



Percepción del color azul en escolares mediante un software desarrollado *ad hoc*

Myrna Miriam Valera Mota*, Jorge Bernal Hernández*, Mariana Guzmán Noriega*, José Rufino Díaz Uribe*

DOI: /https://doi.org/10.29105/cienciauanl23.104-1

RESUMEN

Objetivo. Determinar la percepción del color azul en niños. **Métodos.** Se creó un software que muestra tres estímulos azules: 430, 450 y 470 nm. Analizando mediante ANOVA: longitud/lateralidad ocular y edad/sexo. **Resultados.** Mayores desviaciones en percepciones de 430 y 450 nm en edades de 6-8. En 450 nm las edades de 9-11 mostraron mayor desviación en ojo derecho, mientras que en los 470 nm se observaron mayores desviaciones en ojo izquierdo. **Conclusiones.** Las longitudes de onda que percibe el ojo humano entre 6 y 11 años de edad no difieren respecto al sexo, aunque imprecisa dependiendo de la LO percibida, la lateralidad y edad.

Palabras clave: percepción, percepción cromática, longitud de onda, niños, evaluación.

El espectro visible para el ojo humano en condiciones de iluminación normales está entre 380 a 780 nanómetros (violeta a rojo), aunque otros autores han situado este espectro de 400-700 nm (Urtubia, 2004; 1999; Matlin y Foley, 1996). Los receptores están en los conos y los bastones, que son 70% de los receptores de todo el organismo humano (Urtubia, 2004; 1999). Para que exista la percepción al color se involucran dos clases de células ganglionares en la retina, M y P, las primeras se involucran en la percepción del movimiento y las segundas hacen posible la percepción del detalle de las variaciones espaciales (Kendel y Schwartz, 2012). No obstante, algunos factores pueden afectar la percepción al color, entre éstos se encuentran los físicos: la iluminación (Santosjuanes, 2010), toxicológicos, como el alcoholismo y biológicos, así como las alteraciones que ocurren en la vía visual (Blais, 2010).

ABSTRACT

A developed software was used to present three-color stimulus of the light blue spectrum from 430, 450 and 470 nm. The analysis was performed by ANOVA: wavelength/ocular laterality and age/gender. Results. There were more deviations in the perception of the sample stimuli from 430nm to 450 nm, mainly on children with ages 6 - 8 years old. At the same time at 450nm children from 9 to 12 years old showed more deviation on the SS in the right eye, while at 470nm, there was more deviation on the left eye in all children. Conclusion. Human perception over the wavelength from 6 to 12 years old does not show difference between gender; however it is ambiguous depending on the wavelength, laterality and age.

Key Words: Perception, Color Perception, Wavelength, Children, Evaluation.

De esta manera, se ha observado que la opacidad de los distintos medios refringentes del ojo, o distintas patologías sistémicas u oculares, como la diabetes (Gella, 2015) y el glaucoma, suelen causar defectos en la percepción de los colores azules-amarillos, y se sabe de patologías del nervio óptico que se relacionan con alteraciones a la visión de los colores rojo-verdes (Niwa *et al.*, 2014; Cabrera, *et al.* 2007).

Algunas referencias aseguran que no solamente las rutas fisiológicas pueden modificar la intensidad de la percepción al color, también la edad, el sexo, la forma y la distancia a la cual se encuentran los objetos (Correa *et al.*, 2007). Así, se ha mostrado que un niño recién nacido sólo percibe colores como el amarillo, el naranja, el rojo y el verde, a los dos meses ya capta el azul, el

* Universidad Nacional Autónoma de México.
Contacto: valeramota@gmail.com

púrpura y el gris; se estima que hasta alcanzar los seis meses percibe los colores igual que los adultos (Craig, 2004). Estas diferencias se deben a que, comparados con los adultos, los niños tienen una menor absorción en el cristalino y en el pigmento macular, debido a que las sensibilidades espectrales de los pigmentos que se encuentran en los fotorreceptores son menores para longitudes de onda de 540 nm (Werner, 1982); sin embargo, en longitudes mayores a esta cifra casi no hay diferencia entre estos grupos etarios. Aunado a lo anterior, los procesos de envejecimiento hacen que la córnea y el cristalino tomen un color amarillento a partir de los treinta años, oscureciendo dichas estructuras (Werner, 1988). En esta misma línea, Correa *et al.* (2007) mostraron que las personas jóvenes perciben tonalidades más claras en las gamas magenta que los individuos de mayor edad.

