

Problemas de aprendizaje derivados de la visión defectiva del color: un ejemplo práctico¹

Manuel Melgosa, Rafael Huertas, Enrique Hita

Departamento de Óptica. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada

Resumen

En el examen de Geografía realizado en las universidades andaluzas (convocatoria de junio 2004) se propuso una pregunta en la que la visión defectiva del color pudo inducir a respuestas incompletas o erróneas. A través de medidas instrumentales de color, bajo condiciones experimentales similares a las existentes durante el desarrollo de la mencionada prueba, hemos estudiado la discriminación de los colores empleados. Concluimos que no habría dificultad de discernimiento de colores para sujetos con visión normal del color, pero sí para sujetos con deficiencias protán (alrededor del 2% de la población), y, sobre todo, para sujetos con deficiencias deután (alrededor del 6% de la población). En el peor de los casos, la incidencia de tales dificultades sobre la nota final de ese examen sería un descenso de 3 puntos sobre 10. Finalmente, teniendo en cuenta los resultados de este trabajo, realizamos algunas consideraciones sobre la incidencia de la visión defectiva del color en distintas etapas y tareas educativas, y sobre cómo intentar paliar las dificultades que dicha incidencia produce.

Palabras clave: déficit visual, dificultades de aprendizaje, visión defectiva del color, percepción cromática.

Abstract: *Learning difficulties arising from colour defective vision: a practical example*

A question in which colour defective vision could imply incomplete or wrong answers was made in the test on Geography carried out in Andalusian universities (June 2004). Thus, we have dealt with the analysis of colour discrimination through a set of instrumental colour

¹⁾ El autor manifiesta su agradecimiento al Ministerio de Educación y Ciencia (España), al Proyecto FIS2004-05537 (cofinanciado con fondos FEDER), a la Dra. María Isabel Suero López y al Dr. Ángel Luis Pérez Rodríguez (Universidad de Extremadura), por sus comentarios y valiosas sugerencias en torno a este trabajo.

measures and similar experimental conditions to those present in the implementation of the abovementioned test. Our findings come to prove that there is not discernment difficulty in those individuals with normal colour vision whereas there are problems in the case of people with protan defects (about 2% of population) and specially in the case of people with deutan defects (approximately 6% of population). In the worse case, the influence of such difficulties on the final mark of the test would mean 3 points less out of 10. Finally, and taking into account the outcomes achieved in this study, we present a line of argument on the influence of colour defective vision in the different educational stages and tasks.

Key words: visual deficit, learning difficulties, defective colour vision, chromatic perception.

Introducción

El color se utiliza a menudo como un importante elemento de codificación de información (Hita, 2001). La elección de colores apropiados para poder localizar de forma rápida una determinada información -tareas de conspicuidad- (Carter et al., 1988), o para lograr un contraste óptimo, son problemas actuales de interés sobre los que se han realizado diversas investigaciones, y sobre los que a veces tienen también bastante incidencia las preferencias subjetivas de color (Saito, 1984; Berns, 2000; Roa et al, 2001). En cualquier caso, en la elección de colores idóneos para una determinada situación, no debe nunca olvidarse que, desde el punto de vista estadístico, existe un porcentaje de sujetos no despreciable (entre el 8 y el 10%), en los que la visión del color es defectiva, lo que requiere adoptar las precauciones necesarias (Romero et al., 1996).

En el examen de Geografía correspondiente a la prueba de Selectividad de las universidades andaluzas (convocatoria de junio 2004) se propuso una pregunta en la que presumimos que los estudiantes con visión defectiva rojo-verde podrían encontrar dificultades objetivas, que inducirían a respuestas erróneas. Conviene indicar que, para la realización de la prueba de Selectividad en las universidades andaluzas, se procura que, en cada universidad, todos los alumnos con discapacidad dependan de una única sede, a fin de recibir un tratamiento especial, conforme a lo indicado en la legislación vigente. No obstante, la visión anómala del color no se considera habitualmente una discapacidad, o, al menos, no suele ser alegada como tal por los estudiantes, quizá, en buena parte, porque ellos mismos desconocen tener dicha deficiencia. Reproducimos a continuación el enunciado exacto de la pregunta de Geografía que, a nuestro juicio, podría plantear problemas a determinados estudiantes con visión defectiva del color:

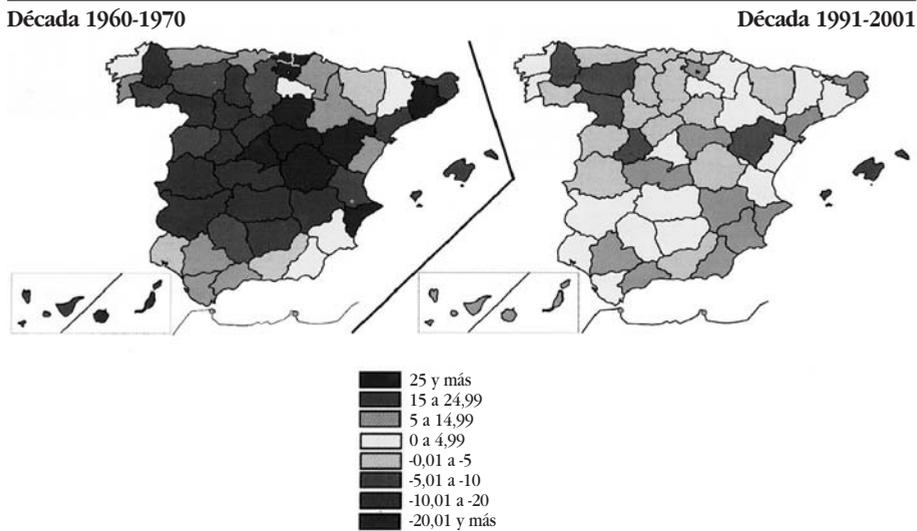
Analice los mapas que siguen y responda a las siguientes cuestiones:

