

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

"Las Doce Reglas de la Interpretación Fotogeológica  
y las Bases Fundamentales de que se Derivan"

TESIS

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE

MAESTRO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA

*Felipe Guerra Peña*

MÉXICO, D. F.

1960



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

Página

INDICE . . . . . 1

INTRODUCCION . . . . . 4

1.- La técnica de interpretación fotogeológica y su importancia en la exploración geológica moderna . . . . . 4

2.- Origen y desarrollo actual de la técnica fotogeológica . . . . . 9

3.- Necesidad de un método fotogeológico sistemático y de la formulación de sus principales reglas . . . . . 17

4.- Los factores analíticos clave en la identificación de las imágenes de las fotografías aéreas, bases fundamentales de las reglas de la interpretación fotogeológica . . . . . 20

LAS DOCE PRINCIPALES REGLAS DE LA INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA . . . . . 27

Observaciones generales sobre las reglas del método  
Trapo . . . . . 27

	<u>Página</u>
PRIMERA REGLA: "DEL TONO FOTOGRÁFICO" . . . . .	29
SEGUNDA REGLA: "DE LA TEXTURA DE LA FOTOGRAFÍA" . . . . .	32
Observaciones generales sobre las reglas del Segundo Grupo . . . . .	35
TERCERA REGLA: "DE LA FORMA Y TAMAÑO DE LOS OBJETOS" . . . . .	36
CUARTA REGLA: "DE LA SOMBRA" . . . . .	39
QUINTA REGLA: "DE LAS RELACIONES CON RASGOS U OBJETOS ASOCIADOS" . . . . .	42
Observaciones generales sobre las reglas del Tercer Grupo . . . . .	44
SEXTA REGLA: "DE LAS FORMAS TOPOGRÁFICAS O RELIEVE TERRESTRE" . . . . .	46
SEPTIMA REGLA: "DE LA POSICIÓN O GRADIENTE" . . . . .	48
OCTAVA REGLA: "DE LA DISCORDANCIA" . . . . .	50
NOVENA REGLA: "DE LAS ALINEACIONES" . . . . .	53
Observaciones generales sobre las reglas del Cuarto Grupo . . . . .	55
DÉCIMA REGLA: "DE LA EROSIÓN" . . . . .	57
UNDÉCIMA REGLA: "DEL AVENAMIENTO O TRENDAJE" . . . . .	60

2076



Página

Observaciones generales sobre la regla del Quinto

Grupo . . . . . 62

DUODECIMA REGLA: "CORRELACION PLANTA-SUELO-ROCA" 64

CONCLUSIONES . . . . . 68

BIBLIOGRAFIA Y NOTAS . . . . . 71

# LAS DOCE PRINCIPALES REGLAS DE LA INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA

## Y LAS BASES FUNDAMENTALES DE QUE SE DERIVAN

### I N T R O D U C C I O N

#### 1. La técnica de interpretación fotogeológica y su importancia en la exploración geológica moderna.

La interpretación de las fotografías aéreas, en general, consiste según E. N. Colwell (1952),<sup>1</sup> en "el acto de examinar las imágenes fotográficas de los objetos, con el fin de identificarlos y deducir su significación". Por su parte, la American Society of Photogrammetry<sup>2</sup>, define tal operación como "la determinación de la naturaleza y descripción de los objetos cuyas imágenes aparecen en una fotografía".

En sentido amplio, cuando dicha interpretación fotogeológica se efectúa con fines geológicos, recibe el nombre de "fotogeología", que la Photogeology Section, del U. S. Geological Survey (1956)<sup>3,4</sup>, considera como "el estudio e interpretación de las fotografías, por lo regular aéreas, con objeto de obtener información geológica, lo que, normalmente, incluye también

La presentación de tal información en forma apropiada, como mosaicos, mapas geológicos superficiales, o secciones geológicas.

La técnica fotogeológica constituye, pues, una rama particular de la interpretación de las fotografías aéreas, al lado de otras cuyo objeto es interpretarlas desde los puntos de vista más diversos, como el geográfico o el arqueológico, el topográfico o el geomorfológico, el urbanístico, el catastral, el agrícola, el edafológico, el forestal, el de previsión de las inundaciones o de corrección de la acción erosiva, o el aplicado a la ingeniería para la construcción de carreteras, ferrocarriles, puertos o presas, etc. Esto por lo que se refiere a las actividades civiles solamente, sin tener en cuenta las de carácter militar, no menos importantes que aquéllas.

Del mismo modo que constituye una división específica de la interpretación de las fotografías en general, la "fotogeología" se subdivide a su vez en varias técnicas, más o menos diferenciadas entre sí, según que la interpretación fotogeológica se aplique a la explotación minera o petrolera, a la hidrología, o a los diversos proyectos de ingeniería, relacionados principalmente con las obras públicas, etc. En tales casos, la "fotogeología" recibe el calificativo de "minera", "petrolera", "hidrológica", o "aplicada a la ingeniería", respectivamente.

La importancia extraordinaria de la "fotogeología" en los reconocimientos geológicos modernos ha debido a su evidente superioridad sobre todos los demás métodos de exploración, espe-

cialmente por lo que se refiere a rapidez y bajo costo, así como al notabilísimo hecho de permitir registrar rangos y fenómenos geológicos que, en ocasiones, frecuentes, son de la mayor trascendencia, y que, de otro modo, habrían pasado completamente inadvertidos (F. Guerra Pezo, 1950) 5. La economía de tiempo en la exploración que este método permite, sorprende una vez experimentado. Así, C. F. Dohm (1942) 6, afirmaba que: "Sin reserva alguna puede decirse que el empleo de fotografías aéreas y mosaicos ha reducido el tiempo en un 80 % o en un 90 %; sin ellas, muchos de los fenómenos geológicos ahora conocidos y comprendidos nunca habrían sido registrados". Coincide con dicha apreciación K. F. Dallmus (1942) 7, al manifestar que: "El tiempo actual del geólogo en el campo para reconocer un área dada, puede quedar reducido a un 10 % o a un 30 %, del tiempo que se requeriría sin el uso de las fotografías aéreas". Es decir, a solo un 10 por 100 del tiempo exigido por la geología de campo, en los casos más favorables, o a un 30 por 100 en los menos favorables, con reducciones de 90 por 100 y 70 por 100, respectivamente. Finalmente Walter K. Link (1942) 8, actual jefe de exploración de Petróleo Brasileiro S. A. "Petrobrás", la agencia gubernamental petrolera descentralizada brasileña, llega al mismo ventajoso porcentaje de reducción al decir que: "Desde que ha sido posible disponer de las fotografías y de los mosaicos, nuestro progreso ha sido grandemente acelerado. Actualmente un geólogo puede cubrir una superficie tres veces ma-

por y que la calidad del trabajo es superior, así como que las fotografías permiten obtener a nuestros geólogos un cuadro más verdadero de la geología real. Los mosaicos y las fotografías constituyen una verificación de las observaciones de campo y sirven para que el geólogo tienda a ser más observador y más exacto." Las tres autorizadas opiniones anteriores, reunidas se emitieron con ocasión de la feliz conclusión de un importante ensayo fotogeológico, a modo de proyecto-piloto, llevado a cabo en las Grandes Antillas por la Standard Oil Company of New Jersey, en el que tuvo la satisfacción de participar momentáneamente el que escribe estas líneas, allá por los años 1940 a 1947.

Desde entonces, la "fotogeología" se ha impuesto de un modo absoluto en todos los trabajos de exploración geológica, que ya son imposibles de concebir sin el uso de las fotografías aéreas, de cuya interpretación preliminar depende si que los reconocimientos se inicien sobre el terreno, o que se desechen y corrijan en el estudio. Igualmente depende de la interpretación fotogeológica preliminar la selección de los restantes métodos de exploración que deberán emplearse subsiguientemente en el reconocimiento, en vista del resultado del análisis de las fotografías aéreas en las distintas áreas identificadas.

Hace ya más de un cuarto de siglo que W. G. Woolboum (1935) afirmaba: "Existen pocas dudas de que, en un futuro

muy próximo, ningún trabajo geológico importante se considerará completo mientras no este acompañado por un reconocimiento aéreo "adecuado". La enorme experiencia acumulada sobre el particular en todo el mundo, hasta la fecha, ha probado más que cumplidamente la exactitud de tal vaticinio.



## 2. Origen y desarrollo actual de la técnica fotogeológica.

La palabra "fotogeología", término que ha conseguido prosperar en concurrencia con otros menos afortunados, hizo su aparición para designar esta técnica en el año 1901, aunque aplicada exclusivamente a la interpretación de fotografías terrestres. Con este vocablo se designó entonces un nuevo procedimiento de exploración geológica. "Il s'agissait, en effet, dice A. Laussedat, (1901) 10, considerado con justicia como "el padre de la fotogrametría", de d'appliquer la Photographie a l'étude de la constitution physique et géologique des hautes montagnes", así como de "la nature géologique des roches". Se trataba, en efecto, de "une série de travaux sur l'importance desquels il convient d'insister, car ils sont les premiers de ce genre qui aient été entrepris, en ouvrant une voie féconde".

Este primer trabajo fotogeológico, por todos estilos memorable, fue realizado por el oficial francés del cuerpo de ingenieros Aimé Civilale, a sus particulares expensas, dedicándole, además de diez años íntegros de su vida, considerables sumas de dinero. Comenzó este ímprobo trabajo en 1858, con diversos ensayos en los Pirineos, concluidos los cuales, emprendió la exploración fotogeológica metódica de los Alpes suizos, franceses, italianos y austríacos, labor a la que dió cima, felizmente, en 1868. Somató sus labores, año tras año, a la Academia de Ciencias, de Paris, y de esta elevada institución obtuvo la

aprobación para todos, luego de ser cuidadosamente examinados por los más competentes jueces. 11. Al describir estos trabajos cita A. Lussac, por primera vez en la literatura científica, la palabra "fotogeología", refiriéndose a la recopilación que Civiale hizo de sus experiencias: "Il les a résumés - dit - dans un ouvrage où l'on peut découvrir un premier et large sillon dans le champ de la Photogéologie" 12.

