

Desarrollo madurativo, percepción del color y respuestas Tritán

Julio Lillo*, José A. Collado, M^a Pilar Sánchez e Isaac Pitini

Universidad Complutense de Madrid

Resumen: Se evaluaron las capacidades cromáticas de 788 escolares (458 niños y 330 niñas), con edades comprendidas entre los 5 y 7 años, mediante la aplicación de una batería formada por los tests Ishihara, CUT y TIDA. Se obtuvieron niveles de incidencia de patología cromáticas similares a las de la población europea y, además, una significativa tendencia entre los niños más pequeños a presentar respuestas tritán a un nivel no patológico. Se comentan las posibles causas de este hecho.

Palabras clave: Capacidades cromáticas. Niños. Tests. respuestas tritan.

Title: Maturation development, colour perception and tritan responses

Abstract: Chromatic competence was evaluated in 788 schoolboys, with ages ranging from 5 to 7 years old, by means of a set of three tests: Ishihara, CUT (City University Test) and TIDA (*Test de Identificación de Daltonismos*). Prevalence of chromatic pathologies was similar to that in the European population. A trend to show tritan responses at non-pathological level was also found among the youngest children. Possible explanations for this fact are discussed.

Key words: Chromatic competence. Children. Tests. Tritan responses.

*El color es el resultado de la actividad de tres tipos de mecanismos perceptivos relacionados con la detección de desequilibrios relativos en la energía luminosa que llega al observador. Utilizando la nomenclatura propuesta por Hermann Hering en la segunda mitad del siglo pasado (véase Boring, 1942), y siguiendo la forma en que los concibiera Leo Hurvich casi 100 años después (Hurvich, 1981; véase también Lillo, 1993), el primero de ellos, al que puede denominarse "blanco-negro" o "acromático", basaría su actividad en la comparación de las cantidades de luz procedentes de áreas vecinas; los dos restantes, a los que se denomina "cromáticos", serían esenciales respecto al "matiz" experimentado ante una determinada estimulación, y centrarían su actividad en la búsqueda de acumulaciones relativas de energía en distintas partes del espectro. Así, el mecanismo "verde-rojo" respondería ante la presencia de un predominio en las longitudes de onda media ("verde") o en cual-

quiera de los extremos ("rojo"), mientras que la activación del mecanismo "azul-amarillo" indicaría un predominio en la porción corta ("azul") o larga ("amarillo") del espectro.

Actualmente se conocen menos las peculiaridades del mecanismo "azul-amarillo" que las de cualquiera de los otros dos. En gran medida esto es así porque hasta hace poco han existido menos intereses aplicados relacionados con su estudio y, por otra parte, se ha dispuesto de menos, peores, y más caros instrumentos para analizar su actividad. Estos factores, sin embargo, han dejado de actuar en las últimas décadas. Las alteraciones funcionales en el mecanismo "rojo-verde", los "daltonismos" (anomalías "protán" y "deután"), han proporcionado una fuerte motivación para estudiar este mecanismo ya que, como es bien conocido, afectan a un importante porcentaje de varones (entre el 5 y el 8% para los países europeos; Fletcher y Voke, 1985). Debido a ello, desde principios de siglo se dispone de instrumentos capaces de detectar en forma rápida la presencia de estos problemas (p.ej. la primera versión del test de Ishihara data de 1917; Birch, 1993) y de otros más sofisticados para concretar sin errores su naturaleza (p.ej. el primer anomaloscopio tipo Nagel data de 1917; *op. cit.*).

* **Dirección para correspondencia:** Julio Lillo. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Psicología. Somosaguas s/n. Madrid 28023 (España).

© *Copyright* 1995: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, Murcia (España). ISSN: 0212-9728. *Artículo recibido:* 21-11-95, *aceptado:* 18-1-96.

Esta investigación fue posible gracias a una Beca CIDE-1994. Queremos agradecer públicamente la ayuda prestada por este organismo.

