

**OBSERVACIONES SOBRE EL PROBLEMA DE LA EXAGERACION
VERTICAL EN FOTOINTERPRETACION**

Por:

HUMBERTO ROSAS GARCIA
Instituto Nacional de Investigaciones
Geológico - Mineras

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	124
1. INTRODUCCION	124
2. ASPECTOS METODOLOGICOS	124
3. EVOLUCION DE LAS TEORIAS	125
4. ALGUNAS INCONSISTENCIAS	126
4.1. INCONSISTENCIAS RELACIONADAS CON EL CONCEPTO DE EXAGERACION VERTICAL	126
4.2. INCONSISTENCIAS RELACIONADAS CON EL EFECTO DE LA DISTANCIA VISUAL SOBRE LA EXAGERACION VERTICAL	126
4.3. INCONSISTENCIAS RELACIONADAS CON EL EFECTO DEL AUMENTO OPTICO SOBRE LA EXAGERACION VERTICAL	127
5. CONCLUSIONES	128
6. AGRADECIMIENTOS	130
7. REFERENCIAS	130

TABLA

1. Ecuaciones matemáticas propuestas para determinar la exageración vertical en estereovisión	128
---	-----

RESUMEN

El tema de la exageración vertical en estereovisión, ha dado lugar al planteamiento de variadas hipótesis y a la formulación de ecuaciones matemáticas con el fin de precisar y cuantificar este fenómeno. Inicialmente se supuso que la imagen estereoscópica, era producida por convergencia de los ejes visuales sobre un plano llamado "plano de fusión". Pero la idea de convergencia no permitió explicar el hecho de que la estereovisión también puede lograrse cuando los ejes visuales son paralelos y aún divergentes. En consecuencia, la hipótesis de una imagen geométrica tridimensional formada por convergencia de ejes visuales, fue sustituida por la de una imagen "perceptual" formada en el "plano virtual de fijación" (virtual fixation plane). Este nuevo enfoque ejerció una marcada influencia en las investigaciones posteriores, hasta el punto que, en la mayoría de las formulaciones propuestas desde entonces, un factor determinante de la exageración vertical es la distancia del observador a la imagen perceptual, visualmente estimada. En general, las investigaciones no han estado exentas de inconsistencias entre las teorías y los hechos, lo cual ha impedido que el fenómeno de la exageración vertical sea satisfactoriamente explicado.

Algunas de estas inconsistencias son analizadas a la luz de hechos experimentales cuestionables.

1. INTRODUCCION

La búsqueda de una ecuación matemática para determinar la exageración vertical en estereovisión, ha sido considerada de gran importancia en fotointerpretación y en otras áreas de aplicación de la estereoscopia. Desafortunadamente ninguna de las formulaciones propuestas ha resultado suficientemente convincente para ser plenamente aceptada. Es posible que, después de tantos esfuerzos fallidos en la búsqueda de una solución a este problema, el tema de la exageración vertical haya perdido interés a pesar de que en teoría, la solución es lógicamente factible. Precisamente es esta lógica pero desconocida factibilidad, lo que hace que el tema revista singular interés, tanto desde el punto de vista científico como tecnológico. Evidentemente, la posibilidad de controlar la

exageración vertical ampliaría el campo de las aplicaciones de la estereoscopia, no solo en la obtención y observación de estereopares fotográficos, sino también en el diseño de gráficas estereoscópicas, para la exacta representación de objetos o fenómenos en tres dimensiones. Además, podrían producirse instrumentos estereoscópicos más precisos, con control total de la exageración vertical, para observación de estereopares o de objetos reales tridimensionales.

El presente informe es una versión modificada de un primer análisis crítico sobre el estado de la investigación acerca de la exageración vertical (ROSAS, 1986), en el cual se señalan algunas inconsistencias, que han dado lugar a la formulación de hipótesis incorrectas a lo largo de los estudios realizados sobre el tema. En esta forma se intenta hacer un balance de los logros reales alcanzados en la investigación, a manera de base conceptual que permita la unificación de ideas, dentro del ambiente de controversia en que se han desarrollado las teorías propuestas sobre exageración vertical.

