

Tiempo de reacción y contraste umbral en la medida de la difusión intraocular y el deslumbramiento

Reaction times and threshold contrast in the measurement of intraocular scattering and glare

R. Aguirre⁽¹⁾, E. Colombo⁽¹⁾, L. Issolio⁽¹⁾, S. Luque⁽²⁾, M. Vilaseca⁽²⁾, J. Pujol⁽²⁾

- (1) Dpto. de Luminotecnia, Luz y Visión, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Av. Independencia 1800, (4000) Tucumán, Argentina.
(2) Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6) Universidad Politécnica de Cataluña, España.
E-mail de contacto: raguirre@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN:

La evaluación de la luz difusa intraocular es un tema de investigación en la actualidad y no existe un sistema para su medida a nivel clínico. Se comparan dos métodos psicofísicos, la determinación del contraste umbral y medición del tiempo de detección de redes sinusoidales de 1, 2, 4, 8, 12 y 24 c/g, para evaluar los efectos difusores de dos medios que se utilizan para simular difusión intraocular, en condiciones de adaptación central fotópica (30cd/m²). Se realizan mediciones con dos observadores de 30 y 29 años, visión monocular, acomodación y tamaño pupilar natural y con dos niveles de deslumbramiento 110 y 220 lx. Se propone un Factor de Difusión basado en el Efecto del deslumbramiento escalado por el valor de la iluminancia de deslumbramiento. Se muestra que el tiempo de reacción es una alternativa válida para la medición de la difusión.

Palabras clave: Difusión Intraocular, Deslumbramiento, Tiempo de Reacción, Sensibilidad al Contraste.

ABSTRACT:

The evaluation of the intraocular scattering is a current area of investigation and there is not one procedure absolutely accepted in the clinical. In this paper, we compare two psychophysical methods: CSF and RTs using sinusoidal gratings of 1, 2, 4, 8, 12 y 24 c/deg. To measure the discriminative ability we use ectopic diffusers and photopic adaptation (30cd/m²) with 110 and 220 lux of glare illuminance levels. Two subjects of 30 and 29 years old took part in these experiments, with monocular vision and natural accommodation and pupil. We propose a Scatter Factor based on the Glare Effect scaled by the glare illuminance value. The reaction time could be a worth tool to quantify the intraocular scattering.

Keywords: Intraocular Scattering. Glare, Reaction Times, Contrast Sensitivity.

REFERENCIAS Y ENLACES

- [1] J. Liang, B. Grimm, S. Golez, J. Bille, "Objective measurement of wave aberrations of the human eye with the use of a Hartmann-Shack wave-front sensor", *J. Opt. Soc. Am. A* **11**, 1949-1957 (1994).
[2] J. L. Güell, J. Pujol, M. Arjona, F. Díaz-Doutón, P. Artal, "OQAS: A new instrument for an objective clinical evaluation of the ocular optical quality", *J. Cataract. Refr. Surg.* **30**, 1598-1599 (2004).
[3] F. Diaz-Doutón, A. Benito, J. Pujol, M. Arjona, J. L. Güell, P. Artal, "Comparison of the retinal image quality with Hartmann-Shack wavefront sensor and a double-pass instrument", *Invest. Ophth. Vis. Sci.* **47**, 1710-1716. (2006).