Suelen denominarse "alteraciones trítán" a las derivadas de un mal funcionamiento del mecanismo "amarillo-azul". Estas patologías, en abierto contraste con los daltonismos, son raramente de origen genético (en torno al 0,02 %; Birch, 1993), siendo sin embargo el tipo más común entre las alteraciones *adquiridas* de la percepción del color, al ser múltiples las afecciones oculares que pueden producirlas. Siguiendo el clásico texto de Pokorny y Smith (1979), pueden citarse las siguientes: Cataratas, retinopatía diabética, glaucoma, degeneración macular senil, compresión del nervio óptico, desprendimiento de retina, etc. En esta misma línea, es importante indicar que son abundantes los medicamentos capaces de producir alteraciones del mecanismo amarillo-azul (véase, p.ej. Lagerlöf, 1980; Alken *et al.*, 1980), encontrándose entre ellos estimulantes cardíacos (p.ej. Digitoxin), sustancias antibacterianas (p.ej. estreptomycin), y algunas de las empleadas en las píldoras anticonceptivas (p.ej. "Ovulen"). Por último, distintas investigaciones (véase, Villani, 1989) han mostrado que pueden darse estados "trítán" transitorios tras la exposición prolongada al tipo de energía lumínica proporcionada por los monitores de los ordenadores.

El progresivo incremento de los intereses aplicados relacionados con el funcionamiento del mecanismo "azul-amarillo" se ha visto acompañado de -y en gran parte ha motivado- un desarrollo espectacular de instrumentos útiles para medir su actividad (Cavanagh *et al.*, 1994; Nakano y Kaiser, 1992). Entre las más importantes aportaciones a este respecto deben mencionarse dos pruebas derivadas del clásico test de Farnsworth-Munsell: La escala D-15 y el test CUT (City University Test; Fletcher, 1975). Este último aporta la importante ventaja de ser rápida y fácilmente utilizable con prácticamente cualquier tipo de población.

La existencia de instrumentos de fácil aplicación ha llevado a medir las alteraciones trítán para diagnosticar la presencia y grado de problemas más graves (p.ej., la retinopatía diabética, Tregear *et al.*, 1994). Por otra parte, ha permitido comprobar la existencia de grupos de personas, como el compuesto por las que están en la tercera edad, en las que tienden a darse respuestas trítán

(véase, p.ej. Barca y Vaccari, 1978; Lakowski, 1958; Verriest *et al.*, 1982). En gran medida, y como es bien conocido, este resultado se deriva de que el progresivo amarilleamiento del cristalino (Ruddock, 1965b) reduce la energía de longitud de onda corta que llega a la retina y, por tanto, el rango operativo de los conos especialmente sensibles a esta energía. Por otra parte, además, factores tales como la acumulación excesiva de pigmento macular, y/o los cambios degenerativos en los propios conos y/o el nervio óptico (Lakowski, 1965; Ruddock, 1965b), contribuyen también a la reducción en la capacidad de respuesta del mecanismo "azul-amarillo".

En el extremo opuesto de la tercera edad se encuentra la infancia. En ella, hasta hace poco, no era frecuente la evaluación de las capacidades cromáticas. Entre otras causas el que así fuera se debió a que: (1) algunas investigaciones no detectaron relaciones importantes entre la existencia de anomalías en la percepción del color y el nivel de rendimiento escolar (p.ej. Mandola, 1969; Lampe *et al.*, 1973; Perales *et al.*, 1986; aunque véase también Knowlton y Loo, 1989) y (2) la aplicación de pruebas cromáticas a niños de edad reducida requiere consideraciones especiales no siempre fáciles de tener en cuenta. Estos dos factores han dejado de ser un obstáculo en las últimas décadas, en las que cada vez son más las voces que hablan en favor de efectuar evaluaciones tempranas de las capacidades cromáticas (p.ej. Birch, 1993; Verriest, 1981). Entre los datos alegados en favor de este cambio de actitud se incluiría la existencia de un mayor porcentaje de cambio en las preferencias vocacionales de los niños con alteraciones cromáticas (debido a su inicial elección de profesiones poco compatibles con su limitación; Taylor, 1971; 1977), y la mayor presencia en ellos de respuestas emocionales no ajustadas al entorno escolar (Voke, 1984).

