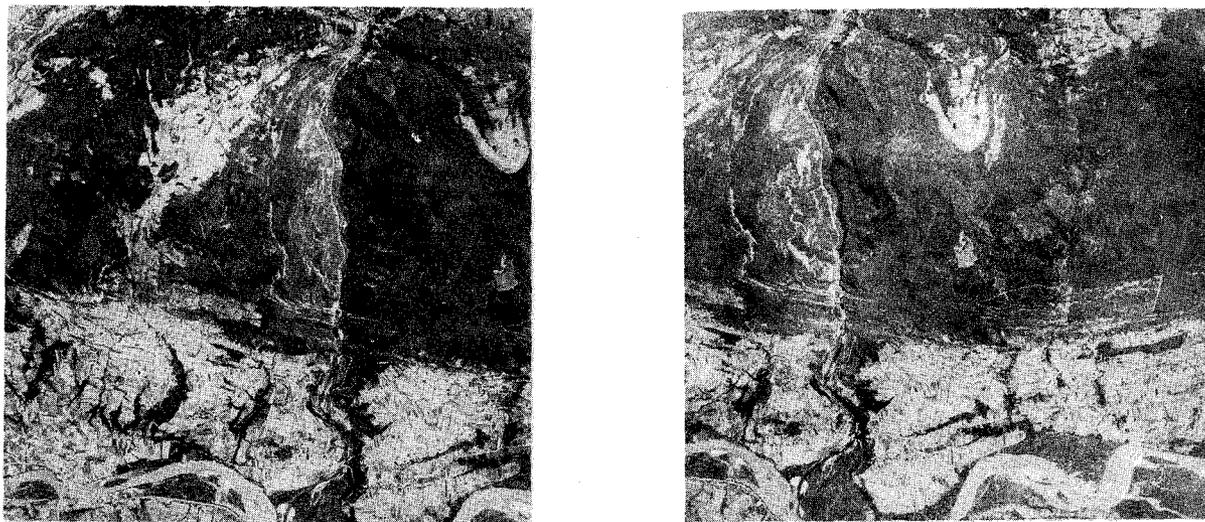


FIG. 24

INADAPTACION DE LA RED HIDROGRAFICA A LA ESTRUCTURA. Río "an
tecedente" cortando una estructura anticlinal, cuyos estratos
y buzamiento pueden observarse perfectamente en el estereogra
ma, fenómeno denominado "cluse" en francés. ("Cluse" del Fier,
St. Julien-Seyssel, Francia). (Cliché I. G. N.).



FIG. 25

INADAPTACION DE LA RED HIDROGRAFICA A LA ESTRUCTURA. Río "superpuesto" sobre un sinclinal de relieve invertido, formando los estratos "cuestas" y "hog-backs". (El Arize cerca del Mas d'Azil, Montrejeau-Mirepoix). (Cliché I. G. N.).

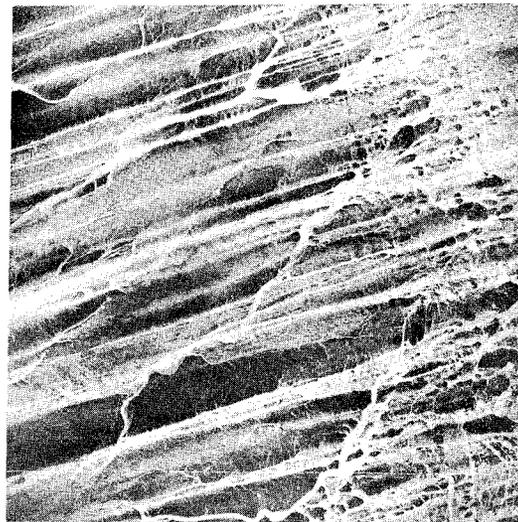
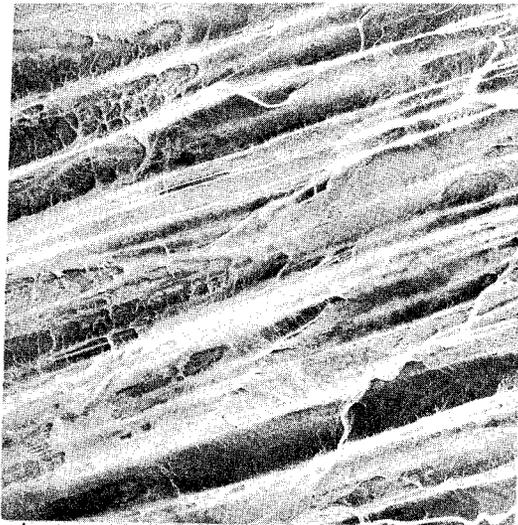


FIG. 26

INADAPTACION DE LA RED HIDROGRAFICA A LA ESTRUCTURA. Varias corrientes fluviales "superpuestas" sobre una meseta de arenisca, pudiéndose observar el suave buzamiento de los estratos. (Tchad, al noroeste del Tibesti, desierto del Sahara). (Cliché I. G. N.).