- [4] L. E. Paulsson, J. Sjöstrand, "Contrast sensitivity in the presence of a glare light", *Invest. Ophthalm. Vis. Sci.* **19**, 401-406 (1980).
- [5] J. J. Vos, "Disability glare - a state of the art report", *CIE Journal* **3**, 39-53 (1984).
- [6] R. Aguirre, J. Barraza, E. Colombo, "Adding a veiling luminance is not sufficient to explain the effects of glare on simple reaction times", *J. Vision* **6**, 719 (2006).
- [7] L. Issolios, E. Colombo, "Brightness for different surround conditions: the effect of transient glare", *Percept. Psychophys.* **68**, 702-709 (2006).
- [8] M. Abrahamsson, J. Sjostrand, "Impairment of contrast sensitivity function (CSF) as a measure of disability glare", *Invest. Ophthalm. Vis. Sci.* **27**, 1131-1136 (1986).
- [9] D. Yager, R. Yuan, S. Mathews, "What is the utility of the psychophysical light scattering factor?", *Invest. Ophthalm. Vis. Sci.* **33**, 688-700 (1992).
- [10] R. Yuan, D. Yager, M. Guethlein, G. Oliver, N. Kappor, R. Zhong, "Controlling unwanted sources of threshold change in disability glare studies: a prototype apparatus", *Optometry Vision Sci.* **70**, 976-981 (1993).
- [11] D. Whitaker, D. B. Elliott, R. Steen, "Confirmation of the validity of the psychophysical light scattering factor", *Invest. Ophthalm. Vis. Sci.* **35**, 317-321 (1994).
- [12] J. Thaug, C. Beckman, M. Abrahamsson, J. Sjostrand, "The light scattering factor. Importance of stimulus geometry, contrast definition and adaptation", *Invest. Ophthalm. Vis. Sci.* **36**, 2313-2317 (1995).
- [13] R. C. Aguirre, J. E. Santillán, L. A. Issolio, E. M. Colombo, "Sistema y procedimiento para la medición de funciones visuales en seres humanos", patente N° 050101283, Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, Argentina (2005).
- [14] S. Plainis, I. J. Murray, K. Chauhan, W. N. Charman, "Reaction times as an index of visual conspicuity at night", *Ophthalm. Physl. Opt.* **22**, 409-415 (2002).
- [15] I. L. Bailey, M. A. Bullimore, "A new test for the evaluation of disability glare", *Optometry Vision Sci.* **66**, 911-917 (1991).
- [16] L. J. van Rijn, C. Nischler, D. Gamer, L. Franssen, G. de Wit, R. Kaper, D. Vonhoff, G. Grabner, H. Wilhem, H. J. Volker-Dieben, T. J. T. P. van den Berg, "Measurement of stray light and glare: comparison of Nykotest, Mesotest, spray light meter, and computer implemented spray light meter", *Brit. J. Ophthalmol.* **89**, 345-351 (2005).
- [17] W. Adrian, "The quantification of v performance", *Proc. Lux Europa* 642-662 (1997).
- [18] G. Smith, "Disability glare and its clinical significance", *Optometry* **19**, 34-37 (2002).

1. Introducción

La luz difusa en los medios intraoculares y las aberraciones son las principales causas de disminución de la calidad y capacidad visual. Si bien se han desarrollado instrumentos para determinar las aberraciones a nivel clínico [1] y más recientemente se ha desarrollado un instrumento basado en la técnica del doble paso [2] (OQAS, Visiometrics S.L) que permite la evaluación de la calidad óptica del ojo, integrando los efectos de la difracción intraocular y las aberraciones [3], no existe ningún sistema, plenamente aceptado, para medir la difusión intraocular en un entorno clínico.

La difusión intraocular se incrementa por la presencia de correcciones refractivas, cuando se realizan cirugías en la córnea y con la aparición de cataratas. Más aún, la opacificación de los medios oculares aumenta con la edad, aún en ojos sanos y sin cataratas, produciendo una disminución de las funciones visuales. Puesto que la presencia de una

fuente deslumbrante en el campo visual acentúa el efecto de la difusión intraocular, suele usarse para facilitar la cuantificación del grado de opacidad de los medios oculares [4]. Sin embargo, la presencia de una fuente deslumbrante en el campo visual produce no solamente una reducción de contraste sino también una elevación de la luminancia de adaptación, y si bien su efecto se ha cuantificado tradicionalmente mediante una luminancia de velo [5], experimentos más recientes muestran que el efecto del deslumbramiento no puede explicarse solamente por la presencia de la difusión intraocular sino también por procesamientos neuronales que dependen del tamaño de los detalles presentes en el estímulo [6] y del tipo de tarea involucrada como puede ser la evaluación de la claridad de un test [7]. Por estas razones, cualquier propuesta para caracterizar la difusión intraocular utilizando el efecto del deslumbramiento debe consistir en un diseño experimental que permita aislar la medida de

interés y tenga un alto grado de poder de discriminación.

