

PROYECCIONES GEOLOGICAS TRIDIMENSIONALES CON UNA SOLA FUENTE LUMINOSA

Rolando de la Llata-Romero *
y Carlos Arredondo-Martínez *

RESUMEN

En este artículo se regresa al interesante tema de las proyecciones en tres dimensiones, estudiado en diferentes épocas, pero ahora con bases tecnológicas más avanzadas y con el propósito de emplear la estereoscopia proyectada en campos donde las imágenes volumétricas son irremplazables, como en el caso de la fotointerpretación.

Se presentan brevemente los principios elementales de la estereoscopia y se describe un dispositivo de espejos regulable, capaz de:

- a) proporcionar una diapositiva estereoscópica de imágenes contiguas, adaptado a una cámara fotográfica; y
- b) sobreponer en la pantalla las imágenes contiguas de una diapositiva estereoscópica, acoplándolo a un proyector convencional.

Se describe asimismo un método para hacer diapositivas de estereopares utilizando dos filtros, en las cuales la información quedará sobrepuesta. La diapositiva así preparada se puede proyectar directamente en la pantalla como imagen tridimensional, utilizando cualquier proyector convencional.

Finalmente, se ilustra una mesa de dibujo con cubierta translúcida, que permite proyectar a esta última, desde abajo, imágenes tridimensionales de acuerdo a las técnicas mencionadas, para facilitar el trabajo de fotointerpretación y elaboración de cartas.

ABSTRACT

Important advances have taken place in different fields of investigation. It is worthwhile revising once more the interesting subject of tridimensional projection, now under new technological basis. The main purpose is to support those areas as in photogeology where the use of volumetric images are irreplaceable.

The elementary principles of stereoscopy are briefly outlined together with the description of an adjustable mirror device capable of:

- a) fitted into a photographic camera, providing on the same print or slide a stereoscopic pair; and
- b) coupled to a conventional projector, superimpose the considered stereoscopic pair on a screen.

Also a method is described to prepare slides of stereopairs using two filters, on which the information of the stereopair is superimposed before hand. The slide prepared in this manner can be projected as a three-dimensional image on the screen, with any conventional slide projector.

Finally, a drafting-table with a translucent top is illustrated, in which three-dimensional images can be projected from below to the translucent screen, using the techniques described above, allowing an improvement in the direct photointerpretation and the drawing of charts.

INTRODUCCION

En diferentes disciplinas geológicas, tales como la fotointerpretación, la cristalografía y la paleontología, se utilizan las fotografías estereoscópicas para la observación en tres dimensiones del objeto de estudio. Para tal efecto, se emplean, generalmente, visores estereoscópicos de espejos en el trabajo de gabinete, o estereoscopios de bolsillo en el campo, como en el caso de la fotointerpretación. Sin embargo, los estereoscopios de este tipo adolecen de la desventaja de sólo permitir su utilización a una persona, o en el mejor de los casos, a dos simultáneamente. No obstante que durante la elaboración de cartas geológicas se cuenta con fotografías aéreas en pares estereoscópicos, el dibujo se realiza posteriormente, en dos dimensiones, con base a las fotografías previamente interpretadas, bajo el campo de un estereoscopio como los mencionados. Existe equipo especializado para la observación de fotogra-

fias en tres dimensiones y la elaboración de cartas simultáneamente, pero es equipo complejo y costoso (Kelsh Plotter, KEK Stereoscopic Plotter: Miller, 1961, p. 55-58).

La estereoscopia ha sido siempre objeto de gran interés para la investigación, de la cual han surgido aplicaciones casi desde la aparición de la fotografía. Los visores de fotografías tridimensionales, el cinematógrafo en tercera dimensión y las fotografías aéreas, son ejemplos de ellas. Sin embargo, pese a la variedad de equipo de proyección estereoscópica que ha existido, en su mayoría han desaparecido del mercado por diversas razones.

Con el adelanto en las teorías de la luz y la óptica durante los últimos años, las técnicas del cine, televisión y fotografía se han desarrollado sobremedida. Esto permite regresar nuevamente al tema de la proyección estereoscópica, pero con una base tecnológica más avanzada.

En el presente artículo, se describen las experiencias desarrolladas en el Instituto de Geología de la UNAM, concernientes a la elaboración, proyección y empleo de diapositivas estereoscópicas.

* Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 20, D. F.

