

*de Fez et al..*

Cambios en la sensibilidad al contraste de usuarios mayores con filtros solares coloreados

## **Cambios en la sensibilidad al contraste de usuarios mayores asociados al uso de filtros solares coloreados**

### **Changes in contrast sensitivity for aged users of tinted sunglasses**

Dolores de Fez<sup>(1)</sup>, M<sup>a</sup> José Luque<sup>(2)</sup>, M<sup>a</sup> Carmen García-Domene<sup>(1)</sup>, Valentín Viqueira<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Dpto. Optica, Escuela Universitaria de Óptica y Optometría, Universidad de Alicante, Ap. 99,  
Campus de San Vicente, 03080, Alicante

<sup>(1)</sup> Dpto. Optica, Facultad de Física, Universidad de Valencia, Dr. Moliner 50, 46100, Burjasot,  
Valencia

#### **RESUMEN:**

Hoy en día es cada vez más habitual el uso de filtros solares coloreados en un gran número de actividades, tanto de ocio como en el trabajo, al aire libre o en ambientes cerrados. Nos hemos planteado si es recomendable el uso de lentes con cromaticidades diferentes y si esa recomendación sería dependiente del grupo de edad del sujeto.

**Palabras clave:** sensibilidad al contraste, filtros solares, personas mayores

#### **ABSTRACT:**

Tinted lenses are increasingly used in many activities, both during leisure time and for work, out in the open and indoors. Our aim is to test if any tinted lens is more advisable than another, and if the choice of colour depends on the age group.

**Key words:** contrast sensibility, tinted lenses, aging

## REFERENCIAS Y ENLACES.

- [1] Aarnisalo E.; Effects of yellow filter glasses on colour discrimination of normal observers and on the illumination level. *Acta Ophthalmol (Copenh)*, 65: 274–278 (1987).
- [2] Kelly S.A.; Effect of yellow-tinted lenses on brightness. *J Opt Soc Am. (A)*, 7: 1905–1911 (1990).
- [3] Luque, M.J., Capilla, P., Diez, M.A., Felipe, A.; Effect of a yellow filter on brightness evaluated by asymmetric matching: measurements and predictions. *J. Opt. A : Pure Appl. Opt.* 8: 398-408 (2006).
- [4]. Atchison D.A., *Optics of the human eye*. Ed. Butterworth-Heinemann; (2000).
- [5] Hennelly, M.L.; Barbur, J.L.; Edgar, D.F.; Woodward, E.G.; The effect of age on the light scattering characteristics of the eye, *Ophthal. Physiol. Opt.*, 18: 197-203 (1998).
- [6] McLellan, J.S., Marcos, S., Burns, S.A.; Age-related changes in monochromatic wave aberration of the human eye, *Invest. Ophthalmol. Vis.Sci.*, 42: 1390-1395 (2001).
- [7] Norton, T.T., Corliss, D.A., Bailey, J.E.; *The psychophysical measurement of visual function*, Butterworth Heinemann, (2002).
- [8] Rabbetts R. B.; *Bennett y Rabbetts, Clinical visual optics*. Ed Butterworth- Heinemann, Ltd.; (2002).
- [9] Schwartz, S.H.; *Visual perception*. McGraw-Hill USA; (1999).
- [10] Verriest, G.; La variation de la courbe spectrale photopique d'efficacité lumineuse relative chez les sujets normaux. *Nouvelle Revue d'Optique Appliquée*. 1: 107-126 (1970).
- [11] Ben-Sira, I., Weinberger, D., Bo-Deinheimer, J., Yassur, Y.; Clinical method for measurement of light backscattering from the in vivo human lens, *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 19: 435-437 (1980).
- [12] Charman, W.N., Age, lens transmittance and the possible effects of light on melatonin suppression. *Ophthal. Physiol. Opt.*, 23: 181-187 (2003).
- [13] Ijspeert, J.K., de Waard, P.W., van der Berg, T.J., de Jong, P.T.; The intraocular straylight function in 129 healthy volunteers, dependence on angle, age and pigmentation, *Vision Res.*, 30: 699-707 (1990).