Una serie de artículos [4,8-11] discuten la efectividad de definir un “factor de luz dispersa” que represente la difusión intraocular mediante la medición de sensibilidad al contraste, con y sin deslumbramiento, basados en dos importantes supuestos: 1) que el contraste de la imagen en la retina es proporcional al contraste del objeto y 2) que el contraste umbral en la retina es un invariante de las condiciones experimentales, y en consecuencia de la condición de deslumbramiento. Esta discusión científica, condujo a ciertos análisis y recomendaciones razonables [12].

a) La primera suposición es válida en un sistema formador de imagen ideal, pero, en un sistema que difunde luz, el contraste de la imagen no solamente depende del contraste del objeto sino también de la geometría del objeto y de la elección de la definición del contraste. De los resultados obtenidos proponen trabajar con frecuencias espaciales bajas, pues se obtiene mayor sensibilidad del método, y utilizar la definición de contraste de Michelson si se trabaja con redes sinusoidales.

b) Sobre la segunda suposición, si el objetivo es medir la opacidad del medio que produce la difusión intraocular, y no el efecto del deslumbramiento, es importante que la medición se realice para valores fotópicos, por encima de las 10cd/m^2 , región en la cual el comportamiento del Sistema Visual Humano obedece a la ley de Weber; si se cumple esta condición, en presencia de una fuente deslumbrante, la suma de la luminancia de velo a la luminancia de adaptación si bien modifica el valor de la luminancia de adaptación del sujeto no cambia la sensibilidad al contraste.

En este trabajo se presentan resultados preliminares en los cuales se evalúa una nueva metodología psicofísica, basada en la medición de tiempos de reacción, para estímulos sinusoidales con contrastes supraumbrales, utilizando medios difusores ectópicos para simular el efecto de una opacificación del medio intraocular. Se estudian las mejores condiciones para la medida de la difusión intraocular, se realiza la propuesta de un índice de difusión y los resultados se comparan con los que resultan de la determinación de contrastes umbrales en condiciones experimentales similares en cuanto a los niveles de luminancia de adaptación y de iluminancia de deslumbramiento utilizados. Se discuten los resultados a la luz de los obtenidos por otros experimentadores.

2. Metodología

Equipo: Las mediciones se realizaron con un generador de estímulos visuales¹³, basado en una PC estándar, un atenuador de video y un monitor de tubo de rayos catódicos, el cual permite la presentación de redes sinusoidales de cualquier orientación con frecuencias espaciales en el rango desde menos de 1 c/grado hasta alrededor de 25 c/grado, con contrastes desde 0,002 hasta 1 con errores que varían entre 1,5% y 10%.

Estímulos: redes sinusoidales de 1, 2, 4, 8, 12, 24 c/g, tamaño del test de 6.7° a una distancia de 1,5 m, de manera de cubrir la zona de la fovea.

Grados de difusión: las mediciones fueron realizadas a ojo desnudo y utilizando anteojos difusores que permitían simular dos grados de opacidad intraocular. El coeficiente de difusión de uno de ellos fue de 0.36 (Difusor 1-D1) y del otro fue de 0.45 (Difusor 2-D2). Estos valores fueron medidos utilizando una fuente láser a 10° respecto del eje de visión.

Luminancia del estímulo y condiciones de deslumbramiento: Se escogió una luminancia de adaptación de 30cd/m^2 . Las mediciones se realizaron sin deslumbramiento y con una iluminancia de deslumbramiento $-E_G-$ de 110 lux medida sobre la córnea provocada con una fuente deslumbrante estable ubicada a 10° de la línea de visión. En un experimento final se utilizó también un valor de E_G de 200 lux. En estas condiciones se obtiene una luminancia de velo $-L_V-$ de 11 y 20 cd/m^2 respectivamente calculada con la fórmula de Stiles y Holladay⁵. Estos valores no llevan a una modificación apreciable del tamaño de la pupila y no cambian la sensibilidad al contraste del sistema.

Sujetos: participaron de los experimentos dos observadores con visión normal o corregida a normal (RA –emétrope, 28 años- y MV –miope corregida, 30 años-), visión monocular eligiendo solamente el ojo derecho, con pupila y acomodación naturales. El sujeto RA tiene experiencia en mediciones psicofísicas.

