

# COMO UNA TECNICA MODERNA, LLAMADA FOTOGRAMETRIA, BENEFICIA LA ECONOMIA, LAS CIENCIAS Y LA INGENIERIA

(ESCRITO CON OCASION DEL VIGESIMO PRIMER ANIVERSARIO DEL INSTITUTO GEOGRAFICO DE COLOMBIA)

H. C. RAASVELDT<sup>1</sup>

## *La conquista de los elementos.*

El grande sistematizador de las ciencias, Aristóteles, nos dejó entre muchas herencias, la del concepto de los cuatro elementos: fuego, tierra, agua y aire, de los cuales, según él, se componía todo lo palpable. Aunque hoy día en las ciencias damos una interpretación bien diferente a la palabra "elemento" que el famoso heleno, ese concepto griego continúa subsistiendo en la lengua, aunque en un sentido más bien simbólico. Porque todavía hablamos de "los elementos" refiriéndonos a las aguas y el aire, especialmente cuando están en un estado de violentas turbulencias y queremos expresar en esta forma nuestra impotencia de dominarlos. En este sentido la palabra tiene todavía un gran valor intrínseco y nos sobrecogen sentimientos de angustia y de terror cuando leemos que en alguna región de nuestro planeta se han "desencadenado" los elementos. Los terremotos, derrumbes, inundaciones, ciclones y los incendios son advertencias de la naturaleza de que la humanidad todavía no ha ganado la batalla contra ellos.

Interpretados de esta manera, los cuatro elementos aristotélicos nos podrían servir de títulos para las cuatro grandes divisiones de una historia de la humanidad. Ciertamente es que una obra sobre estas bases sólo aclara un determinado punto de vista. Pero como en primer orden la historia tiene una finalidad sumamente práctica: la de comprender el presente por el pasado, todo lo que contribuye a esta comprensión tiene un valor utilitario, aún cuando se ilumine sólo un campo muy estrecho. La historia a la cual nos referimos acentuaría la civilización tecnológica y relataría la lucha de la raza humana para dominar los cuatro elementos mientras el éxito que ella logra obtener en este proceso de dominación es un criterio para juzgar el nivel de su civilización.

La civilización tecnológica del hombre se inicia verdaderamente con el momento en que puede hacer fuego, arte que dominó bastante temprano, probablemente ya en tiempo prehistórico.

La conquista del segundo elemento empieza en realidad con la invención de la rueda. Desde este momento empiezan a construirse carreteras y a hacerse transportes de volumen a grandes distancias, artes especialmente desarrolladas por los romanos. La conquista del agua constituye por su movilidad dificultades mayores y se demoró hasta el final del siglo XV antes de que la tecnología fuera lo suficientemente adelantada para poder hablar de una verdadera conquista del tercer elemento. Fue este el tiempo en que los portugueses, españoles, holandeses, ingleses y franceses descubrieron y luego colonizaron nuevos mundos.

En la dominación del cuarto y último elemento se triplican las dificultades, porque no tenemos aquí, como en el caso de las aguas, un plano de contacto horizontal en el cual con alguna precaución puede uno mantenerse a flote en caso de naufragio. Cualquier falla técnica causa un desastre prácticamente irreparable y la consecuencia es la destrucción absoluta y la muerte. Sólo al principio del vigésimo siglo los progresos técnicos estaban lo suficientemente adelantados para iniciar la conquista del cuarto elemento. Los adelantos que se lograron en no más de medio siglo son realmente impresionantes. Hoy día ya no se concentra el interés exclusivamente en la atmósfera, sino que se está explorando más allá de sus límites: la estratosfera, ionosfera, etc. Pero no solo esto. Los diarios recientes traen interesantes detalles sobre el "satélite artificial" que se está preparando para lanzarlo al aire durante el Congreso Internacional de Geofísica del año 1958. Aunque debemos observar que la expresión "satélite artificial" es algo exagerada por la propaganda y no corresponde precisamente a la trayectoria efímera del proyectil que se piensa lanzar al aire, siempre es un importante indicio del progreso que se ha logrado en las últimas cinco décadas, porque este es casi el lapso que ha transcurrido después de la cruzada del estrecho de la Mancha por Louis Blériot. *Es obvio que estamos en plena conquista del cuarto elemento, y ésta es una peculiaridad de sumo interés para comprender importantes sectores del desarrollo técnico y científico de hoy día. Este hecho se refleja especialmente en el campo político y económico.*

<sup>1</sup> El autor expresa sus agradecimientos al Dr. Enrique Hubach y al Sr. Antonio Tomic por las sugerencias que mejoraron considerablemente el texto.

*Repercusiones de la conquista del aire en las relaciones internacionales. Surge el grande interrogante del siglo.*

Tomemos por ejemplo las diferentes clases de la bomba atómica, un invento de plena actualidad, que no podemos separar de su fondo complementario: la dominación del "elemento aire". Para llegar a esta conclusión basta imaginar que Aníbal en su batalla por Roma hubiera poseído una bomba atómica. Es obvio que para aprovechar las potencialidades de la bomba, se necesita una aviación ya bien desarrollada, para poder arrojar sorpresivamente la bomba sobre un objetivo y alejarse con rapidez.

Desde luego la posesión de la atómica y una eficaz y rápida aviación nos impone hallar la inequívoca respuesta a la pregunta "Quién es mi amigo y quién mi enemigo", pregunta que por lo demás es ya tan vieja como la existencia de pueblos independientes. Entre los pueblos de la antigüedad un cierto mínimo de preparación y una alerta atención eran suficientes garantías, porque en el caso de una guerra inminente se podían tomar las medidas casi en el último instante gracias al lento desenvolvimiento de los sucesos. Debido a la rapidez del transporte en el cuarto elemento esta política de "wait and see" ya no es practicable.

Entre los individuos la solución absoluta de la urgente cuestión no puede, en principio, tener otra base que la siguiente: "Mostrad vuestro corazón, dejad leer vuestros sentimientos e íntimos pensamientos y os diré si sois mi amigo". Pero es probable que este anhelo quede frustrado y que este problema de las almas individuales no tenga solución por más que se desarrolle nuestra tecnología. A primera vista las perspectivas no parecen mejores en el ambiente político de los pueblos, porque la experiencia nos enseña que no se puede confiar en la palabra de los jefes de poderosos estados ni de sus voceros. Ni son suficientes garantías las numerosas organizaciones de espías de las cuales todas las naciones grandes hacen uso. Todos estos medios tradicionales, empleados para descubrir lo que realmente se prepara detrás de las cortinas de hierro, de bambú (y las otras que con el tiempo se vayan a crear), no son efectivos y no eximen a los pueblos de grandes sorpresas, como lo ha probado la última guerra mundial de manera muy convincente.

*Las bases técnicas apropiadas para darle solución al interrogante.*

Es talvez uno de los hechos más destacados, que la conquista del elemento etérico con el desarrollo de técnicas relacionadas, ha traído como máximo triunfo la inequívoca respuesta a aquella urgente pregunta en el ambiente de los pueblos. Técnica-mente el asunto debe formularse de la siguiente manera: "Abrid vuestro cielo, tolerad que observe

vuestro territorio desde el aire y os diré si sois mi amigo o mi enemigo".

Y esto fue en esencia la base para la propuesta de paz del presidente Eisenhower en la famosa conferencia de los Cuatro Grandes en Ginebra. Esta base permite todo control mutuo de los programas de desarme, y así fue ésta la propuesta de paz más sincera, técnicamente más fundamentada, efectiva y realizable, pero de otra parte más revolucionaria por su radicalismo, que jamás se haya pronunciado. La aceptación de esta base podría aclarar toda duda acerca de las buenas intenciones de otros pueblos y dar un sólido fundamento al completo desarme. El rechazo, ciertamente y con mucha razón, fomentará las sospechas de los americanos y en consecuencia las relaciones internacionales seguirán tensas.

La propuesta del presidente norteamericano tiene sus fundamentos en las convicciones de que las posibilidades técnicas estadounidenses son lo suficientemente desarrolladas —cualitativa y cuantitativamente— para

1. poder levantar mapas topográficos de la Unión Soviética en muy breve tiempo (digamos en pocos años).
2. poder descubrir desde el aire, con las cámaras fotográficas modernas, todas las industrias bélicas y un eventual desarrollo alarmante de ellas.

Los motivos para esta confianza se encuentran en el fenomenal desarrollo:

1. de la aerofotogrametría y
2. de la interpretación de fotografías aéreas.