- En la década de 1960-70 ¿qué provincias tienen un incremento demográfico superior al 25% anual y cuáles entre el 15 y el 24,99%? Enumérelas diferenciando cada grupo.
- Explique las causas principales por las que se producen los resultados que muestra el mapa de 1960-70.
- Compare los dos mapas y explique las causas principales por las que el comportamiento demográfico es tan diferente en ambos periodos.

La Figura I es una reproducción de los mapas referidos en la pregunta anterior, obtenida mediante un escáner HP Scanjet 3570c con resolución 1.200 ppp. Obviamente, los colores de la Figura I son sólo aproximados a los de la Figura original, sobre la cual hemos realizado las medidas experimentales descritas en el siguiente apartado.

El objetivo de este trabajo es analizar si algunos de los colores utilizados en estos mapas se encuentran sobre las líneas de confusión de observadores con visión defec-

FIGURA I. Mapas de una pregunta del examen de Geografía
(Convocatoria de Selectividad de las universidades andaluzas de junio de 2004),
con colores potencialmente confusos. La reproducción del color es sólo aproximada



tiva del color (Wysecki et al., 1982), siendo así indistinguibles para dichos observadores, y por tanto susceptibles de inducir a respuestas erróneas o incompletas. Los resultados de este estudio se pondrán en conocimiento de la Comisión Coordinadora de la Prueba de Selectividad en las universidades andaluzas, para que, en su caso, se adopten las medidas oportunas. Téngase en cuenta que, sólo en la Universidad de Granada, el examen de Selectividad de Geografía fue realizado por unos 1.200 alumnos, de los que aproximadamente la mitad realizaron la opción a la que se refiere el presente estudio.

Material y métodos

Situamos un original de los mapas mostrados en la Figura I en la base de una cabina de observación de color VeriVide, y lo iluminamos con dos de las fuentes luminosas disponibles en dicha cabina: en primer lugar una fuente D65, y seguidamente una fuente TL84. La fuente luminosa D65 es una lámpara fluorescente de luz día, que se ajusta al iluminante D65 de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) (CIE, 1986) dentro de las tolerancias prescritas por el British Standard 950,1. Por su parte, la fuente TL84 es también una lámpara fluorescente fabricada por Philips, cuya emisión se aproxima al iluminante F11 de la CIE (CIE, 1986), siendo una fuente recomendada por la industria para iluminación en almacenes y puntos de venta. Podemos suponer que la iluminación en las aulas donde se realizó la prueba de Selectividad a que se refiere el presente trabajo, es similar a la obtenida con estas fuentes luminosas, ya que la prueba se realizó en verano y horario de mañana, usualmente en aulas con amplios ventanales e iluminación fluorescente. El uso de una iluminación bien controlada, como la descrita anteriormente, es esencial para poder realizar medidas de color objetivas y reproducibles (Hita, 2001).

Bajo cada una de las fuentes luminosas anteriormente indicadas, se midieron los 8 colores que, a juicio de observadores con visión normal del color, pueden distinguirse en la Figura I. Empleamos para estas medidas un espectrorradiómetro PR-704 de Photoresearch, situado sobre un trípode apropiado, y con su eje óptico inclinado 45° respecto a la normal a las muestras que habían de medirse, siendo la distancia entre el extremo del objetivo del aparato y la muestra objeto de medida de 20 cm. Se realizaron tres medidas no consecutivas de cada uno de los 8 colores, empleando un campo de medida de 1°, lo que obligó a medir no sobre la leyenda del mapa sino

sobre las correspondientes provincias. Esta medida con campo de 1° nos pareció más fiable que la realizable con campo de $0,125^\circ$, también disponible en nuestro instrumento, ya que ésta última daba problemas de baja señal con algunos de los colores más oscuros observados en las condiciones de iluminación antes indicadas. En nuestros análisis posteriores adoptamos como valor de la medida el promedio de las tres medidas realizadas, y como incertidumbre de las mismas el triple de la desviación típica de dichas medidas.

Los cálculos colorimétricos se realizaron suponiendo el Observador Patrón CIE 1931 (CIE, 1986), fundamentalmente por dos razones: 1) el Observador Patrón CIE 1931 es el que está oficialmente recomendado por la Comisión Internacional de Iluminación para campos de observación que subtiendan ángulos menores de 4° , como ocurre en nuestro caso (por ejemplo, para un objeto situado a 40 cm del observador, un campo de 4° supone una distancia de 2,8 cm, en general inferior al tamaño de dos provincias contiguas en el mapa); 2) los datos de la literatura correspondientes a las posiciones de los puntos de confusión protán, deután y tritán se refieren al Observador Patrón CIE 1931 (Judd *et al.*, 1975).