En la figura 1 se muestra esquemáticamente la disposición experimental utilizada.

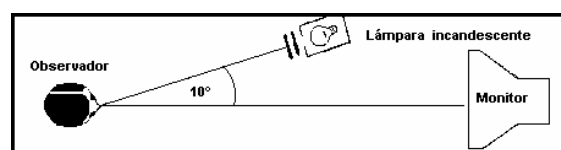


Fig. 1. Disposición de los elementos del sistema experimental. La fuente deslumbrante se ubica a 10 grados de la línea de visión. La distancia de medición es de 1.5m.

2.1. Experimento 1: Tiempo de reacción

La variable dependiente seleccionada es el tiempo de reacción (TR) que se define como “el intervalo entre el encendido del estímulo y el tiempo de respuesta, bajo las condiciones que el sujeto ha sido instruido para responder tan rápidamente como sea posible”. El TR es la suma de un tiempo de percepción – tiempo entre el encendido al momento de detección del estímulo– y de un tiempo motor –tiempo necesario para la activación de los grupos de músculos específicos–. Se asume que el tiempo motor es constante e independiente de las variables del estímulo como luminancia y contraste, de manera que las diferencias entre los valores medidos de tiempos de reacción solamente reflejan los tiempo preceptuales, respuesta que se sabe depende fuertemente de la luminancia de adaptación, el contraste, la ubicación retiniana, el tamaño y duración del estímulo y la longitud de onda [14] (por una revisión ver Plainis y ot., 2002).

Con los dos sujetos se midió el Tiempo de Reacción (TR) para redes sinusoidales horizontales de 1, 2, 4 y 8 c/g con 8 valores de contrastes entre 0.02 y 0.3 y la medición para cada contraste se repitió 30 veces. El test se presentó durante 350 mseg, con encendido y apagado abrupto, un sonido pre-anuncia la presencia de la red que aparece después de un tiempo aleatorio de 1 a 3 segundos, con un intervalo entre pruebas de 2 segundos. La tarea del sujeto consistía en presionar un botón tan pronto detectaba la red. Los tiempos de reacción mayores a 1 seg y menores a 100 mseg fueron eliminados. Las mediciones se realizaron con el ojo desnudo y con los dos difusores, y para estas tres condiciones se midió con deslumbramiento de 110 lux y sin deslumbramiento.

El sujeto RA replicó las mediciones para los contrastes de 0,3 y 0,08, para las cuatro frecuencias espaciales, aumentando el número de determinaciones por punto a 50, para analizar la repetibilidad de las tendencias respecto de la frecuencia espacial y el contraste, bajo la hipótesis de que los datos obtenidos para el contraste más bajo y las menores frecuencias pueden ser utilizados para definir un índice de difusión intraocular. Este experimento se diseñó de manera de controlar también la variabilidad dentro del mismo sujeto.

2.2. Experimento 2: Sensibilidad al contraste

En las mismas condiciones del experimento 1 los dos sujetos participantes determinaron el Contraste Umbral (CU) para 6 frecuencias espaciales (1, 2, 4, 8, 12, 24 c/g) inclinadas 7° a un lado o hacia el otro de la horizontal. Se utilizó un método adaptativo con elección forzada donde los sujetos debían

discriminar entre las dos inclinaciones posibles de la red. El nivel de deslumbramiento fue $E_G = 110$ lux.

2.3. Experimento 3: Influencia de la iluminancia de deslumbramiento

El observador RA replicó los experimentos de CU y de TR para un solo valor de frecuencia espacial (1 c/g), utilizando el D1, con dos niveles de deslumbramiento ($E_G = 110$ y 220 lux).