El interés por las capacidades cromáticas de la infancia ha conducido a disponer del suficiente número de evaluaciones como para poder afirmar que, al menos en los países desarrollados, el nivel de incidencia de los daltonismos en la población general no varía significativamente desde la infancia a la adolescencia (véase, p.ej., Fletcher y Voke, 1985; cap. 10). Por otra parte, al menos en

una investigación efectuada en Bélgica con niños de guardería en la que se empleó el test D-15 (véase Verriest, 1981) se observó una moderada tendencia entre los niños de ambos sexos a producir ordenaciones de carácter tritán en sus respuestas aunque la relativa dificultad de la prueba aplicada, en conjunción con el tamaño de la muestra y lo moderado de la tendencia observada, no permitió alcanzar conclusiones firmes desde el punto de vista estadístico.

El objetivo de esta investigación es evaluar la incidencia de respuestas Tritán en población infantil, en comparación con la frecuencia de respuestas cromáticas normales y de respuestas de tipo daltónico.

A fin de superar las limitaciones del estudio descrito, el realizado por nosotros sustituyó el empleo del test D-15 por el del CUT. Este último, aunque utilice el mismo tipo de elementos cromáticos que el anterior, lo hace en una tarea mucho más sencilla que, por tanto, reduce el riesgo de confusión en las respuestas entre los niños. Además, se pudo trabajar con una muestra de niños relativamente numerosa ($n=788$) a fin de incrementar la posibilidad de hacer significativa cualquier diferencia que se pudiera encontrar. Para finalizar, al tiempo que se utilizó el test D-15 en la búsqueda de respuestas tritanes, se emplearon dos tests de láminas pseudoisocromáticas (Ishihara y Tida) a fin de efectuar una evaluación precisa de los niveles de incidencia de los daltonismos.

Método

Sujetos

Participaron en la investigación 789 niños (330 niñas; 459 niños), pertenecientes a 10 colegios públicos de Madrid y Majadahonda, con edades comprendidas entre los 5 y los 7 años al inicio del curso académico 1994-1995. Los niños estaban matriculados en "preescolar" y 1º y 2º de Primaria. La Tabla 1 muestra la forma en que se distribuían en función de su sexo y nivel educativo.

Tabla 1: Muestra desglosada por sexo y nivel educativo.

NIVEL	NIÑOS	NIÑAS
PREESCOLAR	157	125
PRIMERO	148	107
SEGUNDO	153	98
<i>TOTAL</i>	<i>458</i>	<i>330</i>

Aparatos

La evaluación de las capacidades cromáticas de los niños se efectuó mediante la aplicación de los tests CUT, Ishihara y TIDA. El test CUT (City University Test) presenta una secuencia de 11 láminas (1 de entrenamiento + 10 de diagnóstico) en las que se presenta una ficha central de referencia y, a su alrededor, cuatro alternativas de entre las que debe señalarse la más similar a la central. Una de las opciones corresponde a la visión "normal", las tres restantes a cada uno de los tres tipos clásicos de alteraciones ("protán", "deután" y "tritán").

La primera parte del test de Ishihara (la única utilizada) se encuentra formada por 25 láminas en las que se debe intentar identificar el número a que da lugar el agrupamiento de los elementos estímulares que se perciben como pertenecientes a la misma categoría de color. Para simplificar la tarea de identificación, se permitió responder "cifra a cifra" ("uno" y "seis" en lugar de la respuesta adulta de "dieciséis") o "trazando con el dedo" la forma del número visto a los niños que tenían dificultades para responder en la forma convencional.