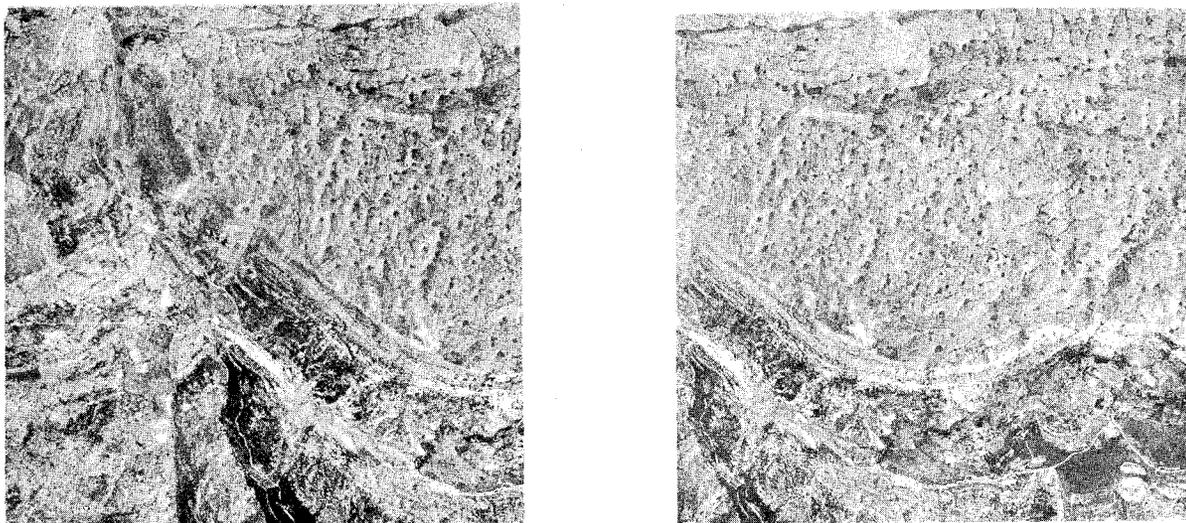


FIG. 27

RELIEVES EN TERRENOS CALCAREOS. Parte de una meseta de caliza con la superficie cubierta por gran número de "dolinas", cuyas alineaciones muestran las líneas de debilidad de la roca. Pueden observarse numerosas fallas y fracturas. (Llanura de Calern, Castellane-Roquesteron, Francia). (Cliché I. G. N.).

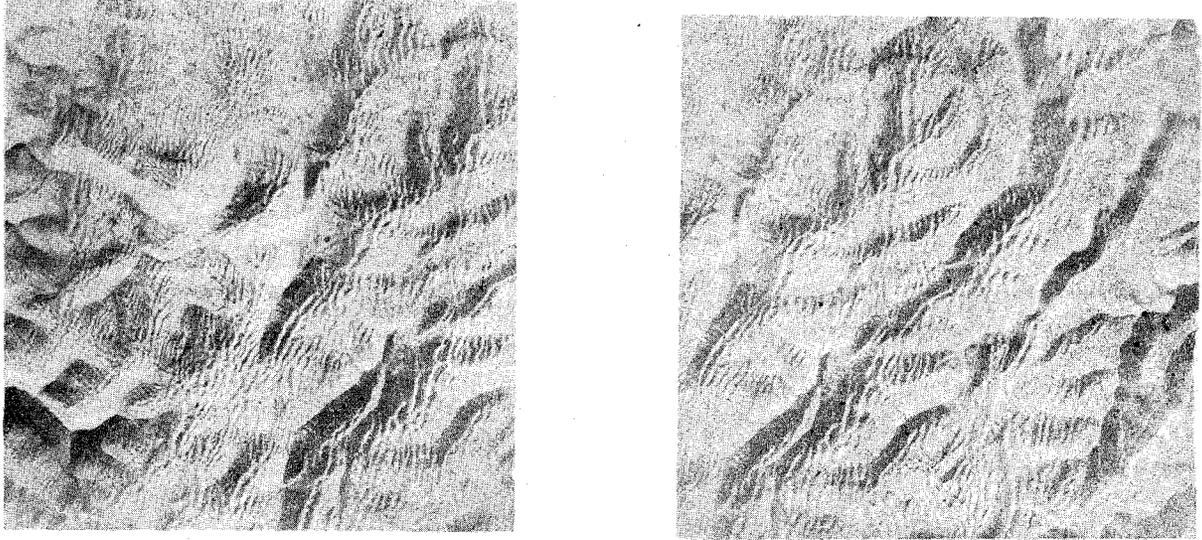


FIG. 28

RELIEVES EN TERRENOS CALCAREOS. Típica erosión de las rocas calizas estratificadas, con notables fallas en las que se advierte claramente su desplazamiento. (Uauizarthe, Alto Atlas, Marruecos). (Cliché I. G. N.).