El alto cargo militar que ocupaba el señor Eisenhower antes de asumir la presidencia de su país, ciertamente lo ha familiarizado bastante con estas técnicas para tener tanta confianza en sus posibilidades. Y en este sentido él puede juzgar probablemente mejor que muchos otros jefes de estado. Examinemos la evolución de estas dos técnicas científicas más en detalle, porque son de mucho interés en este número de la Revista de la Academia Colombiana, editado especialmente para conmemorar el vigésimo primer aniversario del Instituto Geográfico de Colombia.

*Evolución de la fotogrametría.*

La fotogrametría que es un método para determinar la forma, las dimensiones y la posición de objetos a base de una o varias fotografías, tiene muchas aplicaciones prácticas, de las cuales la principal es la construcción de mapas de la superficie terrestre.

Las primeras cartas topográficas detalladas que se hicieron antes de la segunda mitad del siglo XVII eran bastante esquemáticas: los accidentes orográficos, cuchillas, lomas, etc., fueron dibujados

como viéndolos oblicuamente desde un lado. La primera carta moderna, que representaba el terreno como lo acostumbremos hoy día, es decir en proyección ortográfica o visto desde arriba, fue la famosa del cantón de Zurich construida por Hans Konrad Gyger en 1667, mapa que midió 5 metros cuadrados. Como es físicamente imposible levantar todos los detalles de un terreno, además sumamente costoso determinar la posición de numerosos puntos, antes de haberse introducido la técnica fotogramétrica, las áreas entre los puntos del levantamiento terrestre se solían complementar con los detalles necesarios por medio de minuciosos croquis dibujados desde esos mismos puntos. Uno de los ejemplos más conocidos de una carta topográfica construida a base de estos conceptos exactos es la del macizo del Pilatos (Suiza) por Capeller en 1726.

Cada uno de estos croquis representaba una proyección o perspectiva central del terreno, es decir, una vista desde un determinado punto, tal como un solo ojo humano lo observa. Era necesario transformar los dibujos para obtener croquis del terreno como si fuesen vistos desde arriba en proyección ortogonal. Especialmente después de los estudios analíticos del matemático-astrónomo-filósofo Johann Heinrich Lambert sobre la transformación y rectificación de las perspectivas en 1759, se obtuvo una base general para aplicar estos métodos a la cartografía.

Pero es obvio que la exactitud de los dibujos del terreno no era muy grande por más meticulosamente que fueran hechos, y esta imprecisión se reflejaba naturalmente en las cartas. Fue entonces un adelanto cartográfico muy apreciable cuando, después del invento de la fotografía por los dos franceses, el físico Nicéphore Niepce y el ex-empleado de impuestos y artista Louis J. M. Daguerre (los primeros daguerreotipos fueron producidos en 1839), se pudieron sustituir los croquis de campo por fotografías mucho más exactas y provistas de toda clase de detalles. Aunque el uso de fotografías para la cartografía ya fue propuesto en 1840 por el geodesta Arago en la Cámara de Diputados de París, fue un oficial del cuerpo de ingenieros del ejército francés, Aimé Laussedat, quien primero, a partir del año de 1849, utilizó fotografías en la confección de cartas topográficas.

Fue entonces cuando nació la fotogrametría y por esta razón varios escritores modernos llaman a Laussedat "el padre de la fotogrametría", si bien esta técnica todavía no se llamaba así y el mismo Laussedat se refería a ella como "Métrophotographie". Parece que la palabra "fotogrametría" fue introducida en 1893 por el alemán Meydenbauer, quien llamó la atención hacia los nuevos métodos de levantamientos terrestres por medio de fotografías. Es un detalle interesante de que la palabra se di-

fundió sólo muy tarde en los EE. UU.: alrededor de 1934 con la fundación de la Sociedad Americana de Fotogrametría, aún cuando las mismas técnicas se aplicaban con anterioridad tanto en los EE. UU. como en el Canadá.

Aunque el oficial Laussedat se dio cuenta muy temprano de las ventajas de las fotografías verticales, tomadas desde el aire, y experimentó en 1858 con cámaras fotográficas atadas a una serie de cometas, más tarde a globos cautivos, los problemas para aplicar esta técnica eran demasiado complejos y además el área abarcada por una fotografía era demasiado pequeña para poder emplear este sistema económicamente. Por lo tanto, abandonó estos tanteos en 1860 y se concentró a desarrollar la fotogrametría terrestre, usando una combinación de teodolito y cámara: el fototeodolito, mientras que otros emplearon una especie de plancheta-cámara con la cual se fotografiaba todo el terreno hasta el horizonte en los 360° alrededor del punto. La posición de los detalles sobre los mapas se obtuvo por intersección de las direcciones leídas con las placas fotográficas tomadas desde diferentes sitios. Para aplicar este procedimiento es necesario poder identificar determinado detalle de una fotografía con el mismo de otra y esto constituyó en muchos casos una gran dificultad. Esta dificultad fue eliminada de un golpe cuando se introdujo el estereoscopismo en la fotogrametría, tomando las fotografías terrestres por pares. Séame permitido recordar que el estereoscopismo ya era conocido entonces y el uso de estereoscopios con fotografías estereoscópicas se volvió un entretenimiento popular cuando recién se pudieron hacer fotografías comercialmente, pero con la misma rapidez pasó al olvido cuando la primera curiosidad pública estuvo satisfecha.

Es el mérito del alemán F. Stolze el haber redescubierto el estereoscopismo, de haber comprendido su importancia para la fotogrametría y haber encontrado en 1892 el principio del "punto o globito flotante": las imágenes de dos puntos marcados en dos plaquitas de vidrio se combinan con las dos imágenes de las fotografías estereoscópicas. Variando la distancia entre los vidrios se obtiene la impresión de que este punto se mueve o "flota" en el modelo estereoscópico, de tal manera que uno puede dirigirlo detrás o delante de un detalle topográfico y también procurar coincidencia. C. Pulfrich fue el primero en aprovechar este principio técnicamente en un instrumento fotogramétrico de precisión construido por la casa óptica alemana Carl Zeiss, en Jena, que principió a jugar un importante papel en el desarrollo de la fotogrametría. Por la aplicación instrumental del "punto flotante" muchos se refieren a Pulfrich como el "padre de la estéreo-fotogrametría".

Conectando los dos vidrios con un complicado sistema de palancas y transfiriendo de manera es-

pecial el movimiento de los vidrios a un lápiz, von Orel concibió el prototipo de una serie de instrumentos (construidos por la casa Zeiss) de valor fundamental para la fotogrametría, instrumento que llamó "estereo-autógrafo" (1909). Mientras que hasta entonces el procedimiento fotogramétrico consistía en obtener una proyección ortogonal *punto por punto* de las áreas fotografiadas, detalles que fueron completados a mano, por primera vez se obtuvo un instrumento que a base del estereoscopismo era capaz de dibujar directamente la proyección vertical de cualquier línea curva y *continua* en el espacio, como por ejemplo el curso de una quebrada o una carretera que con muchas curvas asciende por una loma, cualidades extraordinarias del instrumento que están expresadas en su nombre. Bastaba guiar el globito flotante en la imagen estereoscópica a lo largo del detalle con la ayuda de tres ruedas que regulaban su movimiento por los tres ejes, verticales entre sí, o sea las coordenadas del espacio tridimensional, y el instrumento hacía el resto.

Aun cuando era muy reducido el servicio que prestaba dicho "estereoautógrafo" como instrumento fotogramétrico, sus modernos principios constructivos dieron origen a la fabricación de otros aparatos que introdujeron un alto grado de mecanización en la cartografía.

La fotogrametría recibió nuevamente un vigoroso impulso con la conquista del elemento etéreo. Ya en 1913 el capitán italiano Tardivo publicó datos sobre el empleo cartográfico de fotografías tomadas desde un avión presentando además un fotomosaico de la ciudad de Bengasi, en Libia. Pero propiamente la primera guerra mundial fue la que dio origen a la aero-fotogrametría, o mejor dicho a la aéreo-estereo-fotogrametría, porque la gran diversidad de instrumentos desarrollados durante e inmediatamente después de la guerra se basaron todos en el estereoscopismo como medio de mediciones exactas.

Los nuevos instrumentos y métodos desarrollados promovieron además la hechura de mapas precisos con menos control terrestre. En Europa caía el acento preferentemente en la precisión, en los EE. UU., que en pocos decenios fueron convertidos en una nación mundial de primera categoría, el interés se dirigía particularmente hacia la aplicación de la fotogrametría a superficies de extensiones continentales. La segunda guerra mundial con sus inmensos frentes distribuidos sobre todo el globo terrestre fomentó en alto grado esta tendencia.