El TIDA (Test de Identificación de Daltonismos) es una prueba de láminas pseudoisocromáticas especialmente desarrollado para ser aplicado con población infantil. La tarea que ha de efectuar el niño durante las 17 láminas que lo componen es la de formar "familias de monos" basándose en el parecido cromático percibido en sus posibles miembros. El test permite la detección y diferenciación de los daltonismos (categorías protán y deután). A fin de controlar las condiciones lumínicas en la que se aplicaron los test se utilizó un Luxo-Fotómetro Gossen-Master-six. La utilización de los accesorios adecuados

permitió comprobar si el nivel de iluminancia (entre 60 y 200 lx) y la temperatura del color (entre 4000 y 6000 K) eran los adecuados a las pruebas empleadas. Siempre que fue posible se empleó exclusivamente luz solar. En caso contrario, la luz solar se complementó con la generada por bombillas de filamento de tungsteno cuyos filtros permitían alcanzar una temperatura del color de 4000 K.

Procedimiento

La batería de tests se aplicó en horario escolar durante los meses de Marzo, Abril y Mayo de 1995. Previamente se había contactado con la dirección de los respectivos colegios, informándosela de la posibilidad de acceder a una evaluación rápida y gratuita de las capacidades cromáticas de sus alumnos, así como de la utilidad de disponer de tal información. Gracias a éstos contactos¹ se dispuso en todos los centros de algún habitáculo en el que se dieron condiciones de iluminación y espaciosidad suficientemente adecuadas como para permitir la evaluación simultánea de grupos pequeños de niños (3-4).

Tras informar a cada niño de que utilizaría tres "juegos de colores" distintos, se le expuso secuencialmente a los tres tests utilizados. El orden de presentación de estas pruebas se varió siguiendo un procedimiento de "aleatorización total" (véase, p.ej. Pereda, 1987). Finalizada la aplicación de la batería, se procedió a repetir la aplicación de una prueba siempre que en ella se hubiese obtenido al menos una respuesta distinta a la esperable en un sujeto con visión normal. En aquellos casos en los que las respuestas obtenidas correspondían con un patrón patológico se procedió a confirmar el diagnóstico mediante una nueva aplicación de la batería transcurridas 3-4 semanas desde la evaluación original.

¹ En los centros de Majadahonda, estas intervenciones fueron facilitadas por las psicólogas del equipo psicopedagógico municipal.

Resultados

En este apartado se analizarán dos tipos de resultados. El primero de ellos, centrado en la Tabla 2, se referirá a los casos en los cuales la batería utilizada indicó la existencia de un patrón de respuesta nítidamente patológico (dicromatismos y tricromatismos anómalos). El segundo (Tabla 6) se centra en aquellos niños que, distando de alcanzar criterios patológicos, respondieron en el test D-15 con 1 ó 2 respuestas "anómalas".

La Tabla 2 indica la frecuencia con la que se detectó o no la presencia de una disfunción cromática entre los niños varones, distribuyéndose los casos en función del nivel escolar y el tipo de alteración detectada ("daltonismo" versus "anomalía tritán"). En ninguna de las niñas se detectaron alteraciones cromáticas.

Tabla 2: Frecuencias de las categorías diagnósticas agrupadas por curso

	DALTONISMO	ANOMALIA TRITAN	NORMAL
PREESC.	9	0	148
PRIMERO	9	1	138
SEGUNDO	6	0	147
TOTAL	24	1	433

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos tras aplicar una serie de análisis de χ^2 y pruebas binomiales a fin de comparar la frecuencia con la que se daba cada categoría de diagnóstico en cada nivel de edad. Como era de esperar, la frecuencia de casos "sin alteración" fue significativamente superior al de aquellos que la tuvieron de tipo "daltónico" o "tritán", tanto cuando este tipo de comparación se efectuó para el total de los niños, como cuando se hizo lo propio en cada uno de los niveles educativos ("preescolar", "primero", "segundo"). El mismo patrón se obtuvo al comparar la frecuencia de casos daltónicos con los tritán: en todos los casos la frecuencia de los daltonismos fue significativamente superior a la de los casos tritán.

Otra forma de analizar los resultados mostrados en la Tabla 2 es comparándolos con los habituales en otras muestras europeas (p.ej. Birch, 1993). Tal comparación se plasma en la Tabla 4.