Con relación al sexo, se ha descrito que este factor también puede influir en la percepción cromática, encontrando que las mujeres perciben tonalidades magenta más oscuras que los hombres, lo cual se asoció con cambios hormonales (Correa *et al.*, 2007); la mejor sensibilidad al color de los hombres se encuentra en el rango azul-verde, mientras que el de las mujeres se encuentra en el rango amarillo-rojo (Ellis y Ficek, 2001). Los autores explicaron este fenómeno con base en diferencias en el procesamiento cerebral de la información de los colores y a factores neurohormonales y bioquímicos de la retina. Asimismo, se han descrito diferencias sexuales en la proporción de personas que resultan afectadas por patologías congénitas, ya que éstas afectan 8% de la población masculina y sólo 0.5% de la femenina, incluso considerando que existe variación entre las dos poblaciones (Matthew, 2016).

Otros factores biológicos que influyen la percepción cromática son las distintas patologías que afectan la integridad de las estructuras sensoriales y nerviosas relacionadas con la visión o los humores del ojo, que afectan ese canal cromático y se asocian a las tonalidades azules y amarillas (Pardo, 2000).

Para la detección de las alteraciones perceptuales cromáticas o discromatopsias (conocidas como daltonismo), se utilizan pruebas cualitativas orientadas a su diagnóstico (Valenzuela, 2008). Así, Castro, Romero y Domínguez (1992) evaluaron la prevalencia de discromatopsias en Albacete, España, encontrando en los varones 4.14% y 0.00% en las mujeres (Castro, Romero y Domínguez, 1992). Otra metodología que ha resultado muy precisa y de bajo costo para la evaluación de las discromatopsias son las pruebas computarizadas (Quispe, 2013; Muñoz, 2001; Camps, s.a.). Miyahara, Pokomy y Smith (1996) utilizaron estímulos computarizados (cuadro de colores) para detectar anomalías de visión al color de tipo congénitas, diagnosticadas antes por un anomaloscópio y tablas de Ishihara, encontrando que sus estímulos fueron probablemente más sensibles que la prueba D15, además de diferenciar completamente protan y deutan, aunque la muestra de discrómatas que utilizó fue muy pequeña.

Los autores concluyeron que las pruebas computarizadas permiten evaluar la visión del color fácil y rápidamente, invirtiendo un tiempo similar al de las pruebas tradicionales.

Así, las investigaciones anteriores muestran que usando la tecnología digital se puede presentar una mayor variedad de colores, y es posible medir las anomalías a la percepción cromática de una manera precisa. Por otra parte, como se ha mostrado en algunos trabajos, en condiciones normales la percepción cromática depende de factores individuales como el sexo, la edad y la lateralidad (si es ojo derecho u ojo izquierdo); sin embargo, hasta donde tenemos conocimiento, no existen trabajos sistemáticos en el ser humano que estudien el desarrollo normal de la percepción cromática a diferentes tonalidades para poder distinguir las anomalías que se pudieran presentar en hombres y mujeres a distintas edades. Entonces, el valor social del presente trabajo es que si conocemos cómo perciben los niños el color azul en tres diferentes tonalidades, se podrá explicar a los padres que los niños de ciertas edades no perciben de igual manera los colores azules claros y oscuros que un adulto, se les podrá explicar con ejemplos, lo que permitirá apoyar a los niños en tareas que impliquen utilizar este color. Asimismo, se podrán detectar patologías oculares como catarata y glaucoma, a partir de la percepción cromática normal, ya que existen pruebas que muestran la reducción de la visión tritan (azul y amarillo) en pacientes diabéticos con edema macular (Rashid *et al.*, 2013; Bresnick, 1986); mientras que en el glaucoma, existe un problema en la discriminación de los colores azul-amarillo como signo de daño precoz en las células ganglionares de la retina y en estado avanzado en el verde-rojo (Niwa *et al.*, 2014; Cabrera *et al.*, 2007). Además, se pretende saber si los niños perciben el color azul de tres intensidades diferentes, como realmente se debe observar, esto es, hay autores que indican que los niños perciben el color como lo percibe un adulto desde los 8 meses de edad; sin embargo, no se ha medido y aquí mostramos que el uso de software permite precisar si hay diferencia en la percepción al color azul.

