

PERCEPCIÓN VISUAL DEL RANGO DE COLOR: DIFERENCIAS ENTRE GÉNERO Y EDAD

VIVIANA CORREA¹, LINA ESTUPIÑÁN¹, ZIONETH GARCIA¹, OSCAR JIMÉNEZ¹, LUISA FERNANDA PRADA¹,
ANDREA ROJAS¹, SANDRA ROJAS¹ Y EDGAR CRISTANCHO^{1*}

Resumen

La percepción del color constituye una de las ventajas de adaptación proporcionadas por el desarrollo evolutivo. Es uno de los mecanismos más importantes de señalización biológica y una auténtica fuente por medio de la cual los organismos obtienen información acerca del entorno. Existen factores como la edad y el sexo, ajenos al propio mecanismo fisiológico, que podrían afectar esta percepción, debido a la presencia de receptores de estrógeno en la retina. En este documento se presentan los resultados de un estudio de observación, diseñado para determinar la influencia del sexo, la edad y la presencia de defectos visuales en la percepción del color en los individuos. El montaje se basó en generar un efecto cromático en la mitad de una tarjeta trapezoidal blanca que recibe el reflejo de la otra cara, de color magenta, iluminada únicamente con luz blanca. Se tomaron datos de 561 personas (289 mujeres y 272 hombres), con edades entre 4 y 71 años. Tanto los hombres como las mujeres entre los 9 y 35 años percibieron tonalidades más claras que individuos de mayores edades (porcentaje magenta <50%), probablemente porque el proceso de oscurecimiento de la córnea y del cristalino en las personas mayores de 35 años ocasiona una tendencia a distinguir tonos más oscuros. Las mujeres distinguieron tonos más oscuros (46-50% magenta) que los hombres (38-44%), siendo significativas las diferencias en los intervalos de edad entre 9 y 13 años ($p=0,04$) y entre 14 y 18 años ($p=0,03$), que coinciden con el inicio de los cambios hormonales, en el primer caso para mujeres y en el segundo para hombres.

Palabras clave: percepción de color, diferencias de sexo, desórdenes visuales.

PERCEPTION OF THE VISIBLE SPECTRUM: DIFFERENCES AMONG GENDER AND AGE

Abstract

Color perception represents a major adaptive advantage which has been given by evolutionary pathways. It is such an important mechanism of biological signaling, a source of information from the environment. There are external factors other than those related with physiological processes influencing such perception, like sex and gender, due to the presence of estrogens

¹ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.

* Correspondencia: ecristancho@unal.edu.co

Dirección postal: Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Ciudad Universitaria, Bogotá, D.C., Colombia.

Recibido: Noviembre 22 de 2006. Aceptado: Diciembre 14 de 2006.

receptors on the retina. The results of a test, designed to distinguish influences of sex, gender and eye diseases upon color perception are presented. The experimental device consisted of accomplishing a chromatic effect in one half of a trapezoidal white card receiving reflection from the other half, which is magenta in color, irradiated with white light. Data from 561 people (289 women and 272 men), whose ages are in the range of 4-71 years were taken. Men and women whose age ranged between 9 and 35 years old perceived lighter tonalities (magenta percentage <50%) than older people. Probably darkening of cornea and lens in people over 35 years old lead to a tendency of perceiving duskier colors. Moreover, women perceive darker colors (46-50% magenta) than men (38-44% magenta). Significant differences were found between ages ranging from 9-13 ($p=0,04$) and from 14-18 years old ($p=0,03$); these ranges coincide with the beginning of hormonal changes, the first age range associated to women, and the second one linked to men.

Key words: visual differential sensitivity, color vision, sex differences, visual defects.

Introducción

Toda la información que el ambiente transmite a los organismos es transformada e interpretada a través de los sentidos. En este aspecto, la percepción del color constituye una de las ventajas de adaptación que el desarrollo evolutivo ha proporcionado a los animales, siendo uno de los más importantes mecanismos de señalización biológica y una auténtica fuente de información acerca del entorno. En los humanos el color es percibido por tres tipos de conos que se encuentran en la retina, los cuales captan, tanto longitudes de onda larga (l), mayores de 1 nm, media (m) y dentro de ellas el espectro visible, como longitudes de onda cortas, menores de 1 nm. Cada cono contiene sustancias que permiten la visión: retinol, opsina (una típica para cada cono) y 11-cis retinol, este último capaz de cambiar, mediante estímulos de luz a una longitud de onda específica, a la forma *trans*¹.