Los americanos mejoraron considerablemente la técnica de la navegación aérea, la cual permite fotografiar el terreno de manera más económica, dejando un mínimo margen de fajas intermedias sin fotografiar y evitando repeticiones.

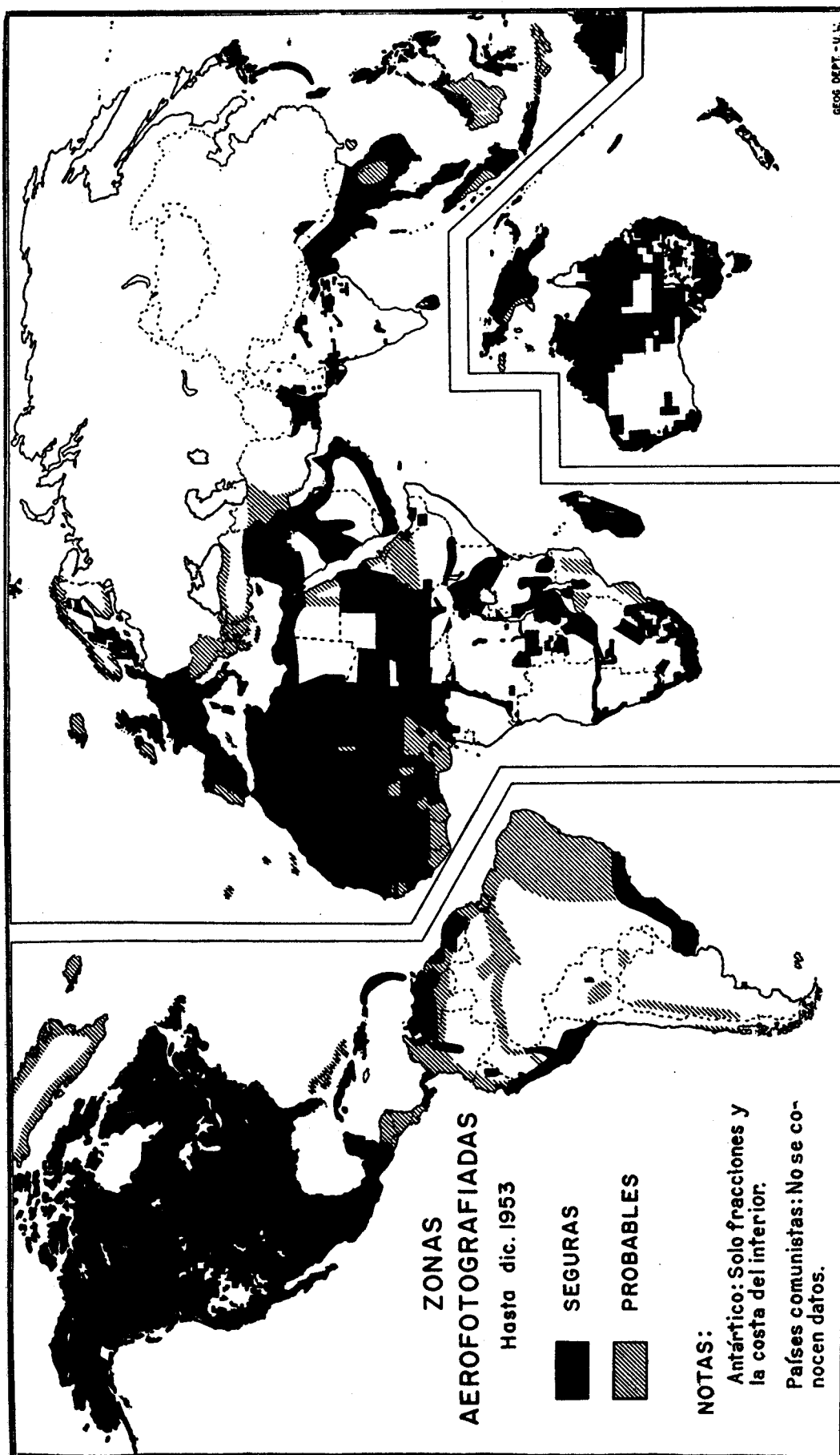
Uno de los más grandes problemas de Laussedat, el de no poder cubrir suficiente terreno en una sola fotografía, fue solucionado alrededor del 1900 por el capitán Scheimpflug, quien inventó la fotogra-

fía compuesta, tomada en el mismo instante con siete cámaras agrupadas alrededor de una central, todas aseguradas a un globo cautivo. Estas técnicas, mejoradas en Europa y América, profusamente usadas en los EE. UU. y en el Canadá mediante la cámara trimetrogón (versión moderna de cámara múltiple, en este caso una tri-cámara: una central, dos laterales), por los adelantos fotográficos y los de la aeronavegación, fueron sustituidos gradualmente por la sola fotografía vertical que ofrece ventajas mayores para la fotointerpretación.

El número de los puntos de control terrestre se está reduciendo con los medios electrónicos como Shoran (EE. UU.) y Decca (Inglaterra). Estos sistemas, que, mediante las diferencias de fase entre las ondas recibidas desde tres estaciones terrestres de conocida posición geodésica, permiten determinar la posición exacta del avión en los momentos en que se toman las fotografías; además pueden hacerse correcciones automáticas del curso predeterminado. Estos datos son susceptibles de completarse con sondeos de radar que registran la altura del avión sobre el terreno con respecto a cada fotografía. La introducción de medios electrónicos ha conducido, por otra parte, a una aplicación semejante a la televisión, especialmente importante para aero-reconocimientos militares sobre terreno enemigo. Con esta técnica, las aerovistas del terreno se transmiten directamente a la base donde se las fija en las placas fotográficas, no perdiéndose nada del material cartográfico en caso de que se destruya el avión.

De gran interés es la confección de mapas tridimensionales, desarrollada por el Army Map Service de los EE. UU., a base de unos procedimientos ya iniciados en el ejército alemán. Partiendo de las curvas de nivel se prepara, con máquinas fresadoras o cortadoras, un molde tridimensional cuya forma se reproduce sobre la plancha topográfica impresa en una hoja de papel plástico. Quien ha presenciado la exposición de la famosa carta topográfica de Korea con todas sus convenciones en relieve se da cuenta del inmenso valor didáctico (respectivamente estratégico) de tal mapa que permite una espontánea y efectiva discusión por varias personas al mismo tiempo, sin necesidad de previos estudios de orientación para conocer los relieves mediante el análisis de las curvas de nivel. De manera semejante los laboratorios ambulantes del ejército pueden preparar en uno o varios días mediante las aerofotografías un modelo exacto de ciertos puntos estratégicos del terreno, dando una base firme y realista a los preparativos de operaciones militares.

La fotogrametría representa tal vez la rama técnica más dinámica gracias a los continuos progresos que se siguen en rápida sucesión. Es más, porque un avance de importancia similar puede observarse también en la fotointerpretación.



Se precisan los rasgos de la faz terrestre mediante la aerofotografía que avanza en todos los continentes. Situación en el año 1953 según el profesor Kirk H. Stone. Reproducido de su artículo en la "Photogrammetric Engineering", Vol. 20, Nº 4, Septiembre 1954.

### *El desarrollo de la fotointerpretación.*

La fotointerpretación está íntimamente conectada con la aerofotogrametría, lo que puede aclararse con un ejemplo elemental: la distinción entre una carretera y una vía férrea, por ejemplo, es fácil y no causará dificultad alguna al observador en la superficie terrestre. Pero la diferencia no es tan clara en fotografías de escala muy pequeña porque ambas se presentan como líneas delgadas y ella debe deducirse a base de la forma de las curvas y otras características para saber de cual de los dos casos se trata. En este simple ejemplo ya participa la fotointerpretación, que es *el reconocimiento y la deducción del significado de objetos mediante el minucioso escrutinio de fotografías.*

El hecho de que la fotointerpretación es de primordial importancia para la exploración militar resulta desde luego obvio y en este respecto basta mencionar algunos ejemplos de aplicaciones más frecuentes como: el reconocimiento de industrias bélicas o vitales para la economía de un país, de puntos estratégicos como puentes, viaductos, embalses, fortificaciones, campos aéreos, cuarteles, etc. A primera vista parece que el reconocimiento de varios de estos objetos no es tarea difícil, pero por otra parte debe preverse que un gran número de objetivos estará cuidadosamente mimetizado, o construido debajo de la tierra. *Es un resultado importante que el desarrollo de la fotointerpretación haya llevado a la conclusión de que con técnicas especiales se puede divisar la gran mayoría de los objetos y de las construcciones subterráneas.*

Los casos de camuflaje simples como el uso de pinturas, follajes artificiales, redes manchadas, etc. se descubren fácilmente con el empleo de películas especiales o más sencillamente con el estereoscopismo. Mientras que para el hombre (por la estructura celular de la retina y la pequeña base visual o reducida distancia entre los ojos) el campo de visión estereoscópica es muy estrecho y en lo general se extiende sólo a distancias bastante menores de un kilómetro, las técnicas de la aerofotografía pueden aumentar su base visual a varios kilómetros incrementando considerablemente el efecto estereoscópico. Por lo tanto lo que parece engañoso a un lejano observador terrestre, por la falta de profundidad estereoscópica, puede resultar bien definido en la fotografía aérea.