2. ASPECTOS METODOLOGICOS

A través de una visión general de las investigaciones realizadas sobre exageración vertical, se aprecia el uso de dos metodologías básicas: inducción y deducción.

INDUCCION

Este método fue empleado por Thurrell (1953) y Miller (1953) quienes efectuaron observaciones empíricas con base en fotografías de bloques de yeso. De esta manera establecieron comparaciones entre las variables fotográficas, las dimensiones de los bloques y la exageración vertical percibida. Aunque estos autores no encontraron relaciones precisas entre la exageración vertical y otras variables ópticas, lograron reconocer algunas conexiones cualitativas. Por otro lado, Stone (1951, p. 757) con base en sus experiencias, indujo una ecuación para determinar la exageración vertical. Tal ecuación es el resultado de cierta impresión intuitiva, obtenida por el autor en el manejo de las fotografías empleadas por la Marketing Administration de los Estados Unidos. Es posible que esta ecuación dé resultados satisfactorios en algunos casos particulares como los manejados por su

autor, pero es improbable que su validez pueda extenderse a otros casos. Una opinión similar es expresada por Treece (1955, p.519).

DEDUCCION

Este método ha sido aplicado por la mayoría de quienes han propuesto formulaciones matemáticas para determinar la exageración vertical (GOODALE, 1953; RAASVELDT, 1956; MILLER, 1958; YACOMELOS, 1972; LA PRADE, 1972; COLLINS, 1981). Cada uno de estos autores, partiendo de premisas basadas en hipótesis personales, dedujo una ecuación diferente para determinar la exageración vertical. La experiencia ha demostrado que tales fórmulas son válidas solamente para un pequeño intervalo de valores, o aplicables con demasiadas reservas, o francamente no confiables. Más adelante se mostrará que tales deficiencias no se originan en errores operacionales sino en inconsistencias entre los fundamentos teóricos y los hechos.

3. EVOLUCION DE LAS TEORIAS

Diversas teorías se han propuesto en relación con las características de la imagen tridimensional que se percibe cuando un par de fotografías es visto estereoscópicamente. Inicialmente la atención se concentró sobre la imagen que se forma en el espacio, por intersección de rayos ópticos cuando los ejes visuales convergen en el llamado "plano de fusión". Se suponía entonces que esta imagen geométrica correspondería a la mentalmente percibida. Sobre esta base conceptual, Aschenbrenner (1952) propuso una ecuación para determinar la exageración vertical (Tabla 1). Sin embargo, los hechos han mostrado que la imagen percibida aparece generalmente distorsionada con relación a la imagen geométrica, lo cual invalida la teoría de convergencia. Además, la teoría de convergencia no explica el hecho de que la visión estereoscópica puede lograrse con ejes visuales paralelos o divergentes, en cuyo caso no se produce la intersección de los ejes y consecuentemente tampoco se genera una imagen geométrica.

Goodale (1953) propuso la hipótesis de que la imagen percibida era equivalente a la que se forma por intersección de los rayos ópticos provenientes de los ojos y de dos posiciones de cámara separadas por la base

de las fotografías, cuando ambos haces de rayos se proyectan sobre las imágenes fotográficas situadas a la distancia focal de la cámara. Esta hipótesis hizo posible la construcción de imágenes geométricas en condiciones de paralelismo o divergencia de los ejes visuales. Con base en los diagramas correspondientes, Goodale (1953, p. 615) deduce una ecuación matemática para determinar la exageración vertical (Tabla 1) y su autor menciona que ha sido probada experimentalmente. Sin embargo, después de que la validez de esta ecuación fue puesta en duda por Treece (1955, p. 521), Goodale (1955, p. 527) reconoce que "En mi opinión hemos teorizado suficiente. Lo que se necesita ahora es buena, firme experimentación, y pruebas."