La luz estimula el comienzo de la cascada de señales que resulta en la hiperpolarización de la membrana celular, transformando diferentes colores en impulsos nerviosos interpretados por la corteza visual. En ello intervienen conjuntamente dos clases de células ganglionares en la retina: las células M, importantes en la percepción del movimiento y las células P, importantes en llevar información del brillo de las imágenes, con lo cual es posible distinguir en detalle las variaciones espaciales, ya que son más sensitivas a cambios de color en una región del campo visual con luz uniforme¹.

Existen factores que pueden modificar la percepción del color sin que estén relacionados directamente con las rutas fisiológicas, como por ejemplo la distancia a la imagen, la forma de los objetos, la edad y el sexo del observador, factores estos que afectan la intensidad con la cual se aprecian los colores. Estudios anteriores muestran que la percepción del color depende de la forma tridimensional del objeto² y de la posición relativa de las fuentes de luz respecto del sistema visual³. Entre tanto, la edad y el sexo de los individuos pueden generar alteraciones en la percepción de los colores. Así por ejemplo, durante el primer año de vida es apreciable el cambio en la percepción del color: los niños recién nacidos sólo perciben colores brillantes como el amarillo (560-585 nm), el naranja (585-640 nm), el rojo (640-740 nm) y el verde (490-560 nm), pues sus estructuras visuales son inmaduras; a los dos meses, el niño puede captar colores más sutiles como el azul, el púrpura o el gris y solo hasta los seis meses la percepción del color es casi igual a la de los adultos⁴.

Por otro lado, los procesos de envejecimiento del organismo llevan a que la córnea y el cristalino tomen progresivamente un color amarillento, efecto que se registra a partir de los 30 años y genera oscurecimiento de tales estructuras⁵. Consecuencia de este proceso es la opacidad a la luz, lo que implica que los colores azules se perciban más oscuros y se presenten dificultades para distinguir colores que varían en la cantidad de azul, como por ejemplo entre el azul y el gris, o entre el rojo y el púrpura, mientras que se ven mejor las radiaciones

de longitud de onda más larga, correspondientes a las tonalidades rojas y amarillas⁶.

El sexo puede tener efecto sobre la forma de percibir los colores. Parece ser que las mujeres son más sensitivas y detectan bajos niveles de estimulación en todos los sentidos exceptuando la visión⁷. Los estudios sobre las habilidades que podrían relacionarse con la percepción de colores han demostrado que las mujeres son más rápidas para nombrar los colores que los hombres, debido posiblemente, a una mayor facilidad en el acceso y recuperación de los nombres correctos para los colores o las formas. Es posible que también exista una ventaja para producir y ejecutar secuencias motoras requeridas en la articulación de nombres⁸, sin embargo, las diferencias pueden presentarse a nivel de preferencia y no a nivel de percepción. Es así como factores neurohormonales y bioquímicos de la retina y del procesamiento cerebral de la información de color pueden explicar la diferenciación en la preferencia de colores: las mujeres son más sensitivas a colores rosados, rojos y amarillos, mientras que los hombres lo son a los colores que se encuentran en el rango azul-verde del espectro visible⁹. De otro lado, algunos defectos visuales tales como la miopía e hipermetropía pueden alterar la percepción de la profundidad⁵, por tanto es otro agente que puede alterar la apreciación del color, aunque no se conocen estudios al respecto. En este trabajo se busca establecer la influencia de la edad, el sexo y la presencia de defectos visuales en la percepción del color en humanos.

Metodología

En la cuantificación de la percepción del color se utilizó una forma simplificada del montaje de Bloj et al. (1999). Para ello se elaboró una tarjeta trapezoidal en papel fotográfico vannel (Figura 1). La mitad de la tarjeta fue coloreada de tono magenta y la otra mitad de color blanco y fue doblada para generar un ángulo de 70° entre las dos caras. La cara magenta de la tarjeta fue iluminada en forma directa con un haz de luz blanca de tal forma que la iluminación generase un efecto cromático sobre la cara blanca. El emisor de luz y la tarjeta fueron colocados dentro de una caja sellada y pintada de color negro para asegurar que el reflejo sobre la cara blanca de la tarjeta fuera producto únicamente