Bajo las mismas condiciones que los colores de los mapas, se midió también un blanco de referencia, suministrado con nuestro espectrorradiómetro, que es necesario para las especificaciones de color en CIELAB, uno de los sistemas de representación del color recomendados por la CIE (CIE, 1986), y ampliamente usado en la actualidad.

Los puntos de confusión protán, deután y tritán, juegan un papel importante en el desarrollo de algunos modelos de visión del color. La localización exacta de dichos puntos en el diagrama CIE x,y 1931 no es conocida (de hecho, puede cambiar ligeramente de unos sujetos a otros), habiéndose propuesto y usado diversos valores en la literatura, en particular para el punto de confusión deután. En el presente trabajo emplearemos las localizaciones dadas por Judd y Wyszecki (Judd *et al.*, 1975) de los puntos de confusión protán y deután: $x_p=0.747$, $y_p=0,253$; $x_d=1.000$, $y_d=0,000$. A partir de los puntos de confusión protán ó deután se definen las correspondientes líneas de confusión, como lugar geométrico de los estímulos de color que, con una misma luminancia, son visualmente indiscernibles para sujetos con esa deficiencia perceptiva.

En nuestro caso, es importante también recordar el porcentaje de sujetos que, según distintos autores, presentan algún tipo de visión defectiva del color. La frecuencia de sujetos con visión defectiva del color es aproximadamente del 8% para europeos de raza blanca, y ligeramente superior (en torno al 10%) en el caso de americanos de raza blanca (Pokorny *et al.*, 1979). Estos porcentajes son acordes con los encontrados por diferentes investigadores para sujetos de nuestro país (Perales, 1984;

Romero et al., 1996). Además, la visión defectiva del color está ligada al sexo, de forma que las anomalías en visión del color son mucho más frecuente en los hombres que en las mujeres: por ejemplo, el porcentaje de mujeres europeas con visión defectiva del color es inferior al 0,5% (Pokorny et al., 1979).

Por otro lado, no todas las deficiencias de visión del color que se conocen son igualmente frecuentes. Básicamente las deficiencias o confusiones rojo-verde (denominadas protán y deután) son mucho más frecuentes que las amarillo-azul (denominadas tritán), y éstas últimas son a su vez mucho más frecuentes que la acromatopsia (ceguera al color). Más concretamente, en Europa el porcentaje de sujetos (mujeres y hombres) con deficiencia protán (protanopes y protanómalos) es ligeramente inferior al 2%, mientras que el de sujetos con deficiencia deután (deuteranopes y deuteranómalos) es ligeramente superior al 6% (Hsia et al., 1965). Los sujetos deuteranómalos y protanómalos son propiamente tricrómatas anormales, es decir sujetos con una capacidad reducida de discriminación rojo-verde, mientras que los protanopes y deuteranopes (menos frecuentes que los anteriores) son dicrómatas, es decir, pueden igualar todos los colores que perciben con una mezcla de sólo dos colores, en lugar de los tres colores necesarios para los sujetos con visión normal del color, también llamados tricrómatas.

Resultados y discusión

La Tabla I muestra las coordenadas de color correspondientes a los ocho colores existentes en nuestros mapas, en los sistemas CIE x, y, Y y CIELAB (CIE, 1986). En cuanto al error de nuestras medidas de color, hemos tomado como estimación del mismo el triple de la desviación típica de las tres medidas realizadas, como indicamos previamente. De esta forma la incertidumbre media asociada a las coordenadas x, y, Y es de 0.004, 0.003 y 0.8, respectivamente, para la fuente luminosa D65, y de 0.002, 0.001 y 0.8, respectivamente, para iluminación con la fuente TL84.

Las Figuras II y III muestran las líneas de confusión protán de los ocho colores de nuestro estudio, iluminados por las fuentes D65 y TL84, respectivamente.

Análogamente, las Figuras IV y V muestran las líneas de confusión deután de los ocho colores de nuestro estudio, iluminados por las fuentes D65 y TL84, respectivamente.

TABLA I. Coordenadas de cromaticidad en los sistemas CIE x, y, Y y L*a*b* (CIELAB) para los ocho colores usados en los mapas, medidos bajo una fuente luminosa D65 (arriba) y una fuente TL84 (abajo)

	X	y	Y (cd/m2)	L*	a*	b*
D65						
25 y más	0,4626	0,3907	48,77	45,24	20,71	28,20
15 a 24,99	0,4922	0,3828	66,12	51,79	31,71	35,09
5 a 14,99	0,4687	0,4003	102,77	62,52	25,20	40,57
0 a 4,99	0,3639	0,3686	202,27	82,40	6,39	14,76
-0,01 a -5	0,3027	0,3381	143,73	71,81	-6,60	-5,56
-5,01 a -10	0,2494	0,3223	73,30	54,16	-19,39	-14,17
-10,01 a -20	0,2747	0,3578	61,78	50,27	-18,99	-2,88
-20,01 y más	0,31882	0,3990	48,61	45,18	-14,25	9,99
TL84						
25 y más	0,5160	0,4069	106,13	49,25	24,56	29,91
15 a 24,99	0,5422	0,3964	145,13	56,43	35,94	39,16
5 a 14,99	0,5206	0,4148	216,73	66,78	29,81	44,59
0 a 4,99	0,4370	0,4162	386,20	84,36	9,07	16,86
-0,01 a -5	0,3819	0,4029	267,13	72,76	-5,08	-5,61
-5,01 a -10	0,3252	0,3980	130,77	53,95	-18,37	-15,92
-10,01 a -20	0,3542	0,4235	114,97	51,01	-15,49	-3,55
-20,01 y más	0,3952	0,4449	95,22	46,93	-9,32	9,93