Aino Civiale, "un pasionné géologue qui vaillant alpiniste et habile photographe", utilizando cámaras fotográficas de grandes dimensiones, con fotografías de un formato de 30 x 40 centímetros, y manipulando el colodión húmedo y el papel encerado seco, con placas de vidrio excesivamente frías, logró confeccionar 25 grandes panoramas, de 14 fotografías cada uno, así como 450 fotografías más, de detalle, todas ellas excelentes y tomadas a grandes alturas, en su mayoría, no obstante las enormes dificultades que tuvo que vencer. La colección completa se encuentra depositada en la Academia de Ciencias, de París, y de ella seleccionó Civiale las mejores fotografías más notables para su obra escrita, que vio la luz en 1871. Verificó por sí mismo sus interpretaciones fotográficas, recorriendo al efecto innumerables muestras de rocas en los lugares que le iban pareciendo más convenientes. No obstante, Civiale no logró su propósito inicial, de levantar por medio de fotografías la "Carte Générale des Alpes", emprendió "trop vaste pour qu'il put l'aborder à lui seul et avec ses propres ressources" 13.

En las décadas inmediatas siguientes, el progreso de la técnica fotogeológica se vio grandemente entorpecido, por la casi inexistencia de las obras de técnicas que la condicionan y limitan, en estado rudimentario por aquellas fechas: la fotografía y la navegación aérea.

Evidente resultaba el que, mientras la fotografía no avanzase, tampoco podría progresar la "fotogeología". Sin embargo, la demanda de las urgentes dificultades que era necesario vencer, comenzó hacia esa misma época, a dar sus primeros pasos la fotografía aérea, practicada desde papalotes o cometas y globos, dos décadas después de haber inventado Daguerre la fotografía.

Parece ser que, los ensayos desde globos precedieron a los que más tarde se efectuaron desde cometas. Así, después de una infructuosa tentativa llevada a cabo en 1856, poco tardó en tomarse la primera fotografía aérea en 1858, en París, desde la casquilla del globo de Godard, anclado sobre el hipódromo antiguo de St. Cloud. Esta fotografía "à vol d'oiseau", en oblicuo alba y fue tomada por el fotógrafo Nadar, sobre la zona del barrio de la Estrella, con Montmartre en el fondo, y el campanario del Bogue de Bolcaza al pie.

En el mismo año de 1858, los señores King y Black hicieron como primeros fotográficos aéreos, esta vez obteniendo imágenes sobre la ciudad de Boston, de las que obtuvieron dos ómnibus fotográficos, manipulando el colodión húmedo, de lento proceso.

Poco despues, y tambien en los Estados Unidos, en 1862, desde un globo cautivo del Ejercito Unionista se tomaron diversas fotografias aereas de la region de Richmond, durante la Guerra de Secesion 19-16. En Inglaterra, fue Woodbury quien tomo las primeras fotografias desde globos, en 1881, y por ese mismo tiempo se comenzaron a verificar similares ensayos en Alemania. En 1886 se hicieron los primeros ensayos en Rusia, cuando Kovando tomo diversas fotografias aereas de las zonas fortificadas de Kronstadt y San Peterburgo, desde un globo, y de esta fecha data la creacion de la seccion de fotografia aerea en el servicio de aeronautica del ejercito ruso.

A los ruses corresponde la primicia de haber realizado poco antes de estallar la primera Guerra Mundial, un reconocimiento profundo en territorio extranjero, en el Bósforo (Turquia), utilizando aviones y tomando fotografias aereas. Poco mas o menos, en la misma epoca (1914) los alemanes verificaron un reconocimiento con fotografias aereas sobre Francia, utilizando un "Zeppelin". El aterrizaje forzoso de la aeronave en territorio frances y el hallazgo de la misma, con sus fotografias y de las vistas tomadas sobre territorio aliado, dio lugar a un grave incidente internacional que se resolvió a satisfaccion de las partes, que poco despues, trajo como resultado la creacion de la aeronautica militar alemana.

La invencion del aeroplano y con ella, las rapidas y grandes logros por la navegacion aerea, asi como los nuevos detalles descubiertos al observar el terreno desde el aire, han permitido el desarrollo de la fotografia aerea, especialmente en el campo de la guerra.

te con el nacimiento de la nueva rama de la fotografía aérea, hicieron posible la ampliación del campo de aplicación del análisis geológico de las fotografías terrestres a las fotografías aéreas, principalmente verticales, estableciéndose así, entre más firmes bases, esta nueva técnica de la exploración.

Los primeros reconocimientos aéreos con fines geológicos se realizaron sin utilizar para nada las fotografías aéreas. Se trataba de exploraciones simplemente "visuales", ejecutadas con diversos fines y por distintos motivos, desde aeroplanos.

Fue la primera Gran Guerra (1914-1918), la que ofreció inicialmente la ocasión para que se verificasen estos ensayos intelectuales de "aerogeología", desde aeroplanos. Ya desde los comienzos de la contienda, cuenta W. T. Lee (1923 y 1926) 19-20 que narra estos acontecimientos. "La geología de Inglaterra fue estudiada por los aviadores británicos, naturalmente con el fin de reconocer la superficie terrestre desde el aire, allí donde apareciera, a cuyo efecto llevaban un pequeño mapa geológico a la vista, y de esta forma podían determinar su posición. El oficial que desarrolló este método de observación dijo que, volando a través del Canal desde el continente, ascendía frecuentemente a grandes alturas para evitar las favorables condiciones de vuelo, encontrándose a menudo sobre las nubes, que oscurecían el suelo. Al descender a través de ellas sobre algún lugar de Inglaterra, lo primero que percibía, por el aspecto general de la región, eran las formaciones geológicas



una sobre las que no encontraba volando. Por medio de su mapa geológico determinaba su posición aproximada. Al irse acercando a la superficie lo multientomaba como para poder reconocer ciudades y pueblos más pequeños se orientaba en la dirección general de su destino, y ya podía reconocer así objetos menores, que le servían de guías más exactas".

Hacia el final de esta primera Gran Guerra, es cuando tienen lugar los primeros verdaderos ensayos de "fotogeología aérea", es decir, de interpretación de fotografías aéreas con fines estrictamente geológicos, los cuales fueron dirigidos por el geólogo norteamericano coronel A. H. Brooks (1920) 21. El paso del reconocimiento a pie a simple vista, al documental, se había dado así, ante la necesidad de retener el paisaje geológico que desaparecía rápidamente bajo el avión, para su estudio detenido. Lo mismo que ya se hacía para otros muchos fines militares, por medio de las fotografías aéreas. "Los geólogos de las fuerzas americanas expedicionarias en Francia - de los que el coronel Brooks era jefe - durante la guerra mundial pudieron identificar las formaciones geológicas en las fotografías aéreas y, después de determinar las características de estas formaciones, donde las rocas pudieron ser examinadas, establecieron la identidad de las mismas formaciones en otras situaciones de tras de las líneas enemigas. Con objeto de señalar las más favorables rutas de marcha, a lo largo de las cuales se había encontrado firmas para las carreteras" 22.



Por lo que se refiere a la primera interpretación foto-geológica efectuada con fines de exploración de yacimientos minerales, parece ser que fue la llevada a cabo en Mesopotamia, por los años 1918 y 1919, por Edwin Pascoe <sup>23</sup>, en búsqueda de petróleo.

Los resultados de la observación en los reconocimientos aéreos, por un lado, y los de la interpretación de las fotografías aéreas, por otro, fueron tan sorprendentes en las exploraciones geológicas, que a partir de este momento, se multiplican en todo el mundo. "La introducción de las fotografías aéreas en la exploración geológica petrolera y minera, hace quince años aproximadamente," decía H. C. Hea (1941) <sup>24</sup>, es el avance más significativo en esta ciencia desde el advenimiento de la plancheta". Este mismo autor, desconociendo u olvidando el hecho de que esta nueva técnica de exploración tenía ya su nombre específico desde los tiempos de Civiale y Laussedat, se propuso bautizarla nuevamente, a cuyo efecto en el mismo trabajo "the writer suggests the term "photogeology" for this little known branch of geology", que a continuación define "as the geologic interpretation of aerial photographs". Esta definición de H. C. Hea ha tenido éxito rotundo y es la que ha quedado como "original" <sup>25</sup>. En este trabajo se la sigue, ya que se refiere a la interpretación de las fotografías aéreas casi totalmente desconocidas en tiempos de Civiale y de Laussedat, por cuyo motivo tuviera que aplicar el término solamente a la in-

interpretación de las fotografías terrestres, hoy en desuso. Al menos, la definición de H. C. Rea tiene el mérito, además del de haber logrado imponerse, el de hacer innecesario añadir el calificativo de "aérea" a la palabra "fotogeología". A partir de la sugerencia de Rea, tácitamente aceptada, se da por admitido también que la "fotogeología", sin más, es aérea, es decir, se refiere exclusivamente a las fotografías aéreas. Quizas, esta simplicidad sea la razón de su casi unánime aceptación en todo el mundo.

Necesidad de un método fotogeológico sistemático y de la formulación de sus principales reglas.

La técnica de interpretación geológica de las fotografías aéreas exige para su aplicación la concurrencia de tres elementos, el más importante de los cuales es el personal o humano, constituido por el intérprete fotogeológico o topogeológico, en sus dos componentes, fisiológica y psicológica. La técnica interpretativa, a la que corresponde como parte principal el proceso intelectual operativo o método, es otro de los elementos requeridos y, finalmente, el instrumento o aparato utilizado, es decir, el estereoscopio, forma el tercer elemento, mecánico, de la interpretación, en unión del restante material, constituido principalmente por las fotografías aéreas.

En la técnica fotogeológica, no obstante haberse reconocido unánimemente su extraordinario valor en la exploración, y pese al hecho de existir ya una importantísima y voluminosa bibliografía, constituida por millares de trabajos publicados por libros, revistas y boletines de sociedades profesionales de todo el mundo, carece aún de un método propio, seguro y lógico, que sistematice el proceso intelectual interpretativo, creedor de posibilidades ya realizadas o en vías de ejecución algunas, pero en su mayoría todavía desconocidas y, en gran manera, imprevisibles, en el ámbito cada día más necesitado de eficaces innovaciones de la exploración geológica.

Esta falta de un método específicamente fotogeológico, hace difícil y difícil el progreso en esta rama tan valiosa de la exploración geológica, por cuyo motivo resulta evidente la necesidad de intentar la formulación, cuando menos, de una serie de reglas del modo más sencilla e inteligible, que sirvan de provisional fundamento sobre el que construir, más adelante, y como resultado de la experiencia y del acuerdo común, un método fotogeológico sistemático.

