

# REFRACCIÓN, RESOLUCIÓN Y ALIASING EN VISION PERIFÉRICA

**E. Colombo,**

*Instituto de Luminotecnia, Luz y Visión, "Ing. H.C.Bühler" Facultad de Ciencias Exactas y T.,  
Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.*

**P. Artal,**

*Instituto de Óptica Daza de Valdez, CSIC - Madrid, España.*

**A. Derrington**

*Departamento de Ciencias Fisiológicas, Escuela de Medicina, Universidad de Newcastle upon Tyne, Gran Bretaña.*

La inversión en la dirección de movimiento, percibida cuando la frecuencia de una red excede la mitad del mosaico de muestreo, provee una herramienta potencial para estimar la frecuencia de muestreo en la retina periférica (Coletta y otros, 1990). Se recurrió a una tarea de elección si-no para medir el rendimiento de tres observadores en detección y discriminación de la dirección de movimiento de redes senoidales en luminancia, verticales y horizontales, de alto contraste y presentadas a 20° y 40° desde la fovea a lo largo del meridiano horizontal. Un blanco foveal a una distancia de visión confortable ayuda la fijación y la acomodación. Se utilizó un optómetro de visión Maxwelliana con una pupila artificial de 3mm para corregir la refracción de la red periférica, que fue presentada en un círculo de 1.8° de diámetro, en un medio de color y luminancia media similar (47.5 cd . m<sup>-2</sup>). La corrección refractiva para cada excentricidad fue medida registrando la imagen aérea de un punto después de un doble paso a través del ojo (Artal y otros, 1992; Navarro y otros, 1993).

Los resultados encontrados fueron los siguientes:

\* La frecuencia más alta que puede ser confiablemente detectada (7-14 ciclos/grado para 20°, 5.5-7.5 ciclos/grado para 40°) depende críticamente de la refracción. La refracción difiere hasta 5 dioptrías desde la fovea a la periferia y hasta 6 dioptrías cuando se modifica la dirección de horizontal a vertical.

\* La eficiencia en la discriminación de dirección no muestra inversión consistente y depende menos de la refracción. Esta cae a chance para frecuencias tan bajas como la tercera parte de la más alta que puede ser detectada.

\* Las redes que pueden ser detectadas pero cuyas direcciones de movimiento no pueden ser discriminadas aparecen como patrones de speckle irregular cuyas direcciones de movimiento varían de prueba a prueba.

La ausencia de inversión de movimiento puede reflejar irregularidad en el muestreo y sugiere que la inversión no es una herramienta simple para estudiar el muestreo en visión periférica.

Reversals in perceived direction of motion of a grating when its spatial frequency exceeds half that of the sampling mosaic (Coletta et al., 1990) provide a potential tool for estimating sampling frequency in peripheral retina. We used 2-AFC tasks to measure performance of 3 observers detecting or discriminating direction of motion of high contrast horizontal or vertical sinusoidal luminance gratings presented either 20° or 40° from the fovea along the horizontal meridian. A foveal target at a comfortable viewing distance aided fixation and accommodation. A Maxwellian view optometer with 3 mm artificial pupil used to correct the refraction of the peripheral grating, which was presented in a circular patch, 1.8° in diameter, in a surround of similar colour and mean luminance (47.5 cd.m<sup>-2</sup>). The refractive correction at each eccentricity was measured by recording the aerial image of a point after a double pass through the eye (Artal et al., 1992, Navarro et al., 1993).

\* The highest frequency which can reliably be detected (7-14 c/deg at 20°, 5.5-7.5 c/deg at 40°) depends critically on refraction. Refraction differs by up to 5 dioptres from the fovea to periphery, and by up to 6 dioptres from horizontal to vertical.

\* Direction discrimination performance shows no consistent reversals, and depends less on refraction. It fall to chance at frequencies as low as 1/3 times the highest that can be detected.

\* Gratings which can be detected but whose direction of motion cannot be discriminated appear as irregular speckle patterns whose direction of motion varies from trial to trial.

The absence of motion reversals may reflect irregularity of sampling, and suggests that reversals are not a simple tool for studying sampling in peripheral vision.

