

Felipe Guerra Peña. Dedicó sus mejores años a la enseñanza y a la práctica profesional en México; era un experto en las técnicas fotointerpretativas y estimuló a muchos en ese campo del conocimiento. Daba clases en el Colegio de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Era consultor de la entonces Dirección de Estudios del Territorio Nacional y trabajaba en el Consejo de Recursos Naturales no Renovables, en donde dirigía el Departamento de Fotogeología.

Las doce principales reglas de la interpretación fotogeológica y las bases fundamentales de que se derivan*

Felipe Guerra Peña

INTRODUCCIÓN

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

La interpretación de las fotografías aéreas, en general, consiste según Colwell (1952: 535-602), 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 (1952:805-842), 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 fotográfica se efectúa con fines geológicos, recibe el nombre de "fotogeología", que la *Photogeology Section, del U. S. Geological Survey* (1956; AGI, 1957; Ray, 1956), 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, el edafológico, el forestal, el hidrológico, el arqueológico, el topográfico, el geomorfológico, el urbanístico, el catastral, el agrícola, el de previsión de las inundaciones, el de protección de la acción erosiva, el aplicado a la ingeniería para la construcción de carreteras, ferrocarriles, puertos o presas, etcétera. Esto por lo que se refiere a las actividades civiles solamente, sin tomar 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 exploración minera o petrolera, a la hidrológica, 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 se debe a su evidente superioridad sobre todos los demás métodos de exploración, especialmente por lo que se refiere a rapidez y bajo costo, así como al notabilísimo hecho de que permite registrar rasgos y

* Publicado en: Guerra Peña, F. (1961), *Anuario de Geografía*, vol. I, 1961, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, pp. 79-116.

fenómenos geológicos que, en ocasiones frecuentes, son de la mayor trascendencia, y que, de otro modo, habría pasado completamente inadvertidos (Guerra, 1950:55-70).

La economía de tiempo en la exploración que este método permite, sorprende una vez experimentado. Así, Dohm (1942), afirma que: "Sin reserva alguna puede decirse que el empleo de fotografía 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 Dallmus (1942), 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 sólo 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, Link (1942), 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. Estimamos que un geólogo puede cubrir una superficie tres veces mayor y que la calidad del trabajo es superior, así como que las fotografías permiten obtener a nuestros geólogos un cuadro más real de la verdadera geología. 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 anteriormente reseñadas se emitieron con ocasión de la fe-

liz conclusión de un importante ensayo fotogeológico, a modo de proyecto-piloto, llevado a cabo en las Antillas Mayores por la Standard Oil Company of New Jersey, en el que tuvo la satisfacción de participar modestamente el que escribe estas líneas, allá por los años de 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 el que los reconocimientos se inicien sobre el terreno, en caso de ser aquella favorable, o que se desechen y condenen, en caso contrario. 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, Woolnough (1933) afirmaba: "Existen pocas dudas de que, en un futuro muy próximo, ningún trabajo geológico importante se considerará completo mientras no esté 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.

Origen y desarrollo actual de la técnica fotogeológica

La palabra *fotogeológica*, término que ha conseguido prosperar en concurrencia con otros menos afortunados, hizo su aparición para designar esta técnica en 1901, aunque aplicada exclusivamente a la interpretación de fotografías terrestres. Con este vocablo se designó entonces un nuevo procedimiento de exploración geológica. "*// s'agissait, en effet*", dice Laussedat (1901), considerado

con justicia como "el padre de la fotogrametría", —*d'appliquer la Photographie à 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 serie 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, en todos sentidos memorable, fue realizado por el oficial francés del cuerpo de ingenieros Aimé Civiale, 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 dio cima, felizmente, en 1868. Sometió sus labores, año tras año, a la Academia de Ciencias, de París y de esta elevada institución obtuvo la aprobación para todos, luego de ser cuidadosamente examinados por los más competentes jueces (Academie des Sciences, 1866:873; 1882:1074). Al describir estos laboriosos trabajos cita A. Laussedat, por primera vez en la literatura científica, la palabra "fotogeología", refiriéndose a la recopilación que Civiale hizo de sus experiencias: "*il les a resumés dans un Ouvrage où l'on peut découvrir un premier et large sillon dans le champ de la Photogéologie*" (Civiale, 1882):

Aimé Civiale, "*aussi passionné géologue que vaillant alpiniste et habile photographe*", utilizando cámaras fotográficas de grandes dimensiones, con fotografías de un formato de 30 x 40 cm, y manipulando el colodión húmedo y el papel encerado seco, con placas de vidrio excesivamente frágiles, logró producir 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 catorce fotografías más notables para su obra escrita, que vio la luz en 1882. Verificó por sí mismo sus interpretaciones fotográficas, recogiendo 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*", empresa "*trop vaste pour qu'il put l'aborder à lui seul et avec ses propres ressources*".¹

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

Resulta evidente que, mientras la fotografía no avanzase, tampoco podría progresar la fotogeología. Sin embargo, a despecho de las ingentes 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, pudo tomarse la primera fotografía aérea en 1858, en París, desde la barquilla del globo de Godard, anclado sobre el hipódromo antiguo de Saint Cloud. Esta fotografía "*à vol d'oiseau*", es oblicua alta y fue tomada por el fotógrafo Nadar, sobre la zona del arco de triunfo de La Estrella, con Montmartre en la lejanía, y la avenida del Bosque de Bolonia al pie (Laussedat, 1901).