- [14] Savage, G.L., Haegerstrom-Portnoy, G., Adams, A.J., Hewlett, S.E.; Age changes in the optical density of human ocular media, *Clin. Vis. Sci.*, 8: 97-108 (1993).
- [15] Westheimer, G., Liang, J.; Influence of ocular light scatter on the eye's optical performance, *J. Opt. Soc. Am. A*, 12: 1417-1424 (1995).
- [16] Oshika, T., Klyse, S.D., Applegate, R.A., Howland, H.C.; Changes in corneal wavefront aberrations with aging, *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 40: 1351-1355 (1999).
- [17] Birren, J.E., Casperson, R.C., Btwnick, J.; Age changes in pupil size, *J. Gerontol.*, 5: 2216-2221 (1950).
- [18] Loewenfeld, I.E.; Pupillary changes related to age, in *Topics in neuro-ophthalmology* (H.S.Thompson, R. Daroff, L. Frisén, J.S. Glaser, M.D. Sanders, eds.), Baltimore, Williams & Wilkins, 124-150; (1972).
- [19] Lowenstein, O., Lowenstein, I.E.; The pupil, in *Macular mechanisms*, 2nd edition, vol 3 (H. Davson ed.) New York Academic Press, 255-337; (1969).
- [20] Woodhouse, J.M.; The effect of pupil size on grating detection at various contrast levels, *Vision Res.*, 15: 645-648 (1975).
- [21] Curcio C.A.; Photoreceptor topography in ageing and age-related maculopathy. *Eye*, 15: 376-383 (2001).
- [22] Devaney, K.O.; Johnson, H.A.; Neuron loss in the aging visual cortex of man. *J Gerontol.* 35: 836-841 (1980).
- [23] Cabeza, R., Nyberg, L., Park, D. Ed.; *Cognitive neuroscience of aging*. Oxford niversity Pres; (2005).
- [24] Pardham, S.; Contrast sensitivity loss with aging: sampling efficiency and equivalent noise at different spatial frequencies. *J. Opt. Soc. Am. A.*, 21: 169-175 (2004).
- [25] Burton, K.B.; Owsley, C.; Sloane, M.E.; Aging and neural spatial contrast sensitivity: Photopic vision *Vis. Res.* 33: 939-946 (1993).
- [26] Elliot, D.; Whitaker, D.; MacVeigh, D.; Neural contribution to spatiotemporal contrast sensitivity decline in healthy ageing eyes. *Vision Research*, 30: 541-547 (1990).
- [27] Spear PD.; Neural bases of visual deficits during aging. *Vision Res.*, 33: 2589-2609 (1993).
- [28] Leguire L.E, Suh S.; Effect of light filters on contrast sensitivity function in normal and retinal degeneration subjects. *Ophthalmic Physiol Opt.*, 13: 124–128 (1993).

[29] Luria S.M.; Vision with chromatic filters. *Am J Optom Arch Am Acad Optom.*, 49: 818–829 (1972).

[30] Yap M.; The effect of a yellow filter on contrast sensitivity. *Ophthalmic Physiol Opt.*, 4: 227–232 (1984).

[31] de Fez, M. D.; Luque, M.J.; Viqueira V.; Enhancement of contrast sensitivity and losses of chromatic discrimination with tinted lenses. *Optometry and Vision Science*, 79: 590-597 (2002).

---

## 1.- Introducción

El envejecimiento progresivo de la población y el uso cada vez más generalizado de filtros solares con diferentes cromaticidades hace interesante determinar si las pérdidas visuales asociadas a la edad se ven aumentadas por el uso de filtros solares coloreados. La mayoría de trabajos publicados acerca del efecto de los filtros sobre la visión, se refieren a los filtros de color amarillo<sup>1-3</sup>, y además, con frecuencia los resultados descritos son contradictorios. En este artículo, se analiza la influencia del envejecimiento visual en algunas características importantes de la visión para usuarios de filtros solares con otras cromaticidades (Gris, Verde, Verde-Gris y Marrón). Para ello, nos planteamos estudiar la sensibilidad al contraste en una población mayor de 55 años y determinar la influencia sobre la visión del uso de estos filtros solares coloreados.