## I. OBJETIVO

El propósito del trabajo es medir la discriminación de velocidades en la periferia del sistema visual,

con observadores en los que se ha corregido el astigmatismo, con la idea de lograr nuevas evidencias sobre el mosaico de células que limita la eficiencia del sistema visual fuera de la fovea produciendo aliasing.

## II. INTRODUCCIÓN

Debido a que la información visual es transmitida por neuronas discretas, el sistema visual humano muestrea la imagen retiniana en ubicaciones discretas espacialmente. Aquí está el origen de posibles problemas de submuestreo o aliasing. Para visión central y bajo condiciones de visión fotópica, la óptica del ojo actúa como un filtro pasa bajo<sup>4</sup>. De esta manera la principal protección contra el aliasing es la óptica del ojo. Considerando solamente aberraciones monocromáticas hay un ajuste bastante bueno entre las propiedades ópticas y las propiedades espaciales del mosaico retiniano en la fovea central<sup>9,10</sup>. Esto no ocurre en visión periférica donde la óptica del ojo deja pasar frecuencias espaciales que podrían ser submuestreadas por las células periféricas<sup>2,6</sup>. De aquí, los problemas de aliasing aumentan con la excentricidad, siendo realmente importantes alrededor de los 10°-20° de excentricidad retiniana. Trabajos recientes, que han medido la calidad de la imagen retiniana en la periferia, muestran que la aberración principal es el atigmatismo<sup>7</sup>. Esto podría explicar parcialmente los efectos direccionales en aliasing.

El estudio del submuestreo de las imágenes retinianas ha atraído mucho la atención de investigadores especializados. La presencia de problemas de aliasing ha sido detectada en la periferia por medio de técnicas psicofísicas que consisten en determinar la inversión perceptual de movimiento de franjas de interferencia generadas sobre la retina evitando así las limitaciones impuestas por la óptica del ojo<sup>5,8</sup>. El trabajo de Anderson y Hess (1990) describe un experimento psicofísico bajo condiciones de visión natural donde "la ilusión de inversión de movimiento" en la periferia proveería evidencia del submuestreo espacial en visión humana normal.

La inversión percibida en la dirección de movimiento de una red cuando su frecuencia está comprendida entre la frecuencia de Nyquist de la estructura de muestreo y su doble, provee una herramienta potencial para estimar el espaciamiento de los sensores que realizan el muestreo en la retina periférica.

Esto se logra midiendo la frecuencia para la cual hay inversión de movimiento, ese valor corresponde a 1.5 del valor de la frecuencia de Nyquist del mosaico correspondiente y comparando luego este valor con los que surgen de resultados de investigaciones fisiológicas que establecen los órdenes esperados para los fotosensores retinianos y las células ganglionales.

## III. MEDICIONES Y RESULTADOS

### (1) CORRECCIÓN DE LA REFRACCIÓN EN LOS OBSERVADORES

La corrección refractiva, necesaria para minimizar su efecto, fue determinada para cada excentricidad de interés (20° y 40°). Esta medición consistió en la adquisición y posterior procesamiento de la imagen aérea de un punto luminoso que luego de formar su imagen en la retina, es reflejado en la misma y recogido por un dispositivo híbrido analógico-digital luego de un doble paso a través del ojo. La fuente puntual proviene de un láser rojo (longitud de onda 632 nm) y de otro azul (longitud de onda 488 nm) que permiten tener en cuenta el efecto del color de la luz y se mantuvo a una distancia fija del ojo para todas las excentricidades retinianas.

En el dispositivo experimental se utilizó un optómetro de visión Maxwelliana, con una pupila artificial de 3mm, para corregir la refracción en cada posición de la periferia. Un blanco foveal a una distancia de visión confortable permite la fijación y la acomodación.

Los resultados muestran que:

\* En la periferia los observadores son muy astigmáticos: se encuentran diferencias de hasta 6.4 dioptrías entre la mejor refracción horizontal y vertical

\* Hay una gran diferencia desde la fovea: se encontró una diferencia de hasta 5 dioptrías desde la fovea.

### (2) DETECCIÓN Y DISCRIMINACIÓN DE MOVIMIENTO EN LA PERIFERIA

Los observadores realizaron tareas de detección y discriminación de la dirección de movimiento de redes senoidales en luminancia, verticales y horizontales, de alto contraste, presentadas a 20° y 40° desde la fovea a lo largo del meridiano horizontal. También se modificó el tamaño del campo en el que se presentaba el estímulo.