3. Resultados y Discusión.

3.1. Experimento 1:

En la figura 2 se muestra la gráfica de tiempo de reacción en función del contraste para uno de los sujetos (RA) y para la frecuencia espacial de 1 c/g. En la figura se incluyen los valores medidos con ojo desnudo -sin difusor-, con los dos difusores (D1 y D2) y sin deslumbramiento y con $E_G = 110$ lux. Esta gráfica es similar en su funcionalidad para las otras frecuencias espaciales y para el otro sujeto. Las tendencias que exhiben estos gráficos son: a) las curvas que corresponden a las mediciones con deslumbramiento están por encima de las sin deslumbramiento para un mismo difusor, b) las curvas para el difusor mayor (D2) están por encima de las que corresponden al difusor menor (D1) y las que corresponden al D1, a su vez, están por encima de las medidas con difusión ectópica nula (ojo desnudo), c) a partir de un cierto valor de contraste, del orden del 10%, el tiempo de reacción casi no cambia, d) el rango dinámico de variación del TR con el deslumbramiento es mucho menor para las frecuencias altas y para los contrastes altos [6].

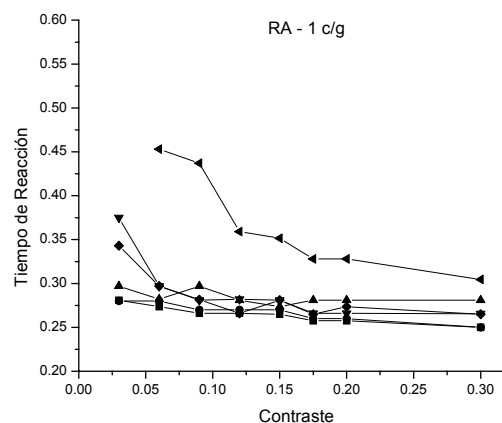


Fig. 2. TR (en segundos) vs contraste para el sujeto RA para la frecuencia espacial de 1 c/g para las tres situaciones de difusión ectópica y las dos de deslumbramiento. Los símbolos usados son: Sin difusor-sin deslumbramiento (■), Sin difusor-con deslumbramiento (●), Con D1-sin deslumbramiento (▲), Con D1-con deslumbramiento (▼), Con D2-sin deslumbramiento (◆), Con D2-con deslumbramiento (◄).

En la gráfica de la figura 3 se muestran los resultados de las medidas realizadas por el observador RA con repeticiones de 50 veces por punto, con la cota de error. Se realiza un diagrama de barras de las diferencias de TR con y sin deslumbramiento para los tres grados de difusión, para la frecuencia de 1 c/g y un valor de contraste bajo ($C=0,08$), condición para la que se obtiene mayor sensibilidad del método. Los resultados evidencian un buen grado de repetibilidad y buena habilidad para la discriminación, dentro de los errores experimentales, entre las distintas condiciones de difusión, cuando se usa una frecuencia de 1c/g y un contraste bajo como el que se escogió en este experimento (0,08).

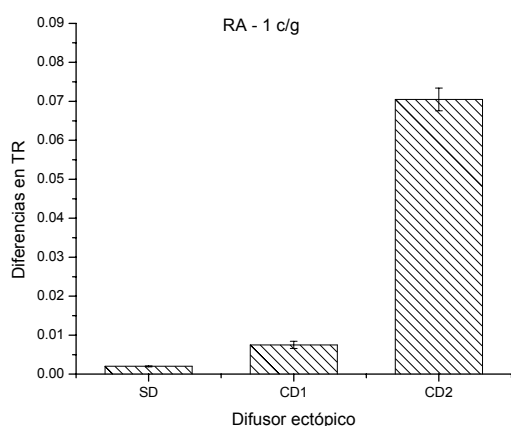


Fig. 3. Diferencias de los tiempos de reacción con y sin deslumbramiento en función de las tres condiciones de difusión ectópica (SD: Sin Difusor, CD1: con difusor 1, CD2: Con difusor 2) para contraste de 0,08 –bajo- y para la frecuencia espacial de 1 c/grado determinados por RA.