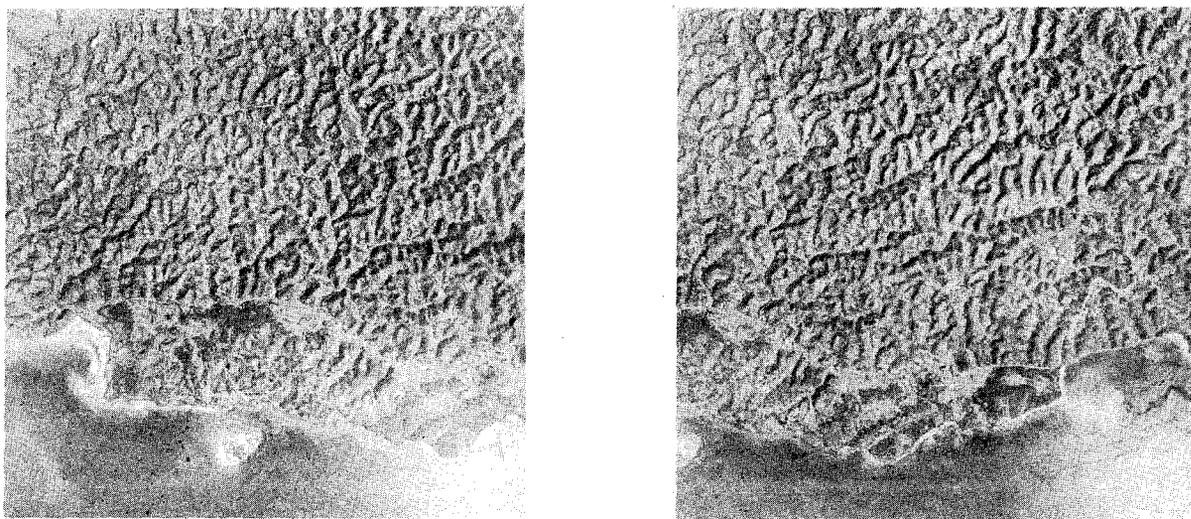


FIG. 29

RELIEVES EN TERRENOS CALCAREOS. Erosión típica de las rocas calizas en climas tropicales lluviosos, con tendencia a la formación de "mogotes". (Alrededores de Poin-a-Pitre, isla de Guadalupe, Antillas Francesas). Cliché I. G. N.).

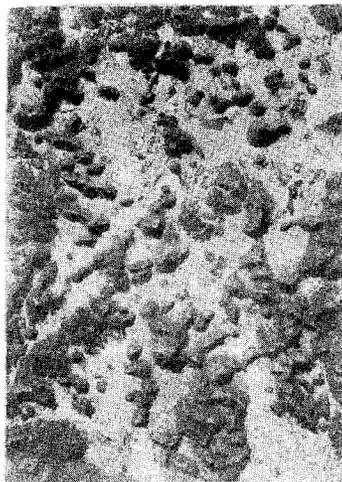


FIG. 30

RELIEVES EN TERRENOS CALCAREOS. Erosión avanzada en calizas bajo clima húmedo, con formación de "mogotes", muchos de ellos ya completamente aislados, y denominados "hums". (Pho-Binh-Gia, al oeste de Lang-Son, Tonkin, Indochina-Vietnam del Norte). (Cliché I. G. N.).