Raasveldt (1956, p. 710) formula otra hipótesis: En su opinión, "nosotros no 'vemos' el mundo físico exterior sino nuestras impresiones mentalmente proyectadas". Estas impresiones, a su vez, están condicionadas por algunas propiedades telemétricas que son reguladas fisiológicamente por ciertos músculos, tales como los rectos, que controlan la angularidad de los ejes visuales produciendo la sensación de convergencia, y los músculos ciliares que regulan la acomodación a la distancia de visión. Raasveldt sugiere que, debido a las propiedades o principios telemétricos anteriormente mencionados, el modelo estereoscópico es observado a una cierta distancia diferente de aquella en que convergen los ejes visuales. De modo que, aún en caso de que los ejes visuales sean paralelos o divergentes, y no exista un plano real de fusión, la acción de los principios telemétricos permite observar un modelo nítido en un determinado lugar llamado "punto virtual de fijación" (virtual fixation point).

El concepto del "punto virtual de fijación" conlleva la noción "espacio perceptual" donde es percibida la imagen estereoscópica, diferente del espacio donde se forma la imagen geométrica por convergencia de ejes visuales. Esta idea ha influido notablemente en el desarrollo subsiguiente de las teorías relacionadas con la exageración vertical. Como resultado, la mayoría de las ecuaciones matemáticas propuestas, tales como las de Raasveldt, Miller, La Prade y Collins (Tabla 1), están basadas en la idea de convergencia de los ejes visuales en el punto virtual de fijación, y por tanto incluyen la distancia perceptual como variable determinante de la exageración vertical.

Otros esfuerzos con miras a establecer la naturaleza geométrica del espacio perceptual, incluyen la aplicación del concepto de geometría no euclidiana para definir un espacio perceptual Lobachevskiano, e intentos por representar el espacio perceptual como un homeomorfo topológico del espacio real.

Yacoumelos (Tabla 1) propuso una ecuación para la exageración vertical donde se excluye la distancia perceptual, con lo cual se evita el problema de tratar con esta variable empírica. Pero por otro lado, esta ecuación plantea dudas al omitir también la relación base-altura de la cámara, que generalmente es considerada como la causa primaria de la exageración vertical.

Las ideas anteriormente mencionadas, constituyen el marco conceptual en que hasta ahora se han desarrollado las investigaciones, quizás con más especulación que resultados prácticos.

4. ALGUNAS INCONSISTENCIAS

En las investigaciones realizadas sobre exageración vertical, se aprecian algunas inconsistencias entre las bases teóricas y las observaciones prácticas. Algunas de estas inconsistencias requerirían un proceso sistemático de razonamiento para ser demostradas. Otras, en cambio, son inconsistencias de hecho, que prácticamente no requieren ninguna demostración teórica porque son detectables mediante un simple chequeo experimental.

Para ilustrar esta situación, se considerarán algunos ejemplos de inconsistencias de hecho, caracterizadas por marcados desacuerdos entre las hipótesis y los hechos. Estas se relacionan con tres aspectos básicos. 1) el concepto de exageración vertical, 2) el efecto de la distancia de visión sobre la exageración vertical, y 3) el efecto del aumento óptico sobre la exageración vertical.

4.1. INCONSISTENCIAS RELACIONADAS CON EL CONCEPTO DE EXAGERACION VERTICAL

La exageración vertical está matemáticamente definida como la relación entre la escala vertical y la horizontal. Por lo tanto, cualquier estudio acerca de la exageración

vertical debería desarrollarse de acuerdo con esta premisa fundamental. Sin embargo, algunos autores han llevado sus inferencias tan lejos de los hechos que han distorsionado el significado mismo de la exageración vertical. Por ejemplo, Yacoumelos (1972, p. 796), contrariamente a lo establecido por definición, enfatiza que "no podemos hablar de exageración vertical en términos matemáticos".

Miller (1953, p. 594) a su vez, exhibe confusión acerca del significado matemático de la exageración vertical, al menos en cuanto a números negativos se refiere, como en el siguiente párrafo:

"Alejando los ojos de las fotografías, se obtendría una imagen positivamente exagerada del modelo (Figura 1b: Exageración vertical 1.50), y disminuyendo la distancia de los ojos a las fotografías se produciría una exageración negativa (Figura 1c: Exageración vertical 0.65)"

En la cita anterior, el valor 0.65, quizás por ser menor que 1, es erróneamente considerado como exageración negativa.