Las poblaciones de los países más desarrollados están experimentando un progresivo envejecimiento. Día a día hay más personas mayores y la vida laboral (útil) de estas personas también es significativamente más larga que hace 25 o 50 años. Por otra parte la irrupción de nuevas tecnologías, con los cambios de usos y costumbres que conlleva, hace necesario revisar las capacidades visuales y

las características particulares de estos grupos de edad.

La mayoría de las capacidades visuales no se mantienen constantes a lo largo de la vida. La agudeza visual, la sensibilidad al contraste, la discriminación cromática y prácticamente todas las funciones visuales disminuyen con la edad. El motivo de estas disminuciones se debe a cambios anatómicos y fisiológicos que afectan no sólo a la óptica ocular, sino a todo el sistema visual. Los cambios que afectan a la óptica ocular están ampliamente descritos en la bibliografía<sup>4-9</sup>. Los principales fenómenos descritos son el amarilleamiento del cristalino<sup>10</sup>, el aumento de dispersión intraocular por pérdida de transparencia de los medios<sup>5,11-15</sup>, el aumento de aberraciones oculares por cambios morfológicos en la córnea y el cristalino<sup>6,16</sup> y la miosis senil, que limitará la luz que llega a la retina<sup>17-20</sup>.

En cuanto a los cambios neurales, en la retina se produce una disminución importante en el número de fotorreceptores, especialmente de los bastones parafoveales<sup>21</sup>, aparte de cambios morfológicos y fisiológicos tales como el aumento de diámetro de los bastones y el retardo en el tiempo de regeneración de los fopigmentos<sup>4</sup>.

Pero las pérdidas neurales más acusadas corresponden a la disminución en

el número de neuronas. Entre los 20 y los 70 años se produce una pérdida del 50% de las células ganglionares de la retina y también de las neuronas del córtex visual. La pérdida de neuronas del córtex visual ocurre de manera lineal y progresiva entre los 20 y los 87 años de edad<sup>22</sup>.

Aparte de las pérdidas propias del sistema visual, se debe tener en cuenta que un retardo en el procesamiento de la información puede provocar muchos cambios relacionados con la edad, tanto perceptuales como cognitivos<sup>23</sup>.

Una de las tareas visuales más comunes para el ser humano es el reconocimiento de objetos de nuestro entorno, y las características visuales más directamente implicadas en este reconocimiento están relacionadas con propiedades espaciales (transmisión del contraste según la frecuencia del objeto). Las diferentes frecuencias espaciales de una escena nos dan información sobre la forma y los detalles de los objetos. Si esta función disminuye su rendimiento, como sabemos ocurre en personas mayores, aparecerán importantes problemas de percepción visual. Esta disminución afecta a toda la gama de frecuencias espaciales sin que se produzca un cambio en la forma de la curva ni un desplazamiento del máximo de sensibilidad<sup>9</sup>. El origen de esta disminución puede deberse a causas ópticas y a causas neurales. Entre las causas ópticas se encuentran la pérdida de transparencia de medios oculares, el aumento de aberraciones, la dispersión y la disminución de la iluminación retiniana por miosis senil. Todos estos factores contribuyen a la pérdida de contraste en la imagen retiniana. El aumento de la dispersión y de las aberraciones provoca una pérdida de contraste, mientras que el efecto de la miosis no es tan evidente: por una parte disminuye la iluminación retiniana, pero por otra, disminuye las aberraciones. Estos dos efectos se contrarrestan el uno al otro<sup>24</sup>.