En este artículo se hace referencia sólo al azul porque es un color en el que hay problemas en casos adquiridos, no es un problema congénito. Probablemente también, con este tipo de estudios, se podrían detectar deficiencias incipientes, pues una anomalía en la percepción de un color determinado podría evolucionar a partir de deficiencias en la percepción de tonalidades más claras o más oscuras, hasta llegar a una deficiencia cromática específica. Es decir, con estos datos podremos decir si un niño tiene una catarata y su grado de avance si lo comparamos con lo que los niños de esa edad perciben siendo sanos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se examinó a los participantes con un software elaborado en lenguaje de programación Java para evaluar la percepción cromática, mediante la observación de cuadrados de agudeza visual cercana: 20/800 para el estímulo control y 20/400 en los cuadrados de

comparación (estímulos), de color azul de diferentes longitudes de onda, 430 nm (azul oscuro), 450nm (azul puro) y 470 nm (azul claro). El software se instaló en una *laptop* Toshiba®.

Para la conversión entre longitud de onda y color se utilizó un algoritmo desarrollado por Malley (2004), que mapea la longitud de onda en el espectro visible con sus componentes RGB.

Participaron 162 niñas y 146 niños sanos con su mejor Rx (uso de sus lentes en caso de necesitarlos) y agudeza visual (AV) mejor a 20/40, con edades entre 6 y 12 años. Todos los niños estaban estudiando la educación básica escolar en una escuela de la zona conurbada de la Ciudad de México. Los niños se agruparon de acuerdo a su grado escolar y sexo (ver tabla I). Se solicitó consentimiento informado a los padres y a los niños para participar en el estudio.

Tabla I. Características de la muestra con relación a la edad, grado escolar, número de niños por sexo y total de niños por grado escolar y edad (años).

Grado	Edad	Hombres	Mujeres	Total
		N	N	N
1º	6	21	25	46
2º	7	24	34	58
3º	8	30	31	61
4º	9	24	23	47
5º	10	24	22	46
6º	11	23	27	50

Método

La prueba se realizó de forma individual, en un aula de 3x3 m, iluminada con luz blanca. Se colocó a los participantes a la misma altura del monitor y a 50 cm de éste. La prueba se realizó de forma monocular, en caso de que el niño(a) utilizara lentes, con ellos puestos, y que éste tuviera AV mejores a 20/40 y miopías o hipermetropías menores a 3.00 D.

Primero se colocó el estímulo muestra de 430 nm y en el lado derecho cinco estímulos de comparación de diferente longitud de onda (410, 420, 430, 440 y 450nm), es decir, un cuadrado con LO (color) igual al estímulo muestra y dos cuadrados con LO 10-20 nm mayor y dos cuadrados con LO 10-20 nm menor con respecto a la muestra. Se pidió a los participantes que observarían con cuidado el estímulo muestra y señalaran con el 'ratón' cuál de los cuadros de la derecha era del mismo color al del estímulo muestra. El software permitió registrar el valor en nanómetros del estímulo muestra y del estímulo de comparación seleccionado.

Después se presentó a los participantes un estímulo muestra de 450 nm y por último un estímulo de 470 nm, ambos con la misma metodología que el primero.

De esta forma, el software diseñado para conocer el barrido de longitud de onda que percibe cada ojo, en cada uno de estos intervalos, permitió la precisión en la medición de percepción cromática. El procedimiento duró siete minutos en cada ojo.

Análisis

Con los datos obtenidos se calcularon las diferencias entre la longitud de onda del estímulo seleccionado menos la longitud de onda del estímulo muestra, a este valor se le llamó desviación de la muestra (DM). Así, una diferencia positiva indica que existe una percepción de menor longitud de onda y en su caso, una diferencia negativa indicará que el ojo percibe una longitud de onda mayor y un valor de cero indica que la longitud de onda del estímulo seleccionado fue igual a la del estímulo muestra.

Para el análisis estadístico se realizó un ANOVA multivariado con dos factores: intragrupo longitud de onda y lateralidad y dos factores entre grupos: edad y sexo.