Finalmente, Yacoumelos (1973, p.274), probablemente en vista de tantos esfuerzos infructuosos en la búsqueda de una expresión matemática de la exageración vertical, llega hasta el punto de negar la existencia de la exageración vertical y consecuentemente descarta la posibilidad de medirla, en los siguientes términos:

"Todavía el hecho está en que para continuar la búsqueda de una expresión matemática que proporcione una medida cuantitativa de lo que se llama (aunque no existe) exageración vertical, es un esfuerzo quijotesco"

4.2. INCONSISTENCIAS RELACIONADAS CON EL EFECTO DE LA DISTANCIA VISUAL SOBRE LA EXAGERACION VERTICAL

No es necesario entrar en análisis detallados para probar que cuando un par fotográfico es visto estereoscópicamente, la exageración vertical de la imagen percibida aumenta con la distancia de visión. La simple

experiencia de ver un estereopar fotográfico con el ojo desnudo a diferentes distancias permite verificar este hecho. Sin embargo, a pesar de esta evidencia algunos autores han negado que la exageración vertical aumenta con la distancia visual.

Uno de estos autores es Salzman (1950) quien muestra gráficamente que, como quiera que la percepción de la profundidad es causada por la disparidad retinal, y esta disparidad disminuye cuando se aumenta la distancia de visión, se puede concluir que la percepción de la profundidad también disminuye con la distancia visual. Esta conclusión es correcta. El error consiste en identificar la idea de "percepción de la profundidad" que equivale a la escala vertical, con el concepto de "relieve aparente" que indica relación entre la escala vertical y la horizontal. En esta forma se concluye equivocadamente que el relieve aparente no debería sufrir exageración cuando se incrementa la distancia visual. Una explicación lógica de este error es presentada en la siguiente cita de Miller (1953, p. 601).

"Hay cierto desacuerdo en cuanto a cómo la dimensión vertical del modelo cambia cuando varía la distancia visual. Algunos establecen que al aumentar la distancia visual no se incrementa la exageración vertical. Por otra parte, hay quienes sostienen que los cambios en la distancia visual no tienen tal efecto. Salzman (1950), por ejemplo, ha tomado este último punto de vista. El autor cree que hay una relación directa muy definida entre la distancia visual y la exageración vertical. Al incrementar-se la distancia, tanto la dimensión vertical como horizontal del modelo cambian, a la vez que se incrementa la relación entre escala vertical y escala horizontal, que es la expresión de la exageración vertical".

En otras ecuaciones, tales como las de Raasveldt (1956), Miller (1958). La Prade (1972) y Collins (1981), la exageración vertical no aparece expresada en términos de la distancia visual sino como una función direc-

ta de la distancia perceptual, la cual debe obtenerse por estimación visual (Tabla 1). En opinión del autor, esta estimación visual tiene que ver más con inferencias subjetivas que con hechos objetivos reales, y por tanto los datos obtenidos en esta forma parecen poco confiables. Sin embargo, en estas ecuaciones podría entenderse, al menos teóricamente, que la distancia perceptual es a su vez una función directa de la distancia visual, en cuyo caso no habría contradicción con los hechos.

La Prade (1972) desprecia la influencia de la distancia visual sobre la exageración vertical, proponiendo una ecuación simplificada, en la que la exageración vertical es aproximadamente igual a cinco veces la relación base-altura de las dos posiciones de cámara (Tabla 1).

4.3. INCONSISTENCIAS RELACIONADAS CON EL EFECTO DEL AUMENTO OPTICO SOBRE LA EXAGERACION VERTICAL

Otro hecho incuestionable es que la exageración vertical es una función decreciente de aumento óptico. La simple experiencia indica que cuando un par estereoscópico de fotografías es visto bajo diferentes grados de aumento, la exageración vertical varía inversamente con el aumento. No se trata de una cuestión de opinión sino de hecho. Sin embargo, contrariamente a esta evidencia, algunos autores (SALZMAN, 1950) han sostenido que la exageración vertical no varía inversamente sino directamente con el aumento. Esta idea es expresada en la siguiente parte de su artículo.

"Hay solamente dos maneras básicas de exagerar el relieve aparente. Una es incrementando la distancia de la base aérea cuando se toman las fotografías, y la otra aumentando las imágenes fotográficas".