de la iluminación aplicada. La caja utilizada fue hecha en triplex, sobre la cual se ubicó una tabla guía de colores para que el observador informara el color percibido (Figura 2). Un orificio de dos cm de diámetro por el cual se observa la tarjeta desde afuera, fue ubicado a cuatro cm del borde inferior de la caja, permitiendo que el observador pudiese ver la cara blanca de la tarjeta a través del orificio y el efecto cromático de la cara magenta reflejado sobre ésta. A cada observador se le preguntó por el tono del color reflejado, el cual debía indicar en la tabla guía de colores. Ésta fue elaborada en papel fotográfico vanned, degradando digitalmente el color original magenta en 23 tonalidades, con el programa *Corel Draw* para Windows, Versión 11, en donde el tono 23 correspondía a 0% de magenta y el tono 1 a 100% de magenta. Del tono 1 al 11 se disminuyó el porcentaje de magenta en cinco unidades porcentuales; a partir del 12 al 22, el porcentaje se redujo 4% entre cada tonalidad y en los tonos 22 y 23 se presentó una diferencia de 6% en el contenido de magenta.

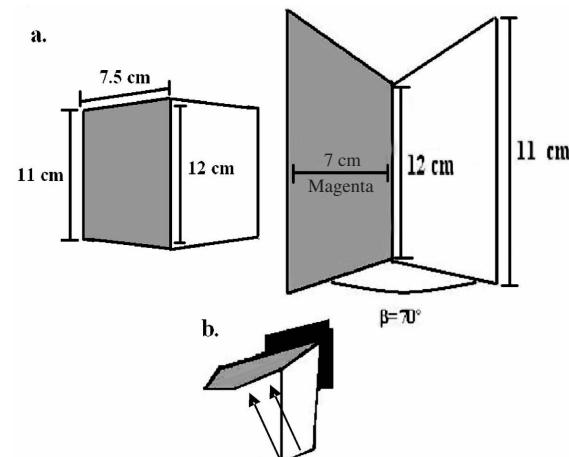


FIGURA 1. a. Tarjeta cromática, tomado de Bloj et al., (1999)². El dibujo de la derecha muestra la carta dobrada exagerando el ángulo. El de la izquierda muestra la vista contraria.
b. Las flechas indican la incidencia de la luz sobre la cara magenta de la tarjeta.

Entre el 10 y el 16 de octubre de 2005, durante la Feria de Expociencia en Corferias, Bogotá, D.C., Colombia, se registraron datos de 561 personas, 289 mujeres y 272 hombres, con edades entre 4 y 71 años, de los cuales 198 presentaban defecto visual (Tabla 1).

Análisis estadístico

Las diferencias en percepción originadas por edad, sexo y presencia de defectos visuales fueron determinadas mediante análisis de varianza (ANOVA). La distribución normal de errores se comprobó mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. La hipótesis nula fue rechazada con un nivel de significancia del 95% ($p<0,05$). Todos los análisis se realizaron con los programas STASTISTICA 6.0 (2001 StatSoft, Inc.) y GSTAT 2.0 (2002) para Windows XP.

Resultados

El ANOVA de tres factores para el conjunto de datos y los ANOVA de dos factores para cada sexo no cumplieron los dos supuestos de la prueba (normalidad de errores y homogeneidad de varianzas), por lo que se realizaron análisis univariados que arrojaron como resultado que la edad es el factor por el cual los datos no se ajustan a un análisis de varianza (p Levene = 0,0003), mostrando gran

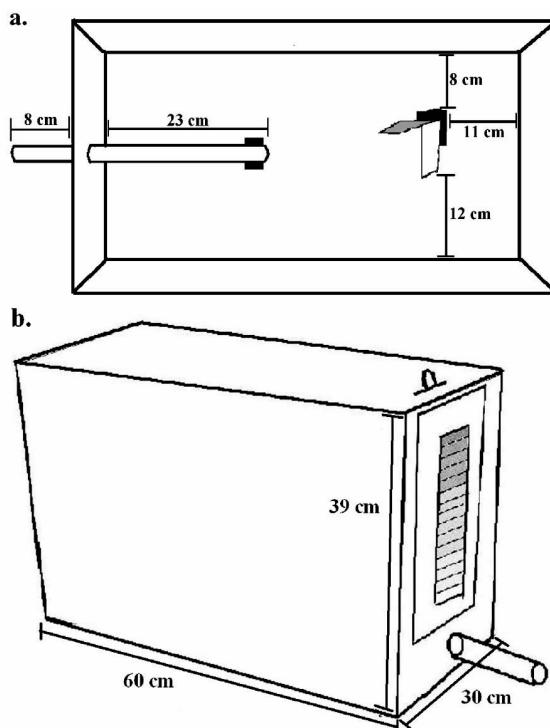


FIGURA 2. Caja de observación. a. vista superior in-terna; b. vista externa.