El método, en el lenguaje científico, significa "camino" o "camino mental", por el cual llegar al conocimiento de la verdad. En el caso de la fotogeología, no se trata de alcanzar, al menos, la verdad absoluta, y al solo de lograr una verdad relativa, la "verdad técnica fotogeológica" o, dicho de otro modo, "el hacer" con un instrumento más, de extraordinaria, valor práctico, con el que proseguir la lucha para alcanzar al dominio de la naturaleza, mediante la manipulación de la materia que constituyen la superficie de nuestro planeta, a través de la interpretación geológica de las fotografías aéreas.

En el método, el método fotogeológico, se refiere al "hacer" o "el hacer" la técnica, práctica, que, también, se refiere al "saber", el "saber", el igual que ocurre en otras ramas de la ciencia y tecnología. Como este último elemento de la metodología del que depende el artefacto, es a él al que se refieren estas líneas. En suma, se trata de "saber" que camino hay que seguir, en el "hacer", para lo que se refiere a la interpretación de las



19

lograr en ella las máximas garantías de acierto, o sea, en la  
tarea de "trabajo geológico" utilizando solamente las fotografías  
aéreas.

Solo existe un método científico general, el cual es  
aplicable a todas las ciencias y a todas las técnicas. "Aun-  
que en apariencia complicado", dice Bertrand Russell 26, "el mé-  
todo científico es notablemente sencillo. Consiste en observar  
los hechos que permitan al observador descubrir las leyes gene-  
rales que gobiernan los hechos de la clase en cuestión". Esta  
observación se verifica mediante "el análisis y la síntesis"  
que son los dos procesos necesarios e inversos del método cien-  
tífico", según Abel Rey 27. Para Bertrand Russell 28, "el verda-  
dero espíritu científico es algo que comprende tanto la deduc-  
ción como la inducción, la lógica y las matemáticas, tanto como  
la botánica y la geología".

De esta manera, el proceso interpretativo metodológico com-  
prende las dos concebidas etapas: 1<sup>a</sup>, de "análisis inductivo"  
mediante el cual se llega, por el examen fotográfico de los  
rasgos particulares y complejos que se observan en las fotogra-  
fías aéreas, a los fenómenos simples y generales que los produ-  
cen, y; 2<sup>a</sup>, de "síntesis deductiva", por virtud de la cual se  
pueden formular las conclusiones más generales a partir de los  
fenómenos más particulares.

Los factores analíticos clave en la identificación de las imágenes de las fotografías aéreas, bases fundamentales de las reglas de la interpretación fotogeológica.

Las reglas que se enuncian más adelante, tienen carácter positivo, como teóricas, y en este caso, norman el procedimiento interpretativo al aplicarse a la fotogeología. En su formulación se ha tratado de reducir lo particular a lo general, lo complejo a lo simple, y lo contingente a lo necesario, siguiendo a Lachelier, en la determinación de las condiciones lógicas necesarias para el establecimiento de las leyes naturales.

Se derivan estas reglas de los diversos criterios que pueden utilizarse en el estudio general de las imágenes de las fotografías aéreas, los que, en conjunto, constituyen un sistema, pero seleccionándose previamente en atención a su posible interés geológico.

Los criterios escogidos, con vista a su empleo en el estudio particular de las imágenes en las fotografías aéreas, con de el punto de vista geológico, han sido agrupados de acuerdo con sus características similares, de semejanza, correspondencia o analogía, o de identidad de origen.

Estos criterios se les denominan "factores analíticos clave" para la identificación de las imágenes de las fotografías aéreas.

Un primer grupo está constituido con los "factores" de



vidon de características físicas de las fotografías mismas, tales como se observan en las copias de contacto o positivas de películas en blanco y negro como:

- 1.- Tono.
- 2.- Textura.

Un segundo grupo se halla compuesto por los "factores" derivados de características, no ya de las propias fotografías, sino de los rasgos u objetos reales cuyas imágenes aparecen en ellas, tales como:

- 3.- Forma.
- 4.- Tamaño.
- 5.- Sombra.
- 6.- Tipo o modelo de configuración.
- 7.- Relaciones con objetos o rasgos asociados.

El tercer grupo lo integran los "factores" derivados de características topográficas, según estas se exhiben en el espacio tridimensional formado por la visión estereoscópica de las pares fotográficas aéreas, como:

- 8.- Formas topográficas o relieve terreno.
- 9.- Sitio o emplazamiento.
- 10.- Posición o orientación.

- 11.- Discordancias.
- 12.- Anomalías topográficas.
- 13.- Ruptura de pendientes.
- 14.- Alineaciones.

Forman el cuarto grupo, los "factores" derivados de las características de los rasgos fisiográficos y geomorfológicos de la superficie terrestre, y producidos por sus imágenes en las fotografías aéreas, como son:

- 15.- Erosión
- 16.- Avenamiento o drenaje.
- 17.- Anomalías fisiográficas o geomorfológicas.

Y, finalmente, integran el quinto grupo, los "factores" derivados de las características de los suelos, de la vegetación natural, y de la agricultura, todos los cuales se correlacionan entre sí, como:

- 18.- Suelos.
- 19.- Cubierta vegetal natural.
- 20.- Uso del suelo por el hombre.

Como puede observarse, ninguno de los criterios que determinan estos factores analíticos clave, es su convencional relación en los cinco grupos reseñados anteriormente, es estrictamente geológico, puesto que se trata, precisamente y por el con-

trabajo de interpretar la geología a través, no solo de los diversos rasgos de la superficie terrestre reproducidos con determinadas características en las fotografías aéreas, ya sean topográficas, fisiográficas o geomorfológicas, sino de interpretarlos a través de las características de tono y textura de esas mismas fotografías, en cuanto estas son reflejo de rasgos naturales, como los mencionados. Dicho de otra manera, se trata de descifrar la geología que tales rasgos físicos encierran y ocultan, y que se manifiesta con particulares expresiones fotográficas, mediante la aplicación de una serie de reglas extraídas de las características geológicamente interesantes y aprovechables como guías de dichos rasgos morfológicos superficiales.

Para ello, se sigue aquí el mismo criterio que informaría la definición de "fotogeología" del Dr. Krebs <sup>29</sup> si considerarla "como la interpretación geológica del cuadro morfológico del terreno, con ayuda de las fotografías aéreas". La topografía, la fisiografía y la geomorfología, términos que, por otra parte, conviene tener siempre en mente, por lo que respecta a su verdadero significado técnico, los suelos, la vegetación, son los elementos que constituyen, en efecto, el cuadro morfológico del terreno" de la definición del Dr. Krebs.

De esta manera, los grupos primero y segundo de las reglas para la interpretación fotogeológica, que se describen a continuación, al igual que los correspondientes grupos de rasgos que analizan de clave para la identificación de las imágenes en

algunas fotografías, y que dan lugar a acuñadas, son de aplicación a la Interpretación general de las fotografías aéreas cualquiera que sea el objeto del análisis, mientras que los grupos tercero, cuarto y quinto, de ambas visiones, son de aplicación particular a la interpretación fotogeológica, principalmente, aunque claro es, también lo son para todas aquellas otras que tengan relación con la exploración y estudio de la corteza terrestre superficial y sus recursos naturales.

El número de reglas se ha reducido, con relación al de 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 así lo ha permitido, quedando así reducidas las reglas a doce:

A semejanza de los factores o criterios analíticos clave, de los cuales proceden, las reglas de la interpretación fotogeológica se reúnen en cinco grupos atendiendo a su común origen y a su similitud de características, distribuyéndose en ellos de la manera que a continuación se indica:

Grupo Primerº: Reglas correspondientes a las características físicas propias de las fotografías aéreas:

Regla 1ª, o "del tono fotográfico".

Regla 2ª, o "de la textura de la fotografía".

Grupo Segundo: Reglas correspondientes a las características propias de los rangos u objetos reproducidos por las fotografías aéreas:



genio en las fotografías aéreas.

Regla 2<sup>a</sup> o "de la forma y tamaño de los objetos o rasgos"

Regla 3<sup>a</sup> o "de la sombra"

Regla 4<sup>a</sup> o "de las relaciones con objetos asociados"

Grupo Tercero: Reglas correspondientes a las características topográficas, tal como se muestran en el modelo espacial o tridimensional formado por la observación estereoscópica de los estereogramas.

Regla 5<sup>a</sup> o "de las formas topográficas constitutivas del relieve terrestre"

Regla 6<sup>a</sup> o "de la posición o gradiente"

Regla 7<sup>a</sup> o "de la discordancia"

Regla 8<sup>a</sup> o "de las alineaciones"

Grupo Cuarto: Reglas correspondientes a las características fisiográficas y geomorfológicas, identificadas estereoscópicamente en las fotografías aéreas.

Regla 9<sup>a</sup> o "de la erosión"

Regla 10<sup>a</sup> o "del avance o retroceso"

Grupo Quinto: Regla correspondiente a las características de las masas de la cubierta vegetal natural, tal como se muestran o representan, como las cuencas por sus rasgos en los estereogramas.

Regla 11<sup>a</sup> o "de la correlación entre alturas"

Aunque se sobreentiende, conviene aclarar que las preel-  
tadas reglas son de aplicación exclusiva, tal como se enuncian,  
a las fotografías aéreas verticales en blanco y negro, quedando  
por lo tanto eliminadas de esta regulación las fotografías aé-  
reas oblicuas altas y bajas, y las fotografías en color de to-  
das clases.

Igualmente se da por supuesto que el estudio analítico  
interpretativo se hace utilizando pares fotográficos con el ne-  
cesario recubrimiento, para poder ser observados mediante el  
estereoscopio.



LAS DOCE PRINCIPALES REGLAS

DE LA

INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA

## Observaciones concernientes sobre las reglas del Primer Grupo.

Las reglas de este grupo son eminentemente fotográficas. Una fotografía en blanco y negro no es otra cosa que un conjunto de diversos tonos grises, que se confunden unos con otros, bien insensiblemente y gradualmente, o con marcado contraste, de un modo brusco.

En realidad, el "tono fotográfico" forma la base, por decir así, tanto de la particular interpretación fotogeológica, como de la identificación de las imágenes en un sentido general, cualquiera que sea el objetivo que se persiga. Todos los rasgos de la superficie terrestre reproducidos en las fotografías aéreas, lo son en tonos del gris y, a este respecto, hasta la "textura" depende, en mayor o menor grado, del "tono", que constituye el denominador común de toda esta regulación.