Los casos analizados fueron los siguientes:

\* excentricidad 20° (campo nasal) y tamaño del campo de 1.8 grados (ver Fig. 1).

\* excentricidad 40°, tamaño del campo de 1.8°.

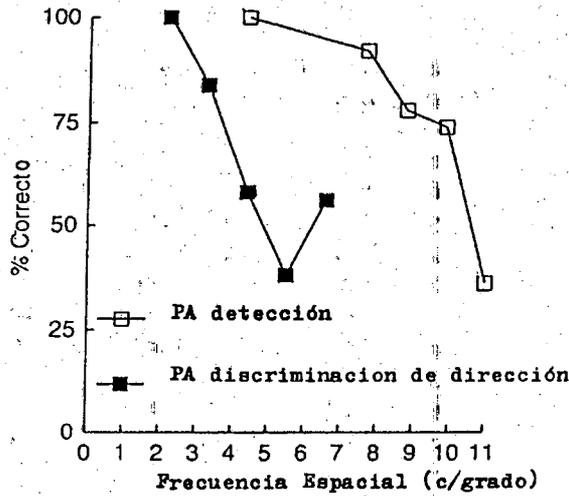


Fig. 1: Eficiencia en detección y en discriminación de dirección de movimiento a 20° de excentricidad, campo nasal y tamaño del campo 1.8°. Observador PA.

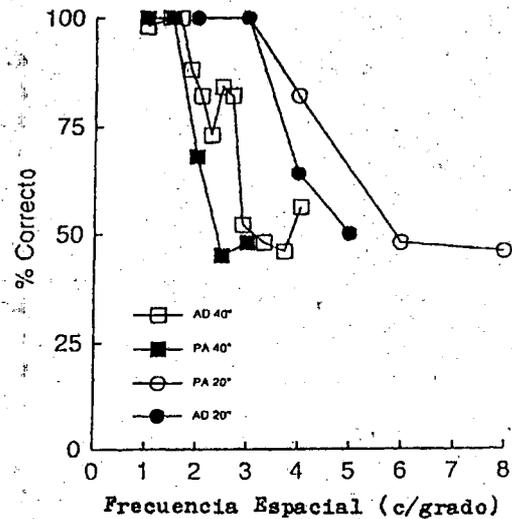


Fig. 3: Eficiencia en la tarea de discriminación de dirección de movimiento a 20° y 40° de excentricidad, con un campo de 6.5°. Observadores PA y AD.

Las Figs. 2a y 2b corresponden a campo temporal y nasal.

\* excentricidad de 20° y 40° con un tamaño de campo de 6.4° (ver Fig. 3).

Se representa la eficiencia en detección y en discriminación de dirección de movimiento en función de la frecuencia espacial. No se obtiene una inversión de movimiento pues la performance es mayor del 50%. El aliasing aparece como una diferencia entre los resultados de detección y discriminación.

Las redes con aliasing aparecen como un patrón de speckle de alto contraste con una dirección de movimiento no consistente.

En el caso de la excentricidad de 40° se comparan el campo temporal con el nasal, encontrándose que el rendimiento es mejor en el primer caso, especialmente para discriminación, lo que podría explicarse con el hecho de que la densidad de células ganglionales es más alta en el campo temporal.