Thurrel (1953, p.581) cae en el mismo error cuando describe sus observaciones sobre el aumento:

“Aumento: La exageración vertical varía directamente con el aumento. El efecto cuantitativo no ha sido analizado porque en la mayoría de las pruebas se usó el estereoscopio plegable de bolsillo, con distancia focal fija de cuatro pulgadas, y lentes de dos aumentos. Este aumento fue considerado como constante en estos experimentos”.

En el párrafo citado no es fácil entender cómo pudo Thurrel deducir que “La exageración vertical varía directamente con el aumento” si, según sus palabras, “Este aumento fue considerado como una constante en estos experimentos”.

Por otro lado, otros autores han sostenido (RAASVELDT, 1956; MILLER, 1958; LA PRADE, 1972), a pesar de los hechos, que el aumento óptico no tiene efecto alguno sobre la exageración vertical como se indica en sus ecuaciones (Tabla 1). Para sustentar su tesis, apelan al equivocado argumento de que, como quiera que el efecto del aumento equivale simplemente a multiplicar los valores verticales y horizontales por el mismo factor, la exageración vertical no se afecta (RAASVELDT, 1956, p. 721, MILLER 1958, p. 813; LA PADRE, 1972, p. 1185). Sin este argumento, Aschenbrenner (1952) excluye también de su ecuación el aumento óptico (Tabla 1).

En una forma más implícita, Collins (1981) comparte el concepto erróneo de Salzman y Thurrel según los cuales la exageración vertical no varía inversamente sino directamente con el aumento. En la ecuación de Collins (1981, p. 49, ec. 21) la exageración vertical varía inversamente con L, la cual varía a su vez inversamente con w (amplitud de la imagen “image width”) (1981, p. 49, ec. 12), o sea que la exageración vertical variaría directamente con la amplitud de la imagen, la cual crece a su vez con el aumento. Por lo tanto, según la ecuación de Collins, la exageración vertical variaría directamente con relación al aumento, que es justamente lo contrario de lo indicado por los hechos.

5. CONCLUSIONES

1. Entre las diversas teorías y ecuaciones matemáticas que se han propuesto pa-

TAB. 1: Ecuaciones matemáticas propuestas para determinar la exageración vertical en estereovisión.

1) STONE (1951, p. 757)	$E = \frac{cF}{ef}$
2) ASCHENBRENNER (1952, p. 821, ec.3a)	$E = \frac{BD}{He}$
3) GOODALE (1953, p.610)	$E = \frac{D(e+S)(b+p)}{Fe(e+mp)}$
Cuando S = e (p.610)	$E = \frac{2D(b+p)}{F(e+mp)}$
4) RAASVELDT (1956, p. 721, ec.6)	$E = \frac{Lb}{eF}$
5) MILLER (1958, p. 813)	$E = \frac{LB}{eH} = \frac{LP}{eF}$
Aproximada:	$E = \frac{16P}{eF}$
6) YACOUMELOS (1972, p. 796, ec.4.6)	$E = \frac{ef}{Fs}$
Con aumento (ec.4.10):	$E = \frac{f}{Fm}$
7) LA PRADE (1972, p. 1185)	$E = \frac{BL}{He}$
Aproximada:	$E = \frac{5B}{H}$
8) COLLINS (1981, p.49, ec. 20)	$E = \frac{1}{De} \left(\frac{B}{H} \right)^{1/2} L$

CONVENCIONES ESTANDARIZADAS

B	= Base de la cámara
H	= Altura de la cámara (altura de vuelo)
F	= Distancia focal de la cámara
S	= Separación de las fotografías
b	= Base en las fotografías
c	= Distancia entre los bordes de las fotografías, medida a lo largo de la línea de vuelo entre los dos bordes visibles de las fotografías.
P	= Paralaje absoluto
p	= Desplazamiento de las imágenes (diferencia paraláctica)
s	= Base del estereoscopio
f	= Distancia focal del estereoscopio.
m	= Poder de aumento del estereoscopio.
e	= Base de los ojos (distancia interpupilar)
D	= Distancia de visión real
d	= Distancia de visión efectiva
L	= Distancia al modelo perceptual (distancia perceptual)

COMENTARIOS:

Considerando que P es prácticamente igual a b, puede observarse que las ecuaciones 4,5 y 7 son básicamente iguales. Además, estas tres ecuaciones son muy similares a la ecuación 2, con la única diferencia de que en la ecuación 2, es utilizada la distancia real (D) en vez de la distancia perceptual (L).

ra explicar y cuantificar el fenómeno de la exageración vertical, hay una notable falta de unidad conceptual y un consiguiente alto nivel de controversia, lo cual es indicativo del bajo nivel de consistencia y confiabilidad obtenido hasta ahora a lo largo de las investigaciones.