El "tono fotográfico" es, pues, la materia prima utilizable en la aplicación de estas reglas. Por ello, son de capital importancia los factores que afectan al "tono", en la tarea de lograr éste correctamente en todos los casos, con objeto de que reproduzca la realidad física del modo más exacto posible en las fotografías aéreas.

Esta fiel reproducción de las imágenes por medio de sus correspondientes "tonos" determina las posibilidades del análisis fotogeológico, las cuales serán tanto mayores cuanto más correctos sean los tonos, es decir, las expresiones físicas por

de los pasajes terrestres fotografiados.

Son estos los motivos en atención a los cuales, el tono y la textura fotográfica, figuran en los dos primeros lugares de la relación de las reglas.

## PRIMERA REGLA

## "DEL TONO FOTOGRAFICO"

El "tono" de una fotografía aérea lo define B. G. Ray (1956) <sup>30</sup> como la "medida de la cantidad relativa de luz reflejada registrada realmente en una fotografía". Esta cantidad depende de varios factores, cuya importancia en fotogrametria se acaba de precisar, y que segun G. C. Brock (1952) <sup>31</sup> son:

- 1.- El ángulo de incidencia de los rayos luminosos;
- 2.- La capacidad de reflexión de la superficie;
- 3.- El tipo de película y clase de filtros usados;
- 4.- El tiempo de exposición a la luz solar y apertura del objetivo de la cámara;
- 5.- El color del suelo o del objeto fotografiado;
- 6.- El proceso seguido en el laboratorio para el revelado de la película y selección del papel más conveniente para la positiva.

A su vez, cada uno de estos factores depende de otros, que los limitan y modifican.

El "tono" de las fotografías aéreas es blanco y negro, como su nombre indica, se extiende desde el blanco al negro, es decir, desde el más claro hasta el más oscuro, pasando por todos los matices del gris.



res o tonos de colores naturales reales. A estos colores naturales se les denomina "tonos absolutos", mientras que los matices del gris se conocen con la designación de "tonos relativos".

A cada "tono absoluto" corresponde, pues, en las fotografías en blanco y negro, un "tono relativo" o "tono gris", existiendo diversas escalas para la correlación de los tonos absolutos con los relativos. Cualquiera experto, puede hacer esta correlación automáticamente, de forma que, a través de los "tonos grises" que constituyen la fotografía aérea, contempla mentalmente, claro que dentro de cierto margen de relatividad, los colores naturales verdaderos. Si el experto es fotogeólogo, distinguirá inmediatamente las arenas, por sus tonos claros, de las arcillas, que los producen oscuros, etc.

De esta correlación de los colores naturales con los diversos matices del gris, en las emulsiones en blanco y negro, se deduce la Primera Regla Fundamental de la Interpretación Fotogeológica, que dice:

"Los objetos coloreados de la naturaleza reflejan sus propios colores con diferente intensidad que depende no solo de la cantidad que del propio color absorbe, sino de la condición material y textura de dichos objetos: tales colores, o tonos absolutos, se corresponden con los diversos matices del gris, o tonos relativos, en las fotografías aéreas en blanco y negro, por cuyo motivo, pueden identificarse los colores natura-



31

deben ser siempre tomadas en cuenta en que se refieren a transformaciones  
en dichas fotografías y de ahí deducir la verdadera identidad  
de los rasgos geológicos en cuanto éstos quedan reflejados por su  
color.

"DE LA TEXTURA DE LA FOTOGRAFIA"

La "textura" es otra de las características de las fotografías aéreas en blanco y negro, definiéndola H. T. U. Smith (1945) 32, como "la compleja apariencia presentada por un agregado de rasgos unidos, demasiado pequeños para ser individualmente distintos". Kryniak y Judt (1957) 33, consideran el efecto de la "textura" en las fotografías aéreas que, según ellos, se manifiesta "en la frecuencia de los cambios de tono en o dentro de la imagen".

Para A. J. Heráley (1941) 34, la "textura" es el reflejo de la vegetación y del tipo de suelo. Diferente, pues, será la textura de un área desértica cubierta de arena, compuesta por una serie de infinitos rasgos iguales paquíssimos y, por lo tanto, imposibles de identificar aisladamente, de la textura de una pradera, compuesta por innumerables rasgos que no pueden individualizarse en sus elementos constitutivos.

La "textura" tiene un gran valor en el análisis fotogeológico por permitirse la verificación de "correlaciones fotogeológicas" dentro de una área o región dada y, también, entre regiones o áreas distintas y, en ocasiones, distantes entre sí.

Por lo general, cada cosa tiene un específico tipo de "textura fotográfica" en una zona determinada, la que depende en gran parte del clima, y algunas de ellas, como las calizas cavernosas, tan peculiares de las zonas tropicales, la tienen tan marcada, que son fáciles de localizar en cualquier parte, simplemente por su "textura".

La "textura fotográfica" depende también, de un modo directo, de la escala de la fotografía, de manera que, una textura fina o suave en una fotografía aérea hecha a pequeña escala, se convertirá en una textura gruesa o áspera, en una fotografía hecha a gran escala. El mismo agregado de rasgos, por muy pequeños que éstos sean, cambiarán de aspecto con la escala de la fotografía, transformando la "textura", por lo cual, ésta será sólo normalmente correlacionable utilizando fotografías aéreas de la misma escala o de escalas próximas, aunque excepcionalmente la "textura" es tan notoria, como ya se ha dicho, que admite correlaciones entre escalas muy diferentes.

Depende la "textura" igualmente, tanto del "grano" de la emulsión fotográfica, como del que tenga el papel utilizado para obtener la copia de contacto. A grano más fino corresponde mayor definición, naturalmente, y al empleo de emulsiones y papeles de grano fino y ultra-fino, se tenderá en la fotografía aérea, por dicha causa, la diferencia del grano, como la de la escala, modificará la "textura fotográfica" en una misma área.

De esta apariencia se desprende la Segunda Ley, que dice así:

"Los rascos de la superficie terrestre que por su in-  
menso número y diminuto tamaño relativo no pueden identificarse  
aisladamente en sus correspondientes imágenes fotográficas  
aéreas, como ocurre con las arenas en un desierto o con las  
hierbas en una pradera, ofrecen en su conjunto una apariencia  
típica en cada caso, que constituye lo que se denomina textura  
de la fotografía aérea, por lo que pueden identificarse aquellos  
rasgos geológicos combinados, imposibles de individualizar, cuando  
tienen una textura particular y definida".



Observaciones generales sobre las reglas del Segundo Grupo

"Forma", "tamaño" y "sombra", integran una unidad de reglas indisolublemente unidas e interdependientes. La sombra, en efecto, depende de la forma y del tamaño, y el tamaño y la forma, a su vez, dependen muchas veces de la sombra, en las fotografías aéreas verticales.

Estas tres reglas, que se desprenden de características inherentes a los objetos principalmente artificiales, que aparecen en las fotografías aéreas, se completan con la regla sobre las "relaciones" de estos elementos con los rasgos u objetos asociados a ellos en el área, o por semejanza o analogía con los que se encuentren fuera de ella, precisamente por razón de las circunstancias que pueden concurrir en tal asociación, de importancia definitiva, ocasionalmente, en la labor interpretativa.

Lo mismo que las reglas del primer grupo, estas son también de principal aplicación, más que a la interpretación fotogeológica propiamente dicha, a la identificación de los rasgos en las fotografías aéreas, pero se incluyen aquí para constituir un segundo punto de partida para el análisis fotogeológico, tanto para ayudarle en su desarrollo, como para proporcionar en su labor previa de identificación general de todos los rasgos registrados en la fotografía aérea, independientemente del valor geológico que cobren.





35 Los rasgos que se deben al hombre se encuentran "la mayor parte por líneas rectas o curvas, mientras que los rasgos naturales, tienen usualmente bordes irregulares".

En la naturaleza, raramente se dan rasgos con expresión regular, predominando los desordenados e irregulares, como ocurre con las redes hidrográficas, la onografía, o la misma geología. Por el contrario, la principal característica de los rasgos artificiales, es decir, los debidos a la actividad humana o cultural, es su regularidad, como sucede con el trazado de un ferrocarril, carretera o canal, o con los edificios de una población.

Muchos rasgos que tienen apariencia irregular, sin embargo, como ocurre por las parcelas de cultivo en el campo, las que frecuentemente se acomodan en sus límites a los accidentes topográficos del área, ya sean arroyos y quebradas, o cambios de pendiente etc., corresponden a la categoría de rasgos artificiales. Para evitar confusiones, debe adoptarse también a esta clase de identificación el criterio analítico del "tono" pues éste cambia siempre en los cultivos con relación a la vegetación natural o a los terrenos desprovistos de ella.

Esta necesaria distinción origina la Teoría Regia, que se enuncia del siguiente modo:

Las áreas con apariencia regular que muestran las  
características de las zonas artificiales, corresponden a aquellos que se

deben a la actividad humana en su mayor parte que  
las imágenes irregulares y desordenadas en apariencia pertenecen  
con por el contrario, a rasgos que, como los geológicos, son  
naturales. Por lo tanto, la forma horizontal de los objetos o  
rasgos, conjugada con su tamaño relativo, resolverá cualquier  
duda que pueda presentarse respecto a la identidad natural o  
artificial de los mismos".

CUARTA PARTE

DE LA SOMBRA

En el ya mencionado libro "La Sombra" se exponen tres métodos  
para la identificación de los objetos, y el primero de los ob-  
jetos e imágenes de la misma manera que éstos son en ella, se me-  
das por lo que se refiere a la identificación de su forma y  
localización mediante la sombra que arrojan.

Esos métodos que, con frecuencia, solamente por su nom-  
bre es identificable un objeto en las fotografías aéreas, ver-  
dad es lo que ocurre, no solamente con objetos artificiales,  
como puentes, torres o chimeneas de fábricas, sino también con  
objetos naturales de carácter botánico, como los árboles  
de hoja ancha de invierno, cuando la nieve se de naturaliza  
también, fisiográfica o geológica, etc. En el caso de  
la interpretación fotogeológica, reviste especial importancia  
la "sombra" especialmente cuando se trata de un objeto  
de gran altura, como es el caso de las montañas, que al ser  
fotografiadas por estos métodos, arrojan sombras que, a la vez,  
fornecen geológica muy notable.