RESULTADOS

No hubo diferencia significativa en la percepción cromática con relación al sexo; tanto niños como niñas distinguen el color azul de la misma forma.

Longitud de onda

El efecto principal LO fue significativo [$p < 0.000001$]. Así, ante el estímulo muestra de 430 nm, los participantes seleccionaron estímulo control con mayor LO; cuando se mostró el estímulo muestra de 450 nm, seleccionaron estímulo control con menor LO y cuando se mostró el EM de 470, las respuestas fueron no significantes. Es decir, los niños perciben del mismo color el azul de 430 que el de 450 nm.

No obstante, las desviaciones observadas dependieron de la edad de los niños, ya que la interacción LOxedad también fue significativa [$p = 0.000001$]. Las comparaciones entre las diferentes edades muestran que en la LO de 430 nm, los niños de 6 años tuvieron mayores DM positivas en comparación con los niños de 8 a 11 años; mientras que en la LO de 450 nm, los niños de 6 y 7 años mostraron mayores DM negativas que los niños de los demás grados escolares. No hubo diferencias significativas entre los niños de 8 a 11 años. Esto es, ante el EM de 430 nm (azul oscuro), los niños de 6 años seleccionaron estímulos de mayor LO (azules más claros) en comparación

con los niños de los demás grados escolares; mientras que ante el EM de 450 nm, los niños de 6 y 7 años seleccionaron estímulos de menor LO (azules más oscuros). Lo que indica que los niños de 6 y 7 años confunden el color azul de longitud de onda 430 con el 450 y viceversa. Siendo que los niños mayores a 8 años perciben los tres colores azules más parecidos a la realidad.

Longitud de onda y lateralidad

La interacción LO y LAT también fue significativa [$p=0,000012$], lo que indica que las DM fueron distintas dependiendo de la LO del EM y del ojo, derecho o izquierdo, con el que se observara el estímulo. El análisis mostró diferencias significativas ante los estímulos de 450 nm y 470 nm. Ante el EM de 450 nm, las DM fueron mayores con el ojo derecho comparadas a las del ojo izquierdo ($\bar{x}=-8.8961$ nm vs. $\bar{x}=-2.9545$ nm; $p=0.000020$), indicando que, en general, los niños seleccionaron estímulos de LO menores a la del EM cuando vieron los estímulos con el OD que cuando lo hicieron con el OI. Asimismo, ante el EM de 470 nm, los niños seleccionaron estímulos muy parecidos al estímulo muestra, cuando vieron con el OD que cuando vieron con el OI, ya que seleccionaron estímulos de mayor LO con el OI ($\bar{x}=-0.9740$ nm vs. $\bar{x}=3.344$ nm; $p=0.000021$).

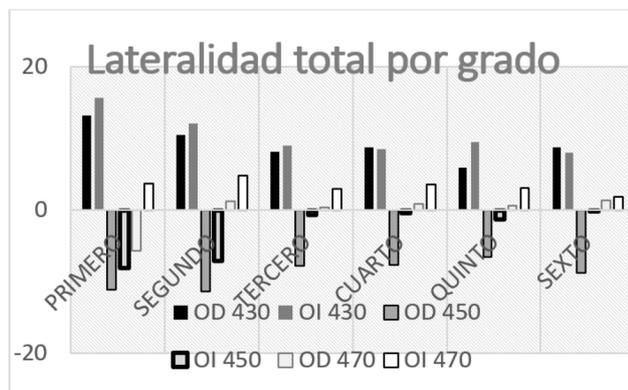


Figura 1. Desviaciones de la muestra de los estímulos de 430, 450 y 470 nm obtenidas, con la visión de cada uno de los ojos, de los niños de 6 a 11 años.

En la figura 1 se observa que la percepción del azul oscuro (430 nm) presenta mayores desviaciones hacia LO más grandes, en todos los grupos, en ambos ojos; sin embargo, las desviaciones son mayores en los dos primeros grados, es decir, que los niños de 6 y 7 años perciben los azules oscuros como un azul puro (más claro). También se puede observar que en la longitud de 450 nm (azul puro) la longitud de onda presenta desviaciones hacia LO menores, es decir, hacia los azules oscuros. Así que los niños de 6 y 7 años no perciben la diferencia entre el azul oscuro y el azul puro, lo ven igual. Los niños de 8 a 11 años tienen diferencias significativas en la lateralidad ocular con el ojo derecho, mostrando las mayores desviaciones. Por último, en el color azul claro (470 nm) no se observan diferencias en las desviaciones entre las distintas edades, sólo se observan diferencias en la

lateralidad ocular en los niños de 6 y 7 años, aunque sólo fue significativa en los niños de 6 años.