Los objetos subterráneos, en cuanto no yacen debajo de la roca firme son bien visibles bajo ciertas condiciones; esto fue comprobado por ejemplo con el descubrimiento de carreteras, fortificaciones y poblados romanos sepultados bajo las acumulaciones eólicas y fluviales de los siglos. En varios casos su hallazgo fue fácil y al mismo tiempo espectacular por la sorpresa de los campesinos cuyos abuelos y bisabuelos ya araban la tierra sin tener la menor noción de las construcciones ocultas bajo sus pies. Una explicación de estos hechos puede ser que ta-

les obras causaron una distribución peculiar del agua subterránea o freática, lo cual se refleja en los cultivos que en unos sitios crecen mejor que en otros, o maduran con anterioridad causando diferencias locales de color. Estas diferencias bien pueden notarse en el terreno, caminando por entre los cultivos, pero el significado queda obscuro. *Es una de las grandes ventajas de las fotografías aéreas que se puede abarcar con la vista un terreno bastante vasto, por lo cual un sinnúmero de irregularidades, inexplicables cada una en sí misma, puede manifestar una coherencia y este conjunto puede revelar un significado inequívoco.* Pero también los grandes objetivos construidos debajo de la roca firme se traicionan muchas veces en las aerofotos por sus vías de entrada y salida, sus relaciones con el terreno y con centros económicos o poblaciones.

La exploración militar sin embargo no se limita a objetivos directa o indirectamente militares; también la consistencia y el aspecto del terreno son factores de gran interés. En la preparación de desembarques u operaciones anfibias, por ejemplo, es necesario saber si el terreno es rocoso, quebrado o plano, cubierto de vegetación impenetrable o abierto, firme y seco o pantanoso, etc. Asisten en la solución de estos problemas las ciencias como la geología, geomorfología, botánica, etc., y en estos casos debe recurrirse a personal especializado, con una instrucción académica correspondiente. Puesto que el porcentaje de semejantes especialistas en un ejército es pequeño y son necesarias interpretaciones rutinarias de gran volumen hubo que desarrollar un procedimiento practicable a base de pocos especialistas, complementados por un número mayor de individuos con reducido entrenamiento, problema que se ha solucionado con las llamadas "*claves de la fotointerpretación*".

Una "clave" es para el fotointérprete una colección de material de referencia (texto y aerofotografías, que facilita la rápida y precisa identificación de objetos por análisis de sus aerofotografías. La clave por ejemplo de fábricas de cemento contiene aerofotos en varias escalas de diferentes tipos de estas fábricas, explicando con gráficas, fotos y texto, el significado de las partes esenciales de que consiste la planta, características del transporte tanto del material como del producto terminado, eventuales relaciones con canteras, analogías y diferencias con otras plantas, etc. De tal manera se pueden hacer claves de innumerables objetos, tanto de los artificiales, hechos por el hombre, como de los naturales, por ejemplo de vegetaciones (secas o hidrófilas: manglares), de diferentes clases de terreno, de costas (rocosas, pantanosas, arenosas, coralíferas) etc. También la organización práctica y el manejo de las claves, eventualmente por selección electrónica y la referencia cruzada, son detalles importantes.

Con todos estos medios técnicos a disposición se aprecia la base real y la practicabilidad de la propuesta del presidente Eisenhower para controlar el desarme.

Aunque estas nuevas técnicas fueron desarrolladas considerablemente por los intereses militares y en esta conexión hay que aceptar el valor estimulante de la "vida peligrosa", las contribuciones de parte de organizaciones e individuos civiles son aún más grandes, y las perspectivas para aplicaciones científicas y económicas aún más vastas.

#### *Aprovechamiento de la fotointerpretación en las ciencias y la ingeniería.*

También para finalidades civiles, las "claves" tienen una gran importancia y se considera que constituyen el desarrollo más notable en el campo de la fotointerpretación después de su creación en los años subsecuentes a la primera guerra mundial. La finalidad de la clave es doble: sirve de material de consulta para el experto y de medio de entrenamiento para futuros intérpretes. En el último aspecto demuestra su gran valor ya que reduce considerablemente el tiempo de entrenamiento, a la vez que permite cierto autodidactismo y asegura además una instrucción vasta con un mínimo de vacíos. Aparte del hecho de que cada conjunto de claves se refiere a un determinado grupo de "objetos" militares, geológicos, botánicos, morfológicos se puede organizar el material de cada uno de ellos según criterios diferentes. Una idea del uso metódico de claves se obtiene ya con la simple enumeración de las más importantes categorías, que son las siguientes:

- claves que caracterizan objetos individuales,
- claves que acentúan las diferencias entre objetos análogos y muy similares,
- claves que caracterizan la coherencia e interdependencia de diferentes objetos,
- claves regionales, que muestran lo típico de ambientes geográficos,
- claves eliminativas o determinativas con las cuales el intérprete, procediendo sistemáticamente según ciertas reglas, elimina objetos hasta llegar al detalle que trata de identificar.

El empleo de claves reduce la aplicación de métodos personales e intuitivos, substituyéndolos por procedimientos sistemáticos.

Vastas perspectivas se han abierto para las ciencias y las técnicas directamente relacionadas con la superficie terrestre, que designamos brevemente como "telúricas". Enumeramos esquemáticamente las aplicaciones de aerofotografías que son conocidas y publicadas:

1. *Geomorfología*, en esta disciplina la fotointerpretación ha adquirido tal vez resultados máxi-

mos: una clara distinción de métodos entre ella y la geología no existe;

*morfología de costas*: formas de erosión y deposición subaérea y subacuática: efectos de olas, corrientes marinas y tormentas; estudios de arrecifes coralíferos;

*morfología de ríos* y de sus afluentes con los respectivos fenómenos de erosión y acumulación: terrazas, planos aluviales;

*morfología de desiertos* y semejantes regiones: formas y tipos de dunas con su distribución; rizados causados por los vientos, estudios de grietas de desecamiento;

*morfología de lagos*, especialmente los lagos poco profundos y cenagosos, ovaloides y alineados, conocidos por el nombre Carolina Bays, cráteres meteoríticos;

*geología cuaternaria y glaciología*: estudio de las formas y extensiones de casquetes de hielo con sus grietas; el límite de las nieves eternas; forma y distribución de morrenas modernas y pleistocenas; erosión glacial: se descubrieron varios nuevos tipos de paisajes glaciales; levantamientos aerocartográficos de varias clases de fenómenos glaciales; estudio de fenómenos geomorfológicos en áreas de "permafrost".

El conocido profesor de la Universidad de Kansas H. T. U. Smith resume los resultados obtenidos en la geomorfología por la fotointerpretación de la siguiente manera (1952): "In summary, it may be said that the use of photo-interpretation has given a new and revitalized approach to many fields of geomorphic study, and will lead sooner or later to considerable rewriting of the textbooks...".

#### 2. *Geología.*

En la *estratigrafía* la fotointerpretación ha contribuido a trazar límites de formaciones sobre grandes distancias, en varias ocasiones se han podido determinar contactos que eran problemáticos en el campo, en otras se pudo extender considerablemente un límite observado en el terreno; se han descrito casos en los cuales los cambios de facies eran bien visibles en las aerofotos.

*Tectónica y geología estructural*: la facilidad con la cual se reconocen los elementos estructurales como sinclinales, anticlinales, fallas y fracturas es conocida y aprovechada con éxito; la representación cartográfica de alineamientos (conjunto de elementos lineares como esquistosidad, diaclasas), ha contribuido a descubrir relaciones tectónicas; se han descrito métodos para determinar rumbos y buzamientos, construir mapas estructurales; las aerofotografías son excelentes para la construcción gráfica de cortes geológicos. En el diseño de *mapas geológicos*, las aerofotografías y la foto-interpretación son ampliamente aplicadas y en las regiones poco accesibles los mapas se basan mayormente, o casi exclusivamente, en el empleo de aerovistas.