3.2. Experimento 2

En la figura 4 se grafica la Sensibilidad al Contraste en función de la frecuencia espacial para RA, siendo similar la gráfica obtenida para el otro sujeto. Se incluyen los valores medidos con ojo desnudo -sin difusor-, con los dos difusores (D1 y D2), sin deslumbramiento y con $E_G = 110\text{lux}$. Estas curvas muestran un alto grado de coherencia: 1) los valores de Sensibilidad al Contraste disminuyen con el aumento de la difusión en ambos observadores y tienden a coincidir en las altas frecuencias lo que confirma la sensibilidad del método en las frecuencias bajas [4]; 2) las curvas realizadas sin difusor, sin y con deslumbramiento, prácticamente son coincidentes, indicando que el efecto del deslumbramiento es casi despreciable si el ojo es joven y sano, es decir, no presenta elementos que produzcan difusión intraocular; 3) las curvas con deslumbramiento están por debajo de las

correspondientes a la condición sin deslumbramiento, tanto para el D1 como para el D2, lo que indica menor sensibilidad, lo que constituye un resultado esperado.

Para evaluar la repetibilidad el sujeto RA replica las mediciones ($n=10$) para 1c/g y para las 3 condiciones de difusión ectópica. Los diagramas de barras de la figura 5 muestran las diferencias de SC, con y sin deslumbramiento, para las tres condiciones de difusión. Los resultados encontrados, considerando los errores experimentales, evidencian una buena habilidad de discriminación de difusión, de acuerdo a la bibliografía [4,8,11,12].

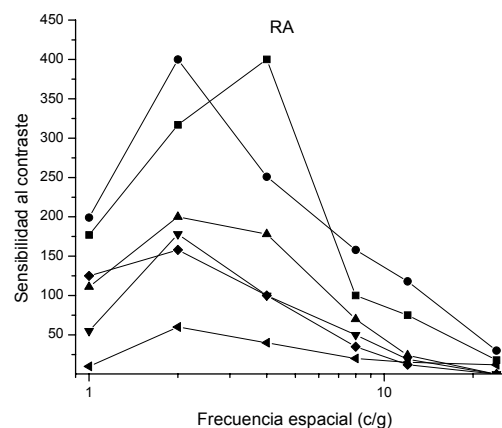


Fig. 4. Sensibilidad al Contraste en función de la frecuencia espacial para el sujeto RA para las tres situaciones de difusión ectópica y las dos de deslumbramiento: Sin difusor-sin deslumbramiento (■), Sin difusor-con deslumbramiento (●), Con D1-sin deslumbramiento (▲), Con D1-con deslumbramiento (▼), Con D2-sin deslumbramiento (◆), Con D2-con deslumbramiento (◄).

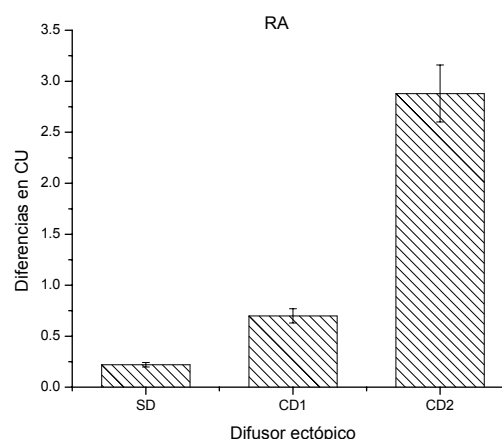


Fig. 5. Diferencias en el CU en condiciones con/sin deslumbramiento, para cada difusor para las determinaciones realizadas por el observador RA. SD: Sin Difusor, CD1: con difusor 1, CD2: Con difusor 2.

3.3. Experimento 3

En la figura 6 se muestran los resultados, para el sujeto RA, en diagrama de barras, de TR y de CU para la frecuencia espacial de 1c/grado con el Difusor 1, sin deslumbramiento y con los dos valores de iluminancia de deslumbramiento ($E_G=110$ y 220 lux). Es evidente, considerando los errores experimentales, que a mayor deslumbramiento mayor valor de TR y de CU, sin embargo, dado que se está diseñando una metodología para medir el grado de difusión y no el efecto del deslumbramiento, es necesario introducir un índice o factor que independice el resultado del valor de iluminancia de deslumbramiento utilizado en la prueba.