El primer método se refiere al hecho de que, al ser  
fotografiado un objeto, éste arroja una sombra que, a su vez,  
forma una imagen invertida de él, lo que permite, en algunos  
casos, que para un mismo objeto, no hay necesidad de recurrir



las "sombras" que se proyectan de un  
solo muy conveniente para la observación estereoscópica, sien-  
do y cuando no sea excesiva, pues en tal caso obscurece la re-  
la donde se produce. Por tal motivo, deben hacerse las fotogra-  
fías en momentos en que la sombra cubra solamente el relieve,  
indicándolo, por, dejando libre de ellas toda la superficie  
posible. En cambio, si el terreno no es muy abrupto, conviene  
que las fotografías se tomen poco después de la salida y poco  
antes de la puesta del sol, con objeto de que las sombras sean  
largas y, de ese modo, destaque el relieve terrestre y  
todas las rasgos geológicos que lo tengan. Solo en casos espe-  
ciales es conveniente la toma de fotografías aéreas cuando el  
sol está muy alto sobre el horizonte.

Para el correcto estudio de las sombras en las fotogra-  
fías aéreas verticales, T. Abrams (1944) aconseja que estas se  
colomben de forma que la sombra caiga hacia el observador, por  
acentuarse así la percepción del relieve. La falta de cuidado  
en la correcta orientación de los ejes, genera al vez estudio  
estereoscópico, por lo que se refiere a la "sombra"  
puede producir efectos que induzcan a error al observar, al  
ofrecer una visión invertida del relieve, como se puede  
ver en la experiencia del y como ocurre en la práctica. El  
de la colina las fotografías del que estereoscópico, una  
diversión, únicamente fenómeno se produce siempre.

En la práctica se aconseja la toma de fotografías...



"Las sombras que aparecen normalmente en las fotogrametrías aéreas, al revelar y acentuar el relieve de la superficie terrestre que las origina, ponen en evidencia, al contrastar los elementos geológicos susceptibles de causarlas, por lo que constituye una guía inmejorable en la localización de rasgos estructurales y tectónicos."

## QUINTA REGLA

### DE LAS RELACIONES CON RASGOS U OBJETOS ASOCIADOS

Determinados rasgos geológicos aparecen en ocasiones, de carácter propio, lo suficientemente relevantes, como para permitir su inmediata identificación, independientemente del tamaño relativo que tienen en las fotografías aéreas, en cuyo caso se hace preciso relacionarlos, relacionándolos, con los rasgos u objetos que los circundan, de manera que, mediante la identificación directa de éstos, pueda lograrse la interpretación de aquéllos. Tal ocurre, por ejemplo, con rocas eruptivas enterradas bajo aluviones y de dudosa identidad, cuya naturaleza se descubre al aparato volcánico de donde proceden, el cual puede estar o no, próximo.

Esta regla tiene relación con la "evidencia indirecta", mediante la cual se pueden identificar o interpretar determinados rasgos u objetos, solo por "indicios" de su existencia, condición revelada indirectamente por la identificación de otros rasgos u objetos vecinos, más o menos asociados o relacionados con ellos. De este modo, cualquier rasgo asociado puede ser la clave de un fenómeno distinto a su definición, como cuando, al observar un río, se ve el curso de un río, evidencia de un fenómeno que lo ha producido, no obstante ser imposible su identificación directa, en las fotografías aéreas, como es el caso

por el procedimiento superficial solamente, exigiendo otras la-  
boras para su comprobación.

El "indicio" constituye, por lo tanto, un elemento de  
identificación y de ayuda para la interpretación de un fenómeno  
geológico dado, en las fotografías aéreas, pero es de grado in-  
ferior a la "evidencia latente", y aún de menor valor que la  
"evidencia". No obstante, "la convergencia de indicios" pueda  
constituir una "evidencia", del mismo modo que la "convergencia  
de evidencias", debe constituir una realidad verdadera.

Este procedimiento debe emplearse también, según H. T.  
U. Smith (1943), en los objetos difíciles de distinguir a causa  
de la pequeña escala de la fotografía aérea con relación a su  
tamaño relativo. Para el problema de identificar un objeto o  
caso, o para interpretarlo, en efecto, lo mismo da que la difi-  
cultad provenga de su falta de caracteres propios, que de la im-  
posibilidad de ser observados por el observador a causa de su  
reducido tamaño, por ser la fotografía aérea de una escala tan  
convenientemente pequeña.

Este fenómeno permite enunciar la Quinta Regla de la si-  
guiente manera:

"Cuando un rasgo geológico reproducido en una fotografía  
aérea, carezca de caracteres distintivos que permitan su identi-  
ficación directa, deberá ser relacionado con sus rasgos caracte-  
rísticos en el área, de forma que, por la identificación directa de  
ellos, se consiga la identificación indirecta o interpretación  
de ellos".

## Observaciones generales sobre las reglas del Poncho Grupo

Las cuatro reglas de este grupo son enteramente topográficas, es decir, corresponden "al conjunto de particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial" (Vergara Marín, 1926: 36; Muñoz Lumbier, 1945: 37; y Ochoa, 1947: 38). Entre estas particularidades se encuentran, además de las formas topográficas propiamente dichas, constitutivas del relieve terrestre, las discordancias existentes entre dichas formas, el gradiente o posición de las mismas y las alineaciones o rasgos lineales topográficos que presentan las fotografías aéreas.

"El estudio del relieve del suelo", dice De Martonne (1951: 39), "es la parte más importante de la geografía física, pudiéndosele considerar inclusive como la base de toda geografía. Independientemente de los factores cósmicos, que determinan los trazos más generales del clima, con sus consecuencias, son las desigualdades de la superficie terrestre lo que produce todos los contrastes, del clima como de la vegetación, de la dispersión de los hombres y de la actividad económica."

Se entiende aquí por geografía física "la descripción de los rasgos naturales de la superficie de la tierra", tal y como la define A. H. Roy (1920: 40). Para De Martonne (1951: 39) la topografía, "que constituye el auxiliar de la geografía física, es la base misma del estudio del relieve".



De esta modo, la topografía, base del estudio de la relieve  
ve en una de las partes más importantes de la geografía física,  
es que estudia la superficie terrestre con carácter actual y  
descriptivo, pero una introducción a la geología y es en  
este sentido como tiene la topografía vital importancia para la  
interpretación geológica de las fotografías aéreas.



## SEKTA, REGIA

### "DE LAS FORMAS TOPOGRÁFICAS O RELIEVE TERRESTRE"

El hecho de que la topografía de un área dependa en gran medida de su naturaleza geológica, hace posible el que, por el análisis de aquella se llegue a conocer la estructura de ésta. Por ello, en cierta ocasión el filósofo español Miguel de Unamuno, comparó poéticamente la topografía en su relación con el globo terráqueo, con la piel, respecto al cuerpo humano, refiriéndose a la dramática topografía española, la del "Quijote". Y así es en efecto, pues si bien es cierto que la topografía muestra la visión directa de la estructura geológica subterránea, no lo es menos que al mismo tiempo la descubre por el relieve que produce, y al que aquélla, como la piel al cuerpo, se acomoda.

La relación topográfico-geológica fue aplicada al campo de la exploración fotogeológica por W. T. Lee (1921) en el manifiesto que en el reconocimiento aéreo "muchas de las conclusiones de naturaleza geológica se desprenden de la interpretación de sus relieves superficiales".

Insistió en ello H. T. U. Smith (1942) al decir que "la topografía debe ser vista como el producto natural de procesos geológicos particulares, que operan sobre un conjunto dado de materias geológicas con unas condiciones definidas y en un medio".

47

climático específico", por lo que "la interpretación correcta de los rasgos topográficos y geográficos constituye la primera etapa en el uso de las fotografías aéreas".

En definitiva, el topográfico es uno de los ángulos desde los cuales se analizan geológicamente las fotografías aéreas, al lado del fisiográfico geomorfológico, o el botánico edafológico, etc.

De esta relación, se deduce la Sexta Regla, que dice así:

"Las formas topográficas, que cubren en su totalidad la superficie reproducida en las fotografías aéreas, se encuentran de tal modo condicionadas por la estructura geológica total o parcialmente, que el estudio detenido de tales formas llevará al conocimiento de su naturaleza geológica, de la cual son en sí mismas directo y natural producto, teniendo en cuenta en esta análisis el factor climático".

SECCION SEGUNDA

"DE LA POSICION O GRADIENTE"

"En el análisis del relieve, la noción de "pendiente" juega un papel esencial. Toda porción de la superficie terrestre presenta una declividad que es necesario evaluar: no existe la pendiente nula" (H. Derruau, 1958) 44. Así lo entendemos igualmente, P. H. Dache (1952) 45 al afirmar que "se puede decir que la topografía se compone de superficies inclinadas. Hasta las llanuras presentan algunas inclinaciones, y aquellas que son esencialmente llanas muestran con frecuencia algo de inclinación en una dirección determinada".

Esto hace que la distinción gráfica entre "planimetría" y "altimetría" o "nivela" sea puramente formal y aparente. Muy raramente, como ya hemos dicho (1950), las líneas de la planimetría se refieren a una superficie plana. Solo las ciberas de las montañas se refieren dentro de tal caso. Las vías de comunicación y los cursos de una gran parte cambian su curso físico en proporción a una superficie horizontal convencional.

Esta inclinación o gradiente superficial es muy importante en litología, pues afecta el grado de cohesión de las rocas que afloran y por lo tanto, es posible determinar en esta esfera un tipo de... De este modo las rocas se consolidan...

49

como las arenas, las arcillas, y las margas, tendrán poco gra-  
diente topográfico y tenderán hacia la posición horizontal, obe-  
diendo los imperativos de la pesantez, según la cual todo  
cuerpo situado en la superficie de la tierra es atraído por  
ella y tiene la tendencia a dirigirse a su centro, cuando cesan  
las causas que lo impiden, mientras que las más cohesionadas  
y cristalizadas, como las rocas calcáreas y las ígneas intrusi-  
vas, adoptarán agudo gradiente y tenderán hacia la verticalidad.

Por ello, la Séptima Regla se formula de este modo:

"La posición o postura de las rocas en la superficie ter-  
restre, denota su grado de consolidación, o de cohesión de los  
elementos que las componen, de forma que las menos consolidadas  
soportarán menor gradiente y tenderán hacia la posición horizon-  
tal, mientras que las más consolidadas o las cristalizadas, -  
tendrán mayor gradiente y tenderán hacia la verticalidad, de  
cuya propiedad se deriva la facultad de poderlas identificar de  
un modo general, por la simple observación catastrófica de su  
posición topográfica, fácilmente determinable en las fotogra-  
fías aéreas".