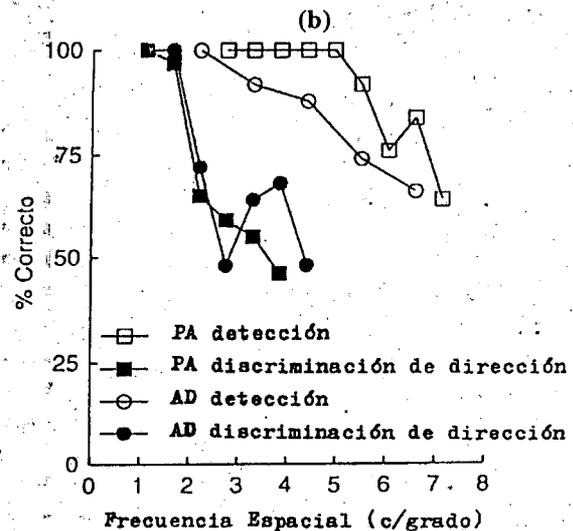
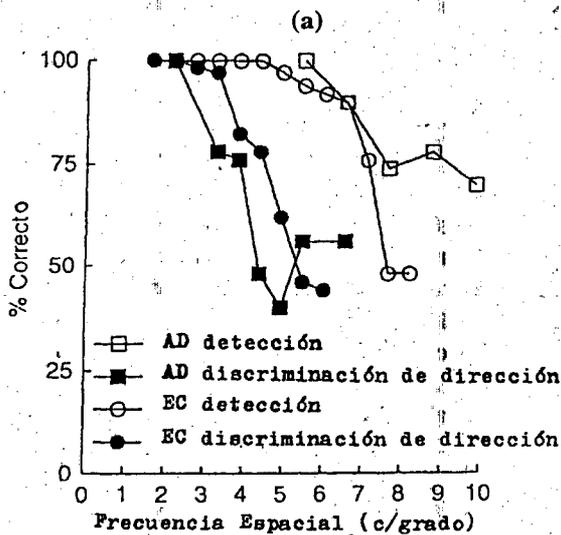


Fig. 2: Comparación de eficiencia en tareas de detección y de discriminación de dirección de movimiento a 40° de excentricidad. a) Campo temporal, observadores AD y EC, b) Campo nasal, observadores PA y AD.

#### IV. CONCLUSIONES

1 - La frecuencia más alta que puede ser confiablemente detectada depende críticamente de la refracción, siendo la refracción en la retina periférica muy diferente para redés verticales y horizontales.

2 - La eficiencia en la discriminación de dirección de movimiento no muestra una inversión consistente y depende menos de la refracción.

3 - El aliasing se presenta en visión periférica como una diferencia entre detección y discriminación de dirección de movimiento.

4 - Los resultados no difieren si los estímulos son presentados en áreas pequeñas o grandes y en ningún caso se encuentra inversión de movimiento.

5 - La ausencia de inversión de movimiento puede reflejar irregularidad del muestreo y sugiere que este tipo de pruebas, donde se espera inversión del movimiento, no es una herramienta simple para estudiar el muestreo en visión periférica.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con el apoyo del SERC, ESF/ETP, CICYT (España), CONICET (Argentina)

y el Consejo Británico (Inglaterra).

#### REFERENCIAS

1. Anderson S J, Hess R F. *Post-receptor undersampling in normal human peripheral vision*. Vision Research, vol.30, No 10, pp 1507-1515 (1990).
2. Anderson S J, Mullen K T, Hess R F. *Human peripheral spatial resolution for achromatic and chromatic stimuli: limits imposed by optical and retinal factors*. Journal of Physiology, vol.442, pp 47-64. (1991).
3. Artal P, Navarro R, Brainard D, Galvin S, Williams D R. *Off-axis optical quality of the eye and retina sampling*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. Suppl. 33, pp 1342 (1992).
4. Campbell F W, Gubish R W. *Optical image quality of the human eye*. Journal of Physiology, vol. 186, pp 576-593, (1965).
5. Coletta N J, Williams D R, Tiana C L M. *Consequences of spatial sampling for human motion perception*. Vision Research, vol.30, No.11, pp 1631-1648 (1990).
6. Jennings J A M, Charman W N. *Off-axis image quality in the human eye*. Vision Research, vol.21, pp 445-454 (1981).
7. Navarro R, Artal P, Williams D R. *Modulation transfer of the human eye as a function of retinal eccentricity*. Journal Optical Society of America A, vol.10, No 1, January (1993).
8. Thibos L N, Walsh D J, Cheney F E. *Vision beyond the resolution limit: aliasing in the periphery*. Vision Research, vol.27, No. 12, pp 2193-2197 (1987).
9. Williams David R. *Aliasing in human foveal vision*. Vision Research, vol. 25, No.2, pp195-205 (1985).
10. Williams David R. *Seeing through the photoreceptor mosaic*. Trends in Neurosciences, vol.9, pp 193-198 (1986).