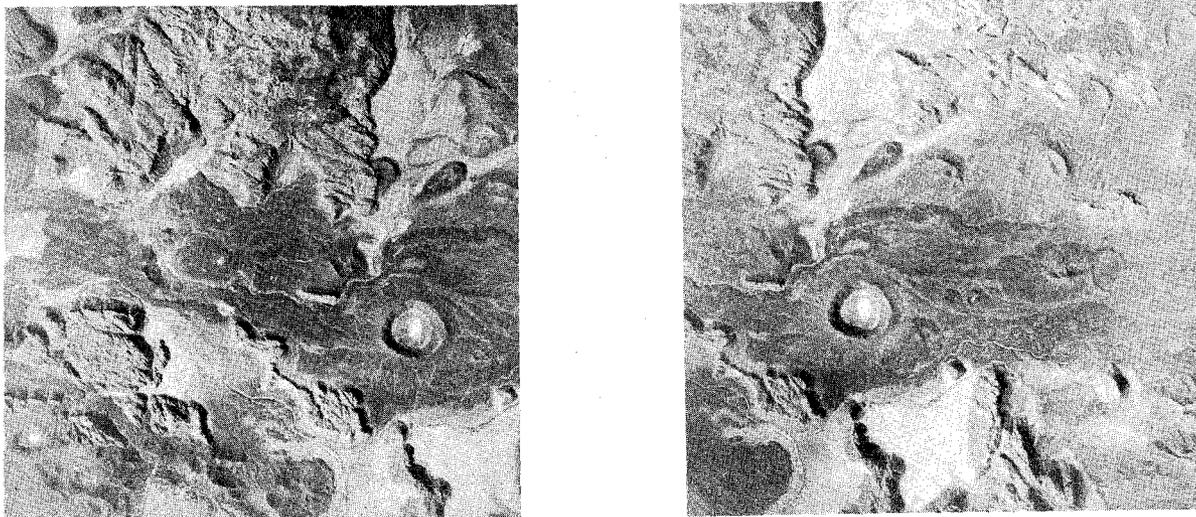


FIG. 31

RELIEVES VOLCANICOS. Cráter de explosión o "caldera", con derrames lávicos, y varios pequeños edificios volcánicos arruinados (A 40 Kms. al noroeste del Pico Tussidé, Tchad-Tibesti, desierto del Sahara). (Cliché I. G. N.).

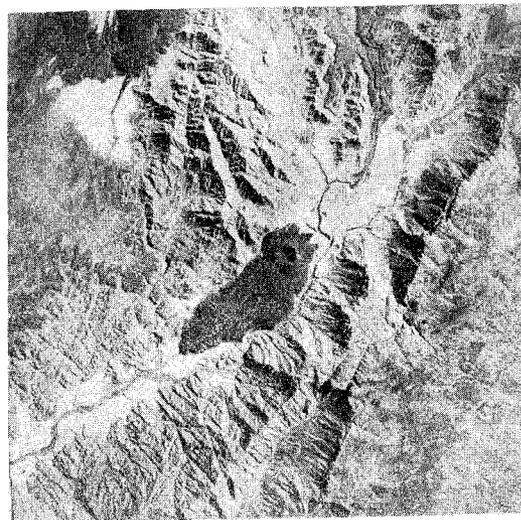


FIG. 32

RELIEVES VOLCANICOS. Cono volcánico y derrame de lava basáltica. Pueden observarse otros derrames de varias clases, incluso basálticos también, recubriéndose unos a otros y mostrando así su secuencia, todos ellos sobre un cuerpo de rocas intensamente afalladas, con dos principales sistemas de fracturación. (A 50 Kms. al norte del Pico Tussidé, Tchad-Tibesti, desierto del Sahara). (Cliché I. G. N.).

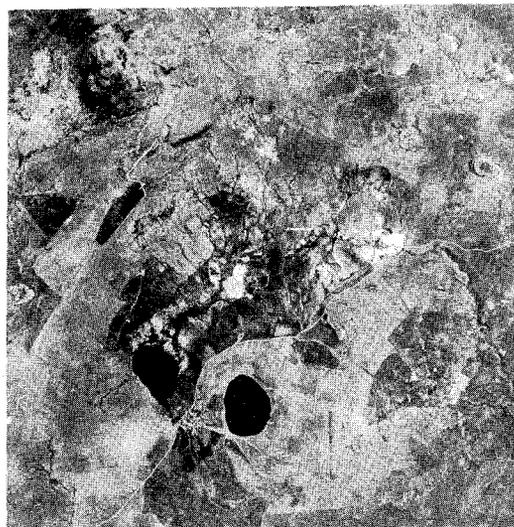


FIG. 33

RELIEVES VOLCANICOS. "Lago-cráter" -llamado así por rellenar el fondo del cráter de un edificio volcánico- y "lago-barreira", formado al quedar obstruido por lavas el aliviadero de un pequeño valle fluvial. (La Godivelle, Besse-Arlac, Francia). (Cliché I. G. N.).



FIG. 34

RELIEVES VOLCÁNICOS. Grupo de varias "calderas" repletas de material de acarreo, y numerosos conos volcánicos en diferentes grados de erosión. (Erg Tihodaine, desierto del Sahara). (Click I. G. N.).

