

# Parámetros de calidad óptica en adultos mexicanos sanos

Dra. Wendy Erika Hernández-Bautista, Dr. Oscar Guerrero-Berguer, Dra. Laura Leticia Arroyo-Muñoz

## RESUMEN

**Objetivo:** Observar el comportamiento del porcentaje total de aberraciones de alto orden y aberración esférica en adultos mexicanos sanos así como su correlación con la profundidad de foco y la sensibilidad al contraste.

**Material y métodos:** Estudio, prospectivo, transversal, observacional y descriptivo, realizado de mayo a julio del 2008, que incluyó pacientes mexicanos sanos entre 20 y 60 años de edad; 77 ojos fueron evaluados con prueba de profundidad de foco, sensibilidad al contraste y aberrometría.

**Resultados:** Se realizaron comparaciones entre grupos encontrando diferencias significativas en los valores de sensibilidad al contraste y profundidad de foco y no significativas para los valores aberrométricos. La correlación entre la profundidad

de foco y la esfera fue la única estadísticamente significativa.

**Conclusiones:** Se encontró una disminución de la sensibilidad al contraste y profundidad de foco, así como una elevación y positividad de los valores aberrométricos conforme el aumento de la edad. No se encontró relación alguna entre los valores de aberración esférica y porcentaje total de aberraciones de alto orden con la sensibilidad al contraste y profundidad de foco para la población adulta mexicana sana estudiada.

**Palabras clave:** Sensibilidad al contraste, profundidad de foco, aberrometría, mexicanos sanos.

## SUMMARY

**Purpose:** To observe the behavior of the total percentage of aberrations of high order and spherical aberration in healthy Mexican adults, as well as its correlation with the depth of focus and contrast sensitivity.

**Material and methods:** A prospective, transversal, observational and descriptive study was carried out between May to July of the 2008, that include healthy Mexican patients between 20 and 60 years; 77 eyes were evaluated with depth of focus, contrast, sensitivity and wave front test.

**Results:** Comparisons between groups were made finding significant differences in the values of contrast sensitivity and depth of focus and non significant for the aberrations values. The correlation between the depth of focus and the sphere was only one the statistically significant.

**Conclusions:** It was a diminution of contrast sensitivity and depth of focus, as well as an increase of percent and positive values of the aberrations conform increased of the age. There was not relation between the values of spherical aberration and total percentage of aberrations of high order with contrast sensitivity and depth of focus for the Mexican adult population studied.

**Key words:** Contrast sensitivity, depth of focus, aberrations, Mexican, healthy.

## INTRODUCCIÓN

El ojo es un instrumento óptico que proyecta las imágenes del mundo exterior sobre la retina (1, 2). Cuantificar la "visión funcional" de un sujeto no se limita a medir su agudeza visual con optotipos de Snellen, es necesario tomar en cuenta ciertos parámetros que describen la "calidad de visión", como la sensibilidad al contraste (SC), la profundidad de foco (PF) y los defectos aberrométricos los cuales, en la actualidad, han cobrado relevancia, ya que se ha demostrado que la alteración fisiológica o patológica de los mismos disminuyen la calidad óptica del sistema visual (2).

Se sabe, desde mediados del siglo XIX, que el ojo no es un sistema óptico perfecto (2).

En los últimos años los conceptos de aberraciones ópticas son temas cada vez más cotidianos en la práctica oftalmológica, de los cuales es predominante el desenfoque, que caracteriza a la miopía, la hipermetropía y el astigmatismo.

Pero el ojo además sufre otras imperfecciones ópticas, llamadas aberraciones de alto orden (aberración esférica {AB}, coma y trefoil), que no se miden en la práctica clínica, ni pueden corregirse como las anteriores. Éstas, al igual que las de bajo orden, reducen el contraste y limitan el intervalo de frecuencias espaciales de la imagen, es decir, el grado de detalle (1, 2).