En este sentido, el trabajo de Burton et al.<sup>25</sup> muestra que sujetos adultos con buena salud ocular exhiben pérdidas estadísticamente significativas de sensibilidad al contraste (0.1–0.2 unidades logarítmicas), aunque hay un considerable solapamiento entre jóvenes y mayores. Estos autores concluyen que las pérdidas se deben principalmente a alteraciones de la óptica ocular.

La pérdida de sensibilidad al contraste también puede deberse a causas neurales. Elliot et al.<sup>26</sup> simularon los efectos de una miosis senil y de la pérdida de transmisión óptica en ojos jóvenes, que compararon con un grupo de mayores. Encontraron que este efecto de reducción de la iluminación en retina no producía cambios significativos en la sensibilidad al contraste y concluyeron que la causa principal de las pérdidas está en las pérdidas neurales que tienen lugar en los caminos visuales con el aumento de la edad. En otros trabajos se describen pérdidas en el número y calidad de los bastones y de las células ganglionares debidas al envejecimiento normal, siendo las pérdidas corticales y del LGN mucho menos significativas<sup>27</sup>.

El empleo de filtros solares para actividades al aire libre también ha aumentado considerablemente en los últimos años. La elección de un filtro adecuado para algunas de estas actividades, como la conducción de vehículos, no debería ser arbitraria, sino que debería hacerse de acuerdo a unos criterios que consideren qué tarea visual se va a desarrollar. Por ello es necesario evaluar las necesidades del sujeto para buscar un filtro específico que garantice un buen funcionamiento de esas funciones visuales<sup>2,3,28-30</sup>.

Las lentes coloreadas no deben producir pérdidas en la agudeza visual o en la sensibilidad al contraste. Normalmente estas lentes son usadas en condiciones de altos niveles de iluminación o dispersión,

en las que una disminución del brillo tiene efectos beneficiosos. Aunque el uso de cualquier lente coloreada reduce la cantidad de luz transmitida en el visible y la visión cromática en mayor o menor grado, el sistema visual tiene mecanismos para compensar parcialmente estos efectos. Los mecanismos de adaptación a la luz pueden reducir el efecto de las pérdidas de transmitancia en el sentido de que, al menos hasta cierto rango, una reducción en el nivel de iluminación retiniana no se traduce en una reducción de luminosidad. Por otro lado, las alteraciones en la visión del color son compensadas por los mecanismos de constancia del color y de descuento del iluminante, de manera que sólo con ciertas lentes las alteraciones cromáticas resultantes van a ser importantes<sup>31</sup>.

## 2.- Objetivo

Nuestro objetivo es el estudio del comportamiento visual asociado a cuatro lentes coloreadas comerciales, cuyas cromaticidades son bastante comunes en el mercado. Determinaremos las pérdidas en la sensibilidad al contraste acromático en sujetos mayores de 55 años. Se ha usado una muestra de sujetos jóvenes con el fin de determinar si las lentes tienen las mismas propiedades para ambos grupos de población, o las lentes más recomendadas dependen del grupo de edad.

## 3.- Método experimental

Las lentes solares empleadas fueron cuatro lentes de la gama Physiotint (Verde, Verde-Gris, Marrón y Gris), proporcionadas por Essilor España S.A. Con el fin de asegurar que los posibles cambios de comportamiento de los filtros eran debidos sólo a su cromaticidad, fueron seleccionados con transmitancias medias similares. La mayor diferencia se produjo para el filtro Verde, que resultó transmitir un 10% menos que el filtro Gris. (fig. 1)

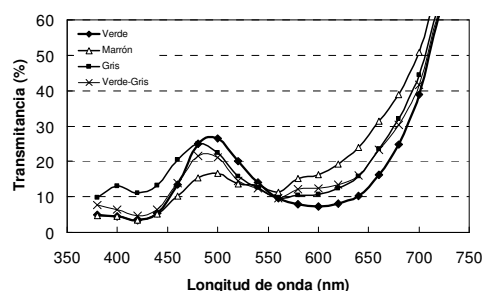


Figura 1: Filtros coloreados Physiotint, proporcionados por Essilor España SA: Gris, Verde, Verde-Gris y Marrón.