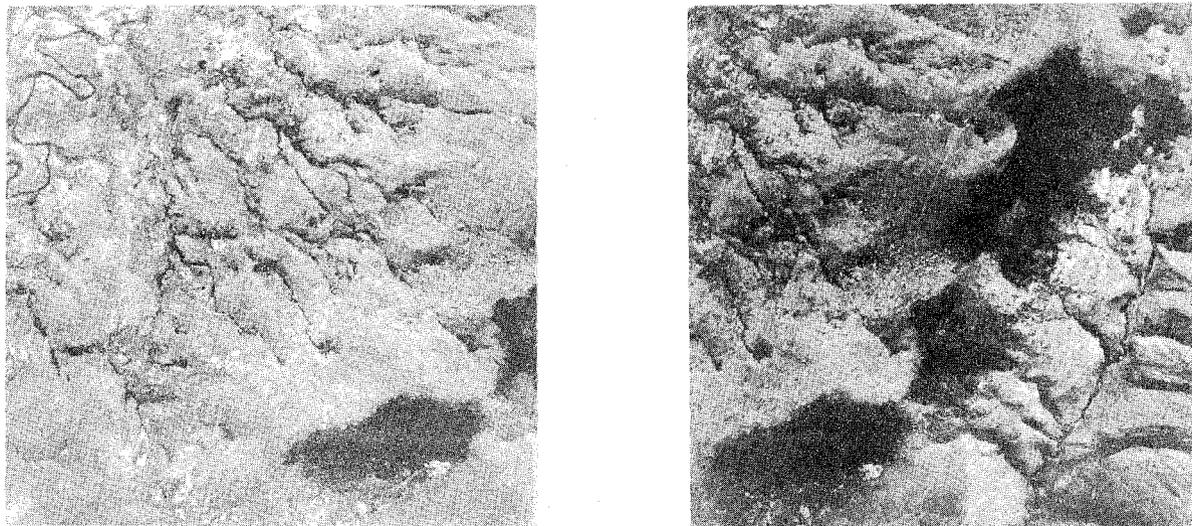


FIG. 35

RELIEVES EN ZOCALOS CRISTALINOS. Pendientes de rocas graníticas cubiertas por infinidad de bloques, a consecuencia de la erosión en clima húmedo. (Región de Finandrahana, al sur de Tananarivo, isla de Madagascar). (Cliché I. G. N.).



FIG. 36

RELIEVES GLACIARICOS. Confluencia de varios glaciares en uno mayor, pudiéndose distinguir todas sus "morrenas". (La Mer de Glace, Monte Blanco, Chamonix, Alpes, Francia). (Cliché I. G. N.).

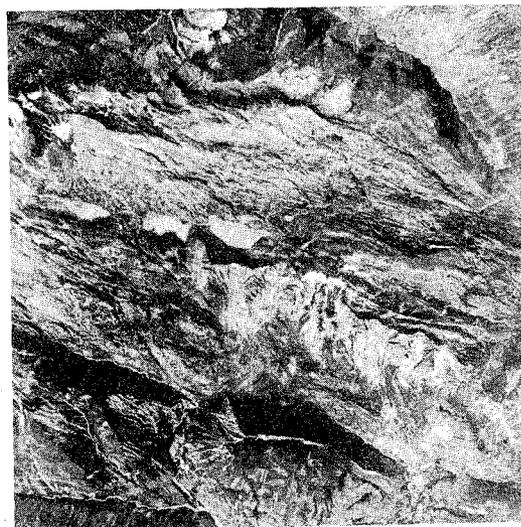
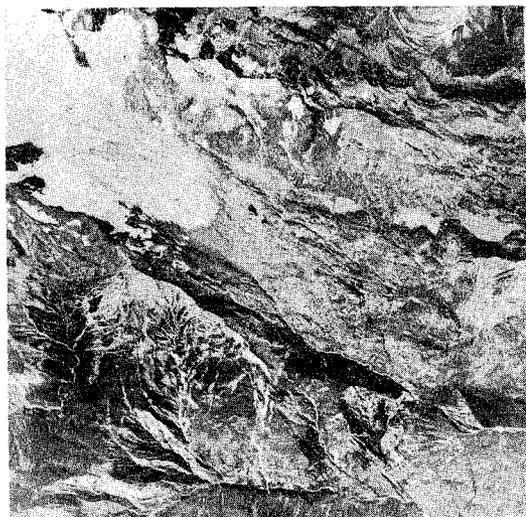


FIG. 37

RELIEVES GLACIARICOS. Serie de lagos glaciáricos escalonados en cuatro niveles, con otros más pequeños a diversas altitudes, originados por la erosión glaciárica. (Terminación del glaciar de Saint Sorlin, Saint Jean de Maurienne, Francia). (Cliché I. G. N.).