Varios ramos de la geología aplicada, como la *exploración de petróleos* y la *geología minera* aprovechan las fotografías aéreas desde aproximadamente una década antes de la segunda guerra mundial. En la minería, las fotos facilitan la exploración tanto de yacimientos sedimentarios (carbón, petróleo, hierro) como de los magmáticos e ígneos (encontrar y localizar las venas), pero también se comprobó su utilidad en el desarrollo de yacimientos conocidos.

Hoy día la fotogeología es un ramo reconocido que ha conquistado su lugar al lado de la plancheta del geólogo de campo, de los microscopios y de las técnicas del paleontólogo, del palinólogo<sup>2</sup>, del petrógrafo, del mineralogista, y de los métodos del geofísico.

La creencia de que la fotogeología sólo sirve en regiones medio descubiertas (áridas y semiáridas) se desvaneció para aquellos que se enteraron de los admirables resultados obtenidos en una grande campaña de exploración geológica sobre 100.000 km<sup>2</sup> en las densas selvas tropicales de la Nueva Guinea Holandesa. Dice R. Helbling (ver bibliografía), refiriéndose a esta exploración: "The results surpassed all expectations, The heavily forested, as well as the few open areas, even much of the swampland, showed, just as well as hilly regions, numerous clearly recognizable morphological phenomena which could be traced without any difficulty to lithological or tectonic origins".

Podemos concluir con la siguiente declaración de Helbling-Woolnough: "There seems little doubt that, in very near future, no important piece of geological work will be regarded as complete until it has been accompanied by adequate aerial survey".

3. *Agronomía*. La fotointerpretación en este ramo se basa en gran parte en la geología (y la fotogeología). El uso de aerofotos se ha desarrollado en un procedimiento rutinario extensamente aplicado. Rourke y Austin, citados por el mismo Smith (bibliografía), resumen el valor así:

"Soil scientists now utilize air-photos in all phases of soil mapping, and are generally aware of the many clues to placement of soil boundaries and identification of the soils that can be interpreted from them. Air-photos serve to increase both speed and accuracy in soil mapping. In fact, without air-photos modern detailed soil maps of many places could not be produced except at prohibitive cost".

#### 4. *Botánica e ingeniería forestal*.

La fotointerpretación en la botánica se aplica a la *identificación* y la *distribución de la flora*, la definición y delimitación de medio ambientes típicos, como asociaciones hidrófilas (manglares, etc.), vegetación de páramos, límites de selvas tropicales, de estepas y praderas, etc.

La aplicación más intensa es en la ingeniería forestal: delimitación de áreas forestales; identificación de especies de árboles por la altura, granulación y forma de las copas; la determinación de los porcentajes de especies es facilitada con la toma de fotografías durante diferentes épocas del año, que permite ciertas selecciones, verbigracia por florecer o deshojarse una especie en período diferente que otra; determinación del volumen de madera por medio de la altura, tamaño de copas y de densidad de los árboles (comparaciones con fotografías de áreas donde estos factores son conocidos); ayuda en las campañas de explotación o reforestación; elaboración de medidas de protección contra incendios, etc.

En los EE. UU. son más las personas que se ocupan en la ingeniería aeroforestal que en otras ramas de la fotointerpretación.

5. *Arqueología*. Ya se mencionó que ruinas y las más diferentes construcciones arqueológicas, bajo ciertas circunstancias, pueden resaltar claramente en las aerovistas. No pocas veces se lee en revistas sobre nuevos descubrimientos mediante aerofotos. Ellas son también de gran utilidad para dirigir los trabajos de excavación.

#### 6. *Ingeniería civil*.

Las aplicaciones más conocidas son: la búsqueda de los materiales de construcción más accesibles (roca firme para balasto, cascajo y arenas, arcillas, etc.); determinación de sitios adecuados para puentes, embalses, túneles, excavaciones, fundamentos; estudios de condiciones de drenaje; trazados para carreteras, ferrocarriles, oleoductos, líneas de comunicación; ingeniería urbana y planificación urbana, etc.

Lo que antecede es sólo una enumeración de las más importantes aplicaciones, lista que se puede completar con muchos otros ejemplos, que por varias razones no han sido comentados en las publicaciones.

#### *Valor económica de la fotointerpretación.*

La fotointerpretación mediante el estudio de la superficie terrestre puede también aplicarse específicamente a las evaluaciones económicas que suelen llamarse *inventarios de recursos naturales*. Los inventarios pueden hacerse según puntos de vista limitados, como por ejemplo: investigación de riquezas forestales (clases de maderas útiles, su volumen y distribución); determinación del valor agronómico de ciertos terrenos; evaluación de riquezas del subsuelo (piedras naturales y minerales); distribución y volumen de aguas utilizables, saltos y grandes desniveles para aprovechamiento de la energía, etc. También puede el inventario reunir todos estos aspectos referentes a una determinada región y en este caso se obtiene una base firme para planear la *explotación* de esta área. Tales estudios son prácticamente indispensables pa-

<sup>2</sup> Palinología, estudio del polen fósil, moderno ramo de la paleobotánica, comparable con la micropaleontología.

ra asegurar el éxito de una *colonización* intensiva de regiones vírgenes, porque a base de ellos es dable seleccionar de antemano los sitios más adecuados para futuras poblaciones, aeropuertos, vías de comunicación, obras de irrigación, represas para la energía eléctrica, aserríos, y los terrenos más aptos para ciertos cultivos o para la ganadería, etc.

Fue especialmente el profesor Schermerhorn, fotogrametrista de fama mundial y ex-primer ministro de los Países Bajos, quien ha llamado la atención a la importante función social-económica que tienen los nuevos métodos de investigación. Fue también por su iniciativa que el Congreso Internacional de Fotogrametría de Washington en septiembre 1952 aceptó por resolución unánime presentar una recomendación a la UNESCO, con el fin de llamar, por medio de esta organización internacional, la atención de las naciones a las posibilidades de las nuevas técnicas para facilitar el rápido desarrollo económico planeado. La recomendación estaba especialmente dirigida a las naciones subdesarrolladas o a aquellas cuya población es escasa en proporción con la magnitud y la inaccesibilidad de su territorio. Por estos mismos motivos se ha prestado mucha atención a estos métodos en los EE. UU., en el Canadá y en la USSR<sup>3</sup>. Los resultados obtenidos en estos países son verdaderamente estimulantes.

Una de las razones para presentar la recomendación fue la impresión que se tenía en el mencionado congreso de que las ventajas de las aerofotografías no habían sido suficientemente comprendidas y apreciadas. Por la inercia de los conceptos tradicionales, la falta de divulgación y varios malentendidos entre los profesionales hay todavía ciertas reticencias contra la introducción de estos procedimientos modernos. Uno de los conceptos erróneos es la creencia de que las aerofotografías hacen superflua toda investigación en el terreno siendo que en realidad sólo la vuelve más breve, más concreta y más sencilla. Varias objeciones contra la fotogeología, p. e., son desvirtuadas por Donald Gill, también citado por Helbling; *Aerial geology can never supplant the work of the geologist on the ground; work from the ground and from the air must always be carried out in conjunction. But... by its use, work on the ground may be materially speeded up and often improved in quality;... it may give access to geological information otherwise difficult or even impossible to obtain. Aerial geology therefore, is to be regarded as a tool at the disposal of the ordinary geologist and not as something exotic and distinct from ordinary practice*". Lo que se aplica a la (foto) geología igualmente vale para las otras ciencias telúricas.

Algunas personas no emplean las aerovistas sino como un medio de orientación en el terreno cuando no existen cartas topográficas o cuando las exis-

tentes son muy defectuosas. Ellos, por varias razones, no se han dado cuenta que aún *el mejor mapa representa, solamente una pequeña selección de los numerosos datos contenidos en la fotografía* y que por esto puede ser necesario recurrir a ellas cuando surge una nueva tarea.