Actualmente, la forma más utilizada para expresar en detalle los defectos del sistema óptico ocular es la llamada aberración de frente de onda. En el ojo, es la diferencia entre el frente de onda medido en el plano de la pupila de entrada y un frente de onda ideal, la cual se expresa en forma de expansión lineal de polinomios de Zernique (3). En condiciones normales, 90% de las aberraciones oculares corresponden al 2.º orden (desenfoque y astigmatismo). El 10% restante se reparte un 40% para el coma y otro 40% para la aberración esférica (4, 5). Se ha demostrado que la dispersión de la luz y las aberraciones de alto orden aumentan significativamente con la edad, teniendo una explicación fundamental en la opacidad sufrida por el cristalino lo cual aumenta la positividad del sistema óptico (6). Como se ha mencionado antes, estos cambios en el frente de onda afectan directamente la SC, la cual determina el nivel de contraste más bajo que puede ser detectado por el paciente para un tamaño determinado de estímulo. Se puede decir que la SC es diferente a la AV, en muchas ocasiones, el paciente puede ser capaz de leer hasta el 20/20 de Snellen, lo cual indicaría una agudeza visual normal; sin embargo, esto no necesariamente evalúa la calidad o funcionalidad de la visión (7). Por lo tanto, las pruebas de SC evalúan la integridad fisiológica del sistema visual en su conjunto (8), la cual sufre una disminución paulatina con la edad (9, 10).

Otro parámetro que ha cobrado relevancia es lo referido a la medición de la profundidad de foco, que nos habla del rango espacial de tolerancia del sistema óptico para percibir la imagen retiniana sin desenfoque. Típicamente se mide en dioptrías (D), con un rango que va desde 0.04 hasta 3.5 D, la cual es afectada por innumerables factores, como edad, estado refractivo, contaste, estados patológicos, etc. (10).

No existen estudios, en adultos mexicanos sanos, que documenten el comportamiento de las aberraciones de alto orden ni su influencia sobre la sensibilidad al contraste y la profundidad de foco. Existe un estudio que abarca población adulta mexicana en el cual se encontraron valores de sensibilidad al contraste por debajo de los límites inferiores reportados (11). Por ello el objetivo del presente estudio es observar el comportamiento del porcentaje total de aberraciones de alto orden (HOA%) y aberración esférica en adultos mexicanos sanos, así como su correlación con la profundidad de foco y la sensibilidad al contraste.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio transversal, descriptivo, comparativo y observacional, en población adulta sana que acudió al servicio de consulta externa de la Fundación Hospital Nuestra Señora de Luz, durante los meses de mayo a julio del 2009, que desearan participar en el estudio y que cumplieran los criterios de inclusión (edad entre 20 y 60 años, sanos, sin patología sistémica u oftalmológica, capacidad visual 20-20 Snellen o mejor, estado refractivo con hasta un equivalente esférico de 3D y que firmaran el consentimiento infor-

mado correspondiente); se excluyeron aquellos pacientes que no cumplieron con los criterios de inclusión, empleaban de manera crónica algún medicamento oftalmológico o previamente operados de cirugía oftalmológica.

A todos los pacientes se les practicó exploración oftalmológica completa dentro de la cual se determinó grado de agudeza visual utilizando cartilla de Snellen para lejos así como el estado refractivo, asimismo se les realizó prueba de sensibilidad al contraste monocular lejana en condiciones fotópicas con iluminación de 240 candelas-m<sup>2</sup> con el sistema VIS-TECH 6500 en el departamento de baja visual de la institución. Posteriormente, y bajo dilatación pupilar y cicloplejia con Tropicamida 0.8 g -Felinefrina 0.5 g se les practicó estudio aberrométrico en el Servicio de Topografía con el aberrómetro Custom Vue™ VISX y medición de profundidad de foco monocular cercana a 40 cm, según la técnica descrita por Wang y Ciuffreda. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico SPSS 10.1, aplicando prueba de ANOVA y LSD para comparación de variables entre grupos de edad y prueba de correlación P de Pearson para la correlaciones entre variables.

## RESULTADOS

Se incluyeron 77 ojos de 39 pacientes (23 mujeres y 16 hombres), los cuales fueron divididos en cuatro grupos de edad: Grupo 1 (20-29 años), Grupo 2 (30-39 años), Grupo 3 (40-49 años) y Grupo 4 (50-59 años); con un promedio de edad de 26.4 años, 33.6 años, 42.7 años y 52.8 años respectivamente y un promedio refractivo para el total de la muestra de -0.3247 esfera y -0.789 cilindro. El análisis entre grupos del estado refractivo mostró diferencias significativas en la esfera para el Grupo 4 (50-59 años) contra el resto de los grupos con un valor de  $P < 0.05$ ; para el cilindro no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los casos comparados.