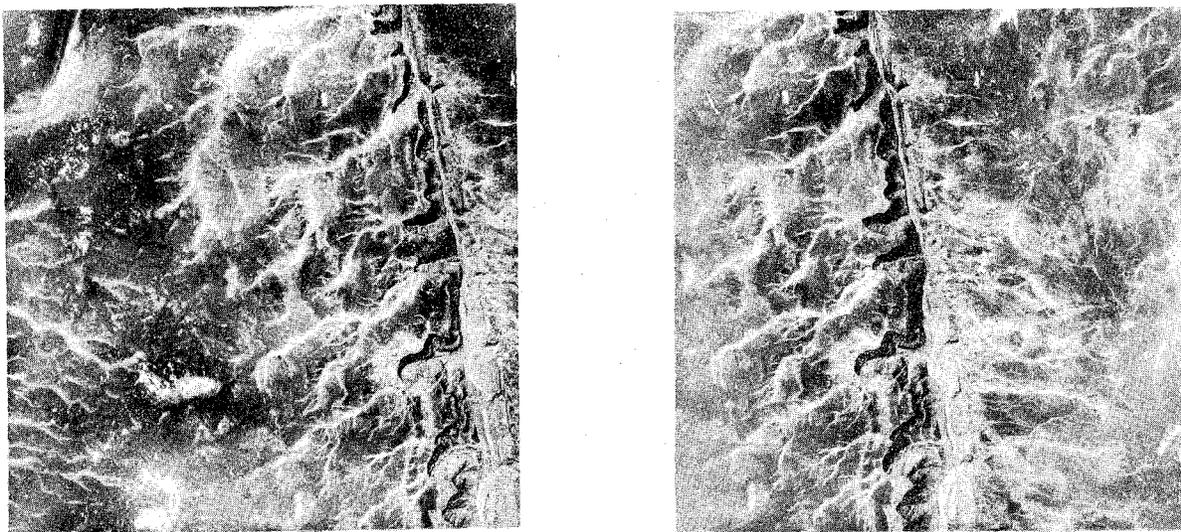


FIG. 38

FALLAS Y FRACTURAS. Estrecho valle generado por una falla y la subsiguiente erosión a lo largo de su trazo, constitutivo de una línea de debilidad en la estructura rocosa. (Región de Chinguetti, Mauritania). (Cliché I. G. N.).

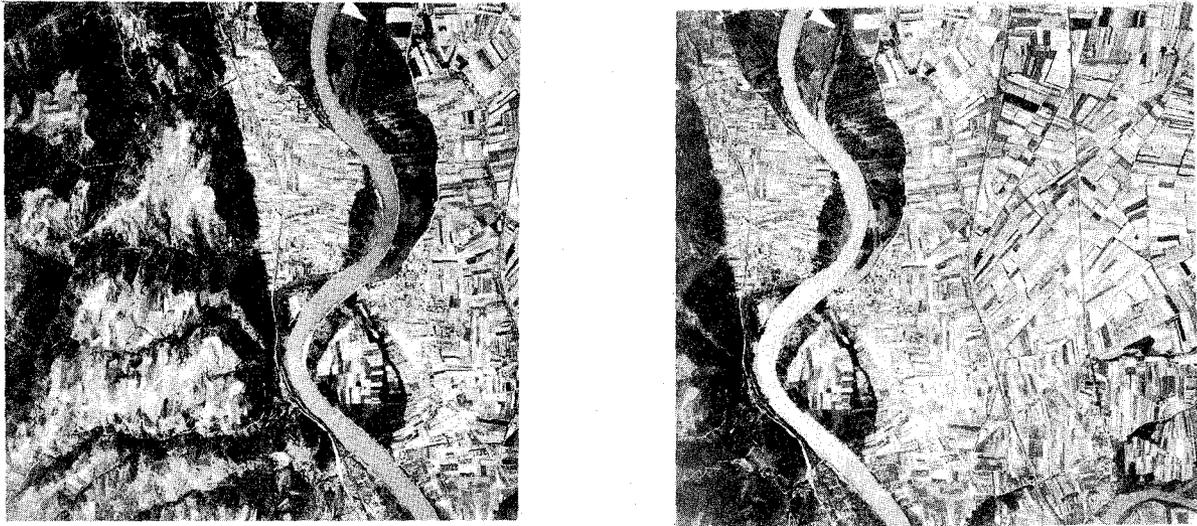


FIG. 39

FALLAS Y FRACTURAS. Falla que ha dado lugar a la formación de un amplio valle fluvial. Pueden percibirse perfectamente, la escarpa de la falla, los meandros fósiles -cubiertos de vegetación natural o cultivados- y los varios pisos de terrazas fluviales. (El río Ródano a la altura de La Roche de Glun, Tournon). (Cliché I. G. N.).