Los estímulos se generaron en un monitor Mitsubishi HL-7955 SKTK2 20'' mediante una tarjeta gráfica VSG2/3. El software para la presentación de estímulos (PsychoWin) pertenece a Cambridge Research Systems.

En las pruebas participaron seis sujetos con edades comprendidas entre 55 y 70 años, todos con visión normal del color y con su correspondiente compensación óptica si era necesario.

Para cada sujeto se determinó la función de sensibilidad al contraste sin filtro y con los cuatro filtros coloreados. Estos resultados fueron comparados con los obtenidos para los tres observadores jóvenes, entre 20 y 25 años, en las mismas condiciones de medida.

Las medidas se tomaron con un entorno oscuro y después de tres minutos de adaptación a un campo acromático ( $x=0.29$   $y=0.31$ ), con una luminancia de  $13 \text{ cd/m}^2$ , correspondiente a la luminancia media de los estímulos presentados en el test de medida. La adaptación tenía lugar también con el filtro coloreado correspondiente a cada sesión.

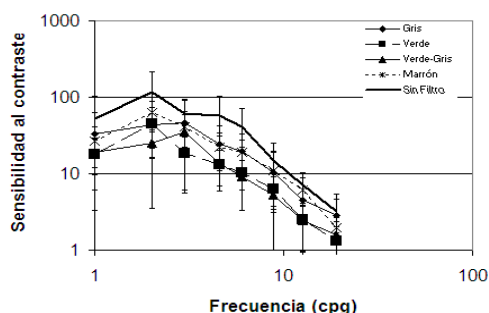
Después de la adaptación, y a una distancia de observación de 3 metros, el programa presentaba las redes acromáticas de 1, 2, 3, 4.6, 6, 8, 12.6 y 19 ciclos por grado, de forma aleatoria y un total de cuatro veces cada una. En cada presentación el observador determinaba el

contraste umbral mediante el método de ajustes.

Cada sesión experimental duraba aproximadamente media hora. Para evitar la fatiga y las pérdidas de atención, sobre todo teniendo en cuenta la edad del sujeto, se introdujeron descansos entre sesiones consecutivas y se espaciaron las diferentes sesiones correspondientes a cada filtro.

#### 4.- Resultados y discusión

La figura 2 muestra las curvas de sensibilidad al contraste obtenidas con los cuatro filtros y sin filtro, para el observador promedio mayor. Como puede observarse, la forma de la función no se ve alterada por la presencia del filtro y el máximo de sensibilidad permanece siempre en el intervalo de [2-3] ciclos por grado.



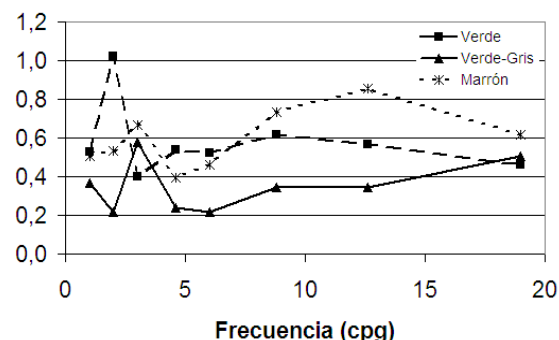
**Figura 2:** Curvas de sensibilidad al contraste para el observador medio mayor obtenidas con los filtros Gris, Verde, Verde-Gris y Marrón, así como sin filtro.