LA ESTEREOSCOPIA

El acto de la percepción estereoscópica es un proceso mental (Allum, 1975, p. 16), conocido ya hace tiempo. Con la información proporcionada a la mente a través de nuestros dos ojos, el cerebro construye un modelo volumétrico de una imagen (Vernon, 1962, p. 164-165).

En forma análoga, un par de fotografías aéreas de una misma zona, tomadas desde diferente ángulo (par estereoscópico), pueden ser observadas simultáneamente para visualizar la tercera dimensión, mediante un estereoscopio.

Basados en lo anterior, es posible fusionar dos imágenes y obtener la estereoscopia proyectada. Muchos equipos, tales como cámaras, proyectores, microscopios y otros muy especializados, se valen de estos conceptos de la luz y la óptica, permitiendo la eliminación de los rayos de luz y de esta manera fijar los planos de vibración de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

Se ha mencionado anteriormente que la visión estereoscópica es un proceso mental concebido por la observación de un objeto desde dos ángulos de vista, como lo hacen los ojos. Ahora, si por ejemplo, por medio de filtros forzamos a ver a nuestros ojos dos imágenes en forma selectiva, es decir, la imagen izquierda exclusivamente con el ojo izquierdo y la derecha con el derecho (desde luego consideramos que estas imágenes tengan la misma distancia focal, pero perspectivas diferentes de un mismo objeto), será posible distinguir la tercera dimensión.

Este mecanismo es el que se utiliza en los estereoscopios de espejos, limitando el campo visual a cada ojo de la fotografía correspondiente. La conjunción cerebral de las imágenes fotografiadas desde ángulos diferentes, es decir, de las imágenes estereoscópicas, da lugar a la visión en tres dimensiones.

ESTEREOSCOPIA DESDE DOS FUENTES LUMINOSAS

Es posible proyectar dos imágenes estereoscópicas en una pantalla, utilizando dos proyectores que tengan la misma longitud focal y la misma intensidad de luz.

Para lograr la visión selectiva simultánea, que producirá la visión en tres dimensiones, se pueden colocar lentes polarizadas en ambas fuentes luminosas, vigilando que la luz que emerge salga con sus planos de vibración normales entre sí y que la pantalla sea del material adecuado para que refleje la luz polarizada (en nuestro caso se utilizó una pantalla plateada). La estereoscopia, entonces, se logrará con la ayuda de unos anteojos con lentes polarizadas que presenten sus planos de vibración también normales entre sí, pero paralelos a la fuente luminosa correspondiente (Figura 1). El resultado es que cada ojo observa sólo una imagen de las dos proyectadas y que la otra es absorbida totalmente por la perpendicular entre los ejes de polarización del antejo y la fuente luminosa. De tal suerte, cada ojo observará, independientemente, una de las imágenes estereoscópicas, permitiendo que el cerebro las sobreponga para producir la visión en tres dimensiones.