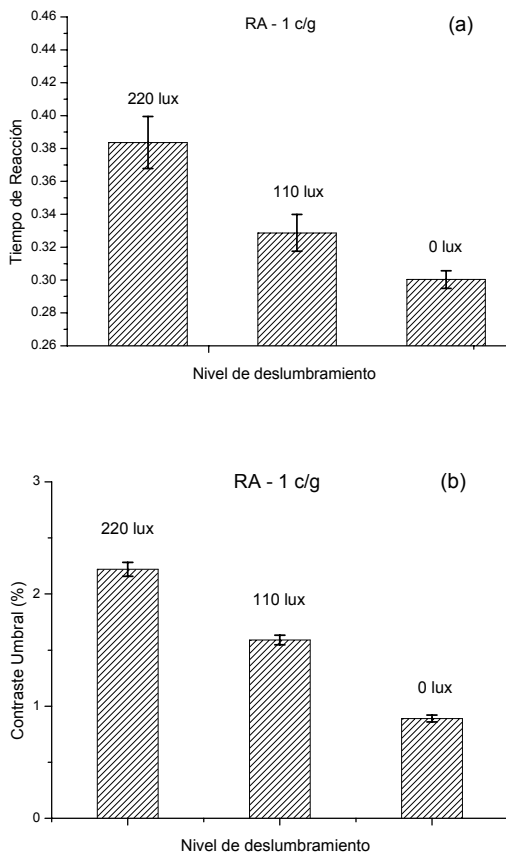


Fig. 6. (a) TR (b) CU determinados por el sujeto RA, para la frecuencia espacial de 1c/grado, con el Difusor 1, sin deslumbramiento y con los dos valores de iluminancia de deslumbramiento ($E_G = 110$ y 220lux).

3.4. Propuesta del factor de difusión

Se define el Efecto Deslumbramiento (ED), que dependerá del difusor, como:

$$ED[Difusor] = \frac{Y(\frac{c}{G}) - Y(\frac{s}{G})}{Y(\frac{s}{G})} \times 100, \quad (1)$$

donde “ Y ” denota “contraste umbral” en forma porcentual, o “tiempo de reacción”, en segundos, y “ c/G ” o “ s/G ” indican si la medición se ha realizado “con” o “sin deslumbramiento”. Este efecto indica, en porcentajes, cuánto empeora la medida respecto de la situación sin deslumbramiento. En el caso de la variable TR las operaciones de diferencias y relaciones minimizan las diferencias de criterios entre observadores que responden a factores subjetivos no visuales [14], lo cual es deseable en equipos y procedimientos diseñados para medir el efecto del deslumbramiento que deben estar libres del factor “criterio”, como lo recomienda la Academia Americana de Oftalmología [15].

En la Tabla I se muestra el Efecto Deslumbramiento (ED) para el observador RA para la frecuencia espacial de 1c/g. Los valores de TR corresponden al contraste de 0,08.

TABLA I

Efecto Deslumbramiento para las dos medidas, CU y TR, para el observador RA, para las 3 condiciones de difusión intraocular (sin difusor, con difusor 1 y con difusor 2) y para el nivel de iluminancia de deslumbramiento de 110 lux.

ED [%]	SD	D1	D2
TR	0	8,3	52
CU	29	78	163

A fin de independizar el resultado del valor de iluminancia de deslumbramiento utilizado en la prueba se propone escalar el Efecto Deslumbramiento (ED) respecto a la iluminancia de deslumbramiento (E_G) para obtener una medida del Factor de Difusión (FD):

$$FD = \frac{ED}{E_G}. \quad (2)$$

En la Tabla II se muestran los valores del Factor de Difusión (FD) para el sujeto RA, para las dos mediciones, TR y CU, realizadas con frecuencia espacial de 1c/g y en el caso de tiempo de reacción con un contraste de 0,08.

Se destaca que los valores obtenidos son del mismo orden de magnitud independientemente del valor de iluminancia de deslumbramiento utilizado.

TABLA II

Factor de Difusión para CU y TR, para el observador RA, para el difusor D1 y dos niveles de iluminancia de deslumbramiento (110 y 220 lux), con frecuencia espacial de 1c/g y contraste de 0,08 para el tiempo de reacción.