En el mismo año de 1858, los señores King y Black hicieron ocho pruebas fotográficas aéreas, esta vez oblicuas bajas, sobre la ciudad de Boston, de las que obtuvieron dos buenas fotografías, manipulando el colodión húmedo, de lento proceso. Poco después, y también en los Estados Unidos, en 1862, desde un globo cautivo del Ejército Unionista se tomaron diversas fotografías aéreas de la región de Richmond, durante la Guerra de Secesión (Trott, 1957:122-130; Reed, 1914).

En Inglaterra, fue Woodbury quien tomó las primeras fotografías desde globos, en 1881, y por ese mismo tiempo comenzaron a verificarse similares ensayos en Alemania.

En 1886 se hicieron los primeros ensayos en Rusia, cuando Kovanco tomó diversas fotografías aéreas de las zonas fortificadas de Kronstadt y San Petersburgo, desde un globo, y de esta fecha data la creación de la sección de fotografía aérea en el servicio de aeronáutica del ejército ruso

A los rusos corresponde la primacía de haber realizado poco antes de estallar la Primera Guerra Mundial, un reconocimiento profundo en territorio extranjero, en el Bósforo (Turquía), utilizando aviones y tomando fotografías aéreas (Pestrekov, 1954:488-492).

Poco más o menos, en la misma época (1914) los alemanes verificaron un reconocimiento con fotografías aéreas sobre Francia, utilizando un "Zeppelin". El aterrizaje forzoso de esta aeronave en territorio francés y el hallazgo en la misma de una cámara fotográfica y de las vistas tomadas sobre Francia, dio lugar a un grave incidente internacional que amenazó con precipitar la contienda, que, poco después, tenía fatalmente que producirse (Whitmore, 1952).

La invención del aeroplano y, con ella, los rápidos progresos logrados por la navegación aérea, así como los no menos notables

desarrollos alcanzados por la fotografía, especialmente 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, como 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 Guerra Mundial (1914-1918), la que ofreció incidentalmente la ocasión para que se verificasen estos ensayos iniciales de "aerogeología", desde aeroplanos. Ya desde los comienzos de la contienda -cuenta Lee (1922; 1926) 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 de la Mancha desde el continente, ascendía frecuentemente a grandes alturas para esquivar desfavorables condiciones de vuelo, encontrándose a menudo sobre las nubes, que obscurecían el suelo. Al descender a través de ellas sobre algún lugar de Inglaterra, lo primero que reconocía, por el aspecto general de la región, eran las formaciones geológicas sobre las que se encontraban volando. Por medio de su mapa geológico determinaba su posición aproximada. Al irse acercando a la su-

perficie lo suficientemente como para poder reconocer ciudades y rasgos más pequeños se orientaba en la dirección general de su destino, y ya podía reconocer así objetos menores, que le servían de guía más exacta.

Hacia el final de esta Primera Guerra Mundial, en cuanto tienen lugar los primeros ensayos verdaderos de *fotogeología aérea*, es decir, de interpretación de fotografías aéreas con fines estrictamente geológicos, los cuales fueron dirigidos por el geólogo estadounidense coronel Brooks (1920). El paso del reconocimiento aéreo 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 estadounidenses 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 áreas situadas detrás de las líneas enemigas, con objeto de señalar las más favorables rutas de marcha, a lo largo de las cuales se habían encontrado firmes capas para las carreteras (Lee, 1922; 1926).

Por lo que se refiere a la primera interpretación fotogeológica 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 (1922), en búsqueda de petróleo.

Los resultados de la observación en los re-

conocimientos 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 Rea (1941:1796:1800)-, 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 Rea ha tenido éxito rotundo y es la que ha quedado como original (AGI, 1957). 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 tuvieron que aplicar el término solamente a la interpretación de las fotografías terrestres, hoy en desuso. Al menos, la definición de Rea tiene el mérito, además del haber logrado imponerse, el de hacer innecesario añadir el calificativo de aérea a la palabra fotogeología. A partir de la sugestión 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. Quizás esta simplicidad sea la razón de su casi unánime aceptación en todo el mundo.