TABLA 1. Número de participantes de acuerdo con el rango de edad asignado el sexo.

SEXO	n	Defecto visual		EDAD						
		No	Si	4-8	9-13	14-18	19-25	26-35	36-45	>45
♀	289	192	97	12	85	103	32	22	22	13
♂	272	171	101	34	71	70	26	25	21	25

variación de los datos (Figuras 3 y 4). En consecuencia, se realizó la prueba Kruskal Wallis para el color percibido según la edad en la totalidad de la población. En este análisis, la diferencia a causa de la edad no fue significativa ($p=0,09$), sin embargo, la comparación de las edades por pares hizo posible distinguir intervalos de edades para los cuales los rangos de color fueron significativamente diferentes. Por ejemplo, el color percibido de los cuatro a los seis años no fue significativamente diferente ($p>0,337$), pero la diferencia llega a ser significativa ($p=0,03$) si se compara el color percibi-

bido a los cuatro años con el de edades mayores a los diez años. La diferencia es todavía mayor si la comparación se realiza entre los cuatro y los diecinueve años ($p=0,00003$).

Teniendo en cuenta las comparaciones por pares, se organizaron las edades en siete intervalos: 4 a 8 años, 9 a 13 años, 14 a 18 años, 19 a 25 años, 26 a 35 años, 36 a 45 años y mayores de 45 años. Los datos se organizaron en los intervalos, reemplazando la edad de cada individuo por el intervalo de edad al cual este pertenece y se repitió

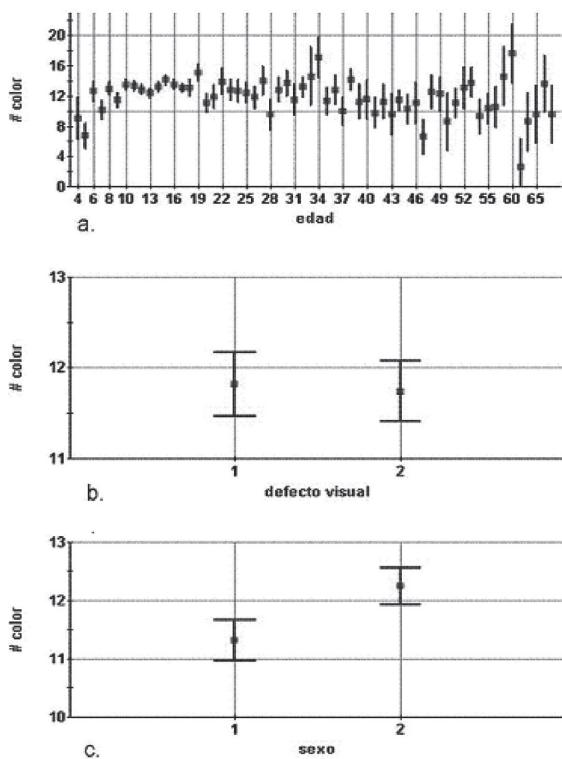


FIGURA 3. Promedios \pm error estándar de la intensidad de color percibido en el total de la población para cada variable. a. edad (años); b. presencia de defecto visual, 1=ausente, 2=presente; c. sexo, 1 = mujeres, 2 = hombres.

el análisis de ANOVA. En general, las diferencias en la percepción se evaluaron con ANOVA de tres factores; un ANOVA de dos factores para cada sexo permitió detectar diferencias entre intervalos de edad y ANOVAs de dos factores para cada intervalo de edad, permitieron determinar la etapa de desarrollo en la cual aparecen las diferencias en la percepción del color entre sexos. En ANOVA de dos factores la presencia de defecto visual fue utilizada como segundo factor.