Con excepción del Grupo 3 (40-49 años) comparado con el Grupo 4 (50-60 años), la prueba de sensibilidad al contraste lejana presentó diferencias estadísticamente significativas para las frecuencias bajas (SC FX BAJAS) en el resto de los grupos analizados; en cuanto a las frecuencias medias (SC FX MEDIAS) el Grupo 1 (20-29 años) fue estadísticamente significativo contra Grupo 2 (30-39 años) y Grupo 3 (30-39 años); en lo que respecta a las frecuencias altas (SC FX ALTAS) sólo se mostró una diferencia significativa entre el Grupo 1 y los demás grupos. Todas estas comparaciones con un valor de  $P < 0.05$  (Cuadro 1). El promedio de los valores SC se encontraron dentro de los rangos de normalidad internacionales (Gráfica 1).

El análisis comparativo entre grupos de los valores aberrométricos no reveló diferencias significativas entre ellos (Cuadro 2). Los valores crudos obtenidos para el HOA% muestran un incremento discreto con la edad, iniciando con un promedio de 25.16% en el Grupo 1 (20-29 años) y finalizando con un promedio de 30.89% en el grupo 4 (50 - 60 años) (Gráfica 2).

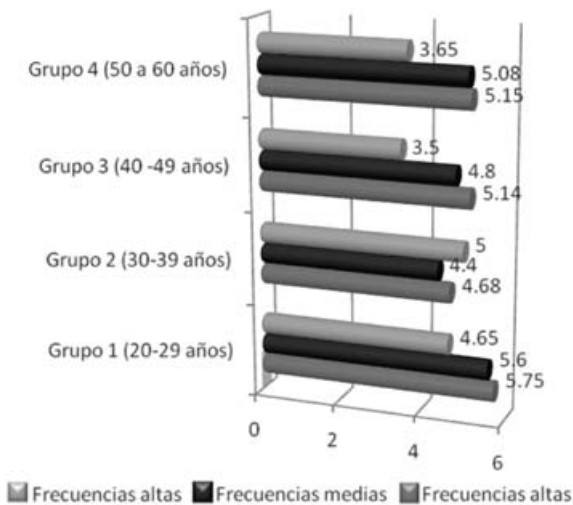
Cuadro 1. Comparación de valores de sensibilidad al contraste (Prueba LSD- ANOVA)

Variable dependiente	(I) Edad	(J) Edad	Diferencia media (I-J)	Std. Error	Sig.	IC 95%	
						Limite inferior	Limite superior
SC FX bajas	20.00	30.00*	1.0658	.14476	.000	.7773	1.3543
		40.00*	.5833	.14681	.000	.2907	.8759
		50.00*	.6000	.14289	.000	.3152	.8848
	30.00	20.00*	-1.0658	.14476	.000	-1.3543	-.7773
		40.00*	-.4825	.14863	.002	-.7787	-.1862
		50.00*	-.4658	.14476	.002	-.7543	-.1773
	40.00	20.00*	-.5833	.14681	.000	-.8759	-.2907
		30.00*	.4825	.14863	.002	.1862	.7787
		50.00	.0167	.14681	.910	-.2759	.3093
	50.00	20.00*	-.6000	.14289	.000	-.8848	-.3152
		30.00*	.4658	.14476	.002	.1773	.7543
		40.00	-.0167	.14681	.910	-.3093	.2759
SC FX medias	20.00	30.00*	1.1263	.31874	.001	.4911	1.7616
		40.00*	.7111	.32325	.031	.0669	1.3554
		50.00	.5500	.31463	.085	-.0771	1.1771
	30.00	20.00*	-1.1263	.31874	.001	-1.7616	-.4911
		40.00	-.4152	.32726	.209	-1.0674	.2370
		50.00	-.5763	.31874	.075	-1.2116	.0589
	40.00	20.00*	-.7111	.32325	.031	-1.3554	-.0669
		30.00	.4152	.32726	.209	-.2370	1.0674
		50.00	-.1611	.32325	.620	-.8054	.4831
	50.00	20.00	-.5500	.31463	.085	-1.1771	.0771
		30.00	.5763	.31874	.075	-.0589	1.2116
		40.00	.1611	.32325	.620	-.4831	.8054
SC FX altas	20.00	30.00*	1.4921	.48898	.003	.5176	2.4666
		40.00*	1.0944	.49590	.030	.1061	2.0828
		50.00*	1.0000	.48267	.042	.0380	1.9620
	30.00	20.00*	-1.4921	.48898	.003	-2.4666	-.5176
		40.00	-.3977	.50204	.431	-1.3982	.6029
		50.00	-.4921	.48898	.318	-1.4666	.4824
	40.00	20.00*	-1.0944	.49590	.030	-2.0828	-.1061
		30.00	.3977	.50204	.431	-.6029	1.3982
		50.00	-.0944	.49590	.849	-1.0828	.8939
	50.00	20.00*	-1.0000	.48267	.042	-1.9620	-.0380
		30.00	.4921	.48898	.318	-.4824	1.4666
		40.00	.0944	.49590	.849	-.8939	1.0828