El valor de los métodos aerofotográficos está en la ventaja de procurar un conocimiento básico sobre territorios grandes, mucho mejor y mucho más rápidamente que por vía terrestre, como Helbling, hablando de la fotogeología, lo expresa de la siguiente manera: "..., under favourable circumstances, the structure of large areas might be explained in its fundamentals, even before the beginning of field-survey". Por vía terrestre *detalles* individuales siempre se aprecian mejor, pero el *conjunto* generalmente se comprende mejor por las aerovistas. De tal manera los dos métodos se completan mutuamente. *En las nuevas técnicas no se debe ver más que la lógica consecuencia de la conquista del "elemento aire" por el hombre y se puede decir que se trata de una reconquista del elemento tierra mediante la dominación del elemento gaseoso.*

Lo anterior está demostrado claramente por el reciente empleo del *helicóptero* en la exploración terrestre para finalizar y completar los estudios aerofotográficos, como se suele hacer en los EE. UU. y en el Canadá; por los instrumentos geofísicos que ahora se usan también desde el avión: como el magnetómetro aéreo y los detectores de minerales radioactivos. La *plataforma volante*, invento de los últimos dos años, ciertamente va a desempeñar un papel importante en acelerar la investigación terrestre. Otros medios, como los electrónicos, basados en principios similares a los del mencionado "Shoran" facilitarán en el futuro la exploración de densas selvas o estrechos cañones. Dentro de algunas décadas se puede esperar que el explorador terrestre camine con un transmisor a la espalda mediante el cual su posición y observaciones sean radiográfica y automáticamente colocados en los mapas básicos de la oficina central. Por lo menos los resultados de los primeros experimentos son muy satisfactorios.

#### *Se amplían los campos abarcados por la fotogrametría.*

La fotointerpretación ocupa una posición muy curiosa entre la fotogrametría y las ciencias y técnicas. Las fotografías aéreas, por ejemplo, fueron tomadas y utilizadas en un principio sólo para fines cartográficos, es decir para la fotogrametría en el sentido más estricto de la palabra o expresado más directamente: para medir y representar los detalles de la superficie terrestre en sus verdaderas proporciones y en sus exactas relaciones geométricas. La fotointerpretación con todas sus aplicaciones fue desarrollada apenas en las últimas tres décadas. Pongamos en claro que las aplicaciones sólo pueden aprovecharse mediante los servicios de pro-

<sup>3</sup> Según Schwiddefski.

fesionales bien preparados en una de las ciencias o técnicas telúricas (geomorfología, geología, botánica, glaciología, etc., y varias ramas de ingeniería). No es posible que el ingeniero fotogrametrista, además de dominar la fotogrametría y de ponerse al corriente de los nuevos métodos e instrumentos que se desarrollan en rápida sucesión, pueda además participar activamente en los campos de la fotointerpretación con excepción de algunas aplicaciones de la ingeniería civil. Sin embargo, una institución de tanto prestigio como la Sociedad (Norte) Americana de Fotogrametría lo considera como parte integral de la fotogrametría y tanto en su Manual como en su revista *Photogrammetric Engineering* da amplio espacio a la fotointerpretación y a las más diversas aplicaciones<sup>4</sup>. Este punto de vista amplio me parece correcto.

Además el arte de medir e interpretar mediante fotografías no se restringe a los aspectos relacionados con la superficie terrestre. Quien hojea los números de los últimos años de la revista *Photogrammetric Engineering* y demás publicaciones, se da cuenta de innumerables otras posibilidades, especialmente para los casos en que los objetos son muy pequeños, no visibles con los normales rayos de luz, no accesibles a la medición o tan veloces que el ojo humano no los puede seguir. El campo de la fotogrametría, mensuradora e interpretativa, es prácticamente infinito y apenas están explorados algunos rincones pero muchos permanecen todavía completamente desconocidos. Las aplicaciones se extienden desde estudios estereomicroscópicos de las superficies de los tejidos hasta el análisis estereoscópico de la superficie de la luna; desde el análisis estereoscópico de radiografías hasta la determinación de trayectorias o velocidades de meteoritos<sup>5</sup> y proyectiles; desde la utilización en la sastrería de confecciones con la cámara fotométrica y la fiel fabricación de bustos con máquinas fresadoras dirigidas fotogramétricamente (del natural o reproducciones) hasta el arte de la fotografía médica con la estereo-cámara de Donaldson.

De lo anterior se concluye que, interpretada en sentido amplio, *la fotogrametría es una técnica moderna de la cual todas las ciencias y disciplinas de la ingeniería pueden obtener provecho*. Por un lado la fotointerpretación con sus aplicaciones prácticas confiere mayor amplitud e importancia a la fotogrametría, por otro lado estas artes fascinadoras aportan amplios horizontes, mayor efectividad y medios de investigación más exactos a la ciencia y la ingeniería. Claro está que estas ventajas no se aprovecharán por completo si los profesionales no tienen

las nociones básicas de la fotogrametría, tampoco se llegaría a resultados satisfactorios si el fotogrametrista no se mantiene al corriente de posibles aplicaciones y no presta su ayuda con sus conocimientos técnicos.

Croquizadas las potencialidades de la fotogrametría y señalado su papel importante en el desarrollo de todo lo relacionado con el suelo y subsuelo, nos queda por aclarar en qué medida se están disfrutando estas nuevas y efectivas técnicas en Colombia y cuánto más se puede hacer.

### *La fotogrametría en Colombia.*

Nos consta por ejemplo que las labores cartográficas del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" dependen completamente del empleo de fotografías aéreas. Esto está de acuerdo con la evolución que han atravesado todas las instituciones semejantes, inclusive se puede decir que en la actualidad no es justificado ejecutar trabajos cartográficos originales y de apreciable extensión sin la aerofotogrametría.

El Geográfico felizmente ha logrado obtener casi todas las películas de las aerovistas tomadas en el país. De tal manera se tiene la ventaja que existe un solo y completo archivo de fotografías que el público puede consultar libremente en las oficinas de dicho Instituto. Esta institución también vende copias aerofotográficas (hasta ahora libre para entidades oficiales).

Perteneciendo la actividad cartográfica a la rama mensuradora, una práctica ya más o menos tradicional, esa entidad ha participado también activamente en la fotointerpretación. En el año 1941 se creó la Sección de Suelos, cuya finalidad es la preparación de mapas agronómicos del país, tarea facilitada por el profuso empleo de aerovistas. Otras entidades han seguido los signos del tiempo. El Instituto Geológico, departamento del Ministerio de Minas y Petróleos, ha creado en 1951 una sección de Fotogeología dedicada principalmente a la preparación de mapas geológicos, pero en sus otras secciones también se están aprovechando oportunamente las ventajas de las fotografías aéreas. El Instituto de Fomento Algodonero, que se dedica también al estudio de los suelos, está empleando sistemáticamente las aerovistas. Las compañías petroleras fueron tal vez las primeras en aprovechar las posibilidades de la aerofotografía y de la fotointerpretación simultáneamente. Extensas zonas fueron fotografiadas por cuenta de ellas y estas fotografías, pasado un término prudencial de reserva, pueden ser utilizadas por cualquier persona o entidad.

En varios casos se han utilizado aerovistas para la planeación de obras de ingeniería; las más importantes son tal vez las del Ferrocarril del Magdalena, el estudio aerofotogramétrico del proyecto de carretera Popayán-Guapí y los proyectos para represas en la Guajira.

<sup>4</sup> En conexión con esto es interesante observar que la Comisión VII (Interpretación fotográfica) de la "American Society of Photogrammetry" está preparando un "Manual of Photointerpretation", dedicado exclusivamente a la interpretación de fotografías en las más diversas ramas científicas y técnicas.

<sup>5</sup> Esta aplicación fue mencionada en el artículo de divulgación: "Los enigmas de la laguna de Guatavita", que obsequia la Biblioteca del Instituto Geológico Nacional (Bogotá) a los interesados.

Es interesante la noticia de que el Ministerio de Obras Públicas abrió recientemente una sección de aerofotogrametría con aparatos de restitución, de máxima precisión (por ejemplo un Estereoplanígrafo Zeiss) y un propio avión equipado con una cámara aérea. La intención de dicha sección es facilitar el trazado o la planeación de carreteras, ferrocarriles, canales, puentes y otras obras semejantes de ingeniería.

Siguiendo el ejemplo de otros países, especialmente de los Estados Unidos y el Canadá, donde un sinnúmero de compañías particulares han demostrado que la preparación de mapas especiales puede hacerse económicamente con un halagador margen de ganancia, también en Colombia la iniciativa privada está penetrando en este campo de actividad.

La compañía de Fotos Aéreas Ltda., "Foto-Tec" (sede en Bogotá, carrera 12 N° 13-55, gerente Hans Philipp) está particularmente especializada en la preparación de mosaicos aéreos controlados. Dichos mosaicos los presenta en las escalas deseadas, labor que se sostiene por su bien equipado laboratorio fotográfico con todas las posibilidades de reproducción, ampliación, reducción y rectificación de las aerovistas. Hasta ahora han preparado mosaicos cuyo conjunto cubre la apreciable superficie de 150.000 kilómetros cuadrados. La empresa también acepta contratos para levantamientos aéreos que se ejecutan en combinación con renombradas compañías extranjeras.