## OCTAVA REGLA

### "DE LA DISCORDANCIA"

Es normal y corriente que en topografía se presenten discordancias, es decir, contrastes entre determinados rasgos topográficos que tienen expresiones distintas, a causa de su diferente naturaleza o por efecto de fenómenos diversos, tales como las que se producen entre depósitos aluviales recientes, y las rocas más o menos consolidadas que aquéllos ocultan en mayor o menor grado.

Entre estas discordancias o anomalías topográficas se encuentran las denominadas "rupturas o cambios de pendiente", que según M. Darroux (1958) consisten "en las bruscas variaciones de la declividad a lo largo de una vertiente o de un "thalweg", y que, para L. Desjardins y S. Grace Howe (1939) 46, constituyen "el más valioso criterio para dibujar un estrato con el estereoscopio, en las fotografías aéreas".

Los sistemas de pendientes regulares, que constituyen el caso normal en topografía, se encuentran frecuentemente interrumpidos, cortados, por diversos accidentes, que forman estas "rupturas o rompimientos de pendiente", - "rupture de pente" de los autores franceses, y "break or change in slope" para los de habla inglesa, - de los cuales son los más notables los debidos a influencias tectónicas.

Las "rupturas de pendiente" que se deben al tectonismo por el efecto, las más marcadas, no solamente por la amplitud del desnivel que ocultan, sino por la continuidad sin solución alguna, a lo largo de distancias considerables.

Las "rupturas de pendiente" que se deben a la estructura geológica son motivadas por la diferente naturaleza de los estratos, en los que se excavan los valles.

Otras "rupturas" no se deben a la estructura geológica, encontrándose entre ellas las que reconocen por causa los diferentes modos de erosión, la descomposición química y la disgregación mecánica.

Entre los modos diferentes de erosión se encuentran el de la erosión superficial normal y el de la erosión subterránea; el de la erosión glacial, la cólica, etc.

La descomposición química varía según la diferente naturaleza de las rocas, más o menos permeables y más o menos heterogéneas, "lo que explica en gran parte las facies topográficas debidas a la geología" 47.

La disgregación mecánica se produce después de la descomposición química, siendo suficiente la pesantez para precipitar los gruesos granos por las pendientes más abruptas.

Las citadas discordancias dan lugar a la Octava Regla, que dice:

Las discordancias topográficas entre las cumbres y los valles se explican por la estructura tectónica de los elementos que rodean la superficie terrestre, así como por los fenómenos de diversa naturaleza que en ella tienen lugar. Originalmente concebidos, raras veces afortunadamente permitieron descubrir muchos fenómenos geológicos en las fotografías aéreas, tanto estratigráficas como estratigráficas y tectónicas.

## NOVENA, REGIÓN

"DE LAS ALINEACIONES"

Las fotografías aéreas muestran, con gran frecuencia, notables rasgos lineales de mayor o menor longitud, escasos y aislados, o abundantes y formando sistemas paralelos, rectangulares, o poligonales en general. A este fenómeno lo ha denominado F. H. Lane (1932), "alineación", considerándolo efecto "de la estructura geológica, la clase particular de roca o la topografía", estimando que "es de real importancia para describir la estructura e historia geológica de una región".

Estas "alineaciones" de las fotografías aéreas, muestran todos los rasgos tectónicos y estructurales que tienen tal expresión en la superficie terrestre, como diaclasas, otras fracturas, y toda clase de fallas. R. G. Ray (1956) dice a este respecto, que "las alineaciones son particularmente importantes como expresión de fallas, pero también pueden reflejar con gran variedad de otros fenómenos geológicos". Entre otros, mencionan los de estratificación, y diversas clases de intersecciones, como los más notables.

H. F. U. Smith (1943), señala entre otros, los siguientes criterios para reconocer las fallas en las fotografías aéreas a base de "alineaciones":



Las rupturas topográficas rectilíneas en forma de cortes de estructuras plegadas;

Los cursos fluviales rectilíneos y configuraciones colineales de cursos de agua;

Colinas o cerros alineados, formando crestas, en relación alguna con capas individuales resistentes. Tales crestas pueden representar zonas cementadas a lo largo de fallas;

Formas rectilíneas de escarpas, ríscos o zonas de vegetación, especialmente si atraviesan líneas de avenamiento o de pendiente topográfica. Cuando elementos rectilíneos de formas topográficas se cortan formando configuraciones angulares, tal fenómeno debe atribuirse a la presencia de sistemas o juegos de fallas que se intersecan;

Límites rectilíneos que separan áreas de diferente coloración de suelo o de zonas de vegetación, contrastadas entre sí.

Estas alineaciones o rasgos rectilíneos solamente aparentes, generan la Novena Regla, de la manera siguiente:

"Las imágenes que en las fotografías aéreas tienen una definida expresión lineal, de apariencia más o menos recta, aisladas, o agrupadas formando sistemas, corresponden a rasgos tectónicos, estructurales y estratigráficos del área reproducida, pudiéndose localizar y correlacionar de esta manera, mucho más fácilmente y de forma más completa que en el propio terreno, en la mayoría de los casos".

Observaciones generales sobre las reglas del Cuarto Grupo

Si desde los tiempos de Charles Lyell se admite como una verdad incontrovertible el que "el presente es la clave del pasado", con razón afirma O. P. von Engeln (1949) 48 "que la competencia en la interpretación geomorfológica es fundamental para el adiestramiento geológico", ya que "la geomorfología es ... el presente geológico, que debe ser dominado antes de que el pasado geológico pueda ser comprendido".

La "geomorfología", según P. Macar (1946) 49, "estudia las formas del terreno, esforzándose por descubrir su génesis y evolución". Se ocupa, por lo tanto, de la litósfera externa, constituyendo una de las principales ramas de la "fisiografía", al lado de la "hidrografía", que estudia la hidósfera, y de la "meteorología", que tiene por objeto de su investigación, la atmósfera.

"Fisiografía" y "geomorfología" no son, pues, voces sinónimas, ya que la primera constituye el todo, y la segunda sólo una parte. Por el contrario, sí son de análogo significado los términos "fisiografía" y "geografía física", pues ambas designan la ciencia, - al estilo de los autores angloamericanos, y de los europeos, respectivamente, - "que estudia la litósfera con carácter actual, como mera descripción de la superficie o introducción a la geología". Invertiendo los términos, puede ser considerada "como el último capítulo de la geología, y su

campo de acción la zona de contacto del aire, el agua y la tierra" 50.

Conviene aclarar que, no obstante la diferenciación entre las tres ramas citadas de la "fisiografía", y aunque la "geomorfología" se refiere concretamente al estudio sistemático de las formas terrestres y a su interpretación, como registro de la historia geológica, también amplía su campo de acción a la hidrosfera, aunque sin llegar a los límites de la "oceanografía", y a la atmósfera, pero sin la especialización de la "meteorología" y de la "climatología".

En síntesis, la fisiografía es descriptiva y estática, mientras que la geomorfología es explicativa y dinámica; la fisiografía se refiere a las envolturas gaseosa, líquida y sólida del globo terráqueo, mientras que la geomorfología se ocupa solamente de la última, de la terrestre, con la extensión limitada al ámbito de las otras, anteriormente apuntada.

Las reglas de este grupo, son, por lo tanto, relativamente geológicas y, en consecuencia, de importancia capital en la interpretación fotogeológica. Aunque la erosión y el drenaje o drenaje se encuentran estrechamente enlazados, constituyen factores analíticos distintos en la interpretación de las imágenes de las fotografías aéreas, por lo cual dan lugar a dos reglas separadas.

57

DECIMA REGLA

"DE LA EROSION"

La erosión se rige, en su función de modelar las rocas que constituyen la parte externa o superficial de la corteza terrestre, por una serie de factores físicos y químicos, que varían para cada tipo de roca y de clima, encontrándose entre los primeros la cohesión, homogeneidad y tamaño de los granos, y entre los segundos, la permeabilidad y la solubilidad.

A esto se debe al que cada tipo de roca tenga un modo característico de erosionarse. "Como las diferentes agencias erosivas," dice W. D. Thornbury (1954) 51, "actúan sobre la superficie terrestre, se produce en ella una secuencia de formas que tienen características distintivas en las sucesivas etapas de su desarrollo. Estas características distintivas dependen ciertamente del estado de desenvolvimiento de la forma terrestre, principio que W. M. Davis insistió en repetir, y cuya consecuencia ha sido el concepto de ciclo geomorfológico que se puede definir "como los diversos cambios que en la configuración superficial sufre una masa terrestre, con los procesos cinceladores actuando sobre ella". La línea básica en que, partiendo de una superficie inicial de tipo dado, bajo la que subsiste un determinado tipo de estructura geológica, la operación de los procesos geomorfológicos sobre dicha masa, da como resul-



tado una secuencia, más bien que un desarrollo casual o fortuito, de las formas terrestres". Por otra parte, el clima influye de un modo decisivo en los procesos erosivos, imprimiéndoles su particular sello.

Conociendo los diversos modos de erosión de las diferentes rocas, resulta factible una identificación directa e indirecta, por la expresión erosiva que exhiben en las fotografías aéreas. A este respecto, A. J. Eardley (1942) dice que "en cualquier área de distribución heterogénea de diversos tipos de rocas, éstas responden a los agentes del intemperismo de distintos modos, y sus características de intemperización sirven para usarse en el trazado de los contactos". R. R. Hartman y K. N. Isaacs (1958) 52, igualmente afirman que este factor analítico sirve "para determinar los contactos geológicos, el espesor de los estratos e, indirectamente, los tipos de rocas mismos" en las fotografías aéreas.

H. T. U. Smith (1943), otorga extraordinaria importancia en fotogeología, a este factor clave, manifestando que "ninguna forma erosional es demasiado pequeña para carecer de significación, cuando se escrute cuidadosamente con el anteojo".

Así, la Décima Regla, de naturaleza fisiográfica y geomorfológica, dice:

"Los agentes erosivos atacan a las rocas de un modo selectivo o diferencial, según los materiales de que están constituidas, originándose formas de erosión características de que"

diversos tipos y del estado de desarrollo del tipo de erosión  
 correspondiente para cada tipo de clima; este conocimiento permite  
 la identificación de las unidades litológicas más importantes  
 mediante el estudio en las fotografías aéreas de particular  
 modo en que responden a "la acción erosiva".