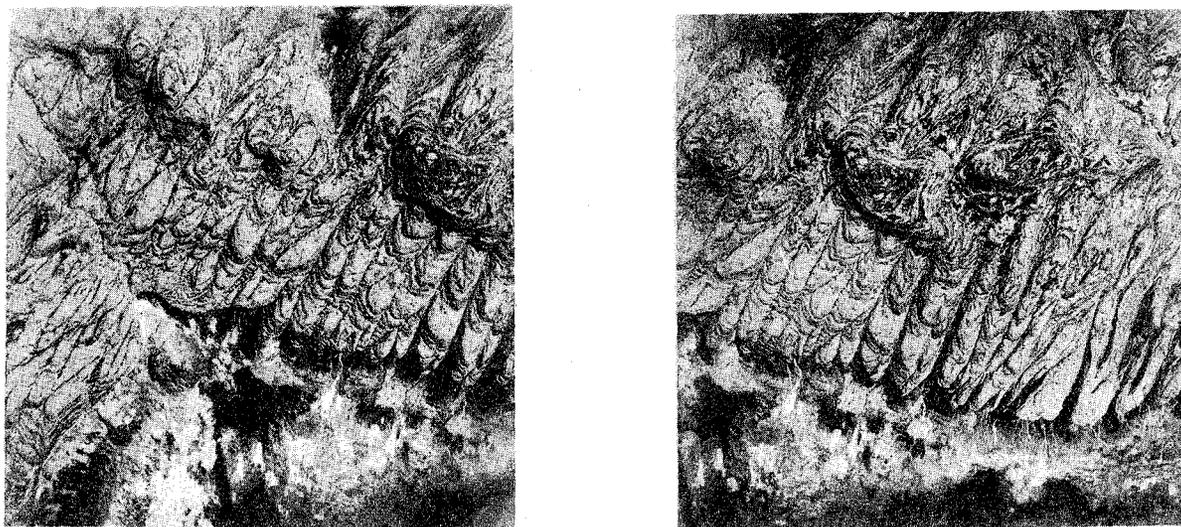


FIG. 40

FALLAS Y FRACTURAS. Falla limitante de una meseta de arenisca, de estratificación subhorizontal, intensamente fracturada, y con dos sistemas de fracturamientos. La estructura consiste en un sinclinal de relieve invertido. (Escarpas de Gandamia al oeste de Hombori, Sudan). (Cliché I. G. N.).



FIG. 41

RELIEVES DE REGIONES ARIDAS Y SEMI-ARIDAS. Meseta de arenisca, intensamente fracturada y afallada, con dos sistemas de fallas que se cortan mutuamente aproximadamente con un ángulo de 90° , generando un gran número de bloques superficiales rectangulares, cuadrados y rombos. El drenaje es, en unos casos, rectangular, y otros sólo angular, por acomodarse a los sistemas de fracturamiento. (Borde sudoeste del Tibesti, Tchad, desierto del Sahara). (Cliché I. G. N.).

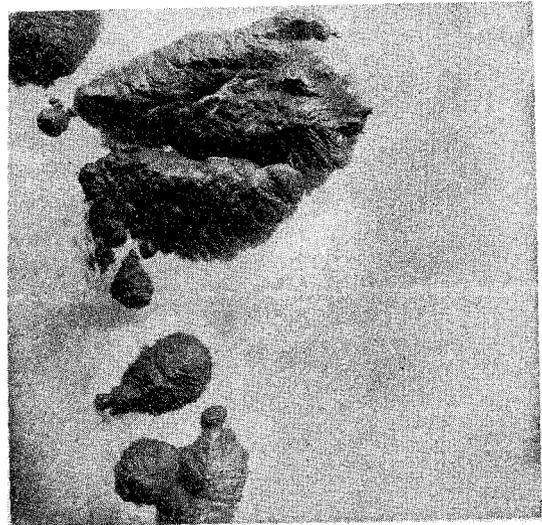
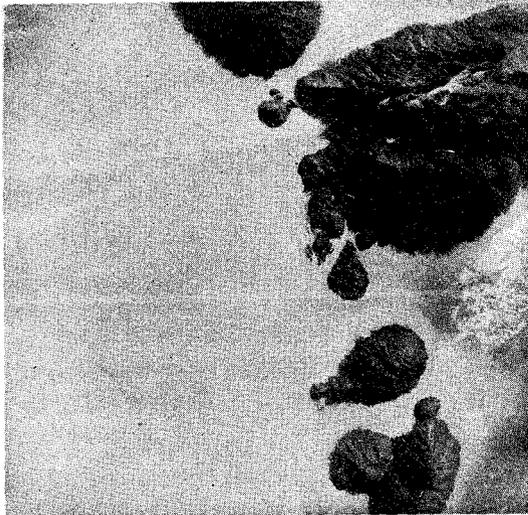