Como puede apreciarse en ella, los porcentajes encontrados son muy similares a los estándares europeos, aunque ligeramente inferiores a éstos en lo que compete a los daltonismos (véase Figura 1). Sin embargo, la aplicación de los análisis estadísticos que se recogen en la Tabla 5, indicó que estas diferencias no fueron significativas. No es necesario decir que el reducido número de alteraciones tritán detectadas (y esperadas) hizo imposible la aplicación de estadísticos de contraste.

Tabla 5: Análisis estadístico de las diferencias entre la población de referencia y la población de investigación (niños)

		χ^2	Significación
Daltonismo	Preesc.	0,73	0,39
	Primero	0,42	0,51
	Segundo	2,00	0,16
	TOTAL	2,77	0,10
Normal	Preesc.	0,09	0,77
	Primero	0,03	0,86
	Segundo	0,22	0,64
	TOTAL	0,30	0,58

Tabla 3: Comparación entre las frecuencias de cada grupo de diagnóstico y en cada nivel de edad.

TIPO DE COMPARACIÓN			
CURSO	NORMAL VS DALTÓNICO	NORMAL VS TRITÁN	DALTÓNICO VS TRITÁN
PREESCOLAR	$\chi^2 = 124,05$ p = 0,00**	prop. bin. = 0,00**	prop. bin. = 0,004**
PRIMERO	$\chi^2 = 110,7$ p = 0,00**	prop. bin. = 0,00**	prop. bin. = 0,022*
SEGUNDO	$\chi^2 = 129,94$ p = 0,00**	prop. bin. = 0,00**	prop. bin. = 0,031*
TOTAL	$\chi^2 = 366,05$ p = 0,00**	prop. bin. = 0,00**	prop. bin. = 0,00**

* = p < 0,05; ** = p < 0,01

Tabla 4: Comparación de la población de referencia con la población de investigación (niños).

		Frecuencias y % para la población evaluada	Frecuencias y % para la población europea
Daltonismo	PREESCOLAR	9 5,73 %	12,56 8 %
	PRIMERO	9 6,08 %	11,84 8 %
	SEGUNDO	6 3,92 %	12,24 8 %
	TOTAL	24 5,22 %	36,64 8 %
Anomalía Tritán	PREESCOLAR	0 0 %	0,03 0,02 %
	PRIMERO	1 0,67 %	0,03 0,02 %
	SEGUNDO	0 0 %	0,03 0,02 %
	TOTAL	1 0,22 %	0,09 0,02 %
Normal	PREESCOLAR	148 94,27 %	143 91,08 %
	PRIMERO	138 93,24 %	134,8 91,08 %
	SEGUNDO	147 96,08 %	139,4 91,08 %
	TOTAL	433 94,54 %	417,15 91,08 %

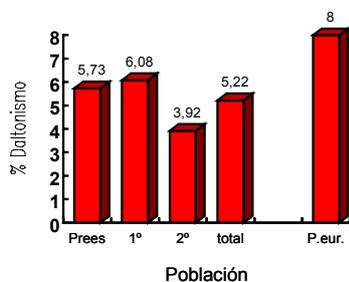


Figura 1: Porcentajes de daltonismo correspondientes a cada una de las tres edades consideradas (preescolar =5; primero = 6; segundo =7) y a la población de referencia europea.

Como ya indicamos, el segundo tipo de resultados a comentar se centra en la Tabla 6. En ella se recogen las frecuencias correspondientes a los niños que, distando de alcanzar criterios patológicos, respondieron en el test CUT con 1 ó 2 respuestas "anómalas". Como puede apreciarse, son más los casos en los que estas fueron de tipo tritán.

Se realizó una comparación estadística entre la incidencia de respuestas tritán y de respuestas daltónicas, para cada grupo de edad y para el conjunto de la muestra. La aplicación de las correspondientes pruebas binomiales mostró, como se recoge en la Tabla 7, que tales diferencias fueron significativas cuando se consideró la totalidad de los niños, aunque los análisis por grupo de edad indicaron que este efecto sólo aparecía de hecho en el grupo de preescolar. Esta impresión, que se plasma gráficamente representando los porcentajes en la Figura 2, se vio confirmada al comparar entre sí las frecuencias de niños con respuestas tritán en los tres tipos de edad.