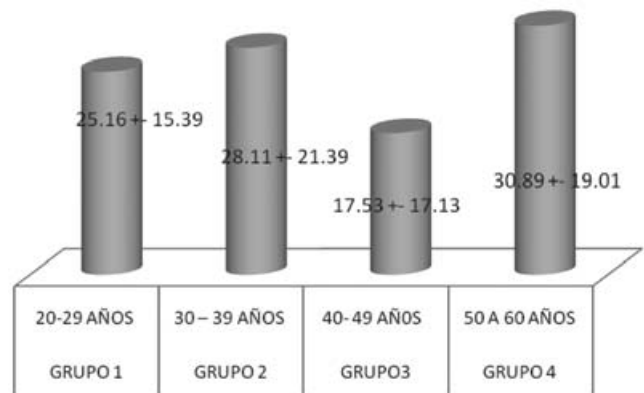
\* Diferencia significativamente estadística con un valor P < 0.5.

20.00 = grupo 1 (20-29 años), 30.00 = grupo 2 (30-39 años), 40.00 = (40-49 años), 50.00 = (50-60) años.

Gráfica 1. Sensibilidad al contraste (valores promedio)

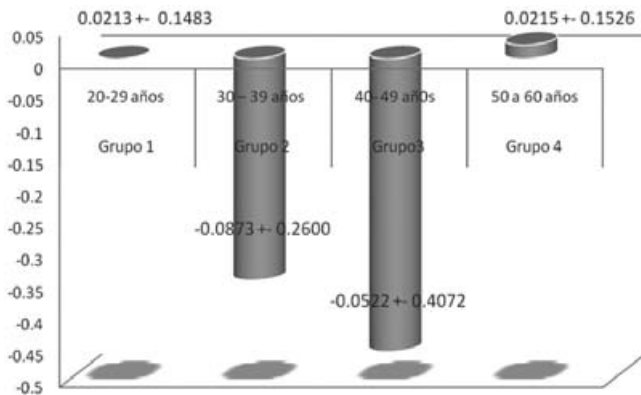


Gráfica 2. Valores promedio y desviación estándar para HOA%



**Cuadro 2. Valores promedio y desviación estándar para los valores aberrométricos**

Variable	Grupo 1 20-29 años	Grupo 2 30 – 39 años	Grupo 3 40- 49 años	Grupo 4 50 a 60 años
HOA %	25.16 ± 15.39	28.11 ± 21.39	17.53 ± 17.13	30.89 ± 19.01
Aberración esférica (micrones)	0.0213 ± 0.1483	-0.0873 ± 0.2600	-0.0522 ± 0.4072	0.0215 ± 0.1526
Coma (micrones)	0.2878 ± 0.1979	0.2555 ± 0.1341	0.2543 ± 0.1740	0.2103 ± 0.1435
Trefoil (micrones)	0.1917 ± 0.1833	0.2389 ± 0.1494	0.1839 ± 0.2193	0.2120 ± 0.1664

**Gráfica 3. Valores promedio y desviación estándar para Aberración esférica**

En lo que respecta a los valores de AB se encontró una variación hacia positividad para el Grupo 1, el valor fue  $0.0213 \pm DS 0.1483$ , el cual se modificó en los grupos 2 y 3 a valores francamente negativos ( $-0.0873 \pm DS 0.2600$  y  $-0.0522 \pm DS 0.4072$  respectivamente) retomando positividad en el grupo cuatro  $0.0215 \pm DS 0.1526$  (Gráfica 3).

En lo que respecta a la PF sólo se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el Grupo 1 (20-29 años) y Grupo 4 (50-59 años)  $P < 0.05$  (Cuadro 3); asimismo al analizar los valores promedio para cada década de la vida se encontró una disminución progresiva de dicha variable (Gráfica 4).

Se llevó a cabo la correlación entre la variable PF y las variables AB, HOA%, coma, trefoil y esfera, siendo con

esta última, con la única que se demostró una relación leve estadísticamente significativa con índice de correlación de Pearson de 0.269 con nivel de significancia de  $P < 0.05$  (Gráfica 5).