2. En el desarrollo de las investigaciones, los métodos inductivo y deductivo se han aplicado independientemente en vez de simultáneamente como es lo más aconsejable. Algunos autores se han esforzado por inducir conclusiones con base en simples datos experimentales, sin contar con una preconcepción imaginativa del problema. Otros, por el contrario, han dirigido sus esfuerzos a postular hipótesis sobre lo que cada cual imagina que podría ser el mecanismo de percepción de las imágenes estereoscópicas, sin el necesario chequeo experimental. Ambos métodos deben considerarse como puntos de vista diferentes pero complementarios en la solución de un problema.

3. Existen ciertas verdades fundamentales que, a pesar de ser fácilmente comprobables con hechos experimentales, han originado opiniones controvertidas, y han impedido enfocar adecuadamente el fenómeno de la exageración vertical. Tres de estas verdades o principios son: a) La exageración vertical de toda imagen estereoscópica está dada por la relación entre la escala vertical y la escala horizontal. b) Cuando un par de fotografías es visto estereoscópicamente, la exageración vertical de la imagen percibida aumenta con la distancia focal. c) Cuando un par de fotografías es visto estereoscópicamente, la exageración vertical disminuye con el aumento óptico del estereoscopio.

4. En general, las ecuaciones matemáticas propuestas han sido comprobadas experimentalmente con base en observaciones efectuadas con estereoscopios de bolsillo y de espejos. Esto indica que las variables dependientes de las condiciones de visión, tales como aumento óptico, distancia de visión, separación de las fotografías, etc., estuvieron restringidas a las especificaciones de estos instrumentos, y que las correspondientes ecuaciones fueron comprobadas para un pequeño rango de valores. Ningún autor ha intentado ir más lejos en analizar, por ejemplo, el caso en que el aumento óptico, en vez de ser 2.0X ó 2.5X como en los estereoscopios

comunes, sea de 100X o más, o que el aumento sea menor que 1, en cuyo caso la imagen se reduce en vez de aumentarse.

5. El hecho de restringir el campo de las observaciones a las especificaciones de los estereoscopios corrientes, ha impedido a los autores detectar la importancia real de algunas variables, tal como el aumento óptico que fue despreciado en la mayoría de las ecuaciones propuestas.

6. Otras variables que no dependen de las especificaciones restrictivas de los estereoscopios corrientes, tal como la relación entre la base (B) y la altura (H) de la cámara, son más susceptibles de ser variadas experimentalmente. Esta circunstancia ha permitido visualizar con más claridad la influencia de estas dos variables sobre la exageración vertical, y consecuentemente lograr uno de los pocos puntos de acuerdo: que existe una notable correlación directa entre la exageración vertical y la relación B/H. Sin embargo, esta evidencia ha creado una tendencia generalizada a sobreestimar la influencia de la relación B/H, hasta el punto que más de un autor (MILLER, 1958; LA PRADE, 1972) han propuesto ecuaciones en que la relación B/H resulta ser la única variable determinante de la exageración vertical. Este hecho permite explicar la consecuente propensión a minimizar y aún despreciar otras variables importantes como se mencionó en el numeral anterior. Un caso excepcional es la ecuación propuesta por Yacoumelos (1972) donde la relación B/H no es considerada como factor determinante de la exageración vertical (Tabla 1).