Para efectuar estas comparaciones se realizaron dos tipos de análisis diferentes. En el primero se utilizó un c^2 para comparar el número de niños con respuestas tritán presentes en preescolar con los de otro grupo, al que puede denominarse de "niños mayores", y que estuvo formado por la adición de los de "primero" y "segundo". La causa de que se tuviera que efectuar tal adición fue el reducido número de respuestas tritán presentes en ambos grupos. La comparación entre los "niños

mayores" y los de preescolar indicó que las respuestas tritán se daban más frecuentemente en estos últimos a un nivel altamente significativo ($c^2 = 16,86$; $p = 0,0004$).

Tabla 6: Frecuencias de niños con respuestas alteradas.

	1 ó 2 Resp. Tritán	1 ó 2 Resp. daltónicas
Preesc.	17	1
Primero	3	0
Segundo	2	0
TOTAL	22	1

Tabla 7: Estudio comparativo entre las frecuencias de las respuestas alteradas en cada grupo de edad.

CURSOS	Prop. Binomial
Preesc.	$p = 0,001^*$
Primero	$p = 0,250$
Segundo	$p = 0,500$
TOTAL	$p = 0,000^*$

* = $p < 0,01$

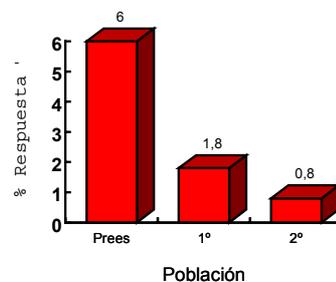


Figura 2: Porcentajes de niños con una o dos respuestas tritán en cada uno de los tres grupos de edad considerados (preescolar =5; primero = 6; segundo =7).

El segundo tipo de análisis consistió en la aplicación de una serie de pruebas binomiales. Su finalidad fue comparar entre cada par de grupos la frecuencia de aparición de niños con respuestas tritán. Para que se pudieran aplicar las pruebas binomiales fue preciso igualar el número de sujetos por grupo ya que, como puede deducirse al contemplar la Tabla 2, este fue sólo de 148 en el caso de primero y llegó a 157 para

preescolar. Por todo lo dicho, sólo se utilizaron los 148 primeros sujetos de cada grupo seleccionados al azar para realizar los análisis que se recogen en la Tabla 8. Como puede apreciarse en ella, y aunque se redujera a 16 el número de niños con respuesta tritán en el grupo de preescolar, este se diferenció significativamente de los dos restantes (primero y segundo) que, por su parte, no lo hicieron entre sí.

Tabla 8: Estudio comparativo entre los distintos grupos de edad de las respuestas alteradas.

CURSOS COMPARADOS	PROP. BINOMIAL
Preesc. Vs Primero	$p = 0,004^*$
Preesc. Vs Segundo	$p = 0,0013^*$
Primero Vs Segundo	$p = 0,99$

* $p < 0,01$

Discusión

El análisis de los resultados de la Tabla 6 ha mostrado la existencia de una tendencia significativa entre los niños de menor edad a producir respuestas de tipo tritán en un grado no patológico. Esta tendencia no tiene paralelo con lo observado en el resto de las peculiaridades cromáticas detectadas. Esto es, tanto respecto a los daltonismos, como a las patologías tritán, la incidencia observada fue similar a la habitual en la población europea y, lo que es más importante, no varió significativamente debido a la edad. Más aún, la no diferenciación de nuestra muestra respecto a la europea se dio utilizando como referencia los datos recogidos en Birch (1993) que son, entre la bibliografía disponible, los que estiman un mayor porcentaje de niños con alteraciones. De haber utilizado otras referencias, como pueden ser las proporcionadas por Fletcher y Voke (1985, cap. 10), todavía hubiese sido mayor el parecido encontrado, puesto que esta última fuente estima el porcentaje de daltonismos entre el 4 y el 7 %.