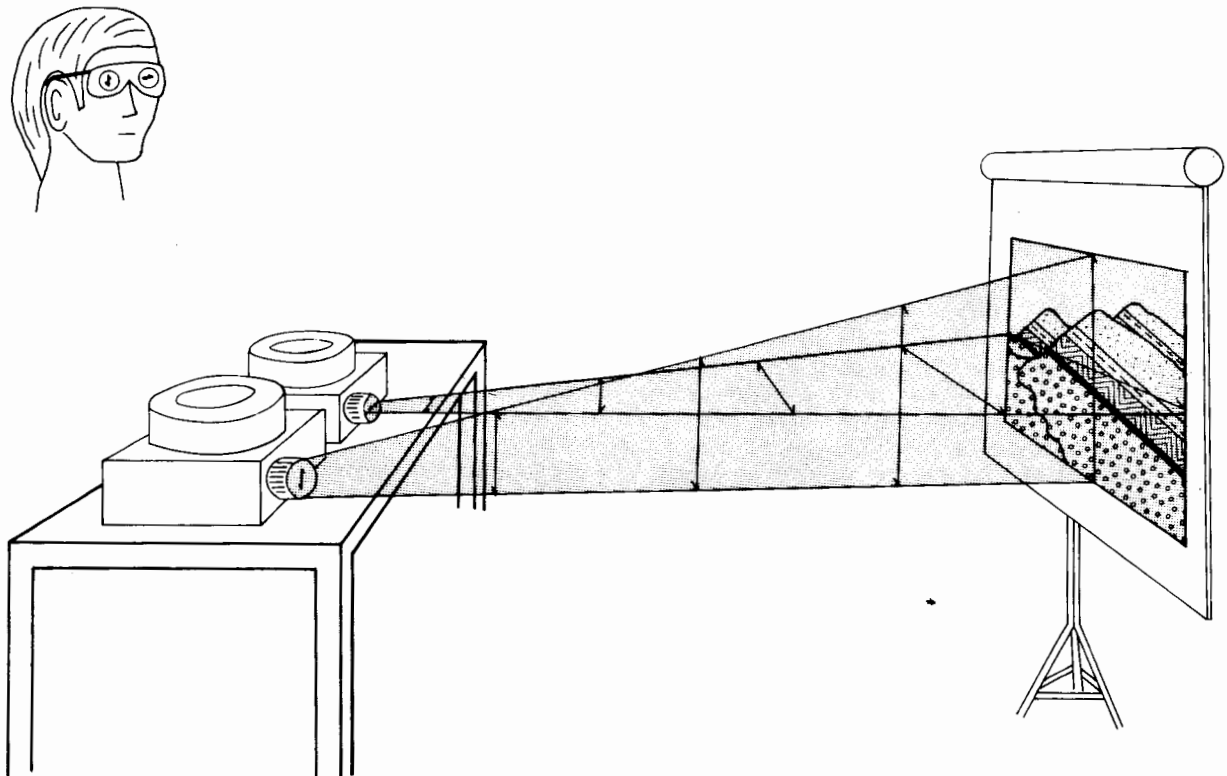


Figura 1.—Proyección estereoscópica mediante dos fuentes de proyección y dos diapositivas de un estereopar.

Este método tiene la ventaja de que si se utiliza película en color, la tercera dimensión se observará en los colores normales, oscureciéndose sólo ligeramente por los filtros polarizados.

Estos mismos resultados de visión estereoscópica pueden lograrse mediante una sencilla modificación en la técnica empleada. Conociendo que la luz natural consta de siete diferentes colores en el espectro visible y que a su vez, cada uno de ellos estará asociado a longitudes de ondas determinadas, fácilmente pueden eliminarse las vibraciones de ciertas longitudes de onda, valiéndose de filtros de color. De esta manera, la luz emitida será monocromática y quedará restringida a una determinada longitud de onda visible al ojo humano. Aprovechando este principio, es posible proyectar en la pantalla un par estereoscópico de tal manera, que de una fuente de proyección la imagen salga con una longitud de onda determinada gracias a un filtro, por ejemplo rojo y de la otra, con una longitud de onda diferente a la primera, supongamos verde o azul. Ahora, con la ayuda de unos anteojos con filtros rojo y verde o azul, las imágenes serán observadas independientemente por cada ojo. Cada uno de ellos podrá observar únicamente la imagen de color correspondiente, ya que la otra quedará absorbida totalmente.

La falsa estereoscopia o relieve invertido, se podrá corregir fácilmente, invirtiendo la posición de las diapositivas en cada proyector, o intercambiándolas de un proyector a otro.

ESTEREOSCOPIA CON UN SOLO PROYECTOR

Resulta factible, más cómodo y mucho más económico, la proyección de un par estereoscópico sobrepuesto en una pantalla, con la ayuda de un solo proyector. De esta forma se evitará conseguir otro proyector, que en ocasiones podría ser difícil que reuniera las mismas características, así como la molestia de operar dos proyectores y vigilar el orden y posición en las diapositivas, además del ajuste de los proyectores para que las imágenes proyectadas se sobrepongan en la pantalla. A su vez, resulta más económico elaborar una diapositiva en lugar de utilizar dos. Una imagen tridimensional se logrará, proyectando mediante un solo proyector un par estereoscópico, fotografiando las imágenes una al lado de la otra, en una sola diapositiva (Figura 2A) y sobreponiendo las imágenes en la pantalla mediante un dispositivo de espejos (Figura 3). El dispositivo se ajusta a la salida del proyector (Figura 4) y consta de un mecanismo de suma sencillez. Consiste de cuatro espejos colocados simétricamente a lo largo del eje de proyección (Figura 5). Las imágenes del par estereoscópico, al emerger al dispositivo, serán desviadas independientemente por los espejos montados a $\pm 45^\circ$, a lo largo del eje de proyección. A su vez, las imágenes serán filtradas por las lentes adecuadas de color o polarizadas y nuevamente desviadas por el otro par de espejos acondicionados a girar a lo largo de un eje vertical y horizontal. Este sistema permitirá que los espejos se ajusten al ángulo requerido de reflexión, en función de la distancia a la pantalla y el traslape de las imágenes y en esta forma, proyectar al par estereoscópico sobrepuesto en la pantalla y gracias a los