DISCUSIÓN

Las diferencias en la percepción fueron importantes sólo en los niños de 6 y 7 años, mientras que en los de mayor edad la percepción tendió a ajustarse a la LO del estímulo que se presentó. Estos datos pueden deberse a una falta de maduración del sistema visual de los niños de 6-8 años en comparación con los de mayor edad, para la percepción de colores con LO menores a 470 nm. Correa *et al.* (2007) encontraron cambios en la percepción del color, dependiendo de la edad y sexo en grupos de niños de 9-13 años y adolescentes de 14-18 años, mostrando que las mujeres perciben las tonalidades magenta más oscuras que los hombres, asociándolo a factores hormonales. Aunque los datos del presente trabajo no son directamente comparables con ese estudio; dadas las diferencias de edad y los estímulos utilizados, no se observó ninguna diferencia dependiendo del sexo, al menos utilizando tonos azules.

Por otra parte, Craig (2004) asegura que un bebé desde los 2 meses capta el azul y a los 6 meses percibe los colores como un adulto, implicando con ello que la maduración perceptual cromática se alcanza a partir de los 6 meses de edad. Estas afirmaciones contrastan con los datos del presente trabajo, ya que se encontró que en diferentes etapas de la niñez, en el rango de 6 a 11 años, existen diferencias en la percepción cromática, al menos con relación a la percepción de los tonos azules. Asimismo, Werner (1982) indica que existen grandes diferencias entre niños y adultos debido a los procesos de envejecimiento que sufre la córnea y el cristalino. No obstante, dados los resultados del presente documento, se puede decir que estos cambios podrían tener efecto durante las distintas etapas del desarrollo, ya que existen diferencias notorias entre las personas de un mismo grupo etario, como ha quedado manifiesto en el presente trabajo. Además de no encontrarse trabajos para conocer resultados con respecto a la diferencia en la percepción de un ojo y otro.

Dada la escases de estudios sobre el desarrollo de la percepción cromática, no encontramos más trabajos para comparar los presentes resultados; sin embargo, fue claro que cada uno de los ojos presenta una sensibilidad distinta ante los diferentes tonos azules en el rango de 430-470 nm.

CONCLUSIÓN

En resumen, el presente trabajo mostró que la percepción del color azul, durante la edad escolar, es independiente del sexo y que los niños de 6-8 años carecen de precisión en las longitudes de onda de 430 y 450 nm; es decir, no diferencian entre el azul oscuro y el azul puro. Por otra parte, si se considera la lateralidad como la diferencia en la precisión con la que se percibe con cada uno de los ojos, se pue-

de decir que ésta sólo se observó en la longitud de onda de 450 nm (azul puro) en los niños de 8 a 11 años, y que el OI es más dominante que el derecho, dominancia que se establece hacia los 8 años de edad.

Este hallazgo es de importancia en la optometría debido a que existe dominancia ocular con respecto a la visión (siempre hay un ojo que percibe mejor, aunque los dos tengan la misma agudeza visual); entonces, es importante saber que también habrá un ojo que percibe mejor el color.

Por último, se hace énfasis en que la adaptación del humano al medio ambiente en gran parte es por el color; entonces habrá que poner atención en los niños de 6 y 7 años debido a que el color azul lo percibirán en tonalidades diferentes que un niño de 8 años a más. Por lo tanto se deberá vigilar que en realidad suceda, y perciba estos colores porque si el humano percibe los colores de diferente longitud de onda, tendrá dificultades en su vida tanto profesional como social.

AGRADECIMIENTOS

A PAPIIT (Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica), por el apoyo financiero al proyecto RR200216.

Al Ing. Xicotencatl Ortega, de la FES Iztacala, por la realización del software.

Al Lic. Raymundo Bernardo Morales Medina, por el apoyo con la Escuela Primaria “Lic. Isidro Fabela”.