La compañía "Levantamientos Aéreos de Precisión", abreviado L.A.P., (también con sede en Bogotá, calle 24 N° 41A-06, gerente Guillermo Cáceres Gaviria) prepara mapas topográficos de alta precisión que sirven de base para toda clase de obra de ingeniería. Dispone de un buen instrumental fotogramétrico, por ejemplo de un "Estereotopographe" de Povillier, Francia, y les llegará dentro de poco tiempo un "Estereosimplex III" de Santoni, Italia, aparatos que, por combinar precisión con rápido y simple manejo, permiten la producción de mapas a precios competidores. La compañía no sólo prepara sus propias redes geodésicas para apoyar las labores aerofotográficas, sino que ejecuta también levantamientos puramente geodésicos, cuya precisión representa el justificado orgullo de su personal técnico. A este respecto se puede citar la rectificación y el control de las redes municipales de Ibagué, Armenia y Calarcá. Los levantamientos aerofotogramétricos ejecutados o en ejecución van desde planos municipales detallados con curvas de nivel cada 2½ metros (Zipaquirá, Fusagasugá, Soacha), hasta mapas básicos para la construcción de carreteras (Armenia, Pereira) y centrales hidroeléctricas (de Antioquia). La compañía dispone además, de un simple aparato aerofotogramétrico de tercer orden que puede probar su utilidad en la producción a bajo costo, de mapas de reconocimiento, útiles en exploraciones mineras, etc.

Ultimamente recibimos la noticia de una compañía que no pudimos visitar personalmente. Es la "Aerofoto" con sede en Medellín (gerente Carlos Amorteguí) que toma fotografías aéreas oblicuas y verticales, arma mosaicos y es activa en la mensura y titulación de fincas.

Creemos que tales compañías impulsadas por gerentes con vivo deseo de incrementar las actividades, pueden jugar un papel importante en el desarrollo económico del país y por esta razón estimamos oportuno y conveniente llamar la atención de las entidades interesadas en estas posibilidades que ahora existen aquí mismo, pero que aún no son suficientemente conocidas.

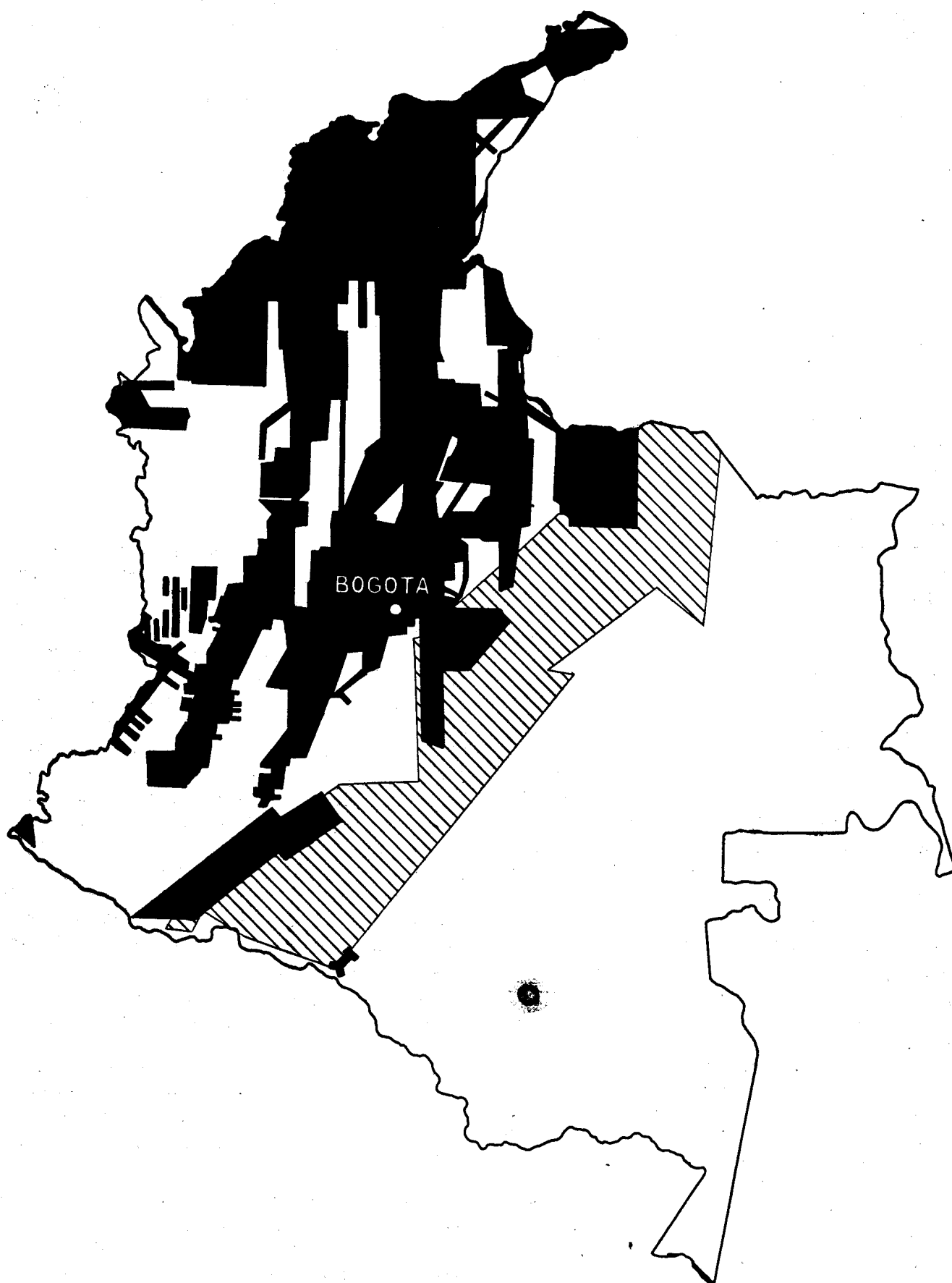
En la recientemente fundada Especialidad en Geología y Geofísica en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional se ha dado gran importancia a la fotogrametría mensuradora e interpretativa.

Esta breve enumeración, probablemente incompleta, indica que las nuevas técnicas están abriéndose paso en el país y que ya está cundiendo una cierta "air-mindedness". Los resultados obtenidos hasta ahora son ciertamente una razón de regocijo pero no de una completa satisfacción, vista la inmensidad de la tarea.

En los 21 años de la existencia del Instituto Geográfico de Colombia ha sido posible fotografiar algo menos de una tercera parte de la República. Una apreciable cantidad de las aerovistas ya son anticuadas o no representan las condiciones actuales del terreno, otras fueron tomadas muy poco sistemáticamente. Las zonas restituídas y disponibles para el público tal vez alcanzan a cubrir el 5% del territorio nacional. Las planchas publicadas comprenden aproximadamente el 3%. Aún teniendo en cuenta los recientes aumentos del instrumental, el empleo de fotografías de escala menor para acelerar la labor, y no tomando como base de producción las 25 planchas del año excepcionalmente productivo de 1954, sino un número de 80, que es más del triple, también en estas condiciones se necesitarían unos 100 años para terminar la carta topográfica del país.

Que tales circunstancias constituyen un obstáculo muy grave para el desarrollo económico del país es obvio. La exacta representación del terreno es una de las primeras necesidades sin la cual la planeación de innumerables proyectos fundamentales carece de base o se dificulta considerablemente.

En la fotogrametría interpretativa el progreso todavía no es satisfactorio debido a los precios muy altos que el Instituto Geográfico debe cobrar por las copias fotográficas, prácticamente forzado a tal política porque la insuficiente capacidad de sus laboratorios prohíbe una actitud más generosa. En estas condiciones sólo las entidades oficiales o semi-oficiales pueden valerse de las aerofotografías. Como ejemplo contrastante se pueden tomar los EE. UU. donde los beneficios de la aerofoto-



Areas fotografiadas en Colombia. El hachurado representa una zona de reconocimiento aero-magnetométrico, cuyas fajas fotografiadas no están conectadas lateralmente.

grafía fueron puestos a disposición del gran público cuando el Ministerio de Agricultura decidió vender las copias al precio del costo de la reproducción. (H. T. U. Smith, bibliografía, 1952).