Como era de esperar por la reducción en la iluminación retiniana causada por los filtros, la sensibilidad al contraste empeora con cualquiera de ellos, pero parece que causan diferentes pérdidas aunque el descenso de iluminación es similar, es decir, hay un efecto asociado a la cromaticidad

Las curvas en la figura 2 forman dos clases diferenciadas, una corresponde a los filtros Marrón y Gris, que muestran pequeñas pérdidas de sensibilidad al

contraste, especialmente para altas frecuencias. La otra corresponde a los filtros Verde y Verde-Gris. Este comportamiento es consistente con los valores medios de luminancia de cada filtro, ya que los de cromaticidad verde eran los que más se alejaban del filtro Gris en luminancia media. Nótese, sin embargo, el diferente comportamiento de estos dos últimos filtros a bajas frecuencias, que analizamos a continuación.

Para decidir cuál de las lentes coloreadas proporciona un mejor comportamiento, debemos comparar con los resultados obtenidos para el filtro Gris. En la figura 3 presentamos la ratio de cambio respecto a este filtro. Observamos que depende del grupo de frecuencias: mientras que para frecuencias bajas el filtro Verde es el que produce menores pérdidas de sensibilidad, para frecuencia medias y altas es el filtro Marrón el que presenta mejor comportamiento.



**Figura 3:** Ratios de sensibilidad al contraste (filtro/Gris) para el observador medio mayor con los filtros Verde, Verde-Gris y Marrón.

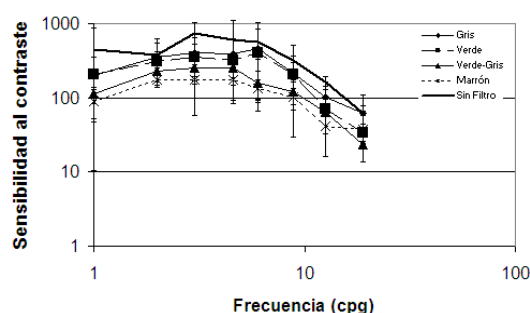
El análisis estadístico mediante la prueba T-test muestra que los resultados con los filtros Gris y Marrón no difieren significativamente de los obtenidos sin filtro, con un nivel de confianza de 0.05. Pero sí que aparecen diferencias significativas con Verde y Verde-Gris para un gran número de frecuencias (Verde:  $f=3, 12.6, 19$  cp/g, Verde-Gris:  $f=2, 4, 6, 8, 12.6$

cpg). Si se compara cada filtro con el filtro Gris, no parecen diferencias significativas con un nivel de confianza de 0.05.

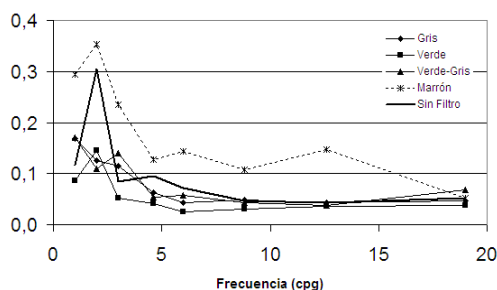
#### 4.a.- Comparación con la población joven

El otro objetivo de este estudio era la comparación entre la población mayor y la población joven, con el fin de determinar cuál de los filtros causa las menores pérdidas en la sensibilidad al contraste y si es o no dependiente del grupo de edad.

En la figura 4 presentamos los resultados correspondientes al observador medio joven para cada filtro. La comparación entre ambas poblaciones (figura 5) muestra una disminución generalizada de la sensibilidad al contraste que es del orden del 90% para la mayoría de los filtros a partir de 5 cpg.



**Figura 4:** Curvas de sensibilidad al contraste para el observador medio joven obtenidas con los filtros Gris, Verde, Verde-Gris y Marrón, así como sin filtro.



**Figure 5:** Ratios de sensibilidad al contraste entre poblaciones (mayor/joven) con los filtros Gris, Verde, Verde-Gris y Marrón, así como sin filtro.

Si comparamos los resultados obtenidos con los diferentes filtros, de nuevo el Marrón es el que muestra mejores resultados al ser el que menos cambios produce con la edad. Esto puede ser debido a que presenta una luminancia media ligeramente mayor y al hecho de ser el filtro que más corta la luz de bajas longitudes de onda. Nótese además que con este filtro la sensibilidad al contraste de la población joven es peor que con el resto, por lo que encontramos un cambio de comportamiento asociado a la edad.