En ninguno de los tres ANOVAs hubo homogeneidad de varianzas, siendo responsables la dispersión de los datos dentro de algunos intervalos de edad (p Levene=0,0005), por tanto, solo algunos de los intervalos fueron informativos. El promedio de percepción del color en los hombres es mayor, es decir, las tonalidades mas claras (Figura 3c). El ANOVA de tres factores mostró diferencias significativas entre sexos ($p=0,003$) y entre intervalos

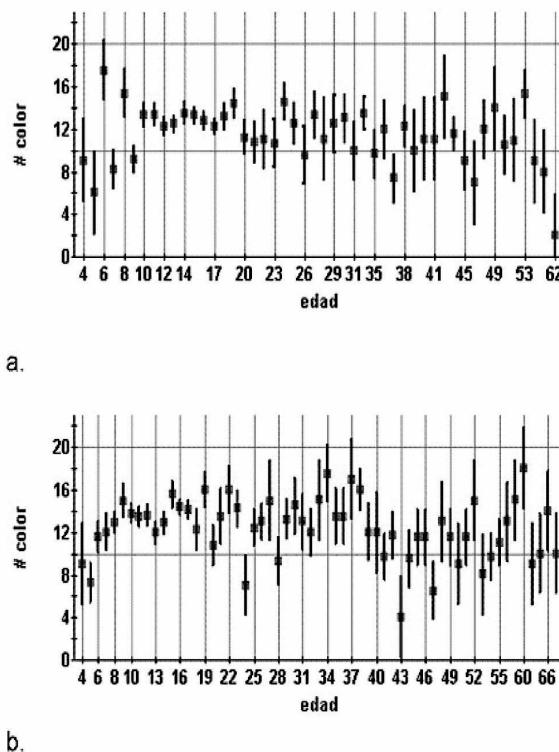


FIGURA 4. Promedios \pm error estándar del color percibido en cada edad para cada sexo. a. femenino; b. masculino.

de edad ($p=0,004$), pero no para la presencia de defecto visual ($p=0,78$). En las mujeres no hubo diferencia entre intervalos de edad ($p=0,30$) y la presencia de defecto visual ($p=0,90$). En los hombres hubo diferencias significativas entre los intervalos de edad ($p=0,01$) pero no para la presencia de defecto visual ($p=0,73$). La evaluación separada de los sexos señaló que los hombres muestran un promedio de percepción más alto (38-44% de magenta) que las mujeres (Figura 5lb y lc).

El análisis de dos factores (Tabla 1) reveló que solo en los intervalos 9-13 y 14-18 años hubo diferencias significativas en la percepción del color entre hombres y mujeres (Tabla 1, Figura 5 IIa y IIb). En ambos casos el mayor promedio perteneció a los hombres, es decir, las tonalidades mas claras. En el intervalo 36 a 45 años se presentó mayor promedio de individuos sin defectos visuales (Figura 5 IIc). En el intervalo 19 a 25 años hubo una interacción

significativa entre sexos y la presencia de defecto visual (Tabla 2); los hombres con defectos visuales presentaron un promedio mucho más alto que las mujeres con defectos visuales, mientras que entre las personas sin defectos visuales ocurrió lo contrario: las mujeres tenían un promedio más alto que los hombres.

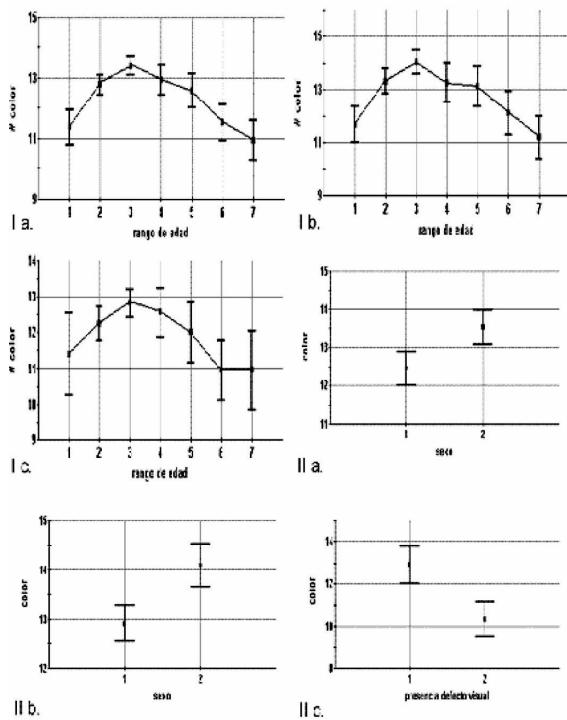


FIGURA 5 I. Promedios \pm error estándar de la intensidad de color percibido por intervalos de edad. **Ia.** población total; **Ib.** hombres; **Ic.** mujeres. 1: 4-8 años; 2: 9-13 años; 3: 14-18 años; 4: 19-25 años; 5: 26-35 años; 6: 36-45 años; 7: > 45 años.