Dentro de las correlaciones de sensibilidad al contraste las cuales se realizaron tanto para las frecuencias bajas, medias y altas contra las variables AB y HOA%; no se encontraron relaciones significativas  $P > 0.05$ .

Algo importante de destacar es que el valor obtenido promedio y sus respectivas desviaciones estándar para cada una de las variables analizadas fue muy amplio, lo que refleja una gran variabilidad de datos para cada grupo analizado.

## DISCUSIÓN

Es interesante cómo en el sistema óptico humano es necesaria la presencia de innumerables factores para lograr una adecuada calidad óptica. Como ya se ha mencionado, la mayoría de los autores refiere una disminución de la misma directamente relacionada al incremento de la edad. En el presente estudio se obtuvieron datos que corroboran este hecho como en el caso de la SC que mostró dicha tendencia, siendo más evidente para las frecuencias altas. Applegate cuenta con numerosos estudios en donde relaciona esta declinación a un decremento de las funciones retinianas finas estudiadas con las frecuencias altas, aunado a un cambio en la aberración esférica del cristalino (12).

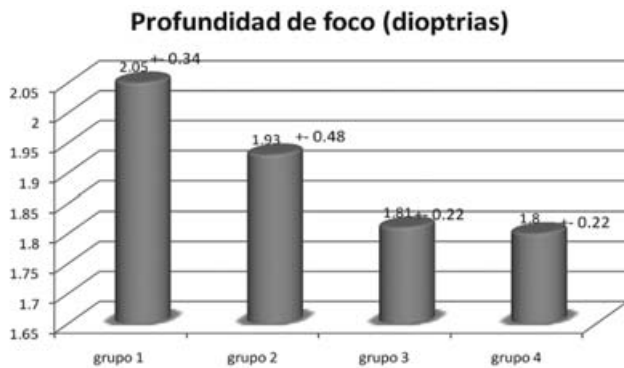
**Cuadro 3. Comparación de la Profundidad de foco (Prueba LSD- ANOVA)**

Variable dependiente	(I) Edad	(J) Edad	Diferencia media (I-J)	Std. Error	Sig.	IC 95%	
						Limite Inferior	Limite superior
Profundidad de foco	20.00	30.00	.0908	.10782	.403	-.1241	.3057
		40.00	.2056	.10934	.064	-.0124	.4235
		50.00*	.2250	.10643	.038	.0129	.4371
	30.00	20.00	-.0908	.10782	.403	-.3057	.1241
		40.00	.1148	.11070	.303	-.1059	.3354
		50.00	.1342	.10782	.217	-.0807	.3491
	40.00	20.00	-.2056	.10934	.064	-.4235	.0124
		30.00	-.1148	.11070	.303	-.3354	.1059
		50.00	.0194	.10934	.859	-.1985	.2374
	50.00	20.00*	-.2250	.10643	.038	-.4371	-.0129
		30.00	-.1342	.10782	.217	-.3491	.0807
		40.00	-.0194	.10934	.859	-.2374	.1985

\* Diferencia significativamente estadística con un valor  $P < 0.5$ .

20.00= grupo 1 (20-29 años), 30.00= grupo 2 (30-39 años), 40.00= (40-49 años), 50.00=(50-60 años).

Gráfica 4. Valores promedios y desviación estándar para profundidad de foco



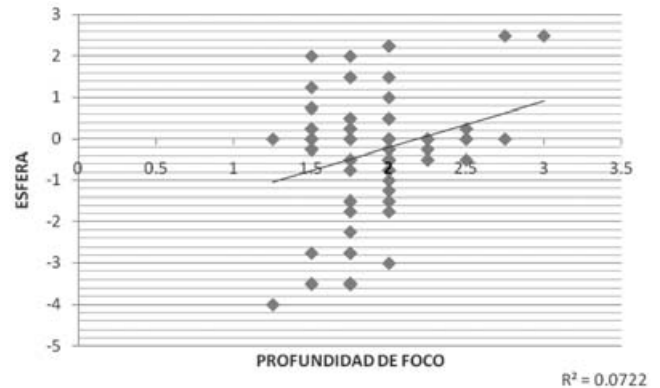
En lo concerniente a los cambios aberrométricos presentados entre grupos, no mostraron diferencias significativamente estadísticas; sin embargo, al observar de manera gruesa los valores obtenidos para el HOA% y AB se encontró un aumento progresivo en el porcentaje de aberraciones y una ligera tendencia a la positividad a través de las décadas observadas, lo cual concuerda con lo reportado en la literatura, que explica estos cambios por la descompensación que sufre el sistema aberrométrico del ojo al invertirse el valor inicial negativo del cristalino hacia valores positivos, con lo que finalmente inclina la balanza hacia un aumento y positividad de los defectos aberrométricos en el ojo humano (1-12). En nuestro estudio, la PF mostró una pequeña disminución en su rango asociado con la edad, siendo más evidente en los grupos extremos analizados, concordante con estudios previos (10).