La prueba T muestra que las diferencias entre los dos rangos de edad son estadísticamente significativas con un nivel de confianza de 0.05. Vale la pena resaltar que a bajas frecuencias las pérdidas son menores. Esto es consistente con el hecho de que las pérdidas de transparencia causan una disminución del contraste que es más relevante para las altas frecuencias espaciales.

Para comprobar la relevancia de estos efectos en un caso real, hemos filtrado imágenes digitales con las curvas de sensibilidad obtenidas, simulando la percepción de cada una de las poblaciones y con cada uno de los filtros coloreados. Si  $I_0(x,y)$  representa la distribución de luminancias en cada punto de la imagen que le mostramos a cierto problema sujeto, podemos calcular una nueva distribución de luminancias,  $I_s(x,y)$ , que, mostrada a un sujeto de referencia, le produciría la misma sensación. Si admitimos que el sistema visual es lineal, y que la CSF es su función de transferencia, podemos suponer que, para que esta igualdad de sensaciones se produzca basta que:

$$\frac{TF(I_s(x,y))CSF_{referencia}(f_x, f_y)}{TF(I_0(x,y))CSF_{problema}(f_x, f_y)} = 1 \quad (1)$$

En particular, si admitimos que el sujeto de referencia para cada rango de



edad es el sujeto promedio sin filtro de dicho rango, y que el sujeto problema usa un filtro coloreado, tendremos que:

$$TF(I_s(x, y)) = TF(I_0(x, y)) \frac{CSF_{filtro}(f_x, f_y)}{CSF_{sin filtro}(f_x, f_y)} \quad (2)$$

Las imágenes  $I_s(x, y)$  obtenidos con los distintos filtros se muestran en la Figura 6. Nótese que no es posible comparar una imagen obtenida para el sujeto mayor con la correspondiente del sujeto joven. Para eso, la CSF de referencia debería haber sido siempre la misma (la del sujeto joven). Sin embargo, en este caso, al ser tan grande la diferencia entre las CSFs de las dos poblaciones, el efecto adicional que pudiera tener el uso de un filtro pasaría desapercibido. Pero juzgando en cada grupo de imágenes cuáles tendrían mejor calidad subjetiva, se ve que los sujetos jóvenes no preferirían los mismos filtros que los ancianos.

## 5.- Conclusiones

- Nuestros resultados son consecuentes con la literatura en el hecho de que el filtro Gris

es el que proporciona un mejor comportamiento visual en tareas de detección de contrastes.

- Los filtros Gris y Marrón perjudican menos la sensibilidad al contraste que los filtros Verde y Verde-Gris cuando comparamos los resultados obtenidos con la población mayor para cada filtro coloreado respecto a sin filtro.

- El observador medio mayor muestra peor comportamiento que el joven en todos los casos, sufriendo pérdidas de sensibilidad al contraste alrededor del 90%. Con el filtro Marrón las diferencias entre ambas poblaciones se reducen.

- Excluyendo los filtros acromáticos, para la población mayor son recomendables los filtros con cromaticidad marrón, pero los de cromaticidad verde es mejor evitarlos. Sin embargo, para la población joven los filtros marrones empeoran la sensibilidad al contraste y es recomendable el uso de los de cromaticidad verde.

## Agradecimientos

Esta investigación se ha llevado a cabo en el marco del proyecto de la Generalitat Valenciana GV06/185.



**Figura 6:** Imágenes filtradas con las curvas de sensibilidad al contraste de cada población y cada filtro. La primera fila corresponde al observador medio joven y la segunda al observador medio mayor. Por columnas: 1) sin filtro, el resto normalizadas a sin filtro, 2) filtro Gris, 3) Marrón, 4) Verde, 5) Verde-Gris.

Cambios en la sensibilidad al contraste de usuarios mayores con filtros solares coloreados