II. Percepción de color en los intervalos de edad. **IIa.** 9-13 años; **IIb.** 14-18 (1=femenino, 2=masculino); **IIc.** 36 a 45 años (defecto visual: 1=ausente, 2=presente).

Discusión

El efecto de la edad sobre la homogeneidad de varianzas se puede atribuir a un número menor de individuos en personas menores de 8 años y mayores de 46, generando mayor dispersión de los datos. La varianza también se ve afectada por los datos de los niños menores de 8 años, en los cuales la elección del color está influenciada por

factores ajenos a su propia percepción (decisión de compañeros y padres).

Las gráficas de percepción del color a través de la edad, tanto para hombres como para mujeres, tienden a tomar forma de domo, en donde los colores más claros, con una composición menor al 50% de magenta (valores mayores a 12), se perciben entre los 9 y 35 años, mientras que colores más oscuros (valores menores a 12), son percibidos por personas entre los 4 y 8 años y mayores de 36 años. En las personas mayores la tendencia a percibir los colores en tonalidades más oscuras se asocia con la dificultad para distinguir tonalidades que difieren en su contenido cromático de azul, debido al oscurecimiento de la córnea y el cristalino, fenómeno que se produce a partir de los 30 años¹⁰. Para los menores de 8 años no es posible explicar el fenómeno, debido a la falta de criterio por parte de los niños en la elección de la tonalidad.

Solo se encontraron diferencias en la percepción del color entre sexos de los 9 a los 13 años y de los 14 a los 18 años. Esta diferencia podría explicarse por los cambios hormonales que sufren tanto hombres como mujeres en estas etapas. De los 9 a los 13 años, en las mujeres ocurre el inicio de la vida reproductiva (menarquia) que se caracteriza por un cambio en los niveles hormonales, mientras que en los hombres, la actividad hormonal es más fuerte entre los 14 y los 18 años. La presencia de receptores de estrógenos tipo α en la retina¹¹ y su influencia sobre la visión de los colores relacionada con su propia regulación¹² pueden explicar las diferencias de percepción entre sexos observadas en estas edades, puesto que se experimentan cambios bruscos en los niveles hormonales que deben afectar la regulación de la actividad receptora en la retina y, subsecuentemente, la percepción del color.

Luego de la pubertad, entre los 19 y los 25 años, hombres y mujeres difieren en su contenido hormonal, pero en este punto los ciclos hormonales femeninos son normalmente estables y constantes, por tanto la regulación de la actividad receptora en la retina estaría en sincronía con estos ciclos y experimentaría también cambios cílicos. De forma similar, en los hombres ya no se presentan cambios bruscos en sus niveles hormonales y en

consecuencia, aunque la diferencia de percepción entre sexos se mantuvo constante, no alcanzó a ser significativa para estas edades. No obstante, aunque se mantuvo fija la distancia de la tarjeta al observador, la presencia de defecto visual relacionado con el sexo sí generó diferencias significativas (Tabla 2) en el intervalo de los 19 a los 25 años, pudiendo ser la causa de estas diferencias, objeto de una posterior investigación en la que se tenga en cuenta el tipo de defecto visual.

TABLA 2. Percepción del color entre los intervalos de edades.

Valores p ANOVA			
Años	Sexo	Defecto visual	Interacción
4-8	*	*	No
9-13	0,04	*	No
14-18	0,03	*	No
19-25	*	*	0,02
26-35	*	0,04	No
36-45	*	*	No
> 45	*	*	No

Diferencias estadísticas en percepción del color entre rangos de edad y sexo.

* diferencias con $p > 0,05$.

Entre los 35 y 46 años hubo diferencias entre la presencia de defecto visual: las personas que lo presentaban veían colores más oscuros (menores de 12) mientras que las personas que no lo tenían veían los colores más claros. Esto puede atribuirse a que el oscurecimiento de la córnea, que ocurre desde los 30 años, puede ser más rápido en personas con algún tipo de defecto visual.