7. La mayoría de las ecuaciones matemáticas propuestas, tales como las de Raasveldt (1956, p. 721), Miller (1958, p. 813), La Prade (1972, p. 1185), y Collins (1981, p. 49), incluyen como dato necesario para calcular la exageración vertical, la distancia perceptual, que debe ser visualmente estimada (Tabla 1). Esto implica que el cálculo de la exageración vertical tiene que depender de observaciones estereoscópicas cuyos resultados no pueden ser lógicamente inferidos de antemano. En otras palabras, estas ecuaciones son esencialmente empíricas; están concebidas para medir la exageración de una imagen dada, pero no para inferir, por ejemplo, la forma en que algunas variables, tales como la distancia de visión, la distan-

cia focal de la cámara, la base de las fotografías, y otras, podrían fijarse convenientemente a fin de obtener una exageración vertical deseada.

8. En opinión del autor, la estimación de la distancia perceptual que se requiere para resolver las ecuaciones mencionadas en el numeral anterior, obedece principalmente a inferencias subjetivas, y por tanto debe descartarse la posibilidad de obtener una medida confiable de la distancia perceptual.

9. A pesar de los muchos interrogantes que el estudio de la exageración vertical ha ofrecido a los investigadores, ningún progreso tangible se ha logrado en este campo. Tan prolongado estancamiento de las investigaciones ha creado una atmósfera de escepticismo con relación a futuros desarrollos. En 1973, Yacoumelos (p. 274) dudó de la existencia misma de la exageración vertical, y consideró la búsqueda de una ecuación matemática para medirla, como un "esfuerzo

quijotesco". El autor está en desacuerdo con este último punto de vista. En su opinión, la búsqueda de una ecuación precisa para medir la exageración vertical, en vez de un esfuerzo quijotesco representa una tarea muy lógica y factible. Actualmente el autor está preparando un artículo sobre nuevos hechos relacionados con el fenómeno de la estereovisión, que seguramente habrán de conducir a la solución final del problema de la exageración vertical.

6. AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento al doctor Hermann Duque Caro de Ingeominas, por sus valiosas sugerencias durante la preparación del texto. Igualmente manifiesta su reconocimiento a la entidad Colciencias, cuya colaboración y estímulo han sido decisivos en el desarrollo de las investigaciones sobre fotointerpretación.

7. REFERENCIAS

- ASCHENBRENNER, C.M., 1952.- *A Review of Facts and Terms Concerning the Stereoscopic Effect*. Photogram. Eng. 18 (5): 818-823.
- COLLINS, S. H., 1981.- *Stereoscopic Depth Perception*. Photogram. Eng. 47 (1): 45-52.
- GOODALE, E.R., 1953.- *An Equation for Approximating the Vertical Exaggeration of a Stereoscopic View*. Photogram. Eng. 19 (4): 607-616.
- , 1955.- *Discussion of Paper by Walter A. Trece*. Photogram. Eng. 21 (9) 527 p.
- LA PRADE, G.L., 1972.- *Stereoscopy - A More General Theory*. Photogram. Eng. 38 (12): 1177-1187.
- MILLER, Ch. I., 1958.- *The Stereoscopic Space-Image*. Photogram. Eng. 26 (5): 810-815.
- MILLER, V.C., 1953.- *Some Factors Causing Vertical Exaggeration and Slope Distortion on Aerial Photographs*. Photogram. Eng. 19 (4): 592-607.
- RAASVELDT, H.C., 1956.- *The Stereomodel, How it is formed and Deformed*. Photogram. Eng. 22 (9): 708-726.
- ROSAS, H., 1986.- *Vertical Exaggeration in Stereovision: Theories and Facts*. Photogram. Eng. 52 (11).
- SALZMAN, M.H., 1950.- *Note on Stereoscopy*. Photogram. Eng. 16 (3): 475-477.
- STONE, K.H., 1951.- *Geographical Air - Photo - Interpretation*. Photogram. Eng. 17 (5): 754-759.

- THURREL, R.F. Jr., 1953.- *Vertical Exaggeration in Stereoscopic Models*. *Photogram. Eng.* 19 (4): 579-588.;
- TREECE, W.A., 1955.- *Estimation of Vertical Exaggeration in Stereoscopic Viewing of Aerial Photographs*. *Photogram. Eng.* 21 (9): 518-527.
- YACOUMÉLOS, N.G., 1972.- *The Geometry of the Stereomodel*. *Photogram. Eng.* 38 (8): 791-798.

— * —