FIGURA II. Líneas de confusión protán de los 8 colores de los mapas (Figura I), iluminados por la fuente D65

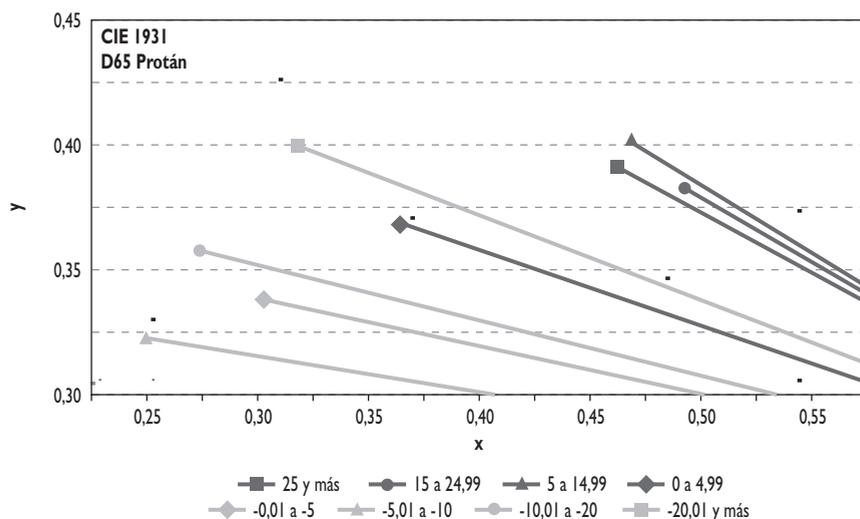


FIGURA III. Líneas de confusión protán de los 8 colores de los mapas (Figura 1), iluminados por la fuente TL84

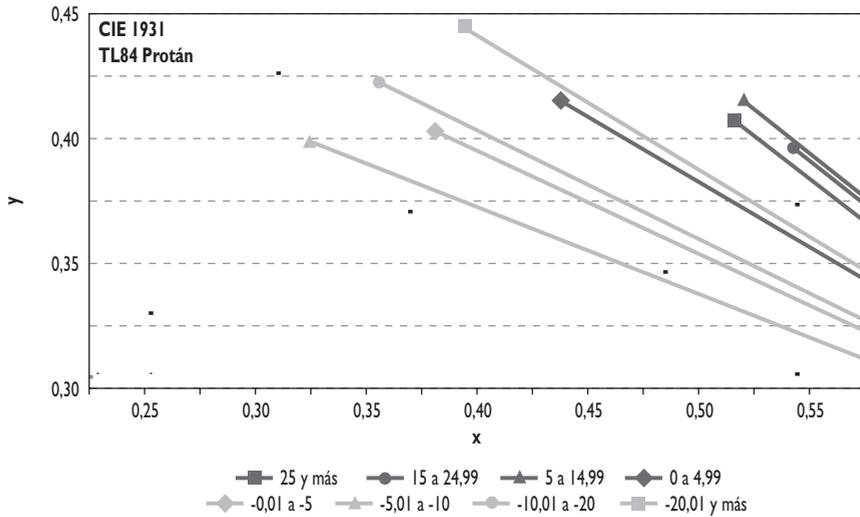


FIGURA IV. Líneas de confusión deután de los 8 colores de los mapas (Figura 1), iluminados por la fuente D65

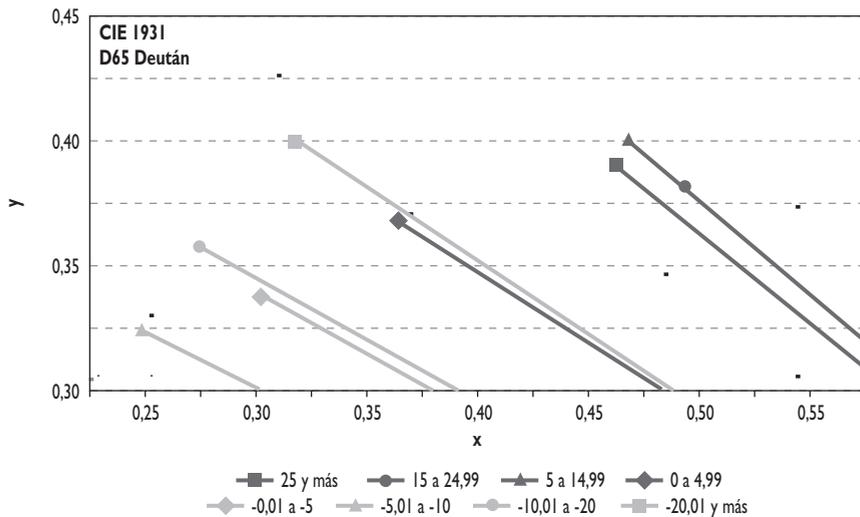
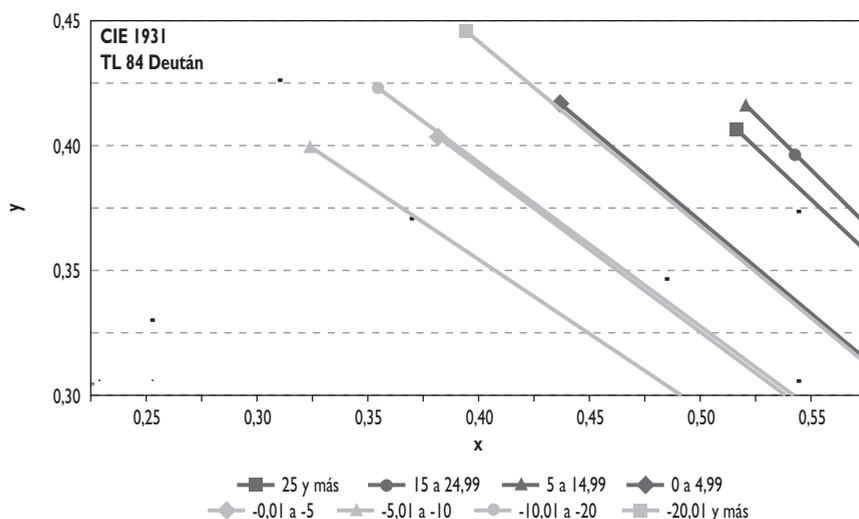