UNDECIMA REGLA

"DEL AVENAMIENTO O DRENAJE"

El "avenamiento" o "drenaje", es decir, "la manera en que un área dispone del agua que escurre sobre ella" (R. R. Hartman y K. N. Isaacs, 1958), se encuentra, como la erosión, estrechamente unido a la naturaleza de las rocas cuya superficie lava.

Según sea esta, la estructura geológica y el clima, así será el tipo de avenamiento, que W. D. Thornbury (1954) define como "el plan o diseño particular que los cursos fluviales individuales forman colectivamente". Según este mismo autor, la configuración del drenaje refleja: la pendiente inicial, las desigualdades en la dureza de las rocas, los controles estructurales, el diástrofismo reciente y la historia geológica y geomorfológica reciente de la cuenca hidrográfica.

La configuración formada por el sistema de corrientes fluviales en un área dada, es de extrema importancia para H. T. U. Smith (1943), "como guía del carácter general de la topografía y como clave de la estructura geológica o historia geomorfológica".

D. P. Kryrine y W. R. Judd (1957) estiman que "las configuraciones del drenaje son características de un sustrato o rocas dadas, o de un complejo de varios materiales, y un cambio en el

tipo de suelo o de roca generalmente es acompañado por un cambio en la configuración del drenaje".

Así, pues, cada modelo o diseño del avenamiento corresponde a determinada clase de rocas, dentro de un clima específico, y reflejará la estructura geológica oculta y su expresión superficial topográfica.

C. de Elieux (1949) 53, ha demostrado la importancia que tiene el avenamiento en la localización de domos salinos por medio de fotografías aéreas, así como E. N. Tiratsoo (1951) 54, siguiendo "desviaciones en las líneas regionales del drenaje", es decir, localizando anomalías regionales del avenamiento.

De este modo, se formula la Undécima Regla, también basada en la geomorfología y en la fisiografía, así:

"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".



### Observaciones generales sobre la regla del Quinto Grupo

La única regla de este grupo, última que se formula, aun que se basa en la fusión de tres factores analíticos clave, es decir, en los constituidos por las características de los suelos, de la cubierta vegetal natural, y de la cubierta vegetal artificial, agricultura, o uso del suelo por el hombre, en realidad es principalmente de carácter botánico natural.

Las relaciones entre la vegetación y la geología son de antiguo conocidas por los geólogos, quienes saben perfectamente que, dentro de ciertos límites, las rocas impermeables pueden soportar escasa vegetación, mientras que las rocas porosas la soportan abundante y desarrollada, lo que les permite identificar, en ocasiones, las principales clases de rocas a primera vista, sobre las fotografías aéreas, por la simple consideración de la densidad de la vegetación que las cubre.

En general, las variaciones de la densidad de la vegetación en un área dada dependen, especialmente, de la capacidad que las rocas tengan para retener la humedad, y de las posibilidades de los suelos para alimentar a las plantas, todo lo cual depende, a su vez, y en definitiva, de la composición y textura de la roca madre.

De este modo, la vegetación constituye una guía fotogeológica segura, por estar íntimamente relacionada con la geología a través de los suelos que la soportan, producto de la des-

Integración de las rocas que subyacen a los mismos.

Esta estrecha interdependencia permite hacer la correlación planta-suelo-roca, que constituye la esencia de esta regla final, condicionada por su parte, por el clima y los factores geológicos locales.

## DUODECIMA REGLA

### "CORRELACION PLANTA-SUELO-ROCA"

Esta correlación ya había sido advertida, entre otros, y por lo que se refiere a las fotografías aéreas, por H. Bourne (1928) 55, cuando dijo que "localmente, dentro de una zona climática, el tipo de bosque natural tiende a modificarse con los cambios en formaciones geológicas y en condiciones de los suelos".

Es en efecto, el clima quien, en unión de las condiciones topográficas, "determinan la influencia física o química, de afinidad o aversión de una planta o árbol por una roca o suelo" (R. R. Hartman y K. N. Isaacs, 1958), C. A. Hart (1948) 56, se manifestó en igual sentido al aseverar que "hay una definida correlación de los tipos de vegetación, con el contenido de humedad de los suelos y las condiciones de las rocas".

Posiblemente, sea esta correlación uno de los criterios analíticos más utilizados en fitogeología, por la posibilidad de encontrar vegetación en cualquier parte de la superficie terrestre, en mayor o menor grado y, por poderse deducir conclusiones de tipo geológico, incluso de su absoluta falta.

A veces, llega a ser tan decisiva esta guía, que permite la localización de estructuras geológicas, con frecuencia difíciles de identificar superficialmente de otra manera, como en:

pre con los domos salinos. A este respecto, uno de los más ilustrados fotogeólogos, Frank A. Melton 57, manifiesta que "el uso del aeroplano en los periodos iniciales del desarrollo petrolero en el área de la Costa del Golfo, le habría permitido localizar fácilmente más del noventa por ciento de todos los domos salinos de dicha región."

La vegetación señala, igualmente, en la mayoría de los casos, las trazas de las fallas, y de las demás clases de fracturas, y lo mismo ocurre con los estratos aflorantes de diversas rocas, cada uno de los cuales puede distinguirse de los demás, por la vegetación característica que mantiene, como consecuencia del diferente grado de humedad de cada uno, y de su distinta constitución física y química.

L. Desjardina (1950) 58, considera "el color del suelo y el tipo de vegetación, como evidencias fotográficas, no topográficas, de afloramientos de unidades estratigráficas". De la misma opinión es W. S. Levings (1944) 59, para quien "el efecto de las rocas sobre la composición de suelos residuales formados por ellas, puede ser reconocido desde el aire o en las fotografías aéreas, no solamente por las variaciones de color del suelo, sino más frecuentemente aún, por el carácter y distribución de la vegetación que el suelo reporta".

Determina el alcance de estas correlaciones B. H. Spurr (1948) 60, al opinar que "la correlación detallada de los suelos y los rasgos geológicos con la calidad de los emplazamientos"



los forestales debe ser establecida regionalmente".

Gracias, pues, a esta "correlación", se pueden determinar los contactos geológicos entre formaciones, por su distinta vegetación o por el contraste entre zonas con cubierta vegetal y otras desprovistas de ella, lo que se efectúa por el simple análisis de sus expresiones fotográficas. Igualmente se pueden identificar la mayor parte de los rasgos estructurales y tectónicos que se reflejan en la superficie terrestre.

En conclusión, según E. Bourne (1928), "parece razonable deducir que, la distribución de los tipos y sub-tipos de la vegetación, considerados en relación con el color del suelo y la configuración del sistema de avacamiento o drenaje, indican:

- (a) Cambios de formaciones geológicas;
- (b) La estratificación de ciertas formaciones;
- (c) El afloramiento de ciertos estratos, y
- (d) La dirección general del rumbo en las rocas estratificadas".

Así, pues, la Dirección y última Ronda, se ampara de este modo:

"Los diferentes tipos de vegetación que cubren los terrenos superficiales, por depender de las rocas subyacentes cuya descomposición caracteriza a los suelos que los soportan, para el registro en las fotografías aéreas, de los contactos

que de las "balas" usadas en la localización de la mayo-  
 ría de los rasgos estructurales y tectónicos reflejados en di-  
 cha superficie con el análisis de sus rasgos y rasgos vertica-  
 les respectivamente, acerca a la correlación misma en la zona no  
 indicada por los "sectores climáticos y topográficos" correspon-  
 "dientes".

## CONCLUSIONES

Las doce reglas fundamentales de la interpretación fotogeológica anteriormente enunciadas no agotan, ni mucho menos, la posibilidad de formular otras, bien considerando factores analíticos clave distintos a los que han servido de base para esta regulación, o bien interpretando los aquí utilizados, de distinta manera.

El número de reglas puede elevarse, cuando menos, a veinte, es decir, al de los factores analíticos reseñados en un principio, siempre y cuando se intente el planteamiento del problema de dotar a la fotogeología de un método, del mismo modo que se ha propuesto en este trabajo: mediante la confección de unas normas retóricas particulares, reguladoras de la interpretación fotogeológica, basadas en el sistema general de identificación de las imágenes en las fotografías aéreas.

De la misma manera que se ha aplicado a la fotogeología, considerada como técnica especial de la interpretación de las fotografías aéreas, puede fundamentarse en el sistema de factores analíticos clave la regulación de la interpretación geográfica, agrícola, forestal, de suelos, urbanística, arqueológica, o de ingeniería diversa, para no citar nada más que algunas de las más interesantes interpretaciones civiles de que pueden ser objeto las fotografías aéreas.

Por otra parte y, como ya oportunamente se dijo, el intento de sistematización de la técnica fotogeológica que aquí se hace, solo alcanza al elemento "cognoscitivo" de la misma, o sea, al "método" o "camino" que es necesario seguir para obtener el esperado fruto de la interpretación; falta, por lo tanto, proceder a la regulación eficaz y completa del otro elemento que integra la interpretación, constituido por la aplicación práctica de la técnica, entendiéndose este término en su sentido más estricto, o de "hacer", tarea igualmente muy importante, por encerrar problemas del mayor interés, como el de las correlaciones fotogeológicas, que constituye todavía un obstáculo muy fuerte en la tarea de fundir correctamente las interpretaciones ejecutadas por separado. Una vez en posesión del secreto de "saber hacer", metódica, sistemáticamente, se habrá conseguido trasponer lo peor de la jornada.

Por lo tanto, las reglas aquí esbozadas pueden servir de punto de partida en la empresa de sistematizar la técnica de interpretación fotogeológica y, así consideradas, constituyen un intento para establecer sobre firmes bases la futura doctrina científica de la fotogeología.

El progreso científico se logra mediante sucesivos intentos, impulsados por la preocupación de aproximarse a la certeza hasta donde sea posible, y ante el temor de incurrir en el error, siempre probable. Por lo que respecta a las ciencias geológicas, que no son exactas, esta táctica ha sido la principal



fuentes de sus éxitos y la esencia de su filosofía.

Y, esto es lo que se ha intentado realizar aquí: un tanteo para lograr adelantar en el perfeccionamiento de la técnica de interpretar las fotografías aéreas con fines geológicos, dotándola, para dicho objeto, con un esquema de reglas metódicas de la interpretación.

Porque no hay que olvidar que, en esta categoría de empresas, todos los esfuerzos que en tal sentido se hagan, resultan, al fin y a la postre, siempre fecundos, aunque como obra humana estén sujetos a posteriores correcciones, corregibles a su vez, andando el tiempo; que tal es el eterno destino de lo que el gran pensador Arnold Toynbee <sup>61</sup> ha denominado "técnica efímera", calificativo que bien puede aplicarse, por extensión, a todo nuestro fugaz conocimiento científico.