Todos estos parámetros juegan un papel importante ya que ninguno parecería actuar de manera aislada. Típicamente se describe una relación directa entre las aberraciones de alto orden tanto de la córnea como del cristalino y el grado de sensibilidad al contraste y profundidad de foco, de tal forma que se han desarrollado diversos métodos de tratamiento y corrección visual que logren una mejor armonía entre ellos (9, 10). Sin embargo, en nuestra muestra no fue posible establecer dicha relación. Resultados similares fueron presentados por Oshika en 1999, quien en una serie de 102 ojos, entre edades de 20 y 80 años, no logró establecer una relación entre la profundidad de foco y la aberración esférica (4).

## CONCLUSIONES

Como ha sido ampliamente estudiado, factores como los defectos aberrométricos, SC y PF muestran una variación conforme al aumento de la edad. En nuestra muestra se encontraron una disminución discreta tanto para los valores de SC (los cuales se encontraron dentro de los niveles normales reportados internacionalmente) como para la PF y, en el caso de los defectos aberrométricos, una tendencia hacia su aumento y positividad, lo cual implica una disminución del calidad de la imagen proyectada en la retina.

Gráfica 5. Correlación profundidad de foco – esfera



Por otro lado, no se encontró relación alguna entre los valores de AB y HOA% con la SC y PF en la población adulta mexicana sana estudiada. Asimismo se observó una amplia variabilidad de datos aun dentro de cada grupo analizado; todo esto nos hace reflexionar acerca de qué es lo más correcto: la estandarización de tratamientos y medios para la corrección visual o la individualización de los mismos para lograr así mejores resultados tanto cuantitativos como cualitativos en la visión de nuestros pacientes.

## REFERENCIAS

1. Kaufman P, Adler F, Alm A. Adler fisiología del ojo. 10ª edición. España: Mosby, Elsevier; 2004.
2. Martinez Palmer A y cols. Influencia de la aberración esférica en la función visual tras cirugía de catarata: ensayo prospectivo aleatorio. Arch Soc Esp Ophthalmol. 2005; 80(2):71-77.
3. Thibos LN, Alpplegate RA, Schwiegerling JT, Webb R. Standards for reporting the optical aberrations of eyes. J Refract Surg 2002; 18(5):652-660.
4. Oshika y cols. Changes in corneal wavefront aberrations with aging. Invest Ophthalmol Vis Sci 1999; 40(7):1351-1355.
5. Parker M y cols. Wevefront technology in cataract surgery. Curr Opin Ophthalmol. 2004; 15:56-60.
6. Miller D, Gurland JE, Isbey EK y cols. Optics, refraction and contact lenses. En: Basic and Clinical Science Course. Wilson FM. San Francisco: American Academy of Ophthalmology, 1992:103.
7. Rosas JA, Mantilla MC, Ruiz A. Snellen contra sensibilidad al contraste ¿Cuánto es en realidad 20/20 de la función visual? <http://www.franjapublicacion?>
8. Ginsburg, A. Contrast Sensitivity: Determining The Visual Quality And Function Of Cataract, Intraocular Lenses And Refractive Surgery. Curr Opin Ophthalmol. 2006; 17:19-26.
9. Cibis GW. Fundamentos y principios de oftalmología. Barcelona. Elsevier, 2007.
10. Wang, B, Ciuffreda KJ. Depth-Of-Focus Of The Human Eye: Theory And Clinical Implications. Surv Ophthalmol 2006; 51:75-85.
11. Medina Álvarez y cols. Sensibilidad Al Contraste En Población Mexicana Sana. Salud Pública Méx 1995; 37:310-315.
12. Bellucci R, Morselli S. Optimizing Higher-Order Aberrations With Intraocular Lens Technology. Curr Opin Ophthalmol 2007; 8:67-73.