FIGURA V. Líneas de confusión deután de los 8 colores de los mapas (Figura I), iluminados por la fuente TL84



Cabe indicar que se ha empleado una misma escala en todos los gráficos (Figuras II a V), para facilitar las comparaciones: por ejemplo, puede notarse cómo las líneas de confusión deután son más pendientes que las líneas protán, como es bien conocido (Wyszecki et al., 1982). Asimismo, cabe también hacer notar que se han empleado los mismos símbolos en todas las Figuras II a V: símbolos cerrados para los colores de tonalidades marrones y abiertos para los de tonalidades verde-azulado. Las incertidumbres asociadas a nuestras medidas experimentales son tan pequeñas que no son perceptibles las correspondientes barras de error en las Figuras II a V, por lo que se han omitido.

Comparando entre sí las Figuras II y III podemos observar que son bastante similares, si bien las líneas de confusión están más próximas entre sí para la fuente TL84 que para la fuente D65. Lo mismo puede decirse comparando entre sí las Figuras 4 y 5. Podría por tanto concluirse que, en principio, las posibilidades de confusión de los colores empleados en este caso son mayores cuando son observados con luz fluorescente TL84 que cuando se observan con D65 (luz de día).

Para los sujetos con deficiencia protán, tendrían cromaticidades muy similares los tres tonos marrones más oscuros, representados por cuadrado, círculo y triángulo sólido en las Figuras II y III. Para los sujetos con deficiencia deután (Figuras IV y V) los tonos marro-

nes oscuros serían aun más confusos que para los sujetos protán. En particular, los colores designados mediante círculos y triángulos oscuros (los dos marrones intermedios), están situados exactamente sobre una misma línea de confusión deután (Figuras IV y V). Además, para los sujetos con deficiencias deután, dos de los colores verde-azulado (los representados por círculo y rombo abierto) serían también bastante confusos y, en menos medida, los representados por rombo sólido y cuadrado abierto. Cabría por lo tanto concluir que las probabilidades de confusión de colores son mayores para los sujetos con deficiencia deután (en torno al 6% de la población) que para los protán (en torno al 2% de la población).

Hay que hacer notar que el hecho de que dos puntos caigan sobre una determinada línea de confusión implica que son indiscernibles para el sujeto con visión defectiva del color, si ambos tienen la misma luminancia, ya que cualquier diagrama de cromaticidad siempre presupone un nivel de luminancia constante. Por ejemplo, en la Figura V aparecen dos colores (rombo cerrado y cuadrado abierto) situados casi sobre una misma línea de confusión deután, pero dichos colores tienen una diferencia de luminancia muy alta ($\Delta Y > 153$ cd/m² con D65; $\Delta Y > 290$ cd/m² con TL84, cfr. Tabla I), por lo que sería muy poco probable que dichos colores resultasen confusos para sujetos deután.

En este mismo sentido es también interesante el caso de los dos colores que se sitúan sobre una misma línea de confusión deután en las Figuras IV y V, pero presentan una diferencia de claridad apreciable: $\Delta L^* \approx 10$ (cfr. Tabla I). Debe concluirse que estos colores serían percibidos por un observador deuteranope con idéntica cromaticidad, pero no como totalmente iguales. Siendo la máxima diferencia de claridad ($DL^* = 100$) la existente entre el blanco y el negro, estos dos colores se percibirían con diferente claridad. En definitiva, estos colores serían percibidos como distintos por el observador deután, aunque con mayor dificultad que la que tendrían los sujetos con visión normal del color. En todo caso, hay que tener en cuenta que, operando en el espacio CIE x, y, Y o CIELAB, se observa que el sistema visual humano es en general menos sensible a los cambios de claridad (Y ó L*) que a los cambios de cromaticidad (x, y ó a*b*).