¿Cuál puede ser la causa de aparición de las respuestas tritán en los niños más pequeños?. La primera posibilidad tendría que ver con la

existencia de un retraso madurativo relativo en el tercer tipo de conos (los "trita-conos"). De ser así sería lógico esperar alteraciones leves en el funcionamiento del mecanismo azul-amarillo (que da gran importancia a sus respuestas) y no en el verde-rojo (que apenas las emplea). Por otra parte, ¿puede esperarse un desarrollo madurativo diferente para estos conos?. Como veremos en seguida, existen datos en favor de dar una contestación positiva a esta pregunta.

Pueden señalarse dos tipos de singularidades en los tritaconos. La primera tiene que ver con su distribución anatómica en la retina. Como es bien conocido (véase, p.ej. De Valois y De Valois, 1988), ésta difiere considerablemente de las de los otros dos tipos de conos. Más concretamente, mientras que estos últimos muestran su mayor grado de densidad en el centro mismo de la fovea, debe irse más allá de medio grado desde este punto para encontrar los primeros tritaconos y aún más lejos para alcanzar el área donde se da su máxima concentración. Ésta, en cualquier caso, es siempre menor que la correspondiente a protoconos y deutoconos. Como consecuencia de estas diferencias, los seres humanos con visión cromática responden de hecho como tritánopes ante estimulaciones de dimensiones reducidas proyectadas en el centro de la retina (Tuck y Long, 1990; Long y Tuck, 1990) y tienen un menor grado de agudeza visual cuando responden sólo en función de las capacidades del mecanismo "azul-amarillo" (De Valois y De Valois, 1988).

El segundo tipo de peculiaridades puede encuadrarse bajo la denominación de "diferencias cromosómicas" y tiene que ver tanto con: (1) la ubicación de los genes responsables del desarrollo de los distintos tipos de conos como con (2) su evolución filogenética

- 1) Respecto a la ubicación debe recordarse la causa de que los daltonismos afecten mucho más a hombres que a mujeres: mientras que los genes relacionados con proto y deutoconos se sitúan en el cromosoma "X", los que tienen que ver con el tritacono lo hacen en otros distintos.
- 2) Respecto a la evolución filogenética, lo más importante a indicar es que mientras que en nuestra línea evolutiva se estima que los tritaconos se diferenciaron de los bastones hace

unos 800 millones de años (Nathans *et al.*, 1992), sólo hace unos 200 que se produjo un hecho semejante para el precursor de proto y deutoconos, y sólo entre 9 y 35 respecto al instante en que éstos se diferenciaron definitivamente.

Todos los datos comentados coinciden en mostrar importantes diferencias biológicas entre, de una parte, protoconos y deutoconos, y de otra, tritaconos. Ello hace esperable que se dé un

desarrollo madurativo distinto en estos últimos fotorreceptores y, por tanto, sugiere interpretar nuestros datos como debidos a un posible retraso relativo en su maduración. La mejor forma de comprobar la adecuación de esta interpretación sería evaluar las capacidades cromáticas en niños aún más pequeños que los participantes en nuestra investigación. De ser ciertas nuestras suposiciones debería encontrarse en ellos una mayor frecuencia de respuestas tritán no patológicas.