Por el importante papel que puede y necesariamente debe desempeñar la aerofotografía en la economía del país, parece que es del interés nacional corregir cuanto antes las existentes deficiencias. Varios proyectos se han elaborado y estudiado para lograr tales fines y el Instituto Geográfico ha obtenido recientemente alentadores resultados con la ampliación del instrumental y con la adquisición del magnífico edificio —motivo de orgullo nacional— que acabó de inaugurar. Con todo esto es de desear que también se tomen las últimas y decisivas medidas para asegurar su debido rendimiento tal como requieren las necesidades del país. A pesar de todas las diferencias que dividen las agrupaciones humanas y que las incitan a luchar las unas contra las otras, hay una aspiración que une a todos: la de alcanzar un nivel social-económico más elevado y de asegurar un futuro más próspero para los hijos. La realización de tales aspiraciones excepcionalmente viene por sí misma como una inesperada gracia del Cielo; pero en lo general es más prudente no esperar tales milagros y obrar activamente según el lema “Ayúdate a tí mismo que Dios te ayudará”. Las nuevas técnicas aerofotogramétricas (en el sentido más amplio) podrían reducir apreciablemente el tiempo necesario para realizar tales ambiciones justificadas; la extensión y la inaccesibilidad del territorio nacional en relación con la poca densidad de la población y el conocimiento apenas incipiente de los recursos aprovechables imponen el empleo de tales métodos. Es evidente también que un esfuerzo general de explorar y luego de explotar las potenciales riquezas del suelo patrio armonizaría con las normas directivas del actual Gobierno para llegar, uniendo a los ciudadanos alrededor de un objetivo común, a un espíritu de cooperación nacional.

Es obvio que, debido al empleo efectivo de los modernos métodos de investigación, y por el carácter técnico de sus ocupaciones, el Instituto Geográfico sea el centro predestinado alrededor del cual deben agruparse las demás organizaciones dedicadas a la exploración del suelo. Las inversiones necesarias en el Instituto, en consecuencia, deben ser mucho mayores que en otras organizaciones.

Un aprovechamiento de las riquezas naturales, a corto plazo, podría estimularse fotografiando el territorio nacional en el tiempo más breve posible. Este objetivo no podría lograrse con los propios medios del Instituto Geográfico, ni ampliándolo considerablemente, como tampoco sería aconsejable intentarlo por las grandes inversiones que esto requeriría. Creemos conveniente celebrar contratos más profusamente con compañías privadas, expertas en la materia. Para que todas las organizaciones exploradoras, tanto particulares como gubernamentales,

puedan utilizar las aerovistas, es menester suministrar las copias a precio de costo. Para atender a la demanda, que crecerá rápidamente, será necesario aumentar la capacidad de los laboratorios del Instituto Geográfico o buscar soluciones mediante laboratorios privados.

La creación de un centro de enseñanza en la fotointerpretación y otras aplicaciones aerofotográficas, al alcance del público interesado, estimularía directamente el uso efectivo de las aerovistas e indirectamente la exploración del país.

Para aumentar el ritmo de la confección de planchas topográficas es indispensable ampliar el instrumental y el personal técnico del Geográfico. La solución podría consistir en la repartición de la tarea con compañías privadas, no sólo para apresurar la terminación de la carta topográfica de Colombia, sino también porque la experiencia en los EE. UU., en el Canadá y en el Brasil ha demostrado la conveniencia de que un país disponga de varios centros cartográficos civiles al lado del oficial.

Convendría llegar a una coordinación de planes de trabajo y a una colaboración más íntima entre varias entidades oficiales dedicadas a labores de exploración o de planeamiento. Particularmente un estrecho contacto con la Oficina de Planeación de la Presidencia sería del punto de vista organizatorio muy provechoso. Varios medios modernos de exploración como el helicóptero, cuyo mantenimiento para una sola entidad resultaría muy costoso, podrían aprovecharse económicamente en compañía.

Una reorganización administrativa en un sentido progresista y una mayor autonomía serían benéficas para el eficaz funcionamiento de tales entidades. Varios expertos enviados por organizaciones internacionales para estimular la expansión económica de países jóvenes han llegado a la conclusión de que no se ha dedicado suficiente atención a la exploración y que frecuentemente los mayores obstáculos están en una anticuada organización administrativa que no permite el efectivo aprovechamiento de los adelantos técnicos.

La creación de un centro activo de divulgación y de instrucción en las nuevas técnicas sería de sumo interés, pero el mayor desideratum es sin duda la constitución de una sociedad sur-americana de fotogrametría con su propia revista de la categoría de “Photogrammetric Engineering”, donde se puedan exponer los problemas y las soluciones encontrados en la América Latina.

De los últimos párrafos resulta claramente que no faltan tareas por realizar. Para conservar el paso con los avances y beneficios de la civilización estamos obligados a hacer un mayor esfuerzo intelectual, organizatorio y pecuniario. Deseamos a la joven y meritoria entidad geográfica que con sus 21 años de vida, ha llegado a la mayoría de edad, se le concedan los medios y facilidades para una labor sustancial que va en beneficio de todos.

## BIBLIOGRAFIA

Siendo la bibliografía tanto de la fotogrametría mensuradora como de la interpretativa, muy extensa, se mencionan a continuación sólo algunas obras claves, las cuales sirven al lector no familiarizado con ellas para orientarse en la materia:

**Manual of Photogrammetry**, publicado por la "American Society of Photogrammetry", IIª edición, 1952.

**K. Schwedfsky**.—Grundriss der Photogrammetrie. IVª ed., 1950, Bielefeld.

**Photographic Interpretation**, Report of Commission VII to the International Society of Photogrammetry. Sept. 1952, Washington. También en: Photogr. Engin. June, 1952. Se compone de las siguientes partes:

Part I, Robert N. Colwell, General.

Part II, K. E. Bradshaw, Summary of world progress in photointerpretation in natural resource inventories.

Part III, H. T. U. Smith, Photo-interpretation in applied earth science.

Part IV, Capt Ragnar Thoren, Photo-interpretation in military intelligence.

Part V, C. A. J. von Frijtag Drabbe, Photo-interpretation in the Netherlands.

**Eardly, A. J.** "Aerial Photographs, Their use and Interpretation" Harper & Bros, N. Y. 1942.

**Smith, H. T. U.** "Aerial Photographs and their Applications", Appleton Century, N. Y., 1943.

**Helbling, R.** Studies in Photogeology (in connection with geological mapping in Switzerland, Specifically of the Todi Range), 1949, Art. Institut Orell Fussli A. G., Zurich.

**Gill, Donald**, "Aerial Survey in Relation to Economic Geology". The journal of the Royal Aeronautical Society, Vol. XXXVII, Nº 267, March, 1953.

**"Practical utilization of Aerial Photography in Highway location"**, Report of Technical Committee on Highway location, Surveying and Mapping, Technical Bulletin Nº 189, 1952. Publicado por "American Road

Builders" Association, International Building, Washington 4. D. C.

**Feree, Miles J.**, "A method of estimating Timber Volumes from Aerial Photographs", College of Forestry, State University of New York, Techn. Pub. Nº 75, 1953.

**Moessner, Karl E., and Jensen, Chester E.**, "Timber Cruising on Aerial Photos", Central States Forest Experiment Station, Columbus, Ohio, Techn. Paper Nº 126, 1951.

**Forestry Handbook**, Society of American Foresters, 1955. Contiene un capítulo de 27 págs. sobre el uso de fotografías aéreas.

**Selected Papers on Photogeology and Photointerpretation**, por The Committee Geophysics and Geography, Research and Development Board, Department of Defence, Washington 25, D. C., April, 1953.

**Report of Commission VII** (Photographic Interpretation) to the International Society of Photogrammetry. Photogram. Engin., March, 1956.

### REVISTAS:

**Photogrammetric Engineering**, revista de la "American Society of Photogrammetry", 5 números anuales, sin costo para miembros (US\$ 6.00 anual).

**"Photogrammetria"**, revista de la International Society of Photogrammetry, (US\$ 6.00 anual), La Haya.

**Revista de Engenharia Fotogramétrica**, Avenida Rebouças, 2682 Sao Paulo, Brasil. Trimestral, en portugués y castellano.

Después de haber terminado el manuscrito recibí de la Williamson Manufacturing Company Ltd., Toronto, una de las más importantes casas aerocartográficas privadas, el folleto "Williamson Views Nº 18", primavera 1956, con el interesante artículo: "Freedom to reconnoitre from the air. Eisenhower Plan deemed practicable". Conclusión: "There is no question, therefore, that if there was complete freedom to photograph it would be virtually impossible for a nation to prepare for war without another nation knowing".