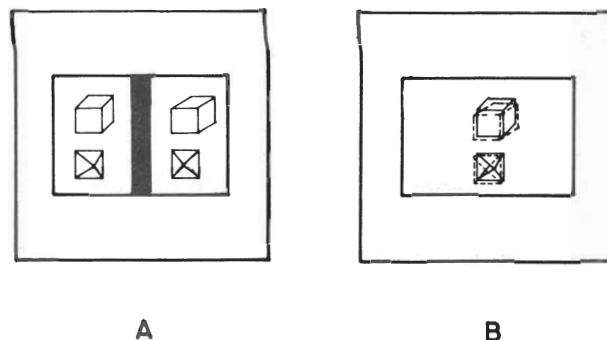


Figura 2.—(A) Diapositiva estereoscópica con la información contigua: (B) Diapositiva estereoscópica con la información superpuesta.

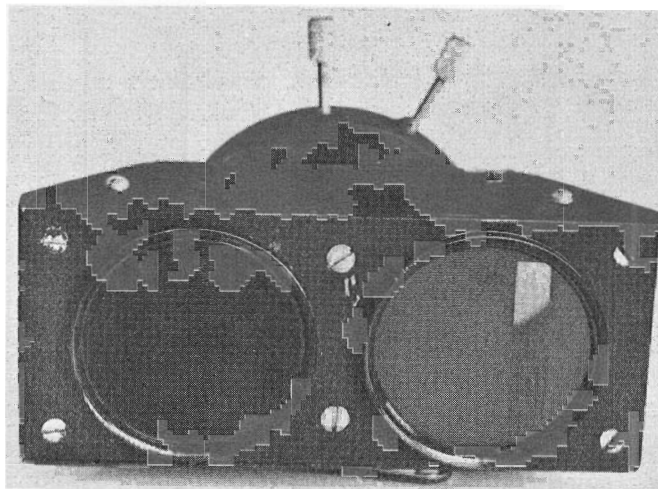


Figura 3.—Dispositivo estereoscópico de espejos regulables (patente en trámite).

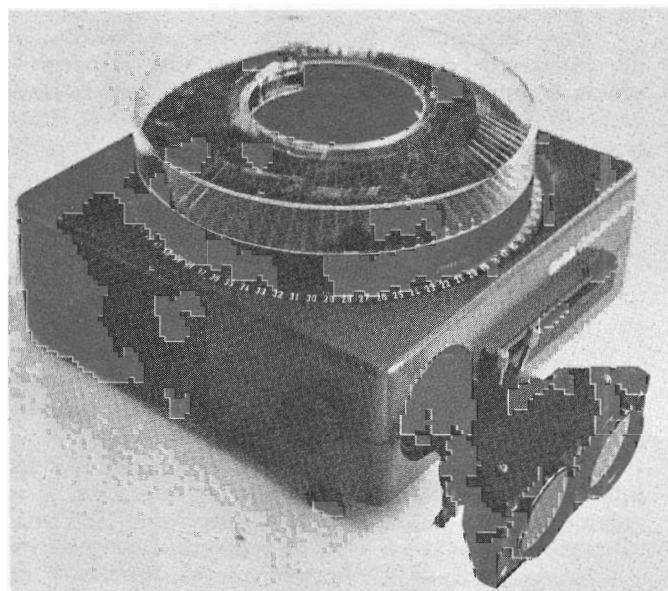


Figura 4.—El dispositivo estereoscópico acoplado a un proyector convencional de tipo carrusel.

anteojos adecuados con los filtros correspondientes, se observará la imagen tridimensional.

Es necesario hacer notar, que la lente de salida del proyector, transmite por cada uno de sus puntos la información completa de la diapositiva; por lo tanto, al desviar mediante los espejos las imá-

genes de las porciones izquierda y derecha, que constituyen el par estereoscópico, se tendrá en ambas imágenes proyectadas, parte de la información de la otra. Sin embargo, esta información no obstaculiza la superposición de las imágenes en la pantalla, ni la visión estereoscópica. Este problema se puede reducir, aumentando el espaciamiento entre las imágenes en la diapositiva y vigilando que las aberturas de salida del dispositivo permitan exclusivamente la emersión de la imagen correspondiente.