Referencias bibliográficas

- Alken, R.G, Miller, A. Semjam, R. y Rietbrock, N. (1980). Color vision deficiencies detected by Farnsworth's 100 hue test in patients under long-term treatment with digitalis. *Color Vision Deficiencies V*. Bristol. Adam Hilger.
- Barca, L, y Vaccari, G. (1977). On the impairment of color discrimination in diabetic retinopathy. *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*. 33. 279-283.
- Birch, J. (1993). *Diagnosis of Defective Color Vision*. Oxford. Oxford University Press.
- Boring, E.G. (1942). *Sensation and Perception in the History of Experimental Psychology*. New York. Appleton-Century-Crofts.
- Boynton, R.M. (1988). Color vision. *Annual Review of Psychology*. 39. 69-100.
- Cavanagh, P, Adelson, E.H, y Heard, P. (1992). Vision with equiluminant colour contrast: II. A large-scale technique. *Perception*. 1992. 21. 219-226.
- Davies, I.R.L., Corbett, G.G, Laws, G, McGurk, H.M, Moss, A.E.St. Moss, y Smith, M.W. (1991). Linguistic basicness and colour information processing. *Int. Jour. Psychol.* 26. 311-327.
- Fletcher, R.F, y Voke, J. (1985). *Defective Colour Vision*. Bristol. Adam Hilger.
- Fletcher, R.F. (1975). *The City University Color Vision Test*. London. Keeler Instruments.
- Hurvich, L.M. (1981). *Colour Vision*. Sunderland. Massachusetts. Sinauer Associates.
- Knowlton, M, y Woo, I. (1989). Functional color vision deficits and performance of children on an educational task. *Education of the Visually Handicapped*. 20. 156-162.
- Lagerlöf, O. (1980). Drug-Induced color vision deficiency. En V. Verriest y G. Verriest (Eds.), *Color Vision Deficiencies V*. Bristol: Adam Hilger.
- Lakowski, R. (1958). Age and color vision. *Advanced Science*. 15. 231-236.
- Lakowski, R. (1965). Colour vision and ageing. *Bulletin of British Psychological Society*. 18. 61-72.
- Lampe, J.M., Doster, M., y Beal, B. (1973). Summary of a three year study of academic and school achievement between colour defective and normal primary age pupils. *Journal of School Health*. 43. 309-311.
- Lillo, J. (1993). *Psicología de la Percepción*. Madrid: Debate.
- Mandola, J. (1969). The role of color anomalies in elementary school achievement. *Journal of School Health*. 39. 633-636.
- Nakao, Y., y Kaiser, P.K. (1992). Color fusion and flicker fusion frequencies using tritanopic pairs. *Vision Research*. 32. 1417-1423.
- Fletcher, R. y Voke, J. (1985). *Defective Colour vision*. Bristol. Adam Hilger.
- Perales, J, Jiménez del Barco, L, y Hita, E. (1986). The colour vision deficiencies as a possible variable on school achievement. *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, 41, 419-428.
- Pereda, S. (1987). *Psicología Experimental: I. Metodología*. Madrid. Pirámide.
- Pokorny, J. y Smith, V.C. (1979). *Congenital and Acquired Color Vision Defects*. London. Grune-Stratton.
- Ruddock, K.H. (1965a). The effect of age upon color vision I. Response in the receptor system of the human eye. *Vision Research*, 5, 37-45.
- Ruddock, K.H. (1965b). The effect of age upon color vision II. Changes with age in light transmission of the ocular media. *Vision Research*, 5, 47-58.
- Taylor, W.O.G. (1971). Effects on employment of defects in color vision. *British Journal of Ophthalmology*. 55. 753-760.
- Taylor, W.O.G. (1977). Of diverse colours. *Transaction of Ophthalmological Society*. 97. 768-780.
- Tregear, S.J, Ripley, L.G, Knowles, P.J y Gilday, R.T. (1993). Automated tritan discrimination sensitivity: A new clinical technique for the effective screening of severe diabetic retinopathy. *First International Meeting on Advanced Methods in Visual Psychophysiology and Electrodiagnosis*. Bristol. England.
- Verriest, G, Van Laethem, J, y Uvils, A. (1982). A new assessment of the normal ranges of the Farnsworth-Munsell 100 Hue test scores. *American Ophthalmology*. 93. 634-642.

- Verriest, G. (1981). Color vision test in children. *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*. 36. 83-119.
- Villani, S.(1989) An annotated bibliography on transient tritanopia. *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*. 44. 1075-1085.
- Voke, J. (1984). But spinach is black?. *The Optician*. 187. 35-36.