Debemos recordar que los comentarios realizados en los párrafos anteriores se refieren a sujetos con visión defectiva del color, por lo que en algún caso pueden parecer «extraños» (quizá «sorprendentes») para la mayoría de los lectores, que probablemente serán sujetos con visión normal del color (situación del 90% de la población, aproximadamente). Si consideramos sujetos con visión normal del color, una buena aproximación para saber cómo de distintos se ven los colores usados en nuestros

mapas (Figura I) es calcular las diferencias de color entre colores contiguos, empleando para ello alguna de las fórmulas de diferencia de color propuestas por la cie (Melgosa et al., 2001). La Tabla II muestra las diferencias de color entre colores contiguos en la leyenda de nuestros mapas (Figura I) en unidades CIEDE2000 y CIELAB, así como las tres componentes de la diferencia de color CIELAB (diferencia en claridad, croma y tono). Se distinguen en la Tabla II los resultados obtenidos bajo las fuentes D65 y TL84. La fórmula de diferencia de color CIEDE2000 (CIE, 2001) es la más reciente propuesta de la CIE a fin de calcular valores de diferencia de color acordes con la percepción visual de sujetos con visión normal del color.

Según la Tabla II, las diferencias de color más pequeñas para sujetos con visión normal del color están entre los dos marrones más oscuros y los dos verdes intermedios, siendo del orden de 8-9 unidades CIEDE2000 (12-16 unidades CIELAB). Hay que hacer notar que estos tamaños de diferencia de color son muy superiores a las diferencias de color justamente perceptibles por el ojo humano. En efecto, puede decirse que una diferencia de color entre 0,4 y 0,7 unidades cielab es una diferencia de color umbral o justamente perceptible, diferencias por encima de 1,8 unidades CIELAB-

TABLA II. Diferencias de color entre colores contiguos en la leyenda de nuestros mapas (Figura I), bajo fuente luminosa D65 (arriba) y TL84 (abajo). Las columnas 2 y 3 indican las diferencias de color en unidades CIEDE2000 (ΔE_{00}) y CIELAB (ΔE_{CIELAB}), respectivamente

	ΔE_{00}	ΔE_{CIELAB}	$\Delta L^*(CIELAB)$	$\Delta C^*(CIELAB)$	$\Delta H^*(CIELAB)$
D65					
25 y más	8,31	14,53	6,54	12,31	4,12
15 a 24,99	11,19	13,70	10,73	0,47	8,50
5 a 14,99	19,44	37,62	19,88	31,68	4,07
0 a 4,99	22,51	26,35	10,59	7,45	22,94
-0,01 a -5	17,52	23,44	17,65	15,38	0,99
-5,01 a -10	8,86	11,94	3,89	4,81	10,22
-10,01 a -20	10,82	14,63	5,09	1,80	13,60
-20,01 y más	-	-	-	-	-
TL84					
25 y más	8,61	16,32	7,17	14,45	2,49
15 a 24,99	10,29	13,20	10,36	0,48	8,17
5 a 14,99	17,65	38,83	17,58	34,49	3,07
0 a 4,99	23,82	28,98	11,60	11,57	23,90
-0,01 a -5	19,02	25,23	18,81	16,74	1,63
-5,01 a -10	8,74	13,04	2,94	8,42	9,51
-10,01 a -20	12,10	15,38	4,08	2,27	14,65
-20,01 y más	-	-	-	-	-

SE denominan ya supraumbrales, y diferencias de color mayores de 5,0 unidades CIELABSON ya «grandes diferencias de color» (Melgosa *et al.*, 2001). Puede por tanto concluirse que los colores empleados en nuestros mapas serían claramente discernibles para sujetos con visión normal del color. Más concretamente, el apartado a) del enunciado presentado a los alumnos está directamente relacionado con la discriminación de los tres colores marrones más oscuros, siendo dicha discriminación totalmente clara para sujetos con visión del color, conforme a lo indicado en la Tabla II.

Algunas reflexiones y conclusiones

Según los resultados experimentales previamente descritos, los observadores con visión normal del color no deben tener dificultad alguna para la discriminación de los colores empleados en la prueba propuesta, pero sí pueden encontrar alguna dificultad los observadores con anomalías en visión del color (en torno al 8-10% de la población, principalmente los varones). Estas dificultades serían máximas para los sujetos con deficiencia deután trabajando con luz fluorescente TL84, y afectarían principalmente a la distinción de los tonos marrones más oscuros. Esto podría originar dificultades en la respuesta a las cuestiones planteadas, principalmente la cuestión a).

Con carácter general, conviene tener muy en cuenta los problemas derivados de la visión defectiva del color, tal como se ha puesto de manifiesto en el ejemplo presentado en este trabajo. Conviene usar siempre colores que no ofrezcan posibilidad de confusión, por ejemplo, para establecer distintos grados de alarma, o en elementos de señalización donde una confusión de color pueda tener consecuencias desastrosas (aeronaves, carreteras, ferrocarriles, etc.). Actualmente no siempre se tienen en cuenta los problemas derivados de la visión defectiva del color. Por indicar un ejemplo más, podemos decir que la confusión rojo-verde ha dado también problemas en otras situaciones como la del uso de indicadores de color para advertir sobre la limpieza de lentes de contacto blandas (Melgosa *et al.*, 1997), lo que ha supuesto que los fabricantes hayan tenido que realizar correcciones en sus productos (Melgosa *et al.*, 2004), a fin de tener en cuenta las necesidades de toda la población. En todo caso, a la hora de elegir colores idóneos es interesante recordar que las anomalías tritán (confusión amarillo-azul) son estadísticamente mucho menos frecuentes que las anomalías protán y deután (confusiones rojo-verde).