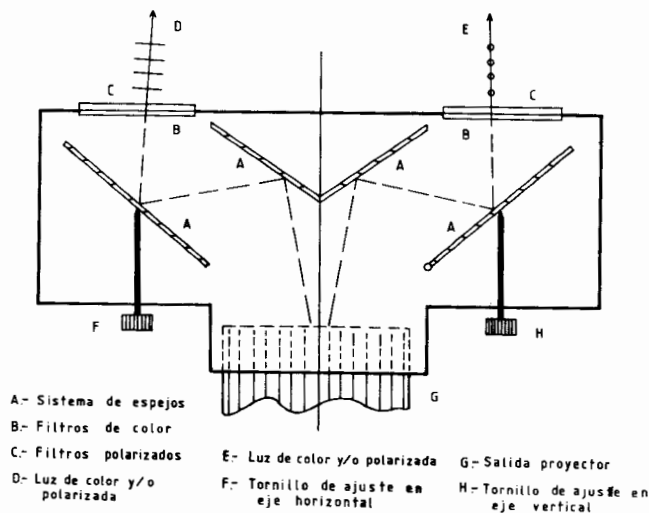


Figura 5.—Diagrama del dispositivo estereoscópico.

El dispositivo puede ser adaptado también a una cámara fotográfica, permitiendo así la toma de diapositivas estereoscópicas de imágenes contiguas. En estas condiciones puede emplearse para obtener un par estereoscópico de cualquier objeto, que bien puede ser un mineral, un fósil, etc.

Para la toma de las diapositivas estereoscópicas de imágenes contiguas, a partir de fotografías aéreas u otras en que ya se cuente con ambas imágenes del estereopar, resulta más cómoda la fotografía directa de ellas sin dispositivo.

DIAPOSITIVAS CON EL PAR ESTEREOSCOPICO SOBREPUESTO

Existe la posibilidad de sobreponer de antemano, en una sola diapositiva, el par estereoscópico (Figura 2B). Esto se logra fotografiando en película de color una de las imágenes a través de un filtro rojo y la otra, a través de un filtro verde o azul, pero evitando que la película corra en la cámara, para que ambas imágenes se sobrepongan.

Este método, se limita a la utilización de los colores para la selección ocular de las imágenes, pues resultaría sumamente complejo seleccionar dos imágenes sobrepuestas en una sola diapositiva, mediante filtros polarizados. Mientras que el dispositivo de espejos mencionado anteriormente, por el contrario, al proyectar cada imagen del par estereoscópico desde ángulos diferentes, permite la instalación de dichos filtros.

DIBUJO CON VISION ESTEREOSCOPICA

El principio de proyección estereoscópica, aquí descrito, puede ser extendido a otras aplicaciones,

tales como la película de movimiento y la fotografía no especializada. En el caso concreto de los trabajos de fotointerpretación en Geología, la proyección estereoscópica puede ser ventajosamente empleada no sólo para su observación en una pantalla, sino durante el dibujo mismo. Para ello, se requiere exclusivamente de un adaptador entre la fuente de proyección estereoscópica (ya sea con dispositivo de espejos o sin él) y la mesa de dibujo de cubierta translúcida. Dicho adaptador consiste en un espejo de posición variable, que refleja la imagen proyectada hacia la cubierta de la mesa, que jugará el papel de pantalla. El espejo podrá, al mismo tiempo que reflejar la imagen, corregir las distorsiones de la misma manera que una amplificadora fotográfica. Por otra parte, es evidente que un proyector con objetivo variable ("zoom") es sumamente útil para esta aplicación, ya que permite variar la escala. Esta variación de escala también puede lograrse modificando la distancia de proyección, pero con pérdidas en la luminosidad.

En el Instituto de Geología de la UNAM, se diseñó una mesa de cubierta translúcida para su empleo en el dibujo de cartas a partir de la observación directa de las fotografías en tres dimensiones utilizando diapositivas estereoscópicas de imágenes superpuestas (Figura 6; patente en trámite).