FD [%/lux]	D1 CG1	D1 CG2
TR	0,09	0,12
CU	0,7	0,65

4. Conclusiones

En este trabajo se presentan los resultados preliminares de una metodología alternativa para evaluar la difusión intraocular basada en la medición de tiempos de reacción (TR). Se sabe que la medida del TR incluye un factor no visual que es altamente dependiente del observador, por lo cual la medida que se utilice para caracterizar el grado de opacidad del medio difusor debe minimizar esta variabilidad entre sujetos, en este sentido en el trabajo se propone un índice basado en la diferencia del valor con y sin deslumbramiento, y además se calcula el porcentaje en que aumenta esta magnitud. Por otro lado, en esta etapa de la investigación se ha optado por el diseño de un experimento con ojo sano al que se le agrega un difusor ectópico, pues al estar físicamente caracterizado permite tener un control preciso sobre el grado de difusión que se está determinando, y de manera de evaluar la confiabilidad de la metodología propuesta.

Con la metodología de Tiempo de Reacción se abre una perspectiva prometedora de evaluación de la difusión intraocular: a) el método es sensible y permite una buena discriminación entre distintas condiciones de difusión, b) se trata de una tarea muy sencilla de realizar, y c) los tiempos de medición involucrados son bajos, lo que es una variable importante a tener en cuenta en la clínica oftalmológica. La investigación debe orientarse a la validación de la metodología propuesta. Para evaluar las propiedades de un método o dispositivo como medidor de la difusión intraocular se ha propuesto tener en cuenta aspectos tales como la validación, la habilidad de discriminación, la repetibilidad y la resistencia al fraude [16]. Los resultados de este trabajo muestran que el tiempo de reacción es un parámetro que puede validarse como medida del nivel de difusión intraocular ya que se puede establecer una relación funcional entre ambos, a su vez las diferencias encontradas en los tiempos de reacción para los dos difusores son mayores que los errores involucrados en la medición por lo que tiene una buena habilidad de discriminación. El sistema también mostró repetibilidad cuando se minimiza el efecto del criterio del observador y se descartan los

tiempos muy pequeños producto del adelantamiento en la respuesta, y la metodología garantiza independencia del observador eliminando así la posibilidad de fraude.

Para validar la metodología propuesta se propone estudiar el número de repeticiones de la medición a partir de la cual se estabiliza la medición y se minimizan los errores. Por otro lado se requiere establecer una curva de normalidad en función de la edad de sujetos sanos, que en función de nuestra experiencia [5] podrían establecerse los rangos suficientes para la práctica clínica, como por ejemplo entre 20 y 49 años y entre 50 y 70 años. Los valores normales podrán ser correlacionados con valores medidos de la opacidad que desarrolla la lente intraocular con la edad, sabiendo que una persona de 75 años tiene aproximadamente 2,5 veces más luz dispersa que a los 25 años y que la agudeza visual relativa cae un 50% al pasar de 20 a 80 años [17].

Debe tenerse en cuenta que el factor propuesto se refiere a una medida, la del TR sin deslumbramiento, que también cambia con la edad, por lo cual es muy importante disponer de curvas de referencia que permitan discriminar evitando que los cambios naturales enmascaren el cambio debido a la presencia de enfermedad, resultado que ya ha sido advertido en mediciones de sensibilidad al contraste⁴, mediciones de la evolución temporal de una catarata mediante el contraste umbral mostraron que las dos medidas con y sin deslumbramiento tienden a aumentar con la edad mientras la diferencia entre ambas puede tender a disminuir de manera que el índice deja de describir el empeoramiento de las condiciones visuales del paciente. En este sentido si se aumenta el nivel de la iluminancia de deslumbramiento, para aumentar el efecto, el uso del Factor de Difusión será la herramienta válida que permita cuantificar la difusión intraocular.

En síntesis se considera que esta propuesta puede tender a ocupar el vacío de una metodología para la práctica de la clínica oftalmológica, que permita correlacionar la molestia que produce la presencia de una fuente deslumbrante en el campo visual con la difusión intraocular [18].

Agradecimientos

CIUNT E345/1, CONICET PIP 5013 y ANPCyT PICT 13-15190 Argentina, AECI -A/1977/04 España. A J. Sandoval, M. Jaen y D. Gerónimo por la medida de los difusores.