La visión defectiva del color tiene una especial relevancia dentro del contexto general del sistema educativo. Se plantea una razonable duda acerca de la influencia de la visión defectiva del color en el rendimiento escolar de grupos relativamente amplios de alumnos, sobre todo en las edades más tempranas. Esta hipótesis se fundamenta, más específicamente, sobre tres supuestos educativos que casi todos los maestros de Educación Infantil que se han consultado corroboran con rotundidad (Suero et al., 2002): 1) gran parte de las experiencias visuales de los niños de 3 a 6 años se basan en la utilización del color como atributo; 2) en Educación Infantil el color es muy utilizado como instrumento para motivar el aprendizaje y para facilitar la asimilación de nuevos conceptos; 3) la percepción cromática es esencial en múltiples tareas, en las que se asume la distinción de colores como una habilidad previa del alumno. En efecto, todas estas cuestiones son particularmente claras en los procesos de aprendizaje del *Área de Comunicación y Representación* donde, además de constituir un contenido de aprendizaje en sí mismo, el color es un recurso didáctico habitualmente utilizado en muy diversas actividades. Así, sólo en cuanto a los *conceptos básicos*, podemos apuntar (Montanero et al., 2003):

- En muchos libros de texto y en las actividades que los maestros y maestras realizan espontáneamente, el color se utiliza recurrentemente como apoyo visual de conceptos cotidianos, objetos, dibujos o vocabulario que aún no están afianzados en el repertorio lingüístico del alumno.
- Los conceptos relacionados con la numeración y los procedimientos de cuantificación se trabajan habitualmente con «ábacos» en los que el color de las bolas se utiliza también como ayuda o mediación visual.
- Para desarrollar la representación espacial se parte habitualmente de la enseñanza de conceptos geométricos como las formas planas, los cuerpos, y sus relaciones en el espacio. Mucho de los materiales curriculares utilizan colores como apoyo para diferenciar dichas figuras. De este modo, cabe la posibilidad de que, por ejemplo, un maestro que explica a un niño dicrómata que la figura roja es un círculo, interprete que el niño tiene dificultades con los conceptos geométricos, cuando en realidad la tiene con la visión de algunos colores.
- En cuanto a la orientación temporal, es muy positivo desde el punto de vista de los hábitos y procedimientos que los alumnos aprendan a identificar y a distribuir sus tareas en períodos de tiempo prefijados. Así, en la programación semanal que los alumnos deben interpretar en un tablón antes de empezar las

tareas, es usual distribuir los tiempos mediante colores, al igual que los meses y días de otros calendarios confeccionados al efecto.

- En relación a las actividades de prelectura, la señalización mediante colores es frecuente en tareas de segmentación lingüística, así como para facilitar la identificación de las formas específicas de cada letra, en láminas donde el color sirve para destacar una letra entre otras parecidas.
- Tampoco debemos olvidar el papel implícito del color para trabajar diversos contenidos y temas transversales. Así, en los últimos años, uno de los temas que se ha potenciado más, sobre todo en centros urbanos, es la Educación Vial. Evidentemente, los contenidos que se priman en Educación Infantil son sobre todo actitudes y hábitos de respeto por las normas viales y la prevención de riesgos. Estos aprendizajes suelen estar en gran parte vinculados a la interpretación de las señales luminosas de los semáforos y algunas señales verticales, cuyo código principal son precisamente los colores.

En definitiva, la idea es que un déficit en la visión de los colores podría interferir doblemente en el proceso de enseñanza-aprendizaje: por un lado, puede suponer un obstáculo para la realización de ciertas actividades de aprendizaje; por otro lado, puede generar un sesgo en la evaluación que el maestro realiza de otras competencias del alumno, implicadas en la ejecución de dichas tareas.

Otras propuestas han justificado el interés de incorporar el color como un tema transversal en las diferentes etapas educativas (Díaz et al., 2001). Así, en el caso de estudiantes adultos, como, por ejemplo, los universitarios, lo más importante es que conozcan si tienen una visión defectiva del color, y que lo digan cuando sea necesario: por ejemplo, un estudiante de Química cuando realice las prácticas de Analítica tendrá que advertir a su profesor que él no puede identificar ciertos elementos por cambio de color, al igual que un estudiante de Botánica puede que tenga problemas a la hora de clasificar ciertas plantas, o uno de Geología al analizar mapas, etc.

En la actualidad los intentos de compensar la visión defectiva del color mediante filtros adecuados no dan resultados satisfactorios, pues esta opción disminuye la riqueza cromática del entorno ocasionando nuevos problemas. Puesto que no disponemos de soluciones técnicas o farmacológicas para resolver el problema de la visión defectiva del color, nuestra opinión es que los efectos nocivos de esta deficiencia podrían reducirse considerablemente si los padres y profesores tuviesen información temprana sobre qué alumnos son defectivos y qué tipo de anomalía sufren. En este sentido se ha puesto de manifiesto que la respuesta tanto de padres como de profesores al tener conocimiento

de la anomalía en la visión de los colores del niño, fue en la mayoría de los casos de sorpresa e incluso de incredulidad (Suero et al., 2005). El escaso conocimiento de este problema supone un dato preocupante, por lo que sería importante promover la en la formación de educadores y maestros conocimientos elementales de la visión del color. En algunos organismos públicos, tanto de carácter militar como civil, el acceso mediante oposición viene seguido de un examen médico del que forma parte el análisis de la visión del color. Se ha dado el caso de personas que, habiendo superado la respectiva oposición, no pudieron finalmente acceder al puesto de trabajo correspondiente por tener una visión anómala del color. Esto podría haberse evitado de forma sencilla con una detección temprana de dicha deficiencia. A nivel educativo, también es conveniente estudiar alternativas didácticas para los alumnos con este tipo de «necesidades educativas especiales», que hasta el momento no son consideradas como tales. Parece imprescindible que los profesores ofrezcan otro tipo de ayudas, principalmente verbales, cuando un alumno encuentra una dificultad especial en las tareas con colores. La toma de conciencia de los profesores sobre la importancia del color en las tareas de aprendizaje y las dificultades que una cantidad nada despreciable de alumnos puede encontrar por esta razón, supondría ya un paso muy positivo.