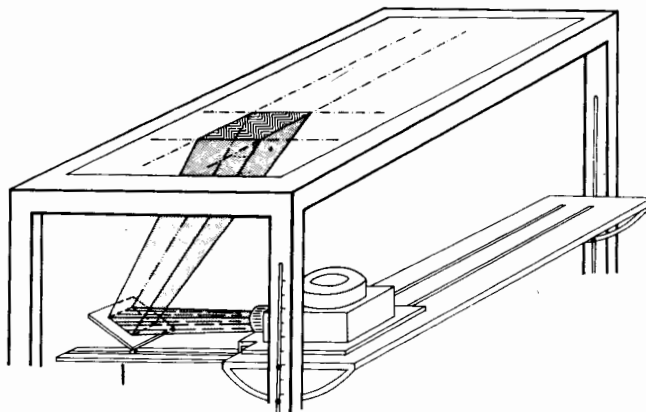


Figura 6.—Diagrama de la mesa de dibujo utilizando las técnicas de las imágenes tridimensionales.

Por lo que se refiere a los filtros y anteojos, cabe mencionar que si se emplean los colores (verde, o azul y rojo) para lograr la visión tridimensional, no importa el tipo de papel que se utilice para el dibujo de la carta. Sin embargo, en el caso de emplear filtros polarizados y el dispositivo de espejos a la salida del proyector, es imprescindible seleccionar el tipo de papel y buscar la orientación debida entre los filtros y él, ya que la polarización de la luz se pierde total o parcialmente al atravesar ciertos materiales. Esto evidentemente, está en función de la naturaleza isotrópica o anisotrópica del papel que se emplee y su homogeneidad. En el primer caso, la extinción será completa, mientras que en el segundo, es decir, en el caso de un papel anisotrópico, se introducirá un retardo en la luz (de la misma manera que una sección de mineral lo hace en el microscopio petrográfico) haciendo difícil o imposible la extinción completa sin la cual no se puede lograr el efecto deseado. Un papel de fibras, es un medio heterogéneo que dispersa la luz y no transmite la

luz polarizada. Si las diapositivas que se emplean son el blanco y negro, pueden usarse los filtros de color, pudiendo utilizar cualquier papel, incluso de fibras. Si se desea emplear diapositivas en color, se obtendrán mejores resultados si se usan filtros polarizados, que únicamente disminuyen la intensidad de la luz, sin modificar considerablemente la tonalidad de los colores, pero será necesario entonces, instalar el dispositivo de espejos a la salida del proyector y seleccionar cuidadosamente el tipo de papel y la orientación del mismo con respecto a los filtros polarizados.

La selección del papel y su orientación, pueden realizarse con facilidad bajo el campo de un microscopio petrográfico; esto permite escoger el que presente las mayores extinciones y al mismo tiempo, marcar la orientación de las mismas. Con base a estas orientaciones ya marcadas sobre el papel, se fijará la posición relativa de los filtros polarizados en el dispositivo de la mesa y en los anteojos.

CONCLUSIONES

1.—La proyección en tres dimensiones es posible con una sola fuente luminosa. Esto se logra sobreponiendo en la pantalla la información de una diapositiva estereoscópica de imágenes contiguas mediante un dispositivo de espejos acoplado al proyector o bien en la diapositiva misma.

El dispositivo de espejos tiene la ventaja de permitir el uso tanto de filtros de color como de filtros polarizados. Con estos últimos se pueden proyectar entonces diapositivas en color.

3.—Las diapositivas estereoscópicas de imágenes contiguas, pueden ser en blanco y negro o en color. Sin embargo, cubren sólo un 40% del área de las diapositivas con la información sobrepuesta.

4.—La adaptación hecha a una mesa de dibujo de cubierta translúcida, permite realizar al mismo tiempo el trabajo de fotointerpretación en tres dimensiones y el dibujo de la información obtenida.

5.—Por último, aunque el presente artículo se avocó fundamentalmente a las aplicaciones de la estereoscopia proyectada en los trabajos geológicos, se considera necesario hacer notar que el tema merece la atención de otros especialistas, ya que puede ser de suma utilidad incluso en las fotografías no especializadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente artículo hacen patente su agradecimiento a los Sres. Armando y Antonio Altamira, del Instituto de Geología y al Fis. Humberto Sotelo-González, del Centro de Instrumentos de la U.N.A.M., sin cuya valiosa cooperación hubiera sido difícil la consecución de nuestros propósitos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Allum, J.A.E., 1975, Photogeology and regional mapping: Oxford, Pergamon Press, 107 p.
- Miller, V. C., 1961, Photogeology: New York, McGraw-Hill, 248 p.
- Vernon, M. D., 1962, The psychology of perception: Middlesex, Pelican Books, 251 p.