Con los resultados de este estudio se pueden plantear varias conclusiones: la edad, el sexo y la presencia de defecto visual son factores que alteran la percepción del color, pero su importancia depende de la etapa de desarrollo de los individuos. Los niños menores de 9 años y los adultos mayores de 35 años ven los colores más oscuros, fenómeno

que en los adultos mayores se puede atribuir al desgaste de la córnea, el cual se puede acentuar por la presencia de defectos visuales. Tanto los hombres como las mujeres entre los 9 y 35 años presentan una mayor percepción de colores claros; sin embargo, durante la etapa de madurez las mujeres ven colores más oscuros que los hombres, diferencias que se acentúan con el comienzo de la edad reproductiva, debido posiblemente a la influencia de los niveles hormonales en la regulación de los receptores de estrógenos presentes en la retina. Sin embargo, es necesario realizar estudios en donde se puedan elucidar los mecanismos por los cuales los niveles hormonales en cada sexo influyen en la percepción del color. De igual forma, para llegar a una conclusión acertada acerca de los colores percibidos por los niños menores de 9 años, se hace necesario plantear una metodología más adecuada, que minimice las influencias externas de los mayores o de los compañeros.

Para evitar los problemas de varianza en la muestra y detectar de forma más precisa las diferencias entre sexos y edades recomendamos para futuros estudios, controlar el tiempo entre la observación y la determinación de la tonalidad del color.

También se propone realizar el experimento con tres colores, azul (400-450 nm), verde (500-550 nm) y rojo-magenta (600-700 nm) para determinar cual es el tipo de longitud de onda (larga o corta) que difiere según sexo y edades, teniendo en cuenta las fases del ciclo menstrual (luteal y folicular) y si es posible, hacer una cuantificación de niveles de estrógeno en diferentes edades, para determinar cual es la influencia de sus niveles en la regulación de la actividad receptora de la retina y sus consecuencias en la percepción. En el caso de los niños, la toma de datos se debe hacer de forma individual y aislada, evitando el contacto con sus padres, o con otros niños que puedan influir sobre su decisión a la hora de escoger el color percibido.

Por último, sería conveniente tener en cuenta la actividad que realizan especialmente las personas adultas, además de la formación académica, ya que esta podría ser decisiva en la selección del color, es decir, un diseñador puede tener una percepción diferente a la de un ingeniero.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología y a Corferias EXPOCIENCIAS.

Referencias

1. Kandalle E. Principles of Neural Science. 4th edition. New York: Mc Graw Hill; 2000
2. Bloj MG, Kersten D, Hulbert A. Perception of three-dimensional shape influences color perception through mutual illumination. *Nature*. 1999;402:877-879.
3. Beck J. Apparent spatial position and the perception of lightness. *Journal of Experimental Psychology*. 1965;69: 170-179.
4. Craig G. Human Development. 2 edition. New Jersey: Prentice Hall; 1992
5. Kanski JJ. Oftalmología clínica. 5th edición. Oxford: Butterworth Heinemann; 2004.
6. Weiss E M, Kemmler G, Deisenhmer EA, Fleischhacker W, Delazer M. Sex differences in cognitive functions. *Personality and Individual Differences*. 2003;35:863-875.
7. Kimura D. Sex and Cognition. 2a Edition. Massachusetts: MIT Press Cambridge; 2000
8. Saucier D, Elias L, Nylen K. Are colours special? An explanation of the female advantage for seeded color naming. *Personality and Individual Differences*. 2002;2:27-35.
9. Ellis L, Ficek C. Color preferences according to gender and sexual orientation. *Personality and Individual Differences*. 2001;31:1375-1379.
10. Haegerstrom-Portnoy G, Schneck ME, Brabyn J. Seen into old age. *Optometry and Vision Science*. 1999;76:141-158.
11. Munaut C, Lambert V, Noel A, Frankenne F, Deprez M, Foidart JM, et al. Presence of oestrogen receptor type α in human retina. *British journal of Ophthalmology*. 2001;85:877-882.
12. Eisner A, Austin DF, Samples JR. Short wavelength automated perimetry and tamoxifen use. *British journal of Ophthalmology*. 2004;88:125-130.