FIG. 42

RELIEVES RESIDUALES. Montes-islas o "inselbergs". (Vertiente sur del Hoggar, cuenca de Ti-n-Amzi, Fort Laperrine, desierto del Sahara). (Cliché I. G. N.).

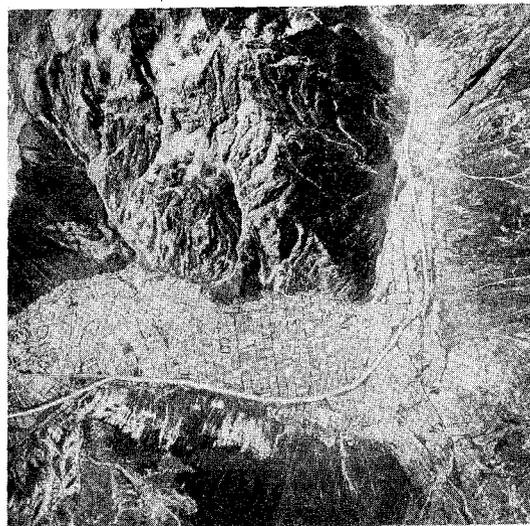
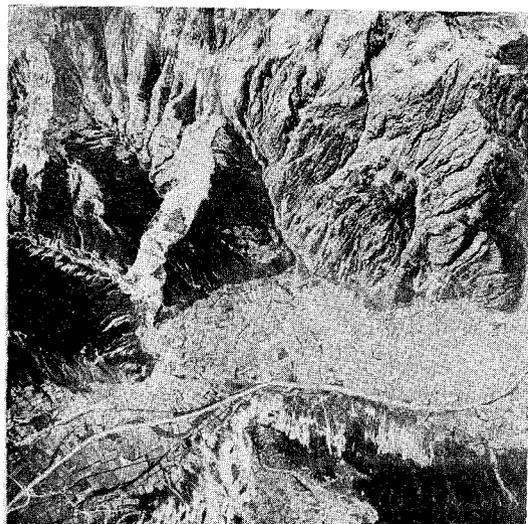


FIG. 43

PIEDEMONTES. Llanura de montaña o intermontana, constituida por los materiales acumulados por la erosión de las vertientes de las montañas vecinas, en las que se localiza algún torrente, con su cuenca de recepción, canal de desagüe o chimenea, y cono de deyección. (Llanura de Bourg d'Oisans, Chambéry-Vizille, Francia). (Cliché I. G. N.).

B I B L I O G R A F I A.

BIROT, PIERRE.- "Tratado de Geografía Física General". Editorial Vicens-Vives, Barcelona, 1962.

BROCK, G.C.- "Physical Aspects of Aerial Photography". Dover Publications, Inc., New York, 1967.

CHOMBART DE LAURE, PAUL.- "La Fotografía Aérea". Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1956.

GUERRA PENA, FELIPE.- "Introducción a la Fotogeología". Revista "Minería y Metalurgia" de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México; Vol. II, Num. 1, México, 1950.

GUERRA PENA, FELIPE.- "Las Doce Principales Reglas de la Interpretación Fotogeológica y las Bases Fundamentales de que se derivan". Anuario de Geografía, Año I, México, 1961.

GUERRA PENA, FELIPE.- "Sistema de Factores Analíticos Clave en la Geotécnica de Identificación de las Imágenes en las Fotografías Aéreas". Revista "Minería y Metalurgia", Nums. 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 25. México, 1960-62.

HOLMES, ARTHUR.- "Geología Física". Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 1952.

MILLER, VICTOR C..- "Photogeology". McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London, 1961.

THORNBURY, WILLIAM D..- "Principios de Geomorfología". Editorial Kapelusz, Buenos Aires, 1960.

DICCIONARIO DE GEOLOGIA Y CIENCIAS AFINES.- Dirigido por Novo y F. Chicarro. Editorial Labor, S.A., Madrid, 1957.