REFERENCIAS

Blais, B. (2010). *Deficiencia de la visión en color. Una explicación concisa de la optometría y la oftalmología*. Richmond Products. Disponible en <https://docplayer.es/15320649-Richmond-products-deficiencia-de-la-vision-en-color-una-explicacion-concisa-de-la-optometria-y-la-oftalmologia.html>

Bresnick, G.H. (1986). Diabetic macular edema. A review. *Ophthalmology*: (93): 989-997.

Cabrera, M., Martínez, R., et al. (2007). Comportamiento de la visión de color en pacientes sospechosos de glaucoma y glaucomatosos como daño precoz de las células ganglionares de la retina. *Rev. Cubana Oftalmol.* 20(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762007000100003&lng=es. Camps. (s.a.). Memoria de color en niños. Memoria en congreso Alicante, España.

Castro, L., Romero, M., y Domínguez, M. (1992). Estudio epidemiológico de las discromatopsias congénitas en escolares. *Rev. San. Hig. Pub.* (66):273-279.

Correa, V., Estupiñán, L., et al. (2007). Percepción visual del rango del color: diferencias entre género y edad. *Revista Med.* 15(1):7-14.

Craig, G. (2004). *Human Development*. Oxford: Butterworth Heinemann.

Ellis, L., y Ficek, C. (2001). Color preferences according to gender and sexual orientation. *Personality and individual differences*. (31):1375-1379.

Gella, L. (2015). Impairment of color vision in diabetes with no retinopathy: Sankara Nethralaya diabetic retinopathy epidemiology and molecular genetics study (SNDREAMS-II, report 3). *Plos ONE*. 10(6).

Kendel, E., y Schwartz, J. (2012). *Principles of neural science*. New York: Mc. Graw Hill.

Malley, Ch. (2004). *Visible Color*. University of Colorado. Disponible en: https://svn.concord.org/svn/projects/vendor/phet/current/simulations-java/simulations/radio-waves/phetcommon/src/edu/colorado/phet/common_1200/view/util/VisibleColor.java

Matlin, M., y Foley, H. (1996). *Sensación y percepción*. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

Matthew, P.S. (2016). Acquired color vision deficiency. *Survey of Ophthalmology*. 61(2):132-155.

Miyahara, E., Pokomy, J., y Smith, V.C. (1996). Increment threshold and purity discrimination spectral sensitivities of X-chromosome-linked color defective observers. *Vision Research*. (36):1597-1613.

Muñoz, R. (2001). Caracterización física de la percepción de colores digitales. *Órgano de divulgación científica y tecnológica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo*.

Niwa, Y., Muraki, S., et al. (2014). Evaluation of acquired color vision deficiency in glaucoma using the rabin cone contrast test. *Investophthalmol Vis Sci.* (55):6686-6690.

Pardo, F.P. (2000). *Realización y validación de un programa informático para la detección de deficiencias en la visión de los colores*. Tesis de licenciatura. Universidad de Extremadura. Badajoz, España.

Quispe, A. (2013). *Usabilidad Web para usuarios daltónicos*. Memoria en congreso Iberoamericano SOCOTE, Universidad de San Martín de Porres. 15-16 oct.

Santosjuanes, B. (2010). *Estudio del anomaloscopia Heidelberg multicolor como test de detección de defectos cromáticos rojo-verde y azul-amarillo*. Tesis de master en optometría avanzada y ciencias de la visión.

Urtubia, C. (1999). *Neurobiología de la visión*. España: Universidad Politécnica de Cataluña.

Urtubia, C. (2004). Fisiología de la retina: el mensaje de la primera sinapsis. *Rev ver y oír*: 288-295.

Werner, J. (1982). Development of scotopic sensitivity and the absorption spectrum of the human ocular media. *J. Opt. Soc. Am.* (72):247-258.

Werner, J. (1988). Sensitivity of human foveal color mechanisms throughout the life span. *J. Opt. Soc. Am.* (12):2122-2130.

Valenzuela, G.M. (2008). *Anomalías en la visión del color*. España: Ittakus.

Rashid, A., Kermt, M., et al. (2013). Quantitative computerized color vision testing in diabetic retinopathy: A posible screening tool? *Oman. J. Ophthalmol.* (6):36-39.