BIBLIOGRAPHY NOTES

1. Colwell, R. M. "Photographic Interpretation for Civil Purposes", Manual of Photogrammetry, Second Edition, American Society of Photogrammetry, pp. 535-602. (Chapter XII), George Banta Publishing Co., Menasha, Wisconsin, Washington, D. C., 1952.
2. Committee on Nomenclature of the American Society of Photogrammetry. "Definitions of Terms Used in Photogrammetry", Manual of Photogrammetry, Second Edition, American Society of Photogrammetry, pp. 805-842. (Chapter XIX), George Banta Publishing Co., Menasha, Wisconsin, Washington, D. C., 1952.
3. American Geological Institute. "Glossary of Geology and Related Sciences", Washington, D. C., Second printing, August, 1957.
4. Hay, Richard G. "Photogeologic Procedures in Geologic Interpretation and Mapping" (Procedures and Studies in Photogeology), Geological Survey Bulletin no. 1043-A, United States Government Printing Office, Washington, 1956.

5. Quirós Peña, Felipe. "Introducción a la Petrogeología". Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. II, No. 1, pp. 55-70, México, 1950.
6. Dohn, C. F. "The Use of Aerial Photographs and Mosaic by the Dominican Seaboard Oil Company in the Dominican Republic, Hispaniola". Informe de distribución limitada de la Standard Oil Development Company, Production Research and Engineering Department, Bulletin No. 30, Geological Clearing House, Appendix E. New York, October 1942.
7. Dallous, R. J. "Use of Aerial Photographs in Reconnaissance Geologic Mapping". Informe de distribución limitada de la Standard Oil Development Company, Production Research and Engineering Department, Bulletin No. 30, Geological Clearing House, Appendix F. New York, October 1942.
8. Lank, Walter K. "Notes on the Use of Aerial Photographs". Informe de distribución limitada de la Standard Oil Development Company, Production Research and Engineering Department, Bulletin No. 30, Geological Clearing House, Appendix D. New York, October 1942.

- 9.- Woolnough, V. G. - "Notes on the Technique of Aerial Photogrammetric Survey for Geological Purposes in Australia", Proceedings World Petroleum Congress, Vol. I, London, 1933.
- 10.- Laussedat, Aimé. - "Recherches sur les Instruments, les Méthodes et le Dessin Topographiques", Tome II, Première Partie "Iconométrie et Métophotographie", Gauthier-Villars, Paris, 1901.
- 11.- Académie des Sciences, Paris. - "Comptes Rendus", T. LXII, 1866, p. 873, y T. XCIX, 1882, p. 1074.
- 12.- Civiale, Aimé. - "Les Alpes au Point de Vue de la Géographie et de la Géologie", J. Rothschild, Paris, 1892.
- 13.- Todas las transcripciones en francés y entrecomilladas, incluso éstas, proceden de la citada obra de A. Laussedat.
- 14.- Laussedat, A. - Obra citada.
- 15.- Trott, Timothy. - "Development of Aerial Camera Stabilization and Its Effect on Photogrammetry and Photo Interpretation", Photogrammetric Engineering, Vol. XXIII, No. 1, March 1957, pp. 122-130.



16. - Head, Henry A. - "Topographic Drawing and Sketching, including applications of Photography", John Wiley & Sons, New York, 1914.

17. - Pestrekov, Dr. I. - "Notes on Russian Photogrammetric Optics" Photogrammetric Engineering, Vol. XX, No. 3 (June 1954), pp. 488-492.

18. - Whitmore, George D. - "The Development of Photogrammetry" Manual of Photogrammetry (Chapter I), American Society of Photogrammetry, George Banta Publishing Co., Menasha, Wisconsin, Washington, D. C., 1952.

19. - Lee, Willis T. - "The Face of the Earth as Seen From the Air", American Geographical Society Special Publication No. 4, New York, 1922.

20. - Lee, Willis T. - "Stories in Stone", D. Van Nostrand Company, New York, 1926.

21. - Brooks, A. H. - "The Use of Geology on the Western Front", U. S. Geological Survey Prof. Pap., 128 - D, pp. 85-124, Washington, 1920.

22. - Lab. Willis T. - Obras citadas.
23. - Pascoe, Edwin. - India Geological Survey Memoirs, Vol. 48, 1922.
24. - Res. Henry Carter. - "Photogeology", American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol. XXV, No. 9 (September, 1941), pp. 1796-1800.
25. - American Geological Institute. - "Glossary of Geology and Related Sciences", Washington, 1957.
26. - Russell, Bertrand. - "Dictionary of Mind, Matter and Morals", edición en castellano, Santiago Bueda Editor, Buenos Aires, 1955.
27. - Rev. Abel. - "Lógica", edición en castellano (traducción de Julián Besteiro); Ediciones La Lectura, S.A., sin fecha.
28. - Russell, Bertrand. - Obra citada.
29. - Citado por Mullins, Robert. en "Studies in Photogeology" (Preliminary Geological Mapping with Survey Photographs) pp. Institut Geol. Nisali A. G., Zurich, 1949.

- 30.- Ray, Richard O. - "Photogeologic Procedures in Geologic Interpretation and Mapping", Geological Survey Bulletin 1043 - A, Washington, 1956.
- 31.- Brook, O. C. - "Physical Aspects of Air Photography", Longmans, Green and Co., Edinburgh, 1952.
- 32.- Smith, H. T. U. - "Aerial Photographs and Their Applications", Appleton-Century-Crofts, Inc., New York, 1943.
- 33.- Krynine, Dimitri P. y Judd, William R. - "Principles of Engineering Geology and Geotechnics" (Chapter 7, Maps and Airphotos: "Airphoto Interpretation"), McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957.
- 34.- Bardley, A. J. - "Aerial Photographs: Their Use and Interpretation", Harper & Brothers Publishers, New York, 1942.
- 35.- Abrams, Talbot - "Essentials of Aerial Surveying and Photo Interpretation", McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1954.
- 36.- Vergara Martin, Gabriel Maria - "Diccionario de Vozes y Termos Geograficos", Libreria y Casa Editorial Hernando (S. A.), Madrid, 1926.

37.- Añón Lumbier, Manuel. - "Vocabulario Etimológico Geológico y de Voces Relacionadas con la Geografía". Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Publicación No. 75, Mexico, 1945.

38.- Coluccio, Felik. - "Diccionario Geológico-Minero", Librería y Editorial El Ateneo, Buenos Aires, 1947.

39.- Hartonne, Emmanuel De. - "Traité de Géographie Physique" (Tome Second, Le Relief du Sol; Chapitre I, "Topographie et géologie"), Armand Colin, Paris, 1951 (1925).

40.- Fay, A. H. - "Glossary of the Mining and Mineral Industry". U. S. Bureau of Mines Bulletin 95, 1920.

41.- Hartonne, Emmanuel De. - Obra citada.

42.- Diccionario de Geología y Ciencias Afines. - Dirigido por Irujo y P. Chiesso (Pedro de), (Tomo I, Geografía Física), Editorial Labor, S. A., Madrid, 1957.

43.- En conferencia pronunciada en el anfiteatro de la Facultad de Medicina de la Universidad de Madrid, aproximadamente entre 1932-35.



44. - Derruau, M. - "Précis de Géomorphologie", Deuxième Edition  
Nasson et Cie., Éditeurs, Paris, 1958.

45. - Lehner, Frederic H. - "Field Geology", McGraw-Hill Book Compa-  
ny, Inc., New York, 1952.

46. - Desjardins, Louis, y Hower, S. Orsca. - "Geologic, Topogra-  
phic and Structural Mapping from Aerial Photographs"  
American Petroleum Institute, Finding and Producing  
Oil Edition 1939.

47. - Martens, Emmanuel de. - Obra citada.

48. - Engeln, O. D. von. - "Geomorphology", The Macmillan Company,  
New York, 1949.

49. - Macar, Paul. - "Principles de Géomorphologie Morpho-" (Étude  
des Forces du Terrain des Régions à Climat Humide),  
H. Valliant-Carmame, S.A., Liège, 1946.

50. - Enciclopedia de Geología y Ciencias Afines. - Editorial Labor.  
Citado anteriormente.

- 51.- Thorntony, William D. - "Principles of Geomorphology", (21  
Tools of the Geomorphologists: "Clues to Airphoto  
Interpretation"), John Wiley & Sons, New York,  
1954.
- 52.- Hartman, Ronald R. & Tracy, Kelman N. - "System in Photo  
geology", Bulletin de la American Association of Pe  
roleum Geologists, Vol. 42, No. 5 (May, 1958),  
pp. 1083-1093, Tulsa, Oklahoma.
- 53.- Blieux, C. de. - "Photogeology in Gulf Coast Exploration"  
Bulletin de la American Association of Petroleum  
Geologists, Vol. 33, No. 7 (July, 1949), pp. 1251,  
1259, Tulsa, Oklahoma.
- 54.- Tiratsco, E. N. - "Petroleum Geology", (Chapter 12, Surface  
Oil Finding: "Air Survey"), Methuen and Co., Ltd.,  
London, 1951.
- 55.- Bourne, Bay. - "Aerial survey in Relation to the Economic  
Development of the New Countries with Special Refe  
rence to an Investigation carried out in Northern  
Rodesia", Oxford Forestry Memoirs 9, Oxford  
University Press, New York, 1928.

- 56.- Harb, C. A. "Air Photography Applied to Surveying", Longmans, Green and Co., London, 1948.
- 57.- Melton, Frank. A. Cita de Levinge, W. S., como comunicación personal, en "Aerogeology in Mineral Exploration", p. 29, (Referencia completa en la Nota 59).
- 58.- Desjardins, Louis. "Techniques in Photozeology", Boletín de la American Association of Petroleum Geologists, Vol. 34, No. 12 (December, 1950), pp. 2284-2317, Tulsa, Oklahoma.
- 59.- Levinge, William S. "Aerogeology in Mineral Exploration" Quarterly of the Colorado School of Mines, Vol. 39, No. 4, Golden, Colorado, October, 1944.
- 60.- Spurr, Stephen H. "Aerial Photographs in Forestry", The Ronald Press Company, New York, 1948.
- 61.- Toynbee, Arnold. "A Study of History", Edición en castellano, Tomo IV, Segunda Parte, pag. 444, Emecé Editores, S. A., Buenos Aires, 1955.