Los resultados de este trabajo fueron transmitidos a la Comisión Coordinadora de la Prueba de Selectividad en las universidades de Andalucía. Afortunadamente hemos podido observar que en el examen de Geografía correspondiente a la convocatoria de Selectividad de junio de 2005, los mapas propuestos no presentan problemas de confusión para sujetos con visión defectiva del color.

Referencias bibliográficas

- BERNS, R. S. (2000): *Billmeyer and Saltzman's principles of color technology*. 3ª edición. Capítulo 6: «Producing Colors». New York, John Wiley & Sons, Inc..
- CARTER, R. C.; CARTER, E. C. (1988): «Color Coding for rapid location of small symbols», en *Color Research and Application*, 13, pp. 226-234.
- CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) (1986): CIE *Publication 15.2: Colorimetry*. 2ª edición. Viena, CIE Central Bureau.
- CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) (2001): CIE *Publication 142: Improvement to industrial color-difference evaluation*. Viena, CIE Central Bureau.

- DÍAZ M. F.; GIL J.; SUERO M. I.; PÉREZ A. L. (2001): «El color como hilo conductor en el tratamiento de las áreas transversales», en *Campo Abierto*, 19, 34-47.
- HITA, E. (2001): *El mundo del color desde lo perceptivo y artístico a lo científico*. Granada, Universidad de Granada.
- HSIA, Y.; GRAHAM, C. H. (1965): *Vision and visual perception. Capítulo 7*. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- JUDD, D. B.; WYSZECKI, G. (1975): *Color in business, science and industry*. New York, John Wiley & Sons.
- MELGOSA, M.; HITA, E.; VELASCO, M. J. (1997): «Performance of a color indicator in a disinfecting solution for the maintenance of soft contact lenses» en *Optometry and Vision Science*, 74, pp. 231-235.
- MELGOSA, M.; PÉREZ, M. M.; YEBRA, A.; HUERTAS, R.; HITA, E. (2001): «Algunas reflexiones y recientes recomendaciones internacionales sobre la evaluación de diferencias de color» en *Óptica Pura y Aplicada*, 34, pp. 1-10.
- MELGOSA, M.; GARCÍA-MONLEÓ, R.; SÁNCHEZ, M.; RIVAS, M. J.; HUERTAS, R. (2004): «Estudio del indicador de color utilizado en dos nuevos sistemas de desinfección de lentes de contacto por peróxido de hidrógeno». 18 Congreso Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica, pp. 82-83, Madrid.
- MONTANERO M.; DÍAZ, M. F.; PARDO P. J.; PALOMINO, M. I.; GIL, J.; PÉREZ, A. L.; SUERO, M. I. (2003): «Daltonismo y Rendimiento Escolar en la Educación Infantil» en *Revista de Educación*, 330, pp. 449-462.
- Perales, J. (1984): Las pruebas pseudoisocromáticas en el estudio de las anomalías en la visión del color. Tesis Doctoral (Director: Dr. Hita Villaverde). Universidad de Granada.
- POKORNY, J.; SMITH, V. C.; VERRIEST, G.; PINCKERS, A. J. L. G. (1979): *Congenital and acquired color vision defects*. Capítulo 7. New York, Grune & Stratton, Inc.
- ROA, J. M.; MORENO, M. P.; VACAS, M. C.; MELGOSA M. (2001): «Color preferences in personal and social settings for Spanish teenagers» en *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, LVI, pp.29-43.
- ROMERO, J.; GARCÍA, J. A.; GARCÍA Y BELTRÁN, A. (1996): *Curso introductorio a la óptica fisiológica*. Granada, Comares.
- SAITO, T. (1984): «Further study of color preferences with and without a context», en *Color Research and Application*, 9 pp. 121-122.
- SUERO, M. I.; PÉREZ, A. L.; DÍAZ, M. F.; PALOMINO, M. I.; CARRASCO, A.; PARDO, P. J.; GIL J.; MONTANERO, M. (2002): «Influencia de las Anomalías en la Visión de los Colores en actividades de aprendizaje de la Educación Infantil» en *Campo Abierto*, 21, pp. 13-22.

- SUERO, M. I.; PÉREZ, A. L.; DÍAZ, M. F.; MONTANERO M., PARDO P. J.; GIL J.; PALOMINO, M. I. (2005): «Does Daltonism influence young children's learning?», en *Learning and Individual Differences*, 15, pp. 89-98.
- WYSZECKI, G.; STILES, W. S. (1982): *Color science: Concepts and methods, quantitative data and formulae*. 2ª edición. Capítulo 5. New